

**OʻZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA OʻRTA
MAXSUS TAʼLIM VAZIRLIGI
ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

MASHINA VA MEXANIZMLAR NAZARIYASI

fani boʻyicha amaliy mashgʻulotlar uchun

**óInformatsion texnologiyalar asosida tekis richagli
mexanizmlarning kinematik tahliliô**

USLUBIY QOʻLLANMA

Toshkent- 2015

Karimov R.I., Begimov N.N. óInformatsion texnologiyalar asosida tekis richagli mexanizmlarning kinematik tahlili.ô Uslubiy qođlanma. - T.:ToshDTU, 2015. 62 b.

Uslubiy qođlanma óMashina va mexanizmlar nazariyasiô kursi bođyicha amaliy mashgʻulotlar uchun tayyorlangan bođib, unda tekis richagli mexanizmlarning (krivoship-polzunli, tođrt zvenoli richagli va kulisali mexanizmlar misolida) kinematik parametrlari aniqlangan. Shuningdek uslubiy qođlanmadan hisob-grafik ishlari va kurs ishlarini bajarishda ham foydalanish mumkin.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Ilmiy-uslubiy kengashining qarori bilan bosmadan chiqarishga ruxsat etilgan.

Taqrizchilar: Abduvaliyev U.A. -ToshDTU óMashina mexanizmlari va detallariô kaf. dotsenti;
Gapirov A .D. -TAYI óMexanizmlar nazariyasi va mashina detallariô kaf. mudiri, t.f.n., dotsent.

Toshkent davlat texnika universiteti, 2015

K I R I S H

Hozirgi kunda fan va texnikaning taraqqiyot darajasi hisoblash texnikasi imkoniyatlaridan faol foydalanishni talab etmoqda. O'zbekiston xalq xo'jaligi rivojlanishida mashinasozlik o'rnining oshib borishi mashina va mexanizmlar nazariyasining zamonaviy usullarini egallash zarur ekanligidan dalolat bermoqda. Shuning uchun o'MMN o' bo'yicha laboratoriya, amaliy mashg'uloti va kurs loyihalarini bajarishda kompyuter texnologiyasidan foydalanish bo'dajak bakalavr va magistr larni tayyorlashda muhim bosqich bo'dib hisoblanadi. „MMN o' kursida paydo bo'dadigan ba'zi vazifalar shunday murakkabki, ularning aniq analitik echimi yoki bo'dmaydi, yoki zarur natijalarga erishish uchun ancha vaqt va ko'p mehnat talab etiladi.

Kompyuter texnologiyasini qo'dlash talabalarni ko'p mehnat talab qiladigan hisoblash ishlaridan ozod qiladi, aniq amaliy natijalarga erishish, grafik usul bilan kinematik parametrlarni aniqlashga ketadigan vaqtlarini tejaydi va mashinasozlikning injenerlik masalalarini yechishda talabaga chuqurroq ilmiy yondashish imkonini yaratadi.

Ushbiy qo'dlanmada o'MMN o' bo'yicha mexanizmlar analizining turli masalalarini yechish namunasida EHM imkoniyatlari namoyish etilgan. Kinematik tahlil etiladigan har bir mexanizm dastlab o'Kompas o' dasturida chizilib, so'ngra mexanizm harakat tehglamalari uchun MathCAD muhitida dasturlar tuzilgan.

Mexanizmlar kinematik tahlilining maqsadi quyidagilardan iborat:

Yetaklovchi zvenoning ma'dum harakat qonunlari bo'yicha funksiya holati; Zvenolarning harakat trayektoriyasi; siljishi; tezligi; tezlanishlari; shuningdek mexanizmni kuchga, dinamik, energetik va boshqa hisoblari uchun zarur bo'dgan son qiymatlarini aniqlash.

Mexanizmlar kinematik tahlili- grafik(grafik va diagrammalar usuli), grafoanalitik (tezlik va tezlanish rejalari usuli), analitik va tajribali usullar bilan bajarilishi mumkin.

Mexanizmlar kinematik tahlilining grafik va grafoanalitik usullari quyidagi kamchiliklarga ega: yuqori bo'dmagan aniqlik; ko'p mehnat talab qilinishi; grafik usuldan foydalanishda mexanizmning har bir tahlil qilinadigan nuqtasi uchun siljish, tezlik va tezlanish diagrammalarini qurish zarur; grafoanalitik usuldan foydalanishda esa bizni qiziqtiradigan

nuqta tezligi va tezlanishlarining oʻzgarish dinamikasini aniqlash uchun mexanizmning bir qancha tezlik va tezlanish planlarini qurish kerak (mexanizmning bir qancha holatlari uchun).

Analitik usulda bu kamchiliklar yoʻq, lekin shu bilan birga murakkab analitik ifodalar (formulalar) tuzish va ularni computer texnologiyasidan foydalanib yechish zarur. Mexanizmlar kinematik tahlilining analitik usullari- yopiq konturli vektorlar usuli (Zinovev usuli); kordinatalarni oʻzgartirish usuli (Moroshkina usuli) va boshqa usullar bilan amalga oshirilishi mumkin.

1. TEKIS RICHAGLI MEXANIZMLARNI GRAFOANALITIK USUL BILAN KINEMATIK TAHLIL QILISH

Krivoship-polzunli mexanizm

1.1-masala: krivoship-polzunli mexanizm (K.P.M.) zvenolarining oʻlchamlari quyidagilarga teng: $l_{OA} = 0,1m$; $l_{AB} = 0,3m$; $l_{AS_2} = 0,1m$ krivoshipning umumlashgan koordinatasi $\varphi_1 = 30^\circ$, krivoshipning aylanishlar soni $n_1 = 100 \text{ ayl/min}$ Grafoanalitik usul bilan krivoshipni polzunli mexanizm kinematik taxlil qilinsin. (1.1 rasm)

Masalani yechish:

Berilgan geometrik parametrlarga koʻra $\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA} = \frac{0,1}{50} = 0,002 \text{ m/mm}$ masshtab koeffitsiyenti boʻyicha (K.P.M) ning kinematik rasmini [2],[3] chizamiz. Bunda $OA = 50mm$ uzunlik, krivoshipning rasmdagi ixtiyoriy oʻlchamidir. Krivoshipning burchak tezligini quyidagi formula bilan aniqlaymiz.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,47 \text{ s}^{-1} \quad (1.1)$$

aniqlangan natija krivoshipning oʻzgarmas burchak tezlik bilan aylanayotganligini koʻrsatadi.

Krivoship polzunli mexanizmning chizilgan kinematik rasmini tahlil qilamiz; O nuqta qoʻzgalmas boʻlganligi sababli uning tezligi $V_0 = 0$ boʻladi.

A nuqtaning tezlik vektori - O nuqtaning tezlik vektori bilan A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma harakat tezlik vektorlarining geometrik yigʻindisidan iborat.

$$\bar{V}_A = \bar{V}_O + \bar{V}_{AO} \quad (1.2)$$

(1.2) Tenglik birinchi qoʻshiluvchisining ($V_0 = 0$) qiymati nolga teng boʻlib u tezliklar rejasida polyus bilan ustma-ust tushadi. ($\bar{V}_{AO}$) vektorining yoʻnalishi krivoship oʻqiga perpendikulyar boʻlib u krivoship aylanadigan yoʻnalishda boʻladi (1.1 rasm). A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma harakatining tezligi.

$$V_{AO} = \omega_1 \cdot l_{OA} \quad (1.3)$$

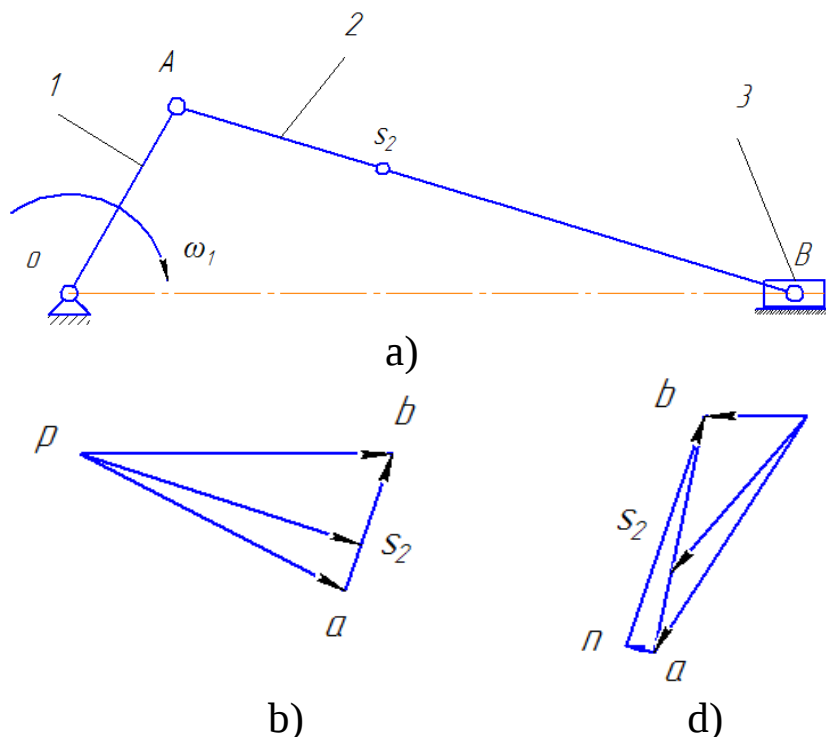
Bunda ω_1 va l_{OA} krivoshipning burchak tezligi va uning uzunligi. Berilgan qiymatlarni (1.3) ga qoʻysak,

$$V_{AO} = V_A = 10,472 \cdot 0,24 = 1,047 \text{ m/s}$$

Shatun 2 ga tegishli B nuqtaning tezlik vektori -A nuqtaning tezlik vektori bilan B nuqtaning A nuqta atrofida nisbiy aylanma harakati tezlik vektorlarining geometrik yigʻindisiga teng.

$$\bar{V}_B = \bar{V}_A + \bar{V}_{BA} \quad (1.4)$$

(1.4) tenglikning birinchi qoʻshiluvchisi ($\bar{V}_A$) yuqorida (1.2) tenglikda izoxlangan. (1.4) dagi nisbiy tezlik vektori ($\bar{V}_{BA}$) ning yoʻnalishi shatun 2 ning oʻqiga perpendikulyar boʻlib u tezliklar rejasida b nuqtaga tomon yoʻnalgandir. B nuqta bir vaqtda polzunga xam tegishlidir. Polzun 3 OB oʻqiga parallel ravishda ilgariylanma qaytma harakat qiladi. Shuning uchun polzunga tegishli B nuqta tezlik vektorining harakat yoʻnalishi doimo OB oʻqigaga parallel ($\bar{V}_{BA} \parallel OB$) boʻladi. (1.2) va (1.4) tenglamalarni birgalikda echish B nuqta tezlik vektorining yoʻnalishi va taʼsir chizigʻini aniqlash imkonini beradi.



1.1-rasm. Krivoship polzunli mexanizm:

1- krivoship; 2-shatun; 3- polzun; a-mexanizmnı kinematic cxemasi; b- tezliklar rejasi; c-tezlanishlar rejasi.

Tezliklar rejasining masshtab koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi.

$$\mu_V = \frac{V_A}{pa} \left[\frac{m/s}{mm} \right] \quad (1.5)$$

bunda, (pa) A nuqtaning 0 nuqta atrofidagi nisbiy aylanma harakati tezlik vektorining tezliklar rejasidagi ixtiyoriy oʻlchami. (1.3) ifodani hisobga olib $(pa) = 50mm$ qabul qilamiz.

$$\mu_V = \frac{1,047}{50} = 0,02 \left[\frac{m/s}{mm} \right]$$

(1.5) ifodani hisobga olib (1.2) va (1.4) vektor tenglamalarni birgalikda echib, tezliklar rejasini quramiz (1.1.b rasm). Oʻxshashlik teoremasidan foydalanib tezliklar rejasidan (s_2) nuqtaning tezlik vektorini ifodalovchi oʻlchamni topamiz.

$$\frac{l_{AB}}{l_{AS_2}} = \frac{(ab)}{(as_2)} \text{ bundan } (as_2) = (ab) \frac{l_{AS_2}}{l_{AB}} \quad (1.6)$$

(1.6) ifodadagi (ab) kesmani tezliklar rejasidan oʻlchab olib $(ab = 26.1116 mm)$ uni (1.6) ifodaga qoʻyamiz va (as_2) kesmaning uzunlik qiymatini aniqlaymiz.

$$(as_2) = (ab) \frac{l_{AS_2}}{l_{AB}} = 26.1116 \cdot \frac{0,1}{0,3} = 8,7mm$$

(as_2) oʻlchamni tezliklar rejasidan belgilab (s_2) nuqtaning holatini aniqlaymiz. (s_2) va (p) nuqtalarni oʻzaro tutashtirib (S_2) nuqtaning tezlik vektorini topamiz. Tezliklar rejasidan (pb) , (ab) va (ps_2) kesmalarni oʻlchab mos ravishda, B nuqtaning tezligi, B nuqtaning A nuqta atrofida nisbiy aylanma harakati tezligi va (S_2) nuqtaning haqiqiy tezliklarini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} V_B = (pb) \cdot \mu_V = 50.8391 \cdot 0,021 = 1,067 \text{ m/s} \\ V_{BA} = (ab) \cdot \mu_V = 26.1116 \cdot 0,021 = 0,548 \text{ m/s} \\ V_{S_2} = (ps_2) \cdot \mu_V = 48.7515 \cdot 0,021 = 1,02 \text{ m/s} \end{cases} \quad (1.7)$$

(1.7) ifodani hisobga olib shatun 2 ning burchak tezligini topamiz.

$$\omega_2 = \frac{V_{BA}}{l_{BA}} = \frac{0,548}{0,3} = 1,83s^{-1} \quad (1.8)$$

shatun 2 burchak tezligining yoʻnalishi quydagicha aniqlanadi: tezliklar rejasida vektor V_{BA} ni hayolan olib uni (K.P.M) kinematik rasmining (1.1. a rasm) B nuqtasiga qoʻyiladi. Shunda B nuqta A nuqta atrofida soat strelka aylanishi yoʻnalishiga teskari yoʻnalishga aylanadi. Ana shu yoʻnalish shatun 2 burchak tezligining aylanish yoʻnalishi hisoblanadi. Polzun 3 faqat ilgariylanma qaytma harakat qilganligi sababli uning burchak tezligi ($\omega_3 = 0$) nolga teng.

Tezlanishlar rejasini qurish uchun vektor tenglikni tuzamiz. A nuqtaning tezlanish vektori - O nuqtaning tezlanish vektori hamda A nuqtaning O nuqta atrofidagi nisbiy aylanma harakati normal va tangensial tezlanishi vektorlarining geometrik yigʻindisidan iborat.

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}_{AO}^n + \bar{a}_{AO}^\tau \quad (1.9)$$

(1.9) tenglikdagi $\bar{a}_O = 0$ boʻlganligi sababli $\bar{a}_O$ vektor, nuqta vektor deyiladi va u tezlanishlar rejasida polyus bilan ustma ust tushadi. Normal $\bar{a}_{AO}^n$ tezlanishning son qiymati esa quyidagicha aniqlanadi.

$$a_{AO}^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 10,47^2 \cdot 0,1 = 10,966s^{-2} \quad (1.10)$$

(1.9) ifodadagi a_{AO}^n normal tezlanish vektori krivoship (1) oʻqiga parallel boʻlib u mexanizm rasmida (1.1.a rasm) A nuqtadan O nuqtaga yoʻnalgan, tezlanishlar rejasida bu vektor (♠) polyusdan a nuqtaga yoʻnalgan (1.1.b rasm). (1.9) ifodadagi a_{AO}^τ tangensial (urinma) tezlanish qiymati nolga teng, sababi masala shartida krivoshipning burchak tezligi

ω_1 o'zgarmas deb qabul qilingan. U a_{AO}^n normal tezlanish vektorining uchida joylashgan. Shatun (2) ga tegishli B nuqtaning tezlanish vektori - A nuqtaning tezlanish vektorini bilan B nuqtaning A nuqta atrofida nisbiy aylanma harakati normal va tangensial tezlanish vektorlarining geometrik yig'indisidan iborat.

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau \quad (1.11)$$

(1.11) ifodadagi $\vec{a}_A$ A nuqtaning tezlanishi (1.9) tenglamada belgilangan, $\vec{a}_{BA}^n$ normal tezlanish vektorini mexanizm rasmida shatun (2) ning o'qiga parallel bo'lib u B nuqtadan A nuqtaga tomon yo'nalgan. Tezlanishlar rejasida esa bu vektorning ta'osir chizig'i a nuqtadan p nuqtaga qarab yo'nalgan (1.1.b rasm). (1.7) ifodani hisobga olib normal tezlanish qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$\vec{a}_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{l_{BA}} = \frac{0,548^2}{0,3} = 1 \frac{m}{s^2} \quad (1.12)$$

(1.11) tenglikdagi $\vec{a}_{BA}^\tau$ tangensial tezlanish vektorining ta'osir chizig'i shatun 2 o'qiga perpendikulyar bo'lib (1.1. a rasm) u tezlanishlar rejasida n nuqtadan o'tib n dan b nuqtaga qarab yo'nalgan (1.1. b rasm). B nuqta bir vaqtini o'zida polzun 3 ga ham tegishli. Polzun 3 (OB) yo'naltirgich bo'ylab ilgariylanma qaytma harakat qilganligi uchun B nuqtani tezlanish vektori (OB) ga paralleldir $a_b // (OB)$.

Tezlanishlar masshtab koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi.

$$\mu_a = \frac{a_{AO}^n}{(\pi a)} \left[\frac{m / s^2}{mm} \right] \quad (1.13)$$

Bunda (πa) A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma harakati normal tezlanishi vektorining tezlanishlar rejasidagi ixtiyoriy kesmasi. $(\pi a) = 50mm$ qabul qilib va (1.10) ifodani hisobga olgan holda tezlanishlar masshtab koeffitsiyentini aniqlaymiz.

$$\mu_a = \frac{a_{AO}^n}{(\pi a)} = \frac{10,96}{50} = 0,219 \left[\frac{m / s^2}{mm} \right]$$

(1.13) ifodani hisobga olib va (1.9), (1.11) vektor tenglamalarni birgalikda yechib tezlanishlar rejasini quramiz (1.1.c rasm), (1.12) tenglikdan normal tezlanish $\bar{a}_{BA}^n$ vektorining tezlanishlar rejasidagi uzunligini topamiz.

$$(an) = \frac{\bar{a}_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{1}{0,219} = 4,5mm$$

S_2 nuqtaning tezlanishlar rejasidagi uzunligini o'xshashlik teoremasidan foydalanib aniqlaymiz. Buning uchun tezlanishlar rejasida $(ab) = 44,0912mm$ ni o'lchab (1.6) ifodaga qo'yamiz.

$$(as_2) = (ab) \frac{l_{AS_2}}{l_{AB}} = 44,0912 \frac{0,1}{0,3} = 14,7mm$$

$(as_2) = 8,8mm$ o'lchamli kesmani tezlanishlar rejasida belgilab S_2 nuqtaning o'rnini topamiz. Tezlanishlar rejasida kesmalarni o'lchab mos ravishdagi tezlanishlar qiymatlarini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} a_B = (\pi b) \cdot \mu_a = 16,6913 \cdot 0,219 = 3,6 \text{ m/s}^2 \\ a_{BA}^\tau = (\pi b) \cdot \mu_a = 43,8563 \cdot 0,219 = 9,6 \text{ m/s}^2 \\ a_{BA} = (ab) \cdot \mu_a = 44,0912 \cdot 0,219 = 9,65 \text{ m/s}^2 \\ a_{S_2} = (\pi s) \cdot \mu_a = 36,4326 \cdot 0,219 = 7,98 \text{ m/s}^2 \end{cases} \quad (1.14)$$

Yuqorida bajarilgan tahlildan ko'rinadiki krivoship 1 o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanadi, demak uning tangensial hamda burchak tezlanishlari ham ($\varepsilon_1 = 0$) nolga tengdir.

$$\varepsilon_1 = \frac{a_{AO}^\tau}{l_{AO}} = 0$$

Shatunning burchak tezlanishi

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{AB}^\tau}{l_{AB}} = \frac{9,6}{0,3} = 32s^{-2} \quad (1.15)$$

Shatun (2) ning burchak tezlanishi yo'nalishi quydagicha aniqlanadi:

Tezlanishlar rejasidan a_{BA}^{τ} tangensial tezlanish vektorini mexanizm rasmi (1.1. a rasm) B nuqtasiga qoʻyamiz. Hayolan polzun va shatun orasidagi bogʻdanishni olib, shatunni A nuqta atrofida a_{BA}^{τ} yoʻnalishi tomonga aylantiramiz va shu yoʻnalish shatunning burchak tezlanishi ε_2 yoʻnalishi ekanligini belgilaymiz.

Mustaqil ravishda kinematik tahlil qilish uchun krivoship-polzunli mexanizm parametrlarining son qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

Sharnirli toʻrt zvenoli mexanizm

1.2-masala. Sharnirli 4 zvenoli mexanizmni grafoanalitik usul bilan kinematik tahlil qilish. Zvenolarning oʻlchamlari quyidagicha berilgan: $l_{OA} = 0,1m$, $l_{AB} = 0,2m$, $l_{BO_1} = 0,15m$, $l_{AS_2} = 0,067m$, $l_{OO_1} = 0,35m$ krivoshipning umumlashgan koordinatasi $\varphi_1 = 60^\circ$, krivoshipning aylanishlari soni $n_1 = 150 \text{ ayl/min}$ (1.2.a rasm).

Masalani yechish:

Berilgan oʻlchamlar boʻyicha uzunlik masshtabini qabul qilib mexanizmni kinematik rasmini chizamiz.

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA} = \frac{0,1}{50} = 0,002 \text{ [m/mm]}$$

Krivoshipning burchak tezligi quydagi formula bilan aniqlanadi.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 150}{30} = 15,78 \text{ s}^{-1} \quad (1.16)$$

Aniqlangan natija krivoship burchak tezligi oʻzgarmasligini koʻrsatadi.

Mexanizmning kinematik rasmini tahlil qilamiz. O nuqta qoʻzgʻalmas boʻlganligi uchun uning tezligi ($V_0 = 0$) ga teng. A nuqtaning tezlik vektori- O nuqta tezlik vektori bilan A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma harakat tezlik vektorlarining geometrik yigʻindisidan iborat.

$$\bar{V}_A = \bar{V}_O + \bar{V}_{AO} \quad (1.17)$$

(1.17) dagi $V_0 = 0$ boʻlganligi sababli u nuqta vektor deyiladi. $\bar{V}_O = 0$ polyus bilan ustma ust tushadi. $\bar{V}_{AO}$ tezlik vektori krivoship (1) oʻqiga perpendikulyar boʻlib uning yoʻnalishi krivoship aylanishi bilan bir xil

boʻladi. (1.16) ifodani hisobga olib A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma harakati quyidagicha aniqlanadi.

$$V_{AO} = V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 15,78 \cdot 0,1 = 1,571 \text{ m/s} \quad (1.18)$$

Shatun (2) ga tegishli B nuqtaning tezlik vektori- A nuqtaning tezlik vektori bilan B nuqtaning A nuqta atrofida nisbiy aylanma harakat tezlik vektorlarinig geometrik yigʻindisidan iborat.

$$\bar{V}_B = \bar{V}_A + \bar{V}_{BA} \quad (1.19)$$

(1.19) tenglamadagi $\bar{V}_A$ (1.18) tenglamada aniqlangan. $\bar{V}_{BA}$ nisbiy tezlik vektori shatun (2) oʻqiga perpendikulyar boʻlib, (1.2.b rasm) u tezliklar rejasida b nuqtaga qarab yoʻnalgan. Sababi, b shu tezlik vektori indeksida birinchi boʻlib turibdi.

B nuqta bir vaqtning oʻzida koromislo (3) ga ham tegishlidir shuning uchun B nuqtaning tezlik vektori- O_1 nuqtaning tezlik vektori bilan B nuqtaning O_1 nuta atrofida nisbiy aylanma harakat tezlik vektorlarining geometrik yigʻindisidan iborat.

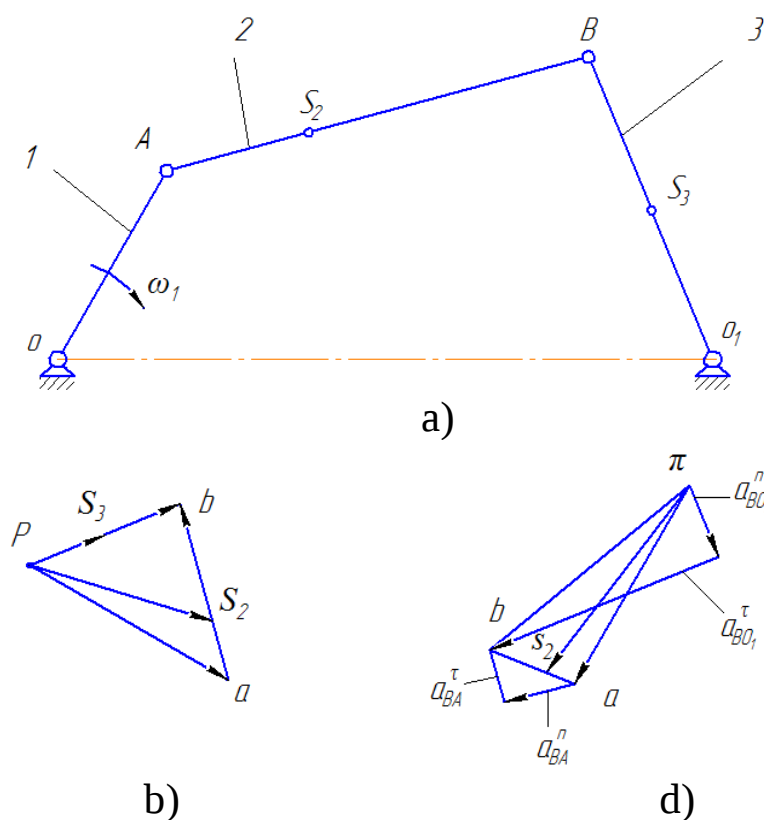
$$\bar{V}_B = \bar{V}_{O_1} + \bar{V}_{BO_1} \quad (1.20)$$

(2.5) ifodadagi birinchi had ($\bar{V}_{O_1} = 0$) nolga tengligi uchun u tezliklar rejasida polyus bilan ustma ust tushadi. Bunda $\bar{V}_{BO_1}$ nisbiy harakat tezlik vektori koromislo (3) oʻqiga perpendikulyar, tezliklar rejasida $\bar{V}_{BO_1}$ b nuqtaga qarab yoʻnalgan (1.2.b rasm) (1.19) va (1.20) tengliklarni birgalikda yechish B nuqta tezlik vektorining taʼsir chiʻozigʻi va yoʻnalishini aniqlash imkonini beradi. (2.3) ifodani hisobga olib (pa) = 50mm ni qabul qilgan holda tezliklar masshtabini topamiz.

$$\mu_V = \frac{V_A}{pa} = \frac{1,571}{50} = 0,031 \left[\frac{m/s}{mm} \right] \quad (1.21)$$

(1.17),(1.19) va (1.20) vektor tenglamalarni birgalikda yechib tezliklar rejasini quramiz (1.2.b rasm). S_2 nuqtaning tezlik vektorini bildiruvchi kesma oʻxshashlik teoremasidan foydalanib topiladi.

$$\frac{l_{AB}}{l_{AS_2}} = \frac{(ab)}{(as_2)} \text{ Bundan } (as_2) = (ab) \frac{l_{AS_2}}{l_{AB}} = 19,8 \cdot \frac{0,067}{0,2} = 6,6 \text{ mm}$$



1.2- rasm. Sharnirli to'rt zvenoli mexanizm:

1-krivoship; 2-shatun; 3-koromislo; a-mexanizm kinematik cxemasi;
b-tezliklar rejasi; d-tezlanishlar rejasi.

Tezliklar rejasida (a_{S_2}) kesmani o'lchab S_2 nuqtaning joylashishi topiladi. S_2 nuqta bilan polyus p o'zaro birlashtirilib S_2 nuqta tezlik vektori aniqlanadi.

Tezliklar rejasida mos ravishda kesmalarni o'lchab mexanizm harakterli nuqtalarining tezliklarini aniqlaymiz. B nuqtaning tezligi

$$\begin{cases} V_B = (pb) \cdot \mu_V = 35,6 \cdot 0,031 = 1,12 \text{ m/s} \\ V_{BA} = (ab) \cdot \mu_V = 39,9 \cdot 0,031 = 1,2 \text{ m/s} \\ V_{S_2} = (ps_2) \cdot \mu_V = 41,7 \cdot 0,031 = 1,3 \text{ m/s} \end{cases} \quad (1.22)$$

Shatun (2) va koromislo (3) larning burchak tezliklari quyidagicha topiladi.

$$\omega_2 = \frac{V_{BA}}{l_{BA}} = \frac{1,2}{0,2} = 6,264s^{-1} \quad (1.23)$$

$$\omega_3 = \frac{V_B}{l_{BO_1}} = \frac{1,12}{0,15} = 7,447s^{-1} \quad (1.24)$$

Tezliklar rejasidan hayolan V_{BA} va V_B ñlarni olib mexanizm kinematik rasmi B nuqtasiga qoñyiladi. Bu tezliklarning yoñnalishi shatun (2) bilan koromislo (3) ning burchak tezliklari yoñnalishini koñrsatadi.

Tezlanishlar rejasini qurish uchun quyidagi vektor tenglamalarni tuzamiz.

A nuqtaning tezlanish vektori- O nuqtaning tezlanish vektori bilan A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma harakati tangensial tezlanishi vektori va normal tezlanish vektorlarining geometrik yigñndisidan iborat.

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}_{AO}^n + \bar{a}_{AO}^\tau \quad (1.25)$$

(1.25) tenglikdagi ($\bar{a}_O = 0$) boñganligi sababli $\bar{a}_O$ vektor, nuqta vektor deyiladi va u tezlanishlar rejasida polyus (π) bilan ustma ust tushadi.

Normal $\bar{a}_{AO}^n$ tezlanishning son qiymati esa quyidagicha aniqlanadi

$$a_{AO}^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 15,708^2 \cdot 0,1 = 24,674m/s^2 \quad (1.26)$$

(1.25) ifodadagi a_{AO}^n normal tezlanish vektori krivoship (1) ning oñqiga parallel. Mexanizm rasmida bu vektor A nuqtadan O ga qarab yoñnalgan (1.2.a-rasm). Tezlanishlar rejasida esa bu vektor (π) polyusdan

(a) ga qarab yoñnalgan (1.2.d-rasm). (1.25) tenglikdagi $\bar{a}_{AO}^\tau$ tangensial (aylanma) tezlanishning qiymati nolga teng, masalaning sharti boñyicha

$N_q = \text{const}$ boñganligi sababli tezlanishlar rejasida $\bar{a}_{AO}^\tau$ nuqta boñib, u a_{AO}^n normal tezlanish vektorining uchida joylashadi (1.2.c rasm). Shatun 2 ga tegishli B nuqtaning tezlanish vektori- A nuqta tezlanish vektori bilan B nuqtaning A nuqta atrofida nisbiy aylanma harakati tangensial tezlanish vektori va normal tezlanish vektorlarining geometrik yigñndisidan iborat.

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau \quad (1.27)$$

(1.27) tenglamaning birinchi qoʻshiluvchisi $\bar{a}_A$ (1.25) ifoda bilan aniqlangan. $\bar{a}_{BA}^n$ vektorining harakat chizigʻi shatun (2) ning oʻqiga parallel boʻlib, u tezlanishlar rejasida a nuqtadan oʻtib n_1 nuqtaga qarab yoʻnalgan. Mexanizm rasmida esa $\bar{a}_{BA}^n$ B nuqtadan A nuqta tomonga yoʻnalgandir. (1.27) ifodadagi $\bar{a}_{BA}^\tau$ tangensial tezlanish vektori shatun (2) oʻqiga perpendikulyar boʻlib, u tezlanishlar rejasida n_1 nuqtadan oʻtib b nuqta bilan birlashadi.

Koromislo (3) ga tegishli B nuqtaning tezlanish vektori- $\bar{a}_{O_1}$ tezlanish vektori bilan B nuqtaning O_1 nuqta atrofida nisbiy aylanma harakat tangensial tezlanish va normal tezlanish vektorlarining geometrik yigʻindisidan iborat.

$$\bar{a}_B = \bar{a}_{O_1} + \bar{a}_{BO_1}^n + \bar{a}_{BO_1}^\tau \quad (1.28)$$

(1.28) ifodadagi ($\bar{a}_{O_1} = 0$) nolga teng boʻlib, u tezlanishlar rejasida polyus (π) bilan ustma ust tushadi. Normal tezlanish $\bar{a}_{BO_1}^n$ vektori koromislo (3) oʻqiga parallel. Mexanizm rasmida u B nuqtadan O_1 nuqtaga tomon yoʻnalgan, tezlanishlar rejasida (1.2.c rasm) bu vektor polyus (π) dan n_2 tomon yoʻnalgan. $\bar{a}_{BO_1}^\tau$ tangensial tezlanish vektori koromislo oʻqiga perpendikulyar, tezlanishlar rejasida bu vektor (n_2) nuqtadan oʻtib b nuqta bilan birlashadi (1.2. c rasm). (1.27) va (1.28) tengliklarni hisobga olib normal tezlanish vektorlarining qiymatlarini aniqlaymiz.

$$\bar{a}_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{l_{BA}} = \frac{1,25^2}{0,2} = 7,847 \frac{m}{s^2} \quad (1.29)$$

$$\bar{a}_{BO_1}^n = \frac{V_B^2}{l_{BO_1}} = \frac{1,117^2}{0,15} = 8,321 \frac{m}{s^2} \quad (1.30)$$

(1.26) ifodani hisobga olib (π) = 50mm qabul qilamiz va tezlanishlar masshtabini aniqlaymiz.

$$\mu_a = \frac{a_{AO}^n}{(\pi a)} = \frac{24,674}{50} = 0,493 \left[\frac{m/s^2}{mm} \right] \quad (1.31)$$

tezlanishlar rejasida $\bar{a}_{BA_1}^n$ va $\bar{a}_{BO_1}^n$ kesmalarni aniqlaymiz.

$$(\pi m_2) = \frac{\bar{a}_{BO}^n}{\mu_a} = \frac{8,321}{0,493} = 16,859 mm \quad (an) = \frac{\bar{a}_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{7,847}{0,493} = 15,9 mm \quad (1.32)$$

(1.25), (1.27) va (1.28) vektor tenglamalarni birgalikda echib tezlanishlar rejasini quramiz. tezlanishlar rejasida S_2 nuqtaning tezlanish vektorini o'xshashlik teoremasidan foydalanib topamiz.

$$\frac{l_{AB}}{l_{AS_2}} = \frac{(ab)}{(as_2)} \quad \text{Bundan } (as_2) = (ab) \frac{l_{AS_2}}{l_{AB}} = 19,8 \cdot \frac{0,067}{0,2} = 6,6 mm \quad (1.33)$$

Tezlanishlar rejasida (as_2) kesmani belgilab S_2 nuqtaning joyini belgilaymiz.

Tezlanishlar rejasida kesmalarni o'qchab mos ravishda mexanizm xarakterli nuqtalarining tezlanishlarini aniqlaymiz.

$$\left\{ \begin{array}{l} a_B = (\pi b) \cdot \mu_a = 56,49 \cdot 0,493 = 27,851 \text{ m/s}^2 \\ a_{BA} = (ab) \cdot \mu_a = 19,8 \cdot 0,493 = 19,67 \text{ m/s}^2 \\ a_{BA}^\tau = (n_1 b) \cdot \mu_a = 11,8 \cdot 0,493 = 5,83 \text{ m/s}^2 \\ a_{S_2} = (\pi s_2) \cdot \mu_a = 51,39 \cdot 0,493 = 25,3611 \text{ m/s}^2 \\ a_{BO}^\tau = (n_2 b) \cdot \mu_a = 53,86 \cdot 0,493 = 26,58 \text{ m/s}^2 \end{array} \right. \quad (1.34)$$

Bajarilgan tahlilga ko'ra krivoship 1 o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanishi ma'dum va shuning uchun tangential tezlanish (a_{AO}^τ) ning qiymati nolga teng. Shuningdek krivoshipning burchak tezlanishi ham nolga teng.

$$\varepsilon_1 = \frac{a_{AO}^\tau}{l_{AO}} = 0 \quad (1.35)$$

Shatun (2) va koromislo (3) ning burchak tezlanishlari

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{AB}} = \frac{5,83}{0,2} = 29,166s^{-2} \quad (1.36)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{BO_1}^\tau}{l_{O_1B}} = \frac{26,58}{0,15} = 177,2s^{-2} \quad (1.37)$$

Shatun (2) va koromislo (3) ning burchak tezlanishlarining yoʻnalishlari, tezlanishlar rejasidagi a_{BA}^τ , $a_{BO_1}^\tau$ tezlanish vektorlarining yoʻnalishlari bilan aniqlanadi. Buning uchun shatun (2) va koromislo (3) orasidagi bogʻdanish hayolan olinadi, bunda mexanizm (A) nuqtasi shartli ravishda tayanchga ega boʻladi. Shatun B nuqtasi a_{BA}^τ tezlanish vektori taʼsirida (A) nuqta atrofida aylanadi. Ana shu aylanish yoʻnalishi shatun (2) ning burchak tezlanishining ε_2 yoʻnalishi hisoblanadi. Shatun (2) va koromislo (3) orasidagi bogʻdanish B nuqtadan hayolan ajratiladi bunda koromislo (3) $a_{BO_1}^\tau$ tezlanish vektori taʼsirida O_1 nuqta atrofida aylanadi, ana aylanish koromislo (3) ning burchak tezlanishi yoʻnalishi boʻladi.

Mustaqil ravishda kinematik tahlil qilish uchun sharnirli 4 zvenoli mexanizm parametrlarining son qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

Kulisali mexanizm

1.3 masala. Kulisali mexanizm zvenolarning oʻlchamlari quyidagicha berilgan:

$l_{OA} = 0,4m$, $l_{BO_1} = 1,0677m$, $l_{OO_1} = 0,8m$ krivoshipning umumlashgan koordinatasi $\varphi_1 = 60^\circ$, krivoshipning aylanishlari soni $n_1 = 50ayl/min$. Kulisali mexanizmni (1.3. a rasm) grafoanalitik usul bilan kinematik tahlil qilish talab etiladi.

Masalani yechish:

Maʼlum geometrik parametrlar boʻyicha uzunlik masshtabi (μ_e) ni qabul qilib kulisali mexanizmning kinematik rasmini chizamiz.

Quyidagi ifoda orqali krivoshipning burchak tezligini aniqlaymiz.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 50}{30} = 5,236s^{-1} \quad (1.38)$$

Aniqlangan natijaga ko'ra krivoshipning burchak tezligi o'zgarmas ekanligi ma'lum bo'ldi.

Hosil qilingan kulisali mexanizmning kinematik rasmini tahlil qilamiz. O nuqta qo'zg'almas bo'lganligi sababli uning tezligi nolga teng ($V_O = 0$). A nuqtaning tezlik vektori- O nuqtaning tezlik vektori bilan A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma tezlik vektorlarining geometrik yig'indisidan iborat.

$$\bar{V}_A = \bar{V}_O + \bar{V}_{OA} \quad (1.39)$$

(1.39) tenglamadagi birinchi qo'shiluvchining qiymati nolga teng. Shuning uchun $\bar{V}_O$ nuqta vektor bo'lib, u tezliklar rejasida polyus bilan bitta nuqtada yotadi. $\bar{V}_{AO}$ vektorining harakat chizig'i krivoship o'qiga perpendikulyar bo'lib, uning yo'nalishi krivoship aylanish yo'nalishi bilan bir xil bo'ldi.

A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanma harakat tezligi quyidagicha aniqlanadi.

$$V_{AO} = V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 5,236 \cdot 0,4 = 2,094m/s \quad (1.40)$$

Shatunga tegishli B nuqtaning tezlik vektori- A nuqtaning tezlik vektori bilan A nuqtaga nisbatan B nuqtaning ilgarilanma harakat tezlik vektorlarining geometrik yig'indisidan iborat.

$$\bar{V}_B = \bar{V}_A + \bar{V}_{BA} \quad (1.41)$$

(1.41) tenglamadagi $\bar{V}_A$ yuqorida (1.39) ifodada aniqlangan. $\bar{V}_{BA}$ B nuqta nisbiy tezlik vektorining harakat chizig'i kulisa 3 ning o'qiga parallel (1.3.a-rasm). Tezliklar rejasida bu vektor (b) ga qarab yo'nalgan. B nuqta kulisaga ham tegishli, shuning uchun B nuqtaning tezlik vektori O_1 nuqtaning tezlik vektori bilan B nuqtaning O_1 nuqta atrofida nisbiy aylanma harakat tezlik vektorlarining geometrik yig'indisidan iborat.

$$\bar{V}_B = \bar{V}_{O_1} + \bar{V}_{BO_1} \quad (1.42)$$

(1.42) ifodadagi $\overline{V}_{O_1}$ ning qiymati nolga teng. Shuning uchun $\overline{V}_{O_1}$ nuqta vektor hisoblanadi va u tezliklar rejasida polyus bilan ustma ust tushadi. $\overline{V}_{BO_1}$ vektorning harakat chizigʻi koromislo 3 oʻqiga perpendikulyar boʻlib, u tezliklar rejasida b nuqtaga qarab yoʻnalgan (1.3.b rasm). (1.41) va (1.42) ifodalarni birgalikda yechish B nuqta tezlik vektorining harakat chizigʻi va yoʻnalishini aniqlash imkonini beradi.

(1.40) tenglikni hisobga olib, $(pa)=50mm$ qabul qilamiz va tezliklar masshtab koeffitsiyentini aniqlaymiz.

$$\mu_V = \frac{V_A}{pa} = \frac{2,1}{50} = 0,042 \left[\frac{m/s}{mm} \right]$$

(1.39),(1.41),(1.42) vektor tenglamalarni birgalikda echib tezliklar rejasini quramiz. (1.3.b rasm). Tezliklar rejasida kesmalarni oʻdchab mexanizm xarakterli nuqtalarning haqiqiy tezliklarini aniqlaymiz.

$$\begin{cases} V_B = (pb) \cdot \mu_V = 17,4280 \cdot 0,042 = 0,73m/s \\ V_{BA} = (ab) \cdot \mu_V = 33 \cdot 0,042 = 1,384m/s \end{cases} \quad (1.43)$$

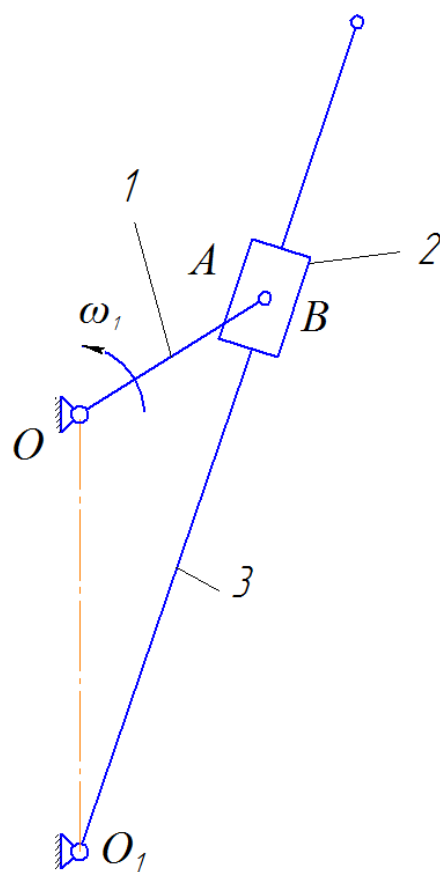
Kulisa 3 va polzun 2 ning burchak tezligi

$$\omega_2 = \omega_3 = \frac{V_{BO_1}}{l_{BO_1}} = \frac{0,73}{1,067} = 0,684s^{-1} \quad (1.44)$$

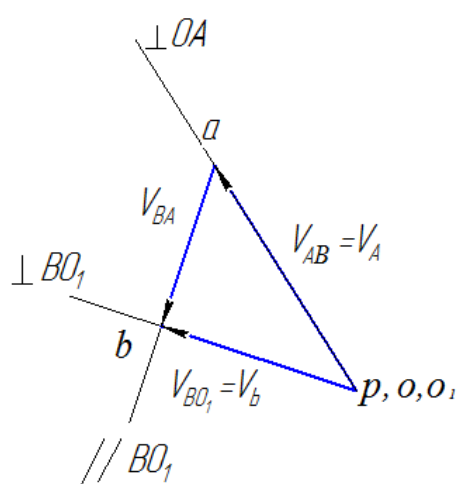
Tezliklar rejasidagi (1.3. b rasm) $\overline{V}_{BO_1}$ tezlik vektorining yoʻnalishi kulisa 3 va polzun 2 ning burchak tezligining yoʻnalishini belgilaydi. Bunda krivoship 1 va polzun 2 orasidagi bogʻdanish (B sharnir) olinadi. Shunda B nuqta kulisa 3 va polzun 2 bilan birgalikda qoʻzgʻalmas O_1 nuqta atrofida $\overline{V}_{BO_1}$ tezlik vektori bilan bir tomonga yoʻnalgan. Paydo boʻlgan bu yoʻnalish kulisa 3 bilan polzun 2 ning burchak tezligining aylanish yoʻnalishi hisoblanadi.

Kulisali mexanizmning tezlanishlar rejasini qurish uchun vektor tenglamalarni tuzamiz.

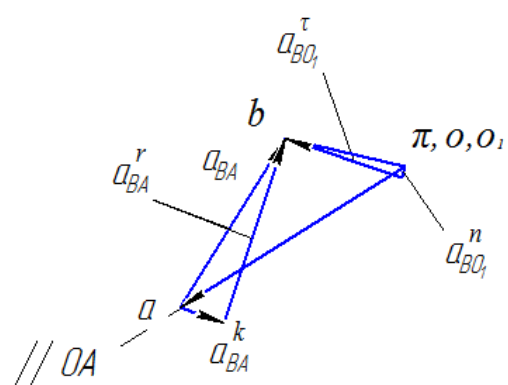
A nuqtaning tezlanish vektori- O nuqtaning tezlanish vektori bilan A nuqtaning O nuqta atrofida nisbiy aylanish tangensial tezlanish va normal tezlanish vektorlarining geometrik yigʻindisidan iborat.



a)



b)



d)

1.3- rasm. Kulisali mexanizm:

1-krivoship; 2-tosh; 3-kulisa; a-mexanizmni kinematik cxemasi; b-tezliklar rejasi; d-tezlanishlar rejasi.

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}_{AO}^n + \bar{a}_{AO}^\tau \quad (1.45)$$

(1.45) tenglikdagi ($\bar{a}_O = 0$). Sababi, O nuqta qoʻzgʻalmas boʻlganligi uchun $\bar{a}_O$ tezlanish rejasidagi polyus ♠ bilan ustma ust tushadi. Normal (markazga intiluvchi) tezlanish esa quyidagicha aniqlanadi.

$$a^n_{AO} = \omega^2_1 \cdot l_{OA} = 20,93^2 \cdot 0,2 = 87,61 m/s^2 \quad (1.46)$$

(1.46) tenglamadagi normal tezlanish a^n_{AO} ning yoʻnalishi krivoshipning oʻqiga parallel, bu vektor mexanizm rasmida (1.3.a rasm) A nuqtadan O nuqtaga tomon yoʻnalgan. Tezlanishlar rejasida esa polyus ♠ dan a tomon yoʻnalgan (1.3.d-rasm) masalaning birinchi sharti boʻyicha krivoshipning burchak tezligi N_q oʻzgarmas boʻlganligi sababli (1.45) tenglikdagi tangensial (aylanma) tezlanishning qiymati $\bar{a}^\tau_{AO} = 0$ nolga teng va u $\bar{a}^n_{AO}$ tezlanish vektorining uchida joylashadi. (1.3.d- rasm).

Polzun 2 ga tegishli B nuqtaning tezlanish vektori- B nuqtaning A nuqta atrofida nisbiy harakatdagi kariolis ($\bar{a}^k_{BA}$) hamda radial ($\bar{a}^r_{BA}$) tezlanishlarining geometrik yigʻindisidan tashkil topadi.

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^r_{BA} + \bar{a}^k_{BA} \quad (1.47)$$

(1.47) dagi $\bar{a}_A$ yuqorida (1.45) tenglamada ifodalangan. Kariolis tezlanishi $\bar{a}^k_{BA}$ ning taʼsir chizigʻi va yoʻnalishi $\bar{V}_{BA}$ nisbiy tezlik vektorini krivoship aylanish tomoni boʻylab 90° ga burish usuli bilan aniqlanadi. Bunda kariolis $\bar{a}^k_{BA}$ tezlanish tezlanishlar rejasida a nuqtadan n_1 nuqta tomon yoʻnalgandir (1.3.c rasm). (1.47) tenglikdagi radial $\bar{a}^r_{BA}$ tezlanish vektorining taʼsir chizigʻi kariolis $\bar{a}^k_{BA}$ tezlanish vektoriga perpendikulyar yoki kulisa (3) ning oʻqiga parallel joylashadi. Tezlanishlar rejasida $\bar{a}^r_{BA}$ n_1 dan b nuqtaga tomon yoʻnalgan.

Kulisa 3 ga tegishli B nuqtaning tezlanish vektori- O_1 nuqta atrofidagi nisbiy aylanma harakatidan paydo boʻladigan normal va tangensial tezlanishlarning geometrik yigʻindisidan iborat.

$$\bar{a}_B = \bar{a}_{O_1} + \bar{a}^n_{BO_1} + \bar{a}^\tau_{BO_1} \quad (1.48)$$

(1.48) tenglikdagi $\overline{a}_{O_1} = 0$ O_1 nuqtaning tezlanishi nolga teng. Shuning uchun u polyus $\spadesuit$ bilan ustma ust tushadi. (1.48) dagi normal $\overline{a}_{BO_1}^n$ tezlanishning taʼsir chizigʻi kulisa 3 ning oʻqiga parallel. Bu vektor mexanizm rasmida (1.3. a rasm) B nuqtadan O_1 nuqtaga tomon yoʻnalgan. Tezlanishlar rejasida esa bu vektor polyus $\spadesuit$ dan n_2 nuqtaga qarab yoʻnalgan (1.3.c rasm).

Tangenstial $\overline{a}_{BO_1}^t$ tezlanish vektorining taʼsir chizigʻi kulisa 3 oʻqiga perpendikulyar. Tezlanishlar rejasida bu vektor n_2 nuqtadan b nuqtaga qarab yoʻnalgan. Koriolis tezlanishning qiymati

$$a_{BA}^k = 2\omega_2 \cdot V_{BA} = 2 \cdot 10,54 \cdot 20,2 = 42,58 \text{ m/s}^2 \quad (1.49)$$

Normal tezlanishning qiymati

$$\overline{a}_{BO_1}^n = \frac{V_B^2}{l_{BO_1}} = \frac{3,6^2}{0,35} = 38,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (1.50)$$

(1.46) ifodani hisobga olib $(\pi a) = 50 \text{ mm}$ qabul qilib tezlanishlar masshtabini aniqlaymiz.

$$\mu_a = \frac{a_{AO}^n}{(\pi a)} = \frac{87,61}{50} = 1,54 \left[\frac{\text{m/s}^2}{\text{mm}} \right] \quad (1.51)$$

tezlanishlar rejasida $\overline{a}_{BA}^k$ va $\overline{a}_{BO_1}^n$ kesmalarning uzunligini quyidagicha topamiz.

$$\overline{an_1} = \frac{a_{BA}^k}{\mu_a} = \frac{42,58}{1,54} = 28 \text{ mm} \quad (1.52)$$

$$\overline{\pi n_2} = \frac{a_{BO_1}^n}{\mu_a} = \frac{38,9}{1,54} = 25 \text{ mm} \quad (1.53)$$

(1.45), (1.47) va (1.48) vektor tenglamalarni birgalikda echib tezlanishlar rejasini quramiz (1.3.c rasm).

Tezlanishlar rejasida mos ravishdagi kesmalarni oʻlchab, mexanizm xarakterli nuqtalarning tezlanishlarini topamiz.

$$\begin{cases} a_B = (\pi b) \cdot \mu_a = 25 \cdot 1,54 = 38,51 \text{ m/s}^2 \\ a^{\tau}_{BA} = (n_1 b) \cdot \mu_a = 24 \cdot 1,54 = 36,96 \text{ m/s}^2 \\ a^{\tau}_{BO_1} = (n_2 b) \cdot \mu_a = 4 \cdot 1,54 = 6,16 \text{ m/s}^2 \\ a_{BA} = (ab) \cdot \mu_a = 35 \cdot 1,54 = 53,9 \text{ m/s}^2 \end{cases} \quad (1.54)$$

Kulisali mexanizmni kinematik tahlilidan malum boʻldiki, krivoship oʻzgarmas burchak tezlik bilan aylanadi. Shuning uchun uning tangensial (urinma) tezlanish vektori hamda burchak tezlanishlari nolga tengdir.

$$\varepsilon_1 = \frac{a^{\tau}_{AO}}{l_{AO}} = 0 \quad (1.55)$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \frac{a^{\tau}_{BO_1}}{l_{BO_1}} = 17,6 \text{ s}^{-2} \quad (1.56)$$

Polzun (2) va kulisa (3) larning burchak tezlanishlarini quyidagicha topamiz.

Tezlanishlar rejasidan olingan $a^{\tau}_{BO_1}$ ning yoʻnalishi polzun (2) va kulisa (3) larning burchak tezlanishlari yoʻnalishlarini koʻrsatadi. Bunda krivoship 1 va polzun 2 orasidagi bogʻdanish uzilib, B nuqta qoʻzgʻalmas O_1 nuqta atrofida $a^{\tau}_{BO_1}$ tezlanish vektori yoʻnalishi boʻyicha harakatlantiriladi. Hosil qilingan yoʻnalish kulisa va polzunning burchak tezlanishlarining yoʻnalishini koʻrsatadi.

Mustaqil ravishda kinematik tahlil qilish uchun kulisali mexanizm parametrlarining son qiymatlari 3-jadvalda keltirilgan

2. TEKIS RICHAGLI MEXANIZMLARNI ANALITIK USUL BILAN KINEMATIK TAHLIL QILISH

2.1. Krivoship-polzunli mexanizm

Aylanma harakat qilayotgan n zvenoning burchak tezligi quyidagi bogʻliqlik bilan aniqlanadi:

$$\omega_n = \frac{d\varphi_n}{dt} = \frac{d\varphi_n}{dt} \frac{d\varphi_1}{d\varphi_1} = \omega_1 \frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} = \omega_1 \varphi'_n \quad (2.1)$$

(2.1) formuladagi $\frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} = \varphi'_n$ oʻlchamsiz kattalik boʻlib, u n -zvenosining burchak tezligi analogidir; ω_1 oʻlchamsiz kattalik boʻlib, u yetakchi zvenoning burchak tezligi.

(2.1) tenglamani dt (vaqt) boʻyicha differensiallab n -zvenoning burchak tezlanishi aniqlanadi.

$$\varepsilon_n = \frac{d\omega_n}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} \frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} + \omega_1 \frac{d^2\varphi_n}{d\varphi_1^2} \frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_1^2 \varphi''_n + \varepsilon_1 \varphi'_n \quad (2.2)$$

(2.2) ifodadagi $\frac{d^2\varphi_n}{d\varphi_1^2}$ n zveno burchak tezlanishining analogi, u oʻlchamsizdir; φ''_1 oʻlchamsiz kattalik boʻlib, u yetakchi zvenoning burchak tezlanishi.

Ilgarilanma harakatlanayotgan zvenoning tezligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$v_n = \frac{dx_n}{dt} = \frac{dx_n}{dt} \frac{d\varphi_1}{d\varphi_1} = \omega_1 \frac{dx_n}{d\varphi_1}, \quad (2.3)$$

Bunda $\frac{dx_n}{d\varphi_1} = x'_n$ n -zvenoning tezlik analogi, oʻlchami uzluhlik

oʻlchamida. Ilgarilanma harakatdgi zvenoning tezlanishi quyidagi formula bilan aniqlanadi

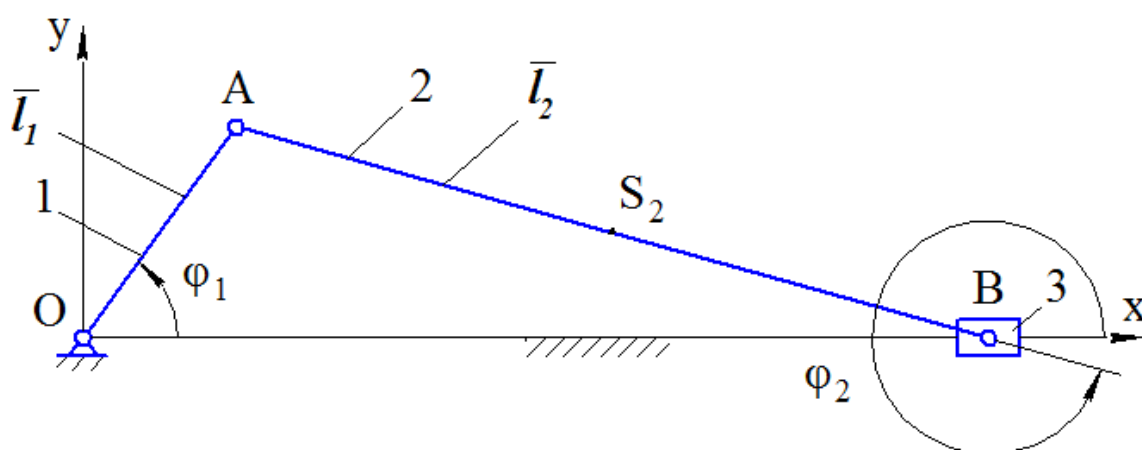
$$a_n = \frac{dv_n}{dt} = \omega_1 \frac{dx'_n}{d\varphi_1} + x'_n \frac{d\omega_1}{dt} = \omega_1^2 x''_n + \varepsilon_1 x'_n \quad (2.4)$$

Bunda $\frac{dx'_n}{d\varphi_1} = x''_n$ - n zvenosining tezlanish analogi,

Kinematik tahlilga kirish, analoglar tushunchasi mexanizm geometrik xususiyatlarini kinematik xususiyatlardan ajratadi.

Quyida aksial krivoship-polzunli mexanizmni analitik usul bilan kinematik tahlil qilish namunasi keltirilgan.

Ushbu mexanizmni kinematik tahlil qilish uchun uning zvenolari va nuqtalarining siljish, tezlik va tezlanishlarini aniqlash zarur.



2.1-rasm. Aksial krivoship-polzunli mexanizmning rasmi:
1-krivoship; 2-shatun; 3-polzun.

Zvenolarning siljish, tezlik va tezlanishlarini aniqlash uchun yopiq konturli vektorlar [1] usulidan foydalanamiz. Kontur ABCA vektorlar yigʻindisi

$l_1 + l_2 = x_C$ (2.5) bu vektorlarni OX va OY oʻqlariga proyeksiyalab quyidagiga ega boʻlamiz.

$$\left. \begin{aligned} l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 &= x_C \\ l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

(2.6) ning ikkinchi tenglamasidan quyidagi ifodani yozamiz

$$\sin \varphi_2 = -\frac{l_1 \sin \varphi_1}{l_2}. \quad (2.7)$$

l_2 vektorini 1 va 4 chorakda boʻlishini koʻrish qiyinmas, yaʼni $\cos \varphi_2$ doimo musbat (2.7) tenglamadan polzunning funksiya holati x_c ning qiymatini aniqlaymiz.

$$x_c = l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \sqrt{1 - \left(\frac{l_1 \sin \varphi_1}{l_2} \right)^2}. \quad (2.8)$$

Baʼzi hollarda polzun funksiya holati qiymatini mexanizmning oʻng tomon chetki holatidan oʻlchash qulay

$$x_{\text{II}} = (l_1 + l_2) - l_1 \cos \varphi_1 - l_2 \sqrt{1 - \left(\frac{l_1 \sin \varphi_1}{l_2} \right)^2}. \quad (2.9)$$

Quyidagicha belgilashni qabul qilamiz $\lambda = \frac{l_1}{l_2}$. Ushbu ifodani eʼtiborga olib

$$\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1} = (1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_1)^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \varphi_1 - \frac{1}{8} \lambda^4 \sin^4 \varphi_1 - \dots (2.10)$$

Agar (2.10) qatorning dastlabki ikki xadi bilan chegaralanib va $\sin^2 \varphi_1 = \frac{(1 - \cos 2\varphi_1)}{2}$, ni eʼtiborga olsak, unda (2.10) tenglamani quyidagicha yozishimiz mumkin.

$$x_{\text{I}} = l_2 \left[\left(1 + \frac{\lambda}{4} \right) - \left(\cos \varphi_1 + \frac{\lambda}{4} \cos 2\varphi_1 \right) \right] \quad (2.11)$$

Polzunning tezlik va tezlanish analoglari uchun ifodalar quyidagicha yozilishi mumkin.

$$x'_C = l_1 (\sin \varphi_1 + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_1); \quad (2.12)$$

$$x''_C = l_1 (\cos \varphi_1 + \lambda \cos 2\varphi_1). \quad (2.13)$$

Shatunning burilish burchagi

$$\varphi_2 = \arcsin(-\lambda \sin \varphi_1). \quad (2.14)$$

Shatun burchak tezligining analogi quyidagi formula bilan aniqlanadi .

$$\varphi_2' = \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = \frac{-\lambda \cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}. \quad (2.15)$$

Shatun burchak tezlanishining analogi ushbu formula orqali aniqlanadi

$$\varphi_2'' = \frac{d^2\varphi_2}{d\varphi_1^2} = \frac{\lambda \sin \varphi_1}{\cos \varphi_2} - \frac{\lambda^3 \cos \varphi_1 \sin \varphi_1}{\cos^3 \varphi_2}. \quad (2.16)$$

Shatun ogʻirlik markazi S_2 ning funksiya holati proyeksiyasi ushbu koʻrinishga ega

$$x_{S2} = l_1 \cos \varphi_1 + l_{AS2} \cos \varphi_2; \quad (2.17)$$

$$y_{S2} = l_{BS2} \sin \varphi_2 \quad (2.18)$$

Shatun ogʻirlik markazi S_2 ning tezlik analogi proyeksiyasi quyidagi koʻrinishga ega .

$$x_{S2}' = -l_1 \sin \varphi_1 - l_{AS2} \varphi_2' \sin \varphi_2; \quad (2.19)$$

$$y_{S2}' = l_{BS2} \varphi_2' \cos \varphi_2. \quad (2.20)$$

Shatun ogʻirlik markazi S_2 ning tezlanish analogi proyeksiyasi quyidagicha

$$x_{S2}'' = -l_1 \cos \varphi_1 - l_{AS2} \varphi_2'' \sin \varphi_2 - l_{AS2} (\varphi_2')^2 \cos \varphi_2; \quad (2.21)$$

$$y_{S2}'' = l_{BS2} \varphi_2'' \cos \varphi_2 - l_{BS2} (\varphi_2')^2 \sin \varphi_2. \quad (2.22)$$

Polzunning haqiqiy tezligi va tezlanishini $\omega_1 = \text{const}$, $\varphi_1 = \omega_1 \cdot t$ boʻlganda quyidagi ifoda orqali yozish mumkin .

$$v_C = \omega_1 l_1 (\sin \varphi_1 + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_1), \quad (2.23)$$

$$a_C = \omega_1^2 l_1 (\cos \varphi_1 + \lambda \cos 2\varphi_1). \quad (2.24)$$

$\omega_1 = \text{const}$, $\varphi_1 = \omega_1 \cdot t$ boʻlganda shatunning haqiqiy burchak tezligi va burchak tezlanishi ushbu ifoda bilan belgilanadi .

$$\omega_2 = \frac{-\lambda \omega_1 \cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}, \quad (2.25)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\lambda \omega_1^2 \sin \varphi_1}{\cos \varphi_2} - \frac{\lambda^3 \omega_1^2 \cos \varphi_1 \sin \varphi_1}{\cos^3 \varphi_2} \quad (2.26)$$

Shatun ogʻirlik markazi proyeksiyasining $\omega_1 = \text{const}$, $\varphi_1 = \omega_1 \cdot t$ boʻlgandagi koʻrinishi ushbu ifoda bilan belgilanadi

$$v_{S2X} = -l_1 \omega_1 \sin \varphi_1 - l_{AS2} \omega_1 \varphi_2' \sin \varphi_2; \quad (2.27)$$

$$v_{S2Y} = l_{BS2} \omega_1 \varphi_2' \cos \varphi_2. \quad (2.28)$$

Shatun ogʻirlik markazi haqiqiy tezlanishi proyeksiyasi uchun ifoda ushbu koʻrinishga ega .

$$a_{S2X} = -l_1 \omega_1^2 \cos \varphi_1 - l_{AS2} \omega_1^2 \varphi_2'' \sin \varphi_2 - l_{AS2} \omega_1^2 (\varphi_2')^2 \cos \varphi_2; \quad (2.29)$$

$$a_{S2Y} = l_{BS2} \omega_1^2 \varphi_2'' \cos \varphi_2 - l_{BS2} \omega_1^2 (\varphi_2')^2 \sin \varphi_2. \quad (2.30)$$

Shatun ogʻirlik markazi S_2 ning toʻliq tezlanishi ushbu ifoda bilan aniqlanadi .

$$v_{S2} = \sqrt{v_{S2X}^2 + v_{S2Y}^2}, \quad (2.31)$$

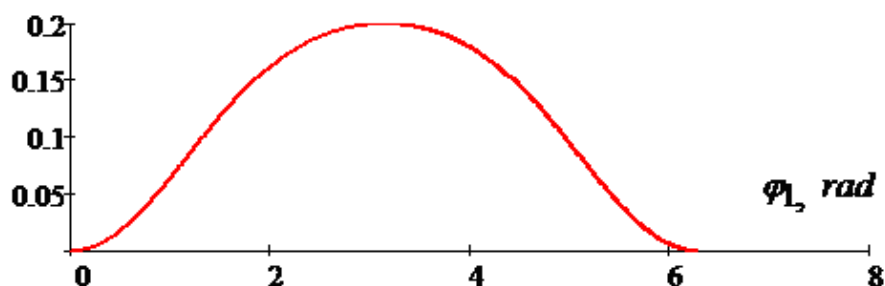
$$a_{S2} = \sqrt{a_{S2X}^2 + a_{S2Y}^2}. \quad (2.32)$$

(2.1)-(2.32) kinematik tenglamalarni Math CAD dasturi yordamida yechish qulay [4].

1-ilovada krivoship-polzunli mexanizm kinematik parametrlarini hisoblash uchun Math CAD dasturi keltirilgan.

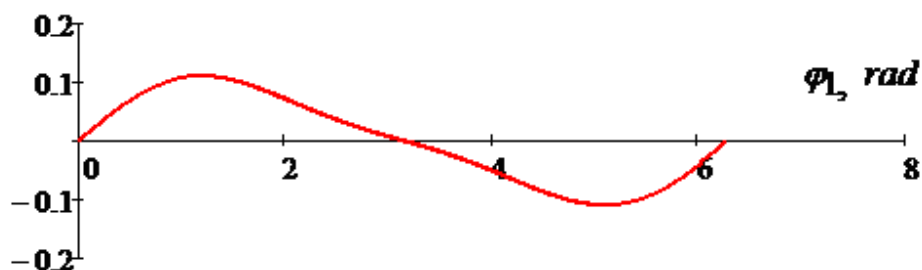
Quyida krivoship -polzunli mexanizm kinematik parametrlarini hisobining natijalari keltirilgan .

$X_B(\varphi_1), m$



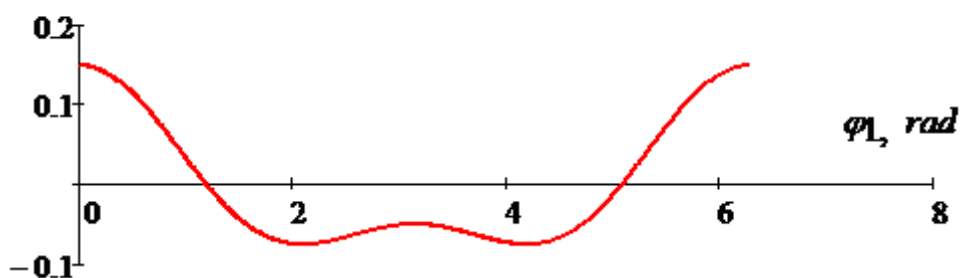
2.2- rasm. Polzun siljishining oʻzgarish qonuniyati

$V_B(\varphi_1), m$

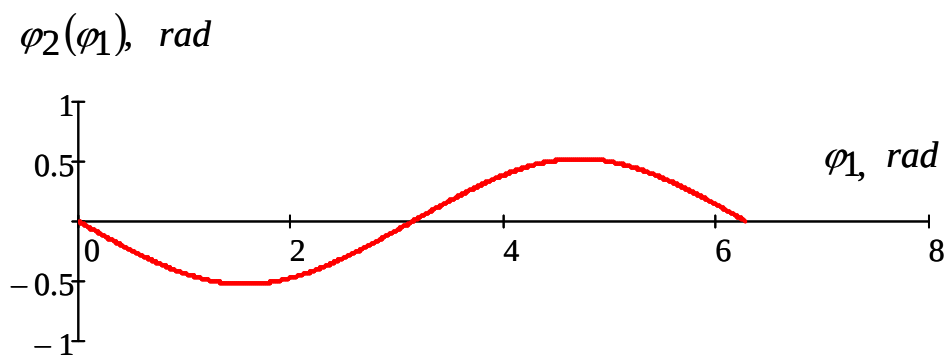


2.3- rasm. Polzun chiziqli tezligining oʻzgarish qonuniyati

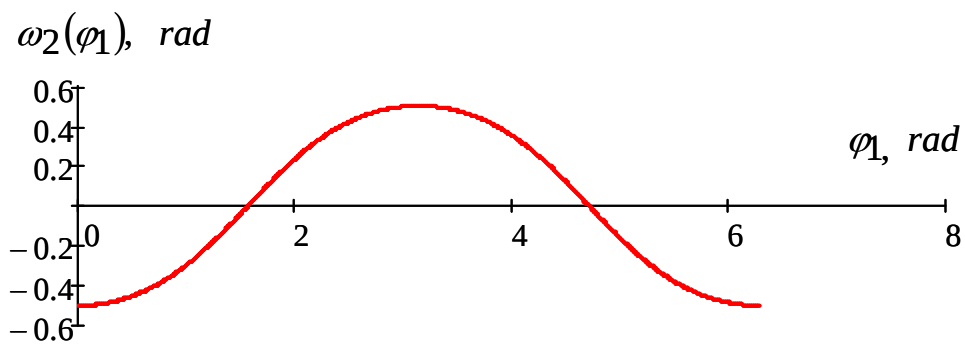
$a_B(\varphi_1), m$



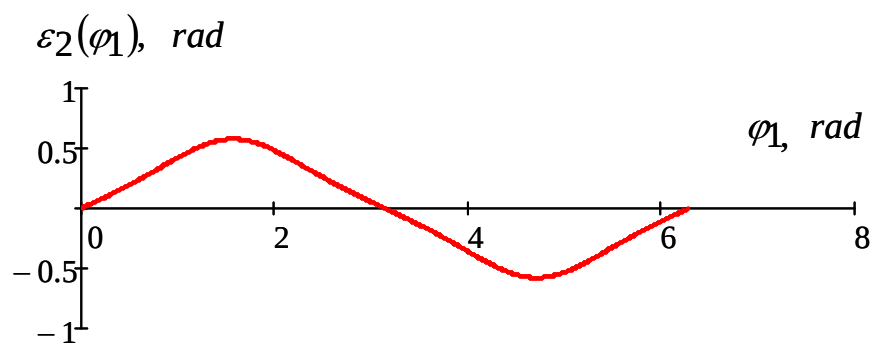
2.4- rasm. Polzun chiziqli tezllanishining oʻzgarish qonuniyati



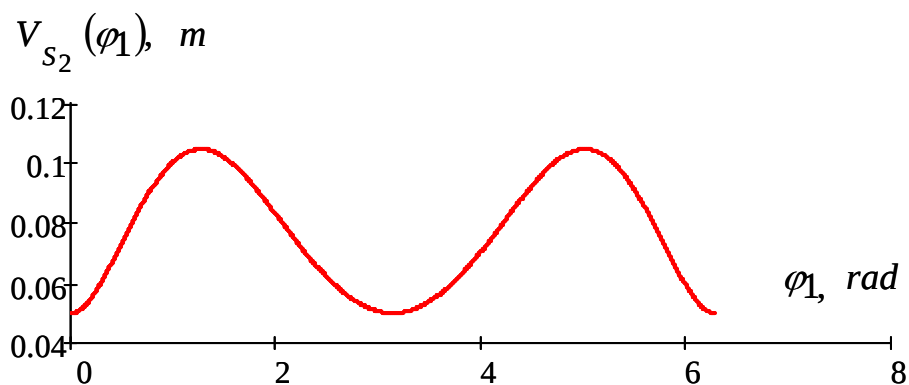
2.5- rasm. Shatun burchak siljishining oʻzgarish qonuniyati



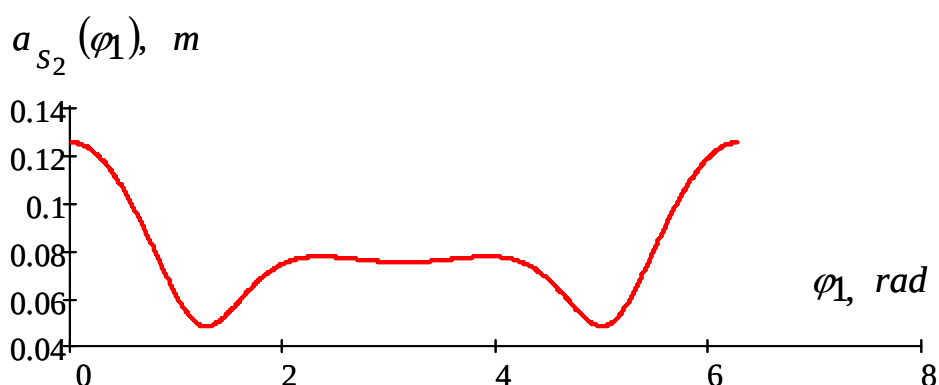
2.6- rasm. Shatun burchak tezligining oʻzgarish qonuniyati.



2.7- rasm. Shatun burchak tezllanishining oʻzgarish qonuniyati



2.8- rasm. Shatun chiziqli tezligining oʻzgarish qonuniyati

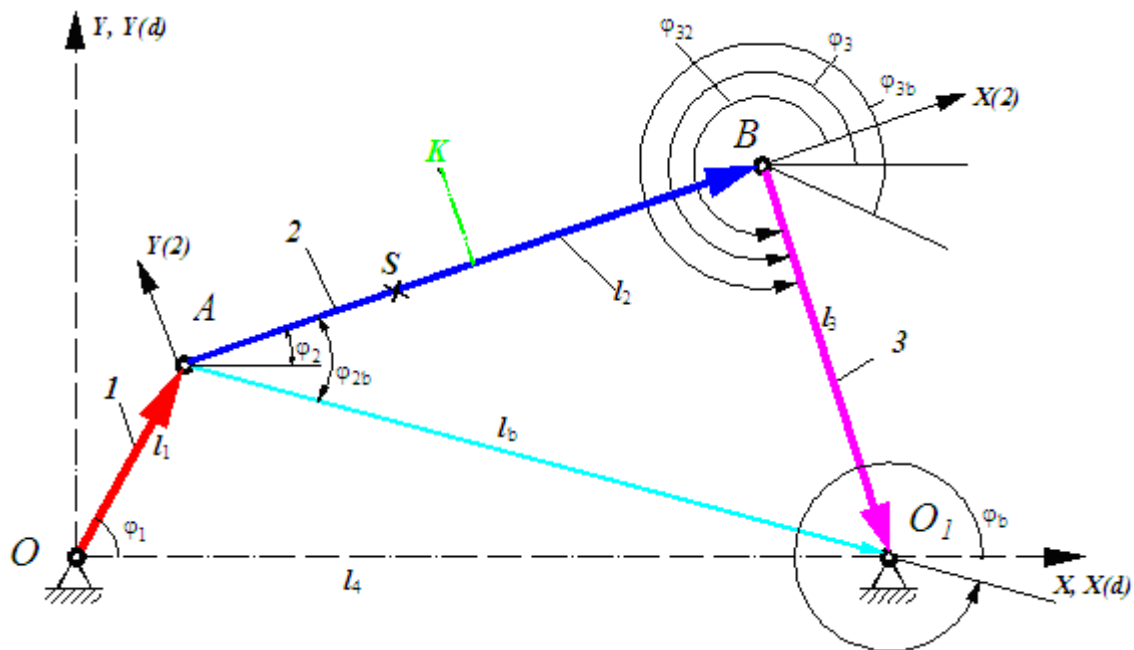


2.9- rasm. Shatun chiziqli tezlanishining oʻzgarish qonuniyati

2.2. TOʻRT ZVENOLII SHARNIRLI MEXANIZM

Toʻrt zvenolii sharnirli mexanizm krivoshipning aylanma harakatini koromislarning tebranma xarakatiga aylantirib berish uchun moʻljallangan (2.10-rasm). Ushbu mexanizmning kinematik parametrlarini aniqlaymiz.

AXY koordinatalar sistemasi $Ax^{(d)}y^{(d)}$ sistemaga mos keladi va $x_K^{(2)}$, $y_K^{(2)}$ koordinatalar bilan berilgan **K nuqta joylashgan 2 ñ boʻgʻān bilan bogʻāangan.**



2.10- rasm. To'rt zvenolii sharnirli mexanizmning kinematik rasmi:
1- krivoship; 2- shatun; 3- koromislo; 4- tayanch.

Vektor tenglamalari quyidagicha yoziladi:

$$\bar{l}_2 + \bar{l}_3 = \bar{l}_b; \quad \bar{l}_a + \bar{l}_b = \bar{l}_d,$$

va

$$\bar{l}_1 + \bar{l}_b = \bar{l}_4; \quad \bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_3 = \bar{l}_4.$$

Tenglamalardan oxirgisi AXU koordinatalar sistemasining koordinata o'qlariga proyeksiyalanadi.

$$\begin{aligned} l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3 &= l_4 \cos \varphi_4 = l_4; \\ l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin \varphi_3 &= l_4 \sin \varphi_4 = 0, \end{aligned} \quad (2.33)$$

bu yerda $\varphi_4 = 0$.

Struktura guruhining asosiy vektori $\bar{l}_b$ ning B va D nuqtalarini koordinatalari quyidagicha:

$$x_B = l_1 \cos \varphi_1; \quad y_B = l_1 \sin \varphi_1; \quad x_D = l_4; \quad y_D = 0. \quad (2.34)$$

Asosiy vektorning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari $\bar{l}_{bx}$ va $\bar{l}_{by}$ ning uzunliklari

$$l_{bx} = x_D - x_B = l_4 - l_1 \cos \varphi_1; \quad l_{by} = y_D - y_B = -l_1 \sin \varphi_1. \quad (2.35)$$

Asosiy vektor $\bar{l}_b$ ning uzunligi

$$l_b = \sqrt{(l_4 - l_1 \cos \varphi_1)^2 + (-l_1 \sin \varphi_1)^2}, \text{ yoki} \\ l_b = l_1 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}, \quad (2.36)$$

bu yerda $\lambda_4 = \frac{l_4}{l_1}$.

Asosiy vektor $\bar{l}_b$ ning yoʻnaltiruvchi burchagi φ_b

$$\operatorname{tg} \varphi_b = \frac{y_D - y_B}{x_D - x_B} = \frac{-l_1 \sin \varphi_1}{l_4 - l_1 \cos \varphi_1} = \frac{\sin \varphi_1}{\lambda_4 - \cos \varphi_1}. \quad (2.37)$$

Ikki povodakli guruhning 2 va 3 boʻlgʻanlari bilan bogʻlangan $\bar{l}_2$ va $\bar{l}_3$ vektorlarning holati asosiy vektor $\bar{l}_b$ ga nisbatan φ_{2b} va φ_{3b} burchaklar bilan $\triangle BCD$ dan kosinuslar teoremasi boʻyicha aniqlanadi.

$$\cos \varphi_{2b} = \frac{l_2^2 + l_b^2 - l_3^2}{2l_2 l_b}. \quad (2.38)$$

$\lambda_2 = \frac{l_2}{l_1}$, $\lambda_3 = \frac{l_3}{l_1}$, $\lambda_b = \frac{l_b}{l_1} = \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}$, belgilashlarni kiritib, (2.38) ni quyidagicha yozish mumkin.

$$\cos \varphi_{2b} = \frac{\lambda_2^2 + \lambda_b^2 - \lambda_3^2}{2\lambda_2 \lambda_b} = \frac{\lambda_2^2 + 1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1 - \lambda_3^2}{2\lambda_2 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}}; \quad (2.39)$$

$$\cos \varphi_{3b} = \frac{l_b^2 + l_3^2 - l_2^2}{2l_b l_3} = \frac{\lambda_b^2 + \lambda_3^2 - \lambda_2^2}{2\lambda_b \lambda_3}. \quad (2.40)$$

Sinuslar teoremasi boʻyicha

$$\sin \varphi_{32} = \frac{l_b}{l_3} \sin \varphi_{2b} = \frac{\lambda_b}{\lambda_3} \sin \varphi_{2b}. \quad (2.41)$$

$\bar{l}_2$ va $\bar{l}_3$ vektorlarning yoʻnaltiruvchi φ_2 va φ_3 burchaklari

$$\varphi_2 = \varphi_b + \varphi_{2b}; \quad \varphi_3 = \varphi_b + \varphi_{3b}. \quad (2.42)$$

(2.42) ga (2.38) ñ (2.40) munosabatlarni qoʻyib quyidagiga ega boʻlamiz.

$$\varphi_2 = \arctg\left(-\frac{\sin \varphi_1}{\lambda_4 - \cos \varphi_1}\right) + \arccos \frac{1 + \lambda_2^2 + \lambda_4^2 - \lambda_3^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}{2\lambda_2 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}} \quad (2.43)$$

$$\varphi_3 = \arctg\left(-\frac{\sin \varphi_1}{\lambda_4 - \cos \varphi_1}\right) + \arccos \frac{1 + \lambda_3^2 + \lambda_4^2 - \lambda_2^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}{2\lambda_3 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}} \quad (2.44)$$

C nuqta (ikkin povodokli guruhning ichki sharniri) ning koordinatalari

$$\begin{aligned} x_C &= l_1(\cos \varphi_1 + \lambda_2 \cos \varphi_2); \\ y_C &= l_1(\sin \varphi_1 + \lambda_2 \sin \varphi_2). \end{aligned} \quad (2.45)$$

Shatun oʻqida $l_{BS} = \lambda_{S2}l_2 = \lambda_{S2}\lambda_2l_1$ masofada joylashgan C nuqtaning koordinatalari

$$\begin{aligned} x_S &= l_1(\cos \varphi_1 + \lambda_{S2}\lambda_2 \cos \varphi_2); \\ y_S &= l_1(\sin \varphi_1 + \lambda_{S2}\lambda_2 \sin \varphi_2). \end{aligned} \quad (2.46)$$

Shatun 2 bilan bogʻlangan $B_x^{(2)}y^{(2)}$ koordinatalar sistemasida $x_K^{(2)}$ va $y_K^{(2)}$ koordinatalarga ega boʻlgan va shatun bilan qoʻzgʻalmas bogʻlangan K nuqtaning koordinatalari

$$\begin{aligned} x_K &= l_1 \cos \varphi_1 + x_K^{(2)} \cos \varphi_2 - y_K^{(2)} \sin \varphi_2; \\ y_K &= l_1 \sin \varphi_1 + x_K^{(2)} \sin \varphi_2 + y_K^{(2)} \cos \varphi_2. \end{aligned} \quad (2.47)$$

$u_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ va $u_{31} = \frac{\omega_3}{\omega_1}$ uzatish nisbatlarini aniqlash uchun (2.42)-

(2.44) ifodalarni umumlashgan koordinata φ_1 bo'lyicha differensiyalanadi:

$$\begin{aligned} u_{21} &= \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = \frac{d\varphi_b}{d\varphi_1} + \frac{d\varphi_{2b}}{d\varphi_1}; \\ u_{31} &= \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{d\varphi_3}{d\varphi_1} = \frac{d\varphi_b}{d\varphi_1} + \frac{d\varphi_{3b}}{d\varphi_1}. \end{aligned} \quad (2.48)$$

(2.33) tenglamani differensiyallab quyidagiga ega bo'linadi:

$$\begin{aligned} \omega_1 l_1 \sin \varphi_1 + \omega_2 l_2 \sin \varphi_2 + \omega_3 l_3 \sin \varphi_3 &= 0; \\ \omega_1 l_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 l_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 l_3 \cos \varphi_3 &= 0 \end{aligned} \quad (2.49)$$

yoki

$$\begin{aligned} \sin \varphi_1 + u_{21} \lambda_2 \sin \varphi_2 + u_{31} \lambda_3 \sin \varphi_3 &= 0; \\ \cos \varphi_1 + u_{21} \lambda_2 \cos \varphi_2 + u_{31} \lambda_3 \cos \varphi_3 &= 0. \end{aligned} \quad (2.50)$$

Bu sistema noma'dum bo'lgan u_{21} va u_{31} larga nisbatan chiziqlidir. Chiziqli tenglamalar sistemasining aniqlovchisini D bilan belgilanadi va uni aniqlanadi

$$\begin{aligned} D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} &= \begin{vmatrix} \lambda_2 \sin \varphi_2 & \lambda_3 \sin \varphi_3 \\ \lambda_2 \cos \varphi_2 & \lambda_3 \cos \varphi_3 \end{vmatrix} = \lambda_2 \lambda_3 \sin \varphi_2 \cos \varphi_3 - \\ &- \lambda_2 \lambda_3 \cos \varphi_2 \sin \varphi_3 = \lambda_2 \lambda_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3). \end{aligned}$$

D_1 va D_2 aniqlovchilarni D dan noma'dum ustunlardagi ozod hadlardan tuzilgan koeffitsiyentlar bilan ustunlarni almashtirish orqali olinadi.

$$\begin{aligned} D_1 &= \begin{vmatrix} -\sin \varphi_1 & \lambda_3 \sin \varphi_3 \\ -\cos \varphi_1 & \lambda_3 \cos \varphi_3 \end{vmatrix} = -\lambda_3 \sin \varphi_1 \cos \varphi_3 + \lambda_3 \cos \varphi_1 \sin \varphi_3 = \\ &= -\lambda_3 \sin(\varphi_1 - \varphi_3); \\ D_2 &= \begin{vmatrix} -\sin \varphi_1 & \lambda_2 \sin \varphi_2 \\ -\cos \varphi_1 & \lambda_2 \cos \varphi_2 \end{vmatrix} = -\lambda_2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2). \end{aligned}$$

Sistemaning ildizini Kramer formulalari bo'lyicha topiladi:

$$u_{21} = \frac{D_2}{D} = -\frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{\lambda_3 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)}; \quad (2.51)$$

$$u_{31} = \frac{D_1}{D} = -\frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_3)}{\lambda_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)}. \quad (2.52)$$

Uzatishlar nisbati u_{21} va u_{31} larni (2.48) ifoda orqali aniqlanganda umumlashgan koordinata φ_1 funksiyasida quyidagilar olinadi

$$u_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1}{\lambda_b^2} \left(1 - \lambda_4 \cos \varphi_1 - \frac{\lambda_4 (\lambda_3^2 - \lambda_2^2 + \lambda_b^2) \sin \varphi_1}{\sqrt{4\lambda_2^2 \lambda_b^2 - (-\lambda_3^2 + \lambda_2^2 + \lambda_b^2)^2}} \right); \quad (2.53)$$

$$u_{31} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{1}{\lambda_b^2} \left(1 - \lambda_4 \cos \varphi_1 + \frac{\lambda_4 (\lambda_2^2 - \lambda_3^2 + \lambda_b^2) \sin \varphi_1}{\sqrt{4\lambda_3^2 \lambda_b^2 - (-\lambda_2^2 + \lambda_3^2 + \lambda_b^2)^2}} \right). \quad (2.54)$$

Boʻlgʻānlarning burchak tezlanishlarini va mos ravishdagi uzatish fuksiyadarini aniqlash uchun (2.49) sistemani differensiyalanadi.

$$\begin{aligned} \omega_1^2 l_1 \cos \varphi_1 + \varepsilon_1 l_1 \sin \varphi_1 + \omega_2^2 l_2 \cos \varphi_2 + \varepsilon_2 l_2 \sin \varphi_2 + \\ + \omega_3^2 l_3 \cos \varphi_3 + \varepsilon_3 l_3 \sin \varphi_3 = 0; \\ \omega_1^2 l_1 \sin \varphi_1 + \varepsilon_1 l_1 \cos \varphi_1 + \omega_2^2 l_2 \sin \varphi_2 + \varepsilon_2 l_2 \cos \varphi_2 + \\ + \omega_3^2 l_3 \sin \varphi_3 + \varepsilon_3 l_3 \cos \varphi_3 = 0. \end{aligned} \quad (2.55)$$

(2.55) ñ sistema izlanayotgan ε_2 va ε_3 qiymatlarga nisbatan chiziqlidir.

(2.55) ñ sistema ayrim hollada $\left(\frac{\varepsilon_2}{\omega_1^2} \right)$ va $\left(\frac{\varepsilon_3}{\omega_1^2} \right)$ larga nisbatan oʻzgartiriladi.

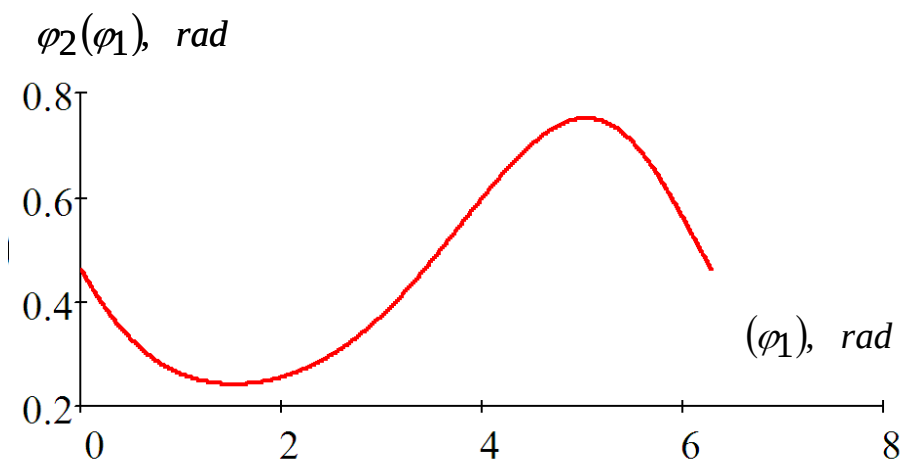
$$\begin{aligned}
\frac{\varepsilon_2}{\omega_1^2} \lambda_2 \sin \varphi_2 + \frac{\varepsilon_3}{\omega_1^2} \lambda_3 \sin \varphi_3 &= -\cos \varphi_1 - \frac{\varepsilon_1}{\omega_1^2} \sin \varphi_1 - \\
&\quad - u_{21}^2 \lambda_2 \cos \varphi_2 - u_{31}^2 \lambda_3 \cos \varphi_3; \\
\frac{\varepsilon_2}{\omega_1^2} \lambda_2 \cos \varphi_2 + \frac{\varepsilon_3}{\omega_1^2} \lambda_3 \cos \varphi_3 &= -\sin \varphi_1 - \frac{\varepsilon_1}{\omega_1^2} \cos \varphi_1 - \\
&\quad - u_{21}^2 \lambda_2 \sin \varphi_2 - u_{31}^2 \lambda_3 \sin \varphi_3;
\end{aligned} \tag{2.56}$$

(2.56)- sistemaning ildizlarini Kramer formulalari boʻyicha aniqlanadi.

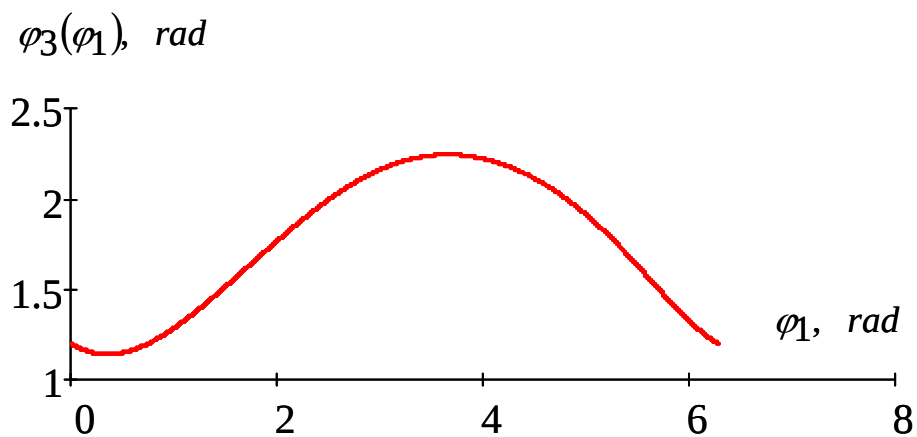
$$\begin{aligned}
\varepsilon_2 &= \frac{\omega_1^2}{\lambda_2 \cdot \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \cdot \left(-\lambda_3 \cdot u_{31}^2 \cdot \cos 2\varphi_3 - \frac{\varepsilon_1}{\omega_1^2} \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_3) - \right. \\
&\quad \left. - \cos(\varphi_1 + \varphi_3) - \lambda_2 \cdot u_{21}^2 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3) \right) \\
\varepsilon_3 &= \frac{\omega_1^2}{\lambda_3 \cdot \sin(\varphi_2 - \varphi_3)} \cdot \left(\lambda_2 \cdot u_{21}^2 \cdot \cos 2\varphi_2 + \frac{\varepsilon_1}{\omega_1^2} \sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \right. \\
&\quad \left. + \cos(\varphi_1 + \varphi_3) + \lambda_3 \cdot u_{31}^2 \cdot \cos(\varphi_2 + \varphi_3) \right)
\end{aligned} \tag{2.57}$$

Kramer formulalari boʻyicha topiladigan (2.53), (2.54), (2.57) tenglamalarni EHM da yechish uchun dastur tuzildi.

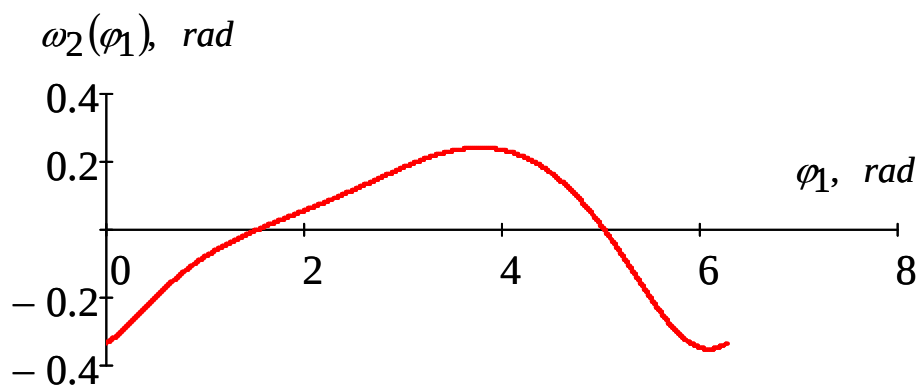
2.11-2.16 rasmlarda shatun va koromislarning burchak siljishi, tezlik va tezlanishlarining oʻzgarish qonuniyatlari keltirilgan.



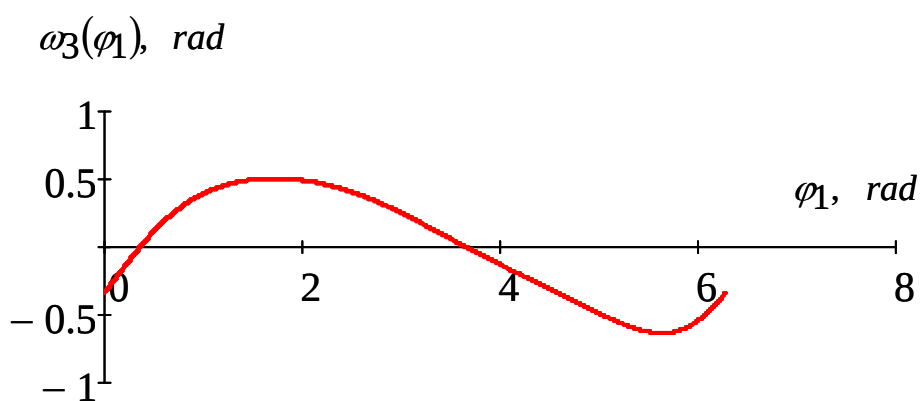
2.11- rasm. Shatun burchak siljishining oʻzgarish qonuniyati



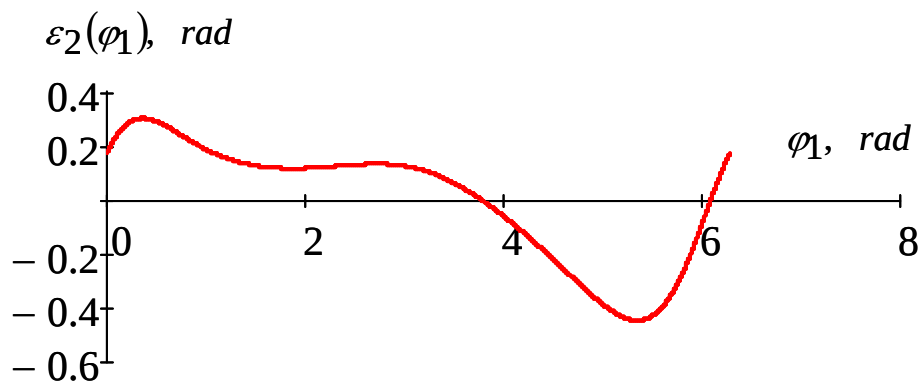
2.12- rasm. Koromislo burchak siljishining oʻzgarish qonuniyati



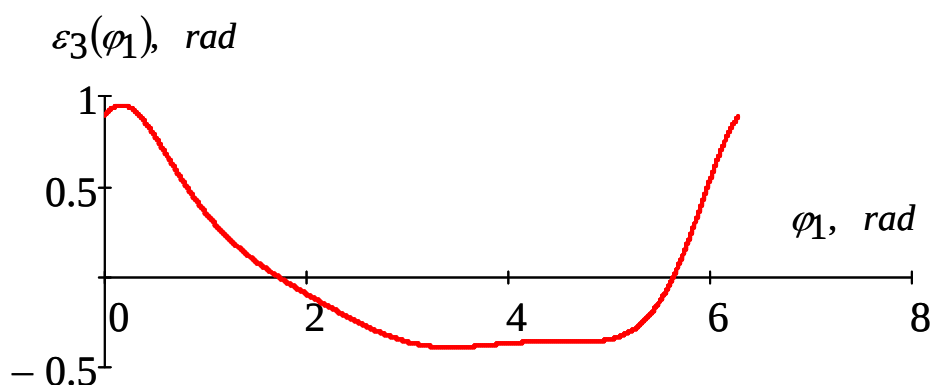
2.13- rasm. Shatun burchak tezligining oʻzgarish qonuniyati.



2.14- rasm. Koromislo burchak tezligining oʻzgarish qonuniyati.



2.15- rasm. Shatun burchak tezlanishining oʻzgarishi qonuniyati



2.16- rasm. Koromislo burchak tezlanishining oʻzgarish qonuniyati

2-ilovada toʻrt zvenolii sharnirli mexanizm kinematik parametrlarini hisoblash uchun Math CAD dasturi keltirilgan.

2.3. KULISALI MEXANIZM KINEMATIKASI

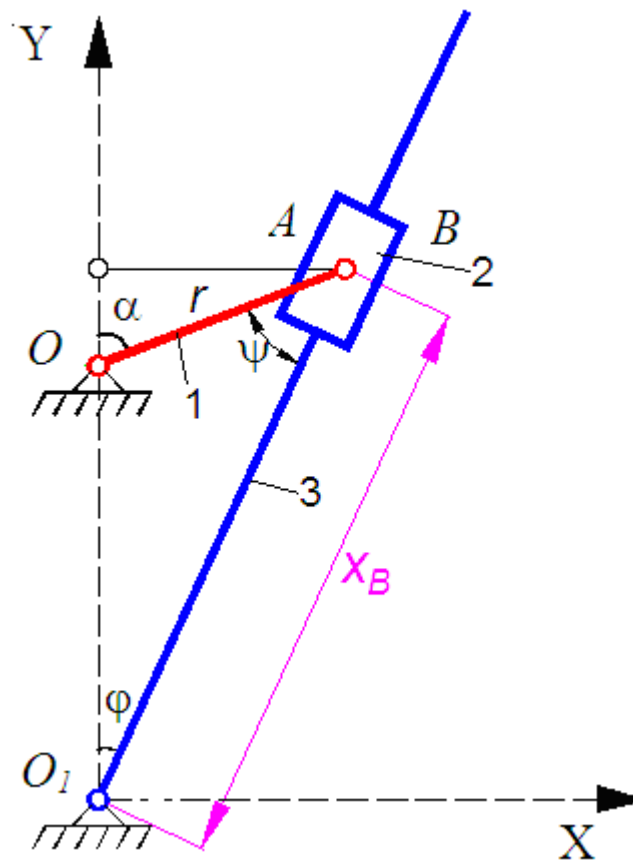
Krivoship-kulisali mexanizm n toʻrt zvenolii richagli mexanizm boʻlib uning tarkibiga krivoship va kulisa kiradi (2.17- rasm).

Krivoship-kulisali mexanizm krivoshipning aylanma harakatini kulisaning aylanma yoki tebranma harakatiga aylantirib berish uchun, va teskarisi- kulisaning harakatini krivoshipning aylanma harakatiga oʻzgartirib berish uchun xizmat qiladi.

Metall qirqish stanoklarida qoʻllaniladigan olti zvenoli kulisali mexanizmlar (boʻylama randalovchi, yoruvchi va boshqa stanoklar) murakkabroq boʻladi.

Kulisaning burchak siljishlari, tezliklari va tezlanishlarini aniqlash.

Kulisa 3ni (2.17-rasm) krivoship 1 va kulisa 3 aylanadigan markazlar A va C markazlardan oʻtuvchi chiziqdan hisoblanuvchi φ_3 burchak bilan koordinatsiyalash mumkin.



2.17- rasm. Toʻrt zvenolii kulisali mexanizmning rasmi:
1- krivoship; 2-tosh; 3-kulisa.

Krivoship uzunligi AB ni kulisaning oʻzgaruvchan uzunligi SB ni markazlardan oʻtuvchi AC chiziqqa proyeksiyalab krivoshipning istalgan holatidagi maʼlum burchak φ_1 bilan burchak φ_3 orasidagi bogʻlanishini oson oʻrnatish mumkin:

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{r \sin \varphi_1}{e + r \cos \varphi_1}. \quad (2.58)$$

Agar $\lambda = \frac{e}{r}$, nisbatni kiritsak (2.58) tenglama quyidagi koʻrinishga keladi:

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{\sin \varphi_1}{\lambda + \cos \varphi_1}. \quad (2.59)$$

undan

$$\varphi_3 = \arctg\left(\frac{\sin \varphi_1}{\lambda + \cos \varphi_1}\right). \quad (2.59\text{ö})$$

λ ning qiymati boʻyicha kulisasi aylanuvchi yoki tebranuvchi kulisali mexanizmni olamiz. Tebranuvchi kulisa uchun $\varphi_3 < 90^\circ$ va $\operatorname{tg} \varphi_3 < \infty$, yaʼni maxraj φ_1 ning xech bir qiymatida nol qiymat olmaydi, $\lambda > 1$ boʻlishi kerak. Xuddi shu kabi mulohaza qilib aylanuvchi kulisa uchun $\lambda < 1$ yaʼni $e < r$.

(2.59) tenglamani differensiallab va $\frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_1$ va $\frac{d\varphi_3}{dt} = \omega_3$ ligini nazarda tutib, quyidagiga ega boʻlamiz:

$$\omega_3 = \omega_1 \frac{1 + \lambda \cos \varphi_1}{1 + 2\lambda \cos \varphi_1 + \lambda^2}. \quad (2.60)$$

Bundan uzatuvchi funksiya:

$$u_{31} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{1 + \lambda \cos \varphi_1}{1 + 2\lambda \cos \varphi_1 + \lambda^2}. \quad (2.61)$$

Differensiallashni davom ettirib kulisaning burchak tezlanishini aniqlash uchun quyidagi ifodani yozamiz

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_1 u_{31} + \omega_1^2 u'_{31} \quad (2.62)$$

yoki

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_1 \frac{1 + \lambda \cos \varphi_1}{1 + 2\lambda \cos \varphi_1 + \lambda^2} + \omega_1^2 \frac{\lambda(1 - \lambda^2) \sin \varphi_1}{(1 + 2\lambda \cos \varphi_1 + \lambda^2)^2}. \quad (2.63)$$

Agar kulisa bosh boʻlgʻan boʻlsa va bir xil aylansa (nasos va rotorli dvigatellardagi kabi), unda $\omega_3 = \text{const}$ va $\varepsilon_3 = 0$ boʻladi.

Bunday hol uchun krivoshipning burchak tezlanishi:

$$\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = -\omega_1^2 \frac{\lambda(1 - \lambda^2) \sin \varphi_1}{(1 + \lambda \cos \varphi_1)(1 + 2\lambda \cos \varphi_1 + \lambda^2)}. \quad (2.64)$$

(2.60) ifodadan ω_1 ning qiymatini qoʻyib quyidagi natijani olamiz:

$$\varepsilon_1 = -\omega_3^2 \frac{\lambda(1-\lambda^2)\sin\varphi_1(1+2\lambda\cos\varphi_1+\lambda^2)}{(1+2\lambda\cos\varphi_1)^3}. \quad (2.65)$$

Agar krivoship AB bosh boʻlgʻan boʻlsa, bunda $\omega_1 = \text{const}$, demak $\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = 0$ boʻladi va (2.62) formuladan kulisani burchak tezlanishi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$\varepsilon_3 = \omega_1^2 \frac{\lambda(1-\lambda^2)\sin\varphi_1}{(1+2\lambda\cos\varphi_1+\lambda^2)^2}. \quad (2.66)$$

Kulisa va toshning nisbiy siljishi, tezligi va tezlanishi. Dvigatel va nasos mexanizmlarida aksariyat koʻp holda faqat porshen (tosh -2) va silindr (kulisa-3) larning nisbiy yurishlarini (2.3 rasm), balki nisbiy siljishlarning oʻzgarishi qonunini ham topish talab qilinadi. Chunki unga gidravlik n nasoslarda masalan moyning notekis berilishi, xudi shuningdek silindrga nisbatan porshenning harakatlanishidagi tezlik va tezlanishi bogʻliq boʻladi.

Toshning kulisagi nisbatan holatini x_B (2.3 rasm) bilan koordinatsiyalash mumkin, va uni markazlar aro masofa $CA = e$ va krivoship $AB = r$ larning kulisa yoʻnalishiga proyeksiyalarining yigʻindisi sifatida koʻrish kerak:

$$x_B = e \cos\varphi_3 + r \cos\psi = e \left(\cos\varphi_3 + \frac{1}{\lambda} \cos\psi \right) \quad (2.67)$$

Bu yerda $\psi = \alpha - \varphi_3$ (2.67) formula va krivoship n polzunli mexanizm porsheni uchun koordinata $S_B = r \left(\cos\varphi_3 + \frac{1}{\lambda} \cos\psi \right)$ larni taqqoslab agar e ni r ga almashtirsak ularning oʻzaro mosligini koʻrish mumkin.

Bu tabiiy boʻlib, agar krivoship- polzunli mexanizmda krivoshipning tayanch holatiga keltirilsa undan kulisali mexanizmni hosil qilish mumkin.

Bosh boʻlgʻan sifatida foydalaniladigan, $\omega_3 = \text{const}$ boʻlgan, aylanuvchi kulisali mexanizm uchun tosh va kulisaning nisbiy tezlik va tezlanishlarini aniqlashda aniq formulalar $v_B = -r\omega_1 \frac{\sin(\varphi_3 + \psi)}{\cos\psi}$ va

$$a_B = -r\omega_1^2 \left[\frac{\cos(\varphi_3 + \psi)}{\cos \psi} + \lambda \frac{\cos^2 \varphi_3}{\cos^3 \psi} \right] \quad \text{dan} \quad \text{tashqari, yaqinlashtirilgan}$$

$$\text{formulalar} \quad v_B = -r\omega_1 \left(\sin \varphi_3 + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_3 \right) \quad \text{va}$$

$$a_B = -r\omega_1^2 (\cos \varphi_3 + \lambda \cos 2\varphi_3) \quad \text{larni agar} \quad \lambda = \frac{e}{r} \quad \text{yetarli darajada kam}$$

$$\left(\lambda < \frac{1}{3,3} \right) \quad \text{bo'lsa qo'llash mumkin.}$$

Bu quyidagicha amalga oshiriladi, ya'ni krivoship-polzunli mexanizmni kulisali mexanizmga aylantirish uchun barcha bo'lg'ānlarga krivoshipning burchak tezligiga teng va unga teskari yo'nalgan burchak tezligini berish kerak. Bunda krivoship-polzunli mexanizmning krivoshipi to'xtaydi, porshenning (endi kulisaning) yo'ñaltiruvchisi krivoshipning burchak tezligiga teng bo'lgan, biroq unga teskari yo'nalgan holda aylanadi.

Agar kulisali mexanizmda krivoship AB bosh bo'lg'ān bo'lsa tezlik va tezlanishlarni (2.67) tenglamani differensiallab aniqlash mumkin.

Birinchi bor differensiallab quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{dx_B}{dt} = -e \left(\sin \varphi_3 \frac{d\varphi_3}{dt} + \frac{1}{\lambda} \sin \psi \frac{d\psi}{dt} \right) \quad (2.68)$$

biroq $e \sin \varphi_3 = r \sin \psi$ yoki $\sin \psi = \lambda \sin \varphi_3$ bo'lganligi uchun

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi}{dt} \cos \psi &= \lambda \frac{d\varphi_3}{dt} \cos \varphi_3 \\ \frac{d\psi}{dt} &= \lambda \frac{d\varphi_3}{dt} \cdot \frac{\cos \varphi_3}{\cos \psi} \end{aligned} \right\} \quad (2.69)$$

(2.68) ifodadagi $\frac{d\psi}{dt}$ ni qiymatini (2.69) ifodadagi qiymati bilan almashtirib va o'zgartirishlar kiritib quyidagini hosil qilamiz:

$$v_{23} = \frac{dx_B}{dt} = -e\omega_3 \frac{\sin \varphi_1}{\cos(\varphi_1 - \varphi_3)}, \quad (2.70)$$

Bu erda $\omega_3 = \frac{d\varphi_3}{dt}$ - kulisaning burchak tezligi boʻlib uni (2.60)

ifodadan va $\alpha - \varphi_3 = \psi; \varphi_3$ lar (2.59) tenglamadan topiladi. Ikkinchi marta differensiallab va oʻzgartirishlar kiritib nisbiy tezlanishini aniqlaymiz

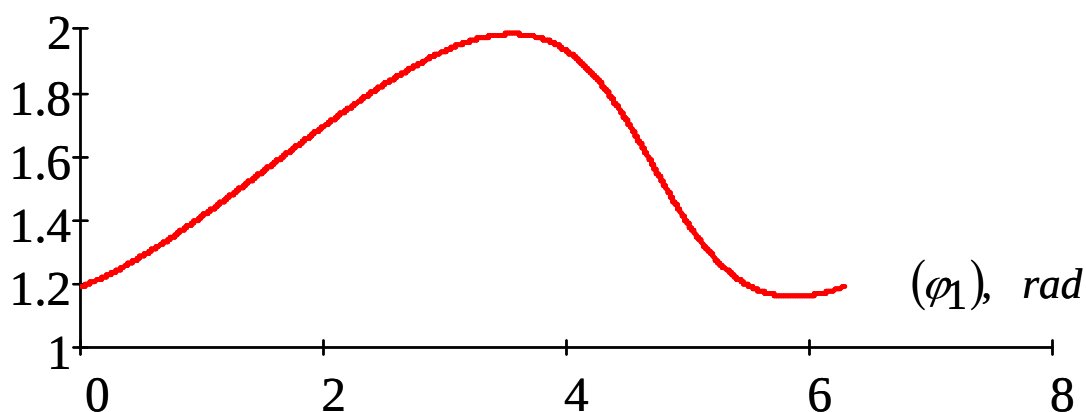
$$a_{23} = \frac{d^2 x_B}{dt^2} = -e \left[\varepsilon_3 \frac{\sin \varphi_1}{\cos(\varphi_1 - \varphi_3)} + \omega_3^2 \left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos(\varphi_1 - \varphi_3)} + \lambda \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^3(\varphi_1 - \varphi_3)} \right) \right]. \quad (2.71)$$

Bu tenglamada $\varepsilon_3 = \frac{d\omega_3}{dt}$ (2.62) ifodadan aniqlanadi.

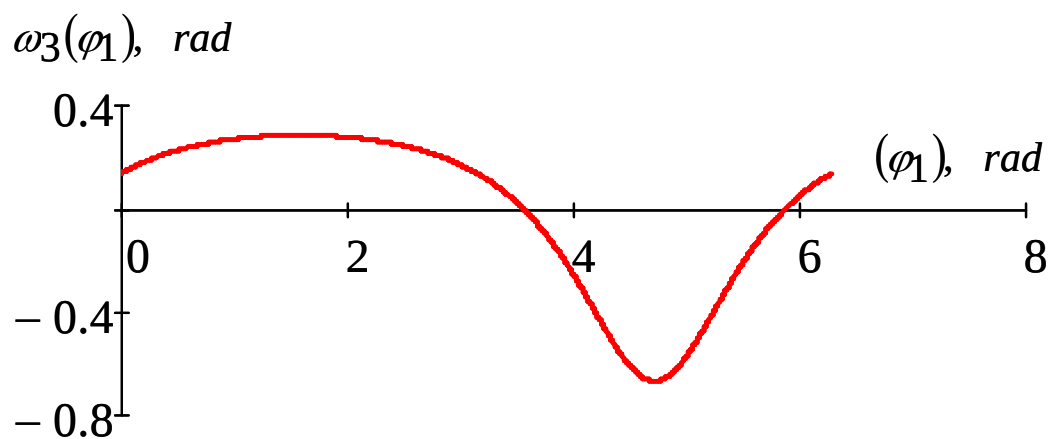
Kulisali mexanizmning kinematik parametrlarini EHMda hisoblash uchun (2.60, 2.65, 2.66, 2.67, 2.70, 2.71) ifodalar asosida dastur tuzildi (3-ilovalar).

2.18-2.20 rasmlarda kulisaning burchak siljishlari, tezlik va tezlanishlarini oʻzgarish qonuniyatlari, 2.21-2.23 rasmlarda esa kulisali mexanizm toshining chiziqli siljishi, tezlik va tezlanishlarini oʻzgarish qonuniyatlari koʻrsatilgan.

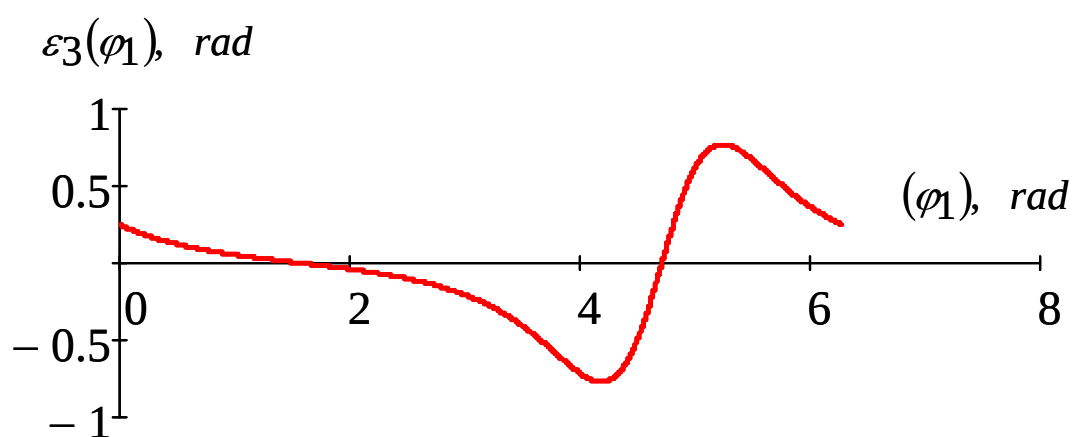
$\varphi_3(\varphi_1)$, rad



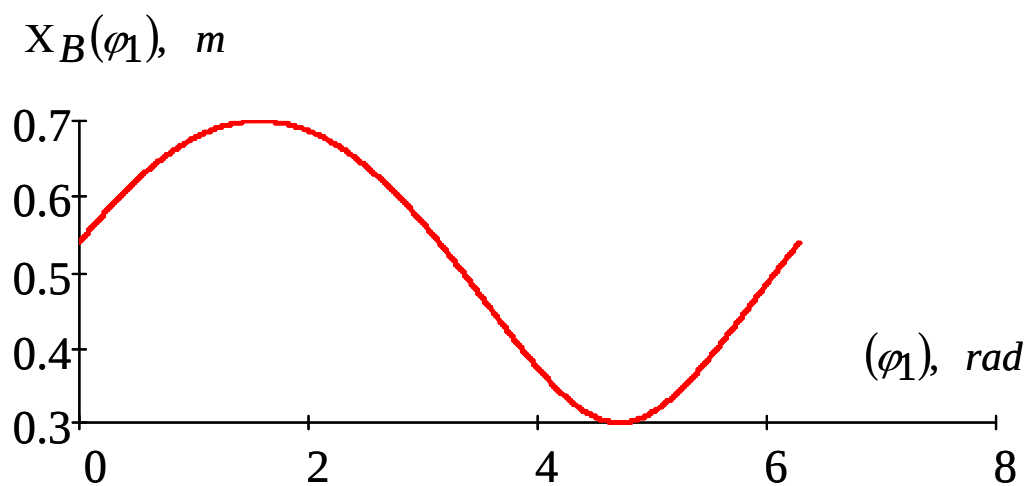
2.18- rasm. Kulisa burilish burchagining oʻzgarish qonuniyati



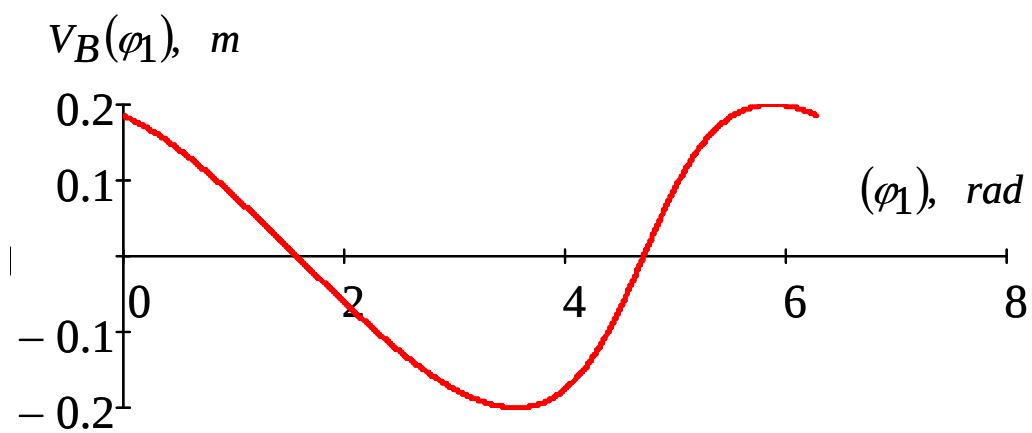
2.19- rasm. Kulisa burchak tezligining oʻzgarish qonuniyati



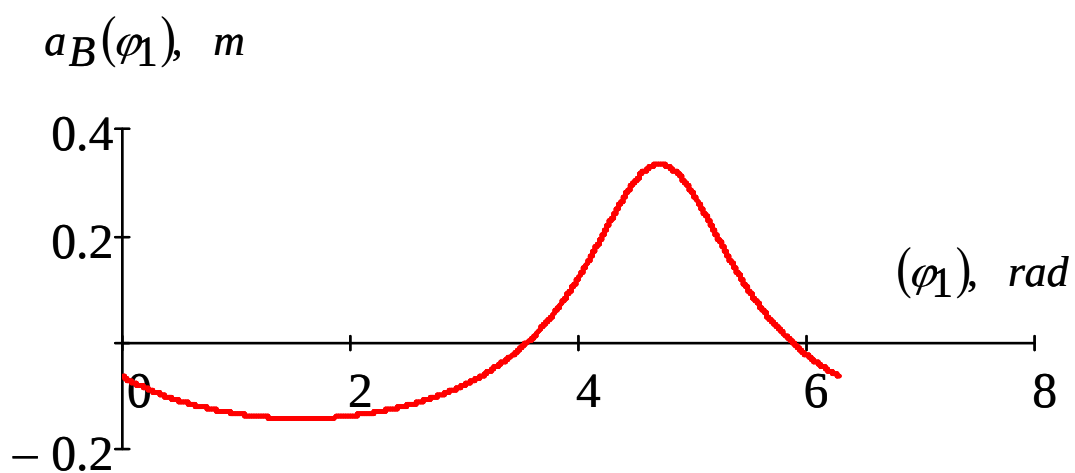
2.20- rasm. Kulisa burchak tezlanishining oʻzgarish qonuniyati



2.21- rasm. Toshning chiziqli siljishining oʻzgarish qonuniyati



2.22- rasm.Toshning chiziqli tezligining oʻzgarish qonuniyati



2.23- rasm.Toshning chiziqli tezlanishining oʻzgarish qonuniyati

Krivoship-polzunli mexanizm parametrlarining son qiymatlari

Var. σ	Krivoshipning uzunligi l_{OA}, m	Shatunning uzunligi l_{AB}, m	Krivoshipning burchak tezligi ω_1, c^{-1}	$k = \frac{l_{AS_2}}{l_{AB}}$
1	0,050	0,140	50	0,5
2	0,055	0,154	80	0,6
3	0,060	0,170	60	0,4
4	0,065	0,180	90	0,7
5	0,070	0,210	70	0,5
6	0,060	0,180	65	0,6
7	0,080	0,240	75	0,4
8	0,075	0,230	85	0,3
9	0,080	0,260	90	0,7
10	0,050	0,150	55	0,5
11	0,060	0,180	60	0,7
12	0,065	0,200	65	0,4
13	0,070	0,180	60	0,3
14	0,070	0,190	70	0,6
15	0,065	0,160	80	0,4
16	0,055	0,165	50	0,5
17	0,060	0,140	85	0,6
18	0,050	0,150	65	0,4
19	0,070	0,200	80	0,7
20	0,060	0,150	75	0,3
21	0,050	0,145	55	0,5
22	0,055	0,160	75	0,4
23	0,060	0,165	50	0,35
24	0,065	0,175	80	0,5
25	0,070	0,220	60	0,45
26	0,060	0,195	50	0,4
27	0,080	0,245	55	0,6
28	0,075	0,230	65	0,4
29	0,080	0,265	80	0,6
30	0,050	0,160	85	0,4

Sharnirli 4 zvenoli mexanizm parametrlarining son qiymatlari

Var. σ	Krivoship uzunligi l_{OA} , m	Shatunning uzunligi l_{AB} , m	Koromislo uzunligi l_{BO_1} , m	O'q-lararo masofa l_{OO_1} , m	ω_1, c^{-1}
1	0.05	0.18	0.9	0.20	20
2	0.06	0.19	0.7	0.25	22
3	0.07	0.20	1.0	0.28	24
4	0.08	0.21	0.8	0.26	26
5	0.09	0.22	1.4	0.22	28
6	0.10	0.23	1.2	0.27	30
7	0.11	0.24	1.3	0.25	32
8	0.12	0.26	1.5	0.29	34
9	0.07	0.20	1.3	0.18	36
10	0.06	0.25	1.2	0.24	38
11	0.12	0.18	1.0	0.30	36
12	0.11	0.19	1.5	0.23	34
13	0.10	0.20	1.4	0.22	32
14	0.09	0.21	1.3	0.20	30
15	0.08	0.22	0.9	0.28	28
16	0.07	0.23	0.8	0.25	26
17	0.06	0.24	0.7	0.26	24
18	0.05	0.25	1.0	0.24	22
19	0.06	0.26	1.4	0.21	20
20	0.07	0.27	1.2	0.27	22
21	0.08	0.18	0.9	0.24	24
22	0.09	0.19	1.4	0.18	26
23	0.10	0.20	1.5	0.19	28
24	0.11	0.21	1.3	0.26	30
25	0.12	0.22	1.0	0.30	32
26	0.10	0.23	1.2	0.28	34
27	0.06	0.24	0.8	0.27	36
28	0.07	0.25	1.1	0.26	38
29	0.08	0.26	1.4	0.25	36
30	0.09	0.22	1.2	0.24	34

3-jadval

Kulisali mexanizm parametrlarining son qiymatlari

Var. σ	Krivoshipning uzunligi l_{OA}, m	O'q-lararo masofa l_{OO_1}, m	Krivoshipning burchak tezligi ω_1, c^{-1}
1	0.1	0.18	20
2	0.12	0.2	22
3	0.14	0.22	24
4	0.16	0.3	26
5	0.18	0.3	28
6	0.2	0.32	30
7	0.22	0.4	32
8	0.24	0.38	34
9	0.26	0.45	36
10	0.28	0.5	38
11	0.3	0.52	40
12	0.1	0.24	20
13	0.12	0.2	22
14	0.14	0.26	24
15	0.16	0.3	26
16	0.18	0.28	28
17	0.2	0.35	30
18	0.22	0.36	32
19	0.24	0.34	34
20	0.26	0.5	36
21	0.28	0.44	38
22	0.3	0.5	40
23	0.12	0.26	20
24	0.14	0.25	22
25	0.16	0.28	24
26	0.18	0.27	26
27	0.2	0.32	28
28	0.22	0.36	30
29	0.24	0.4	32
30	0.26	0.42	34

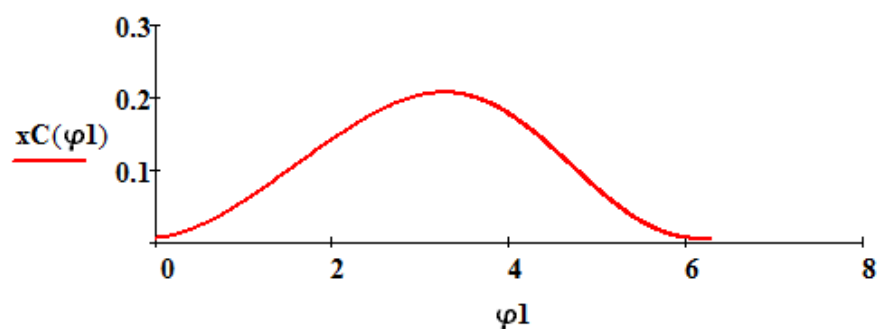
1-ilova

Krivoship-polzunli mexanizmning kinematik tahlili

Berilgan qiymatlar

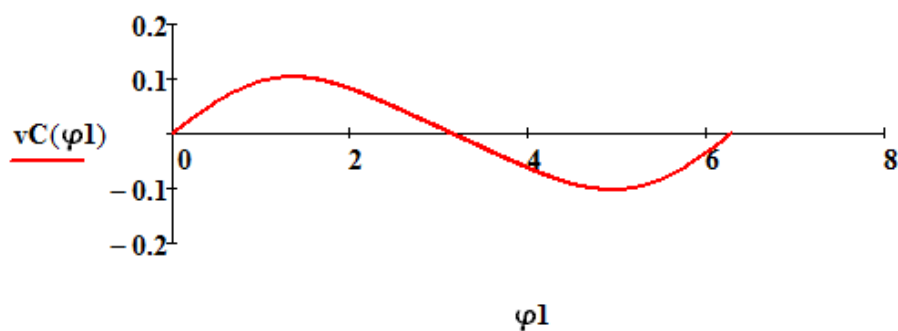
$$l_1 := 0.1 \quad m \quad l_2 := 0.4 \quad m \quad k := 0.5 \quad IBS2 := k \cdot l_2 \quad m \quad \varphi_1 := 0, 0.01 \dots 2 \cdot \pi$$

$$\lambda := \frac{l_1}{l_2} \quad \lambda = 0.25 \quad x_C(\varphi_1) := l_1 \cdot \left[\left(1 + \frac{\lambda}{4} \right) - \left(\cos(\varphi_1) - \frac{\lambda}{4} \cdot \sin(2 \cdot \varphi_1) \right) \right]$$



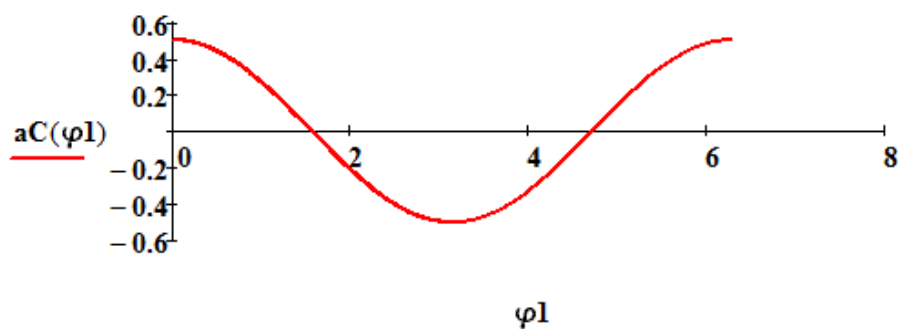
Polzun C nuqtasining funktsiya holati

$$v_C(\varphi_1) := l_1 \cdot \left(\sin(\varphi_1) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin(2 \cdot \varphi_1) \right)$$



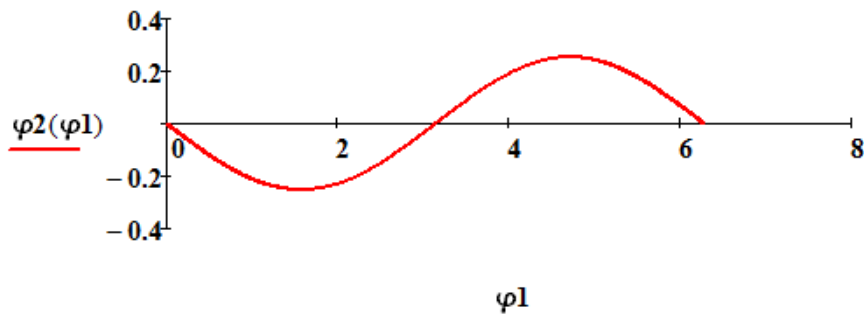
Polzun tezligining anoligi

$$a_C(\varphi_1) := l_2 \cdot (\cos(\varphi_1) + \lambda \cdot \cos(\varphi_1))$$



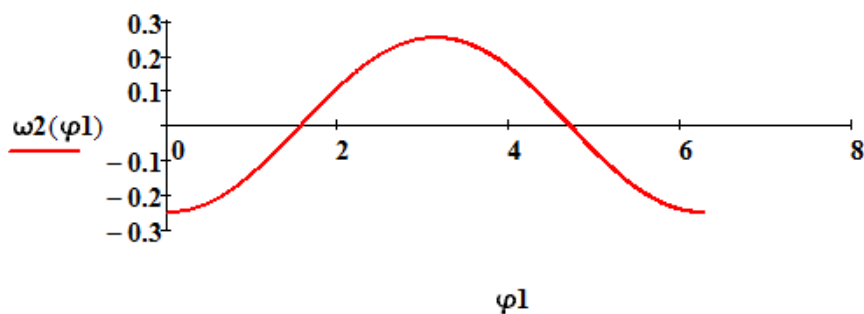
Polzun tezlanisnining anoligi

$$\varphi_2(\varphi_1) := \text{asin}(-\lambda \cdot \sin(\varphi_1))$$



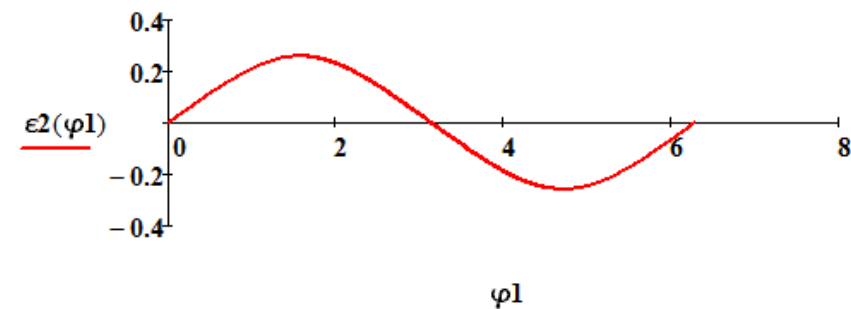
Shatunning funktsiya holati

$$\omega_2(\varphi_1) := \frac{-\lambda \cdot \cos(\varphi_1)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin(\varphi_1)^2}}$$

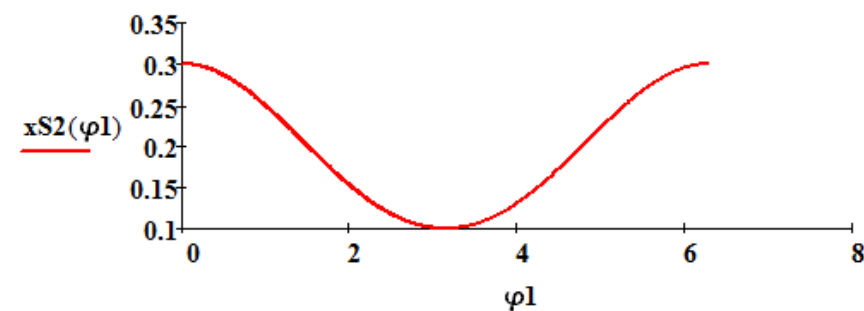


Shatun burchak tezligining anoligi

$$\epsilon_2(\varphi_1) := \frac{\lambda \cdot \sin(\varphi_1)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin(\varphi_1)^2}} - \frac{\lambda^3 \cdot \cos(\varphi_1)^2 \cdot \sin(\varphi_1)}{\sqrt{(1 - \lambda^2 \cdot \sin(\varphi_1)^2)^3}} +$$

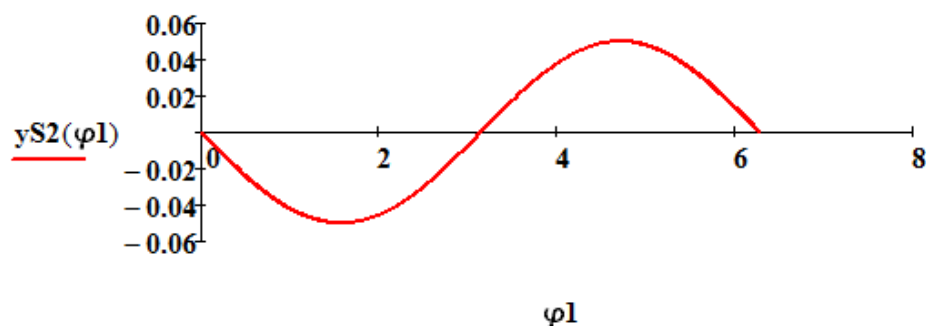


Shatun burchak tezlanishining anoligi
 $x_{S2}(\varphi_1) := l_1 \cdot \cos(\varphi_1) + l_{BS2} \cdot \cos(\varphi_2(\varphi_1))$



Shatun og'irlik markazi funktsiya holatining AX oq'iga proyeksiyasi

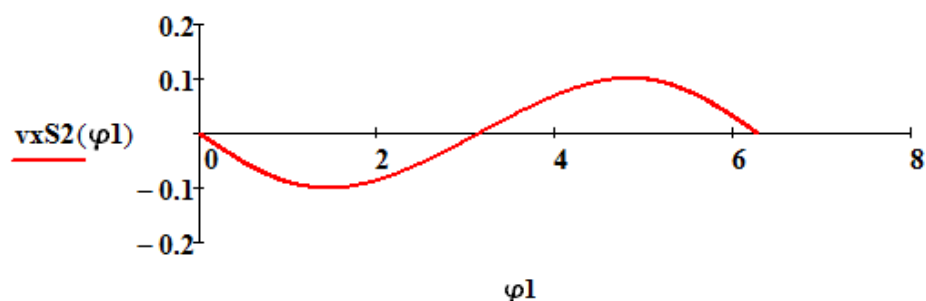
$$yS2(\varphi_1) := lBS2 \cdot \sin(\varphi_2(\varphi_1))$$



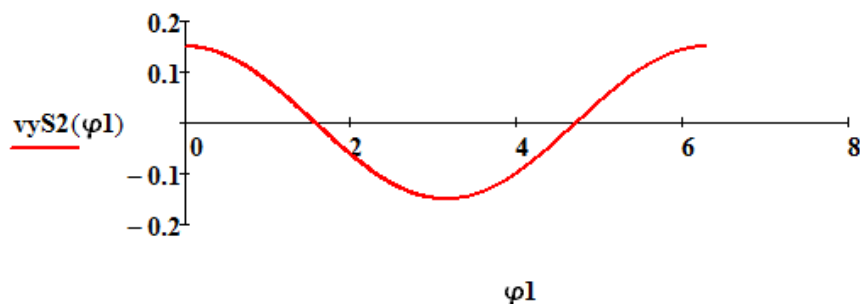
Shatun og'irlik markazi funksiya holatining AY oq'iga proyeksiyasi

$$vxS2(\varphi_1) := (-l1) \cdot \sin(\varphi_1) - lBS2 \cdot \sin(\varphi_2(\varphi_1)) \cdot \frac{d}{d\varphi_1} \varphi_2(\varphi_1)$$

$$vyS2(\varphi_1) := l1 \cdot \cos(\varphi_1) - lBS2 \cdot \cos(\varphi_2(\varphi_1)) \cdot \frac{d}{d\varphi_1} \varphi_2(\varphi_1)$$

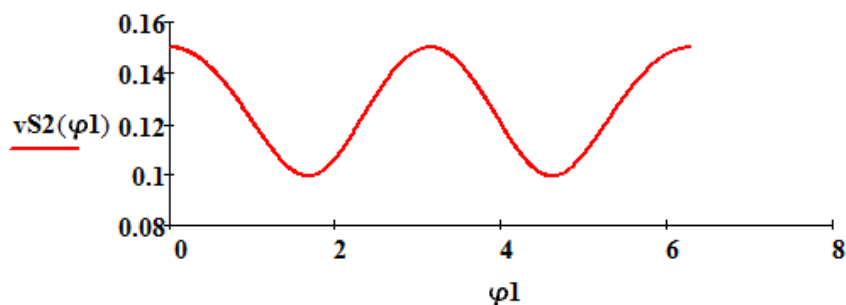


Shatun og'irlik markazi tezlik analogining AX oq'iga proyeksiyasi



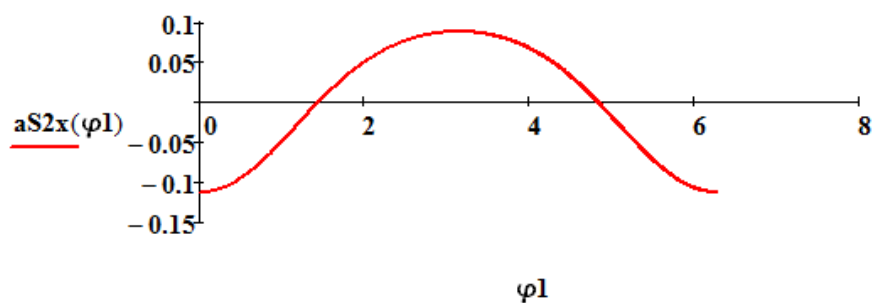
Shatun og'irlik markazi tezlik analogining AY oq'iga proyeksiyasi

$$vS2(\varphi_1) := \sqrt{vxS2(\varphi_1)^2 + vyS2(\varphi_1)^2}$$

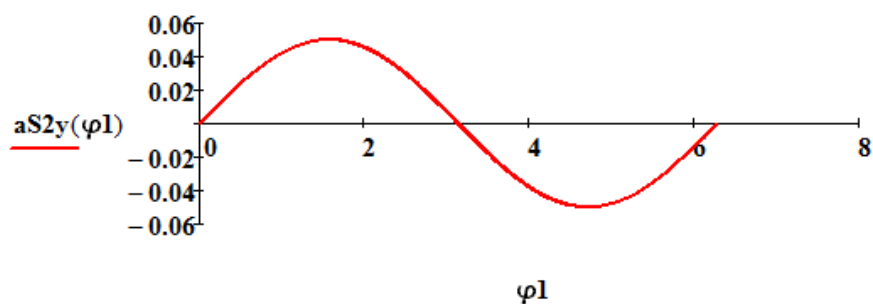


Shatun og'irlik markazining tezlik analogi

$$a_{S2x}(\varphi_1) := \frac{d^2}{d\varphi_1^2} x_{S2}(\varphi_1) \quad a_{S2y}(\varphi_1) := \frac{d^2}{d\varphi_1^2} y_{S2}(\varphi_1)$$

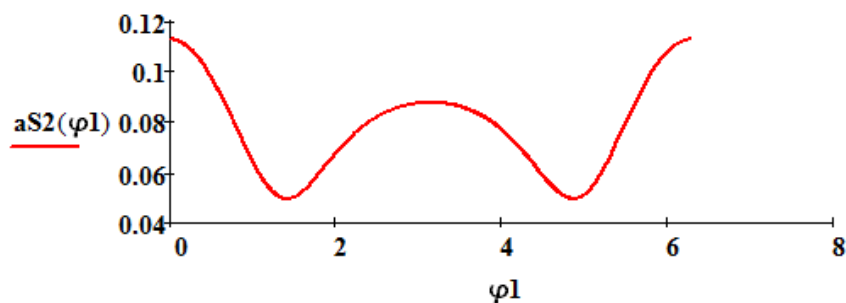


Shatun og'irlik markazi tezlanish analogining AX oq'iga proyeksiyasi



Shatun og'irlik markazi tezlanish analogining AY oq'iga proyeksiyasi

$$a_{S2}(\varphi_1) := \sqrt{a_{S2x}(\varphi_1)^2 + a_{S2y}(\varphi_1)^2}$$



Shatun og'irlik markazining tezlanish analogi

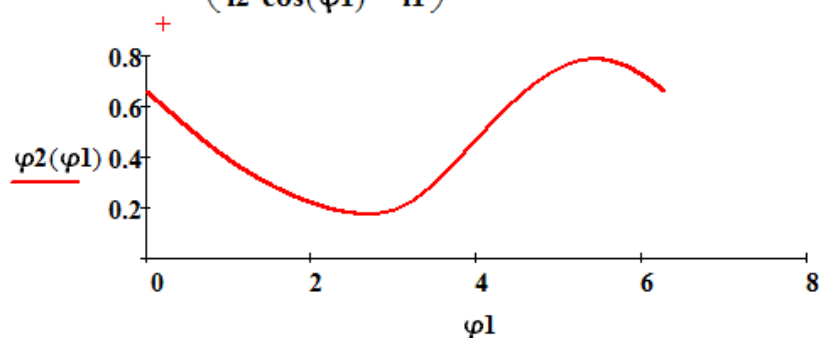
ilova

To'rt zvenoli sharnirli mexanizmning kinematik tahlili
Dastlabki berilgan qiymatlar

$$\varphi_1 := 0, 0.001 \dots 2 \cdot \pi \quad l_1 := 0.24 \text{ m} \quad l_4 := 0.12 \text{ m} \quad l_3 := 0.18 \text{ m} \quad l_2 := 0.05 \text{ m}$$

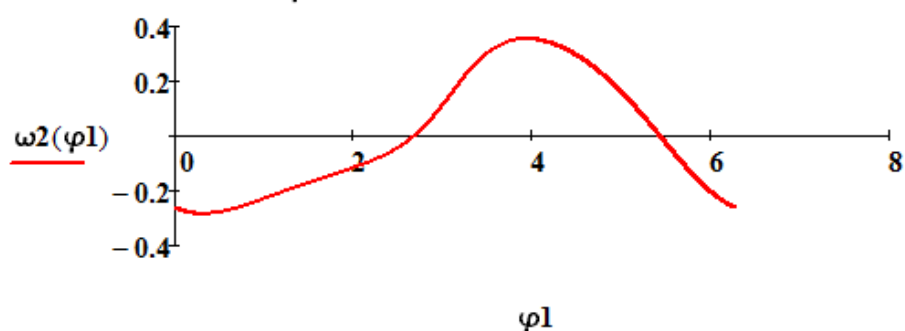
$$\varphi_{2s}(\varphi_1) := \arccos\left(\frac{l_3^2 - l_4^2 + l_1^2 + l_2^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos(\varphi_1)}{2 \cdot l_3 \cdot \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos(\varphi_1)}}\right)$$

$$\varphi_s(\varphi_1) := \arctan\left(\frac{l_2 \cdot \sin(\varphi_1)}{l_2 \cdot \cos(\varphi_1) - l_1}\right) \quad \varphi_2(\varphi_1) := \varphi_{2s}(\varphi_1) + \varphi_s(\varphi_1)$$



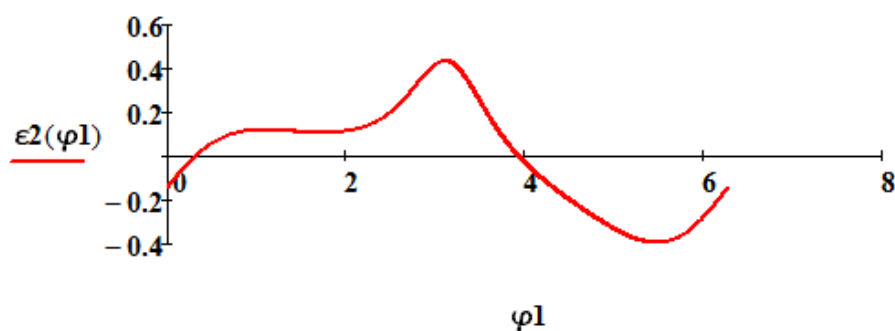
Satun burchak siljishininig o'zgarish qonuniyati

$$\omega_2(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} \varphi_2(\varphi_1)$$



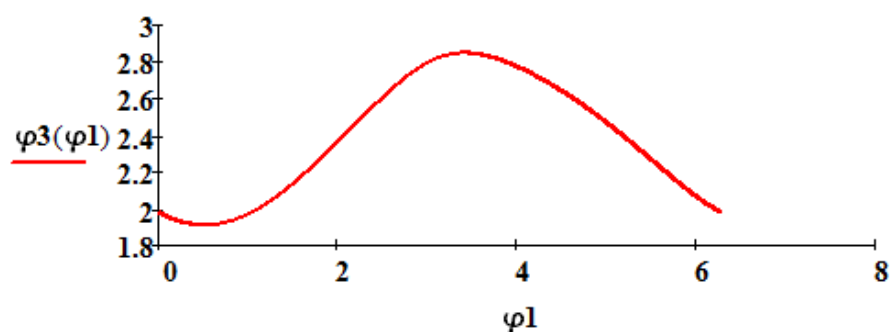
Satun burchak tezligining o'zgarish qonuniyati

$$\epsilon_2(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} \omega_2(\varphi_1)$$



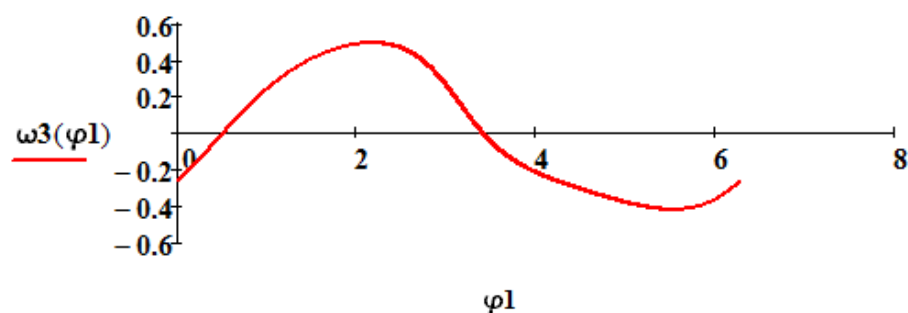
Satun burchak tezlanishining o'zgarish qonuniyati

$$\varphi_3(\varphi_1) := \arccos\left(\frac{l_3^2 - l_4^2 - l_1^2 - l_2^2 + 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos(\varphi_1)}{2 \cdot l_4 \cdot \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos(\varphi_1)}}\right) + \arctan\left(\frac{l_2 \cdot \sin(\varphi_1)}{l_2 \cdot \cos(\varphi_1) - l_1}\right)$$



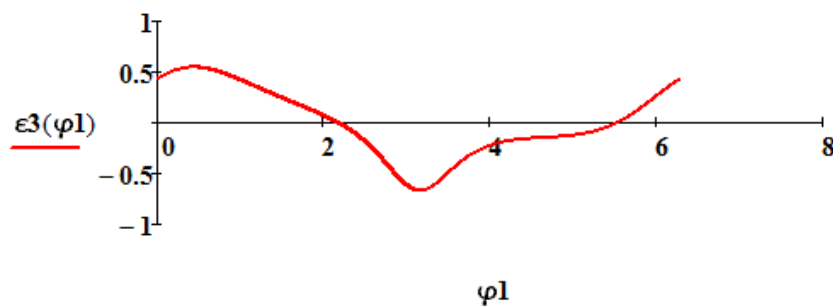
koromislo burchak siljishininig o'zgarish qonuniyati

$$\omega_3(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} \varphi_3(\varphi_1)$$



koromislo burchak tezligininig o'zgarish qonuniyati

$$\epsilon_3(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} \omega_3(\varphi_1)$$



koromislo burchak tezlanishininig o'zgarish qonuniyati

3-ilova

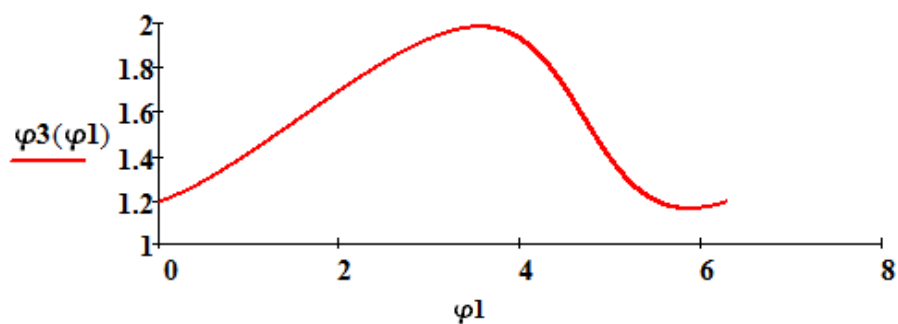
Kulisali mexanizmning kinematik tahlili

Dastlabki berilgan qiymatlar

$$l_1 := 0.5 \quad m \quad l_2 := 0.2 \quad m \quad \varphi_1 := 0, 0.001 \dots 2 \cdot \pi$$

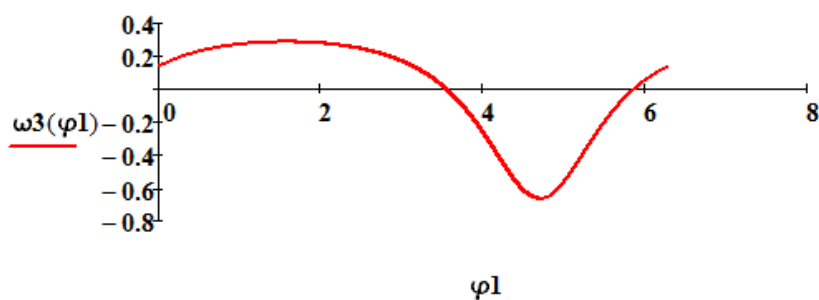
$$\varphi_{31}(\varphi_1) := \operatorname{atan}\left(\frac{l_1 + l_2 \cdot \sin(\varphi_1)}{l_2 \cdot \cos(\varphi_1)}\right)$$

$$\varphi_3(\varphi_1) := \begin{cases} \varphi_{31}(\varphi_1) & \text{if } 0 \leq \varphi_1 \leq \frac{\pi}{2} \\ \pi + \varphi_{31}(\varphi_1) & \text{if } \frac{\pi}{2} \leq \varphi_1 \leq \frac{3 \cdot \pi}{2} \\ \varphi_{31}(\varphi_1) & \text{if } \frac{3 \cdot \pi}{2} \leq \varphi_1 \leq 2 \cdot \pi \end{cases}$$



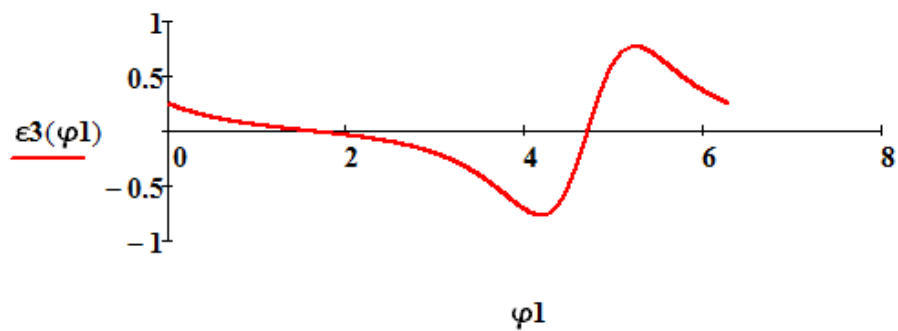
Kulisa burilish burchagining o'zgarish qonuniyati

$$\omega_3(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} \varphi_3(\varphi_1)$$



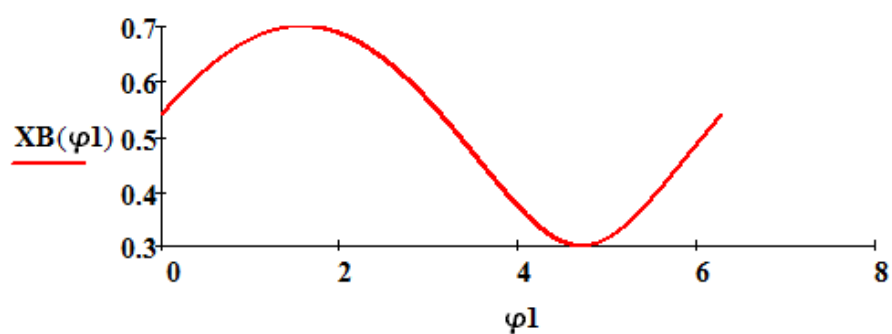
Kulisa burchak tezligining o'zgarish qonuniyati

$$\epsilon_3(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} \omega_3(\varphi_1)$$



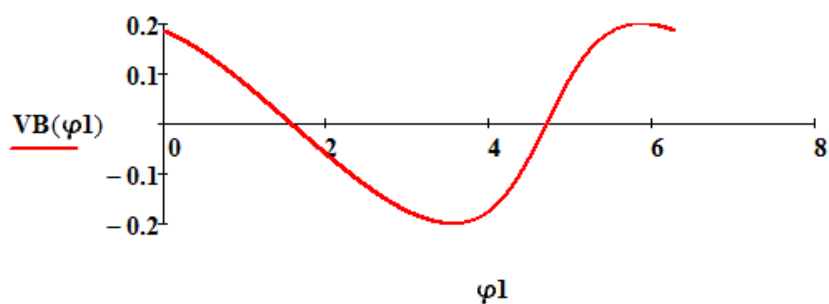
Kulisa burchak tezlanishining o'zgarish qonuniyati

$$XB(\varphi_1) := \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \sin(\varphi_1)}$$



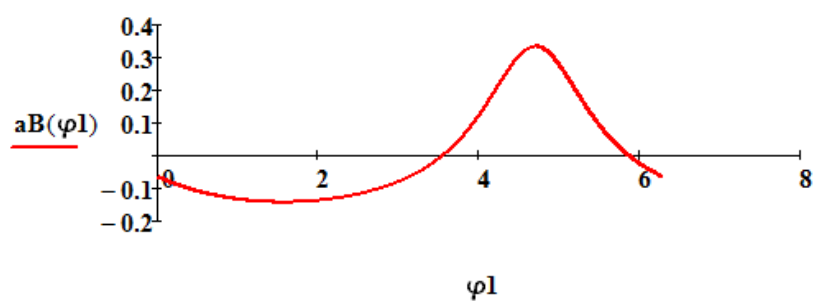
Toshning chiziqli siljishi o'zgarish qonuniyati

$$VB(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} XB(\varphi_1)$$



Toshning chiziqli tezligi o'zgarish qonuniyati

$$aB(\varphi_1) := \frac{d}{d\varphi_1} VB(\varphi_1)$$



Toshning chiziqli tezlanishi o'zgarish qonuniyati

ADABIYOTLAR

1. $\vec{r} = r \cdot \vec{e}_r$, $\vec{v} = \dot{r} \cdot \vec{e}_r + r \cdot \dot{\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi$, $\vec{a} = \ddot{r} \cdot \vec{e}_r + 2\dot{r} \cdot \dot{\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi + r \cdot \ddot{\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi - r \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \vec{e}_r$, $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ -M.: $\square$ -T.:ToshDTU, 1998. - 496 b.
2. Abduvaliyev U.A., Karimov R.I. «Amaliy mexanika» fanining «MMN» boʻlimidan kurs loyihasini bajarish boʻyicha oʻquv qoʻllanma-T.:ToshDTU, 2007.-90 b.
3. $\vec{r} = r \cdot \vec{e}_r$, $\vec{v} = \dot{r} \cdot \vec{e}_r + r \cdot \dot{\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi$, $\vec{a} = \ddot{r} \cdot \vec{e}_r + 2\dot{r} \cdot \dot{\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi + r \cdot \ddot{\varphi} \cdot \vec{e}_\varphi - r \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \vec{e}_r$, $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ -T.:ToshDTU, 2010.-132 b.
4. Karimov R.I., Baratov N.B. Tekis mexanizmlar kinematikasini EHM dan foydalanib mushohada qilish-T.:ToshDTU, 2010.-123 b.

MUNDARIJA

Kirish	3
1. Tekis richagli mexanizmlarni grafoanalitik usul bilan kinematik tahlil qilish.....	5
1.1. Krivoship-polzunli mexanizm	5
1.2. To'rt zvenoli sharnirli mexanizm	11
1.3. Kulisali mexanizm	18
2. Tekis richagli mexanizmlarni analitik usul bilan kinematik tahlil qilish.....	24
2.1. Krivoship-polzunli mexanizm	24
2.2. To'rt zvenoli sharnirli mexanizm	31
2.3. Kulisali mexanizm	39
Adabiyotlar	62

Muharrir Sidikova K.S.

Musahhah Adilxodjayeva Sh.