

### MA'RUZA – 3 (2-qism)

Ma'ruza mavzusi:	<b>MEXANIZMLAR KINEMATIKASINI GRAFIK USULDA TEKSHIRISH</b>
Reja:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mexanizmlarni turli xolatlardagi planlarini chizish.</li> <li>2. Tekis mexanizm bo'g'in nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini topish</li> <li>3. Kinematik diagrammalar yordamida mexanizmlar harakatini o`rganish.</li> </ol>

#### 1. Mexanizmlarning turli xolatlardagi planlarni tuzish.

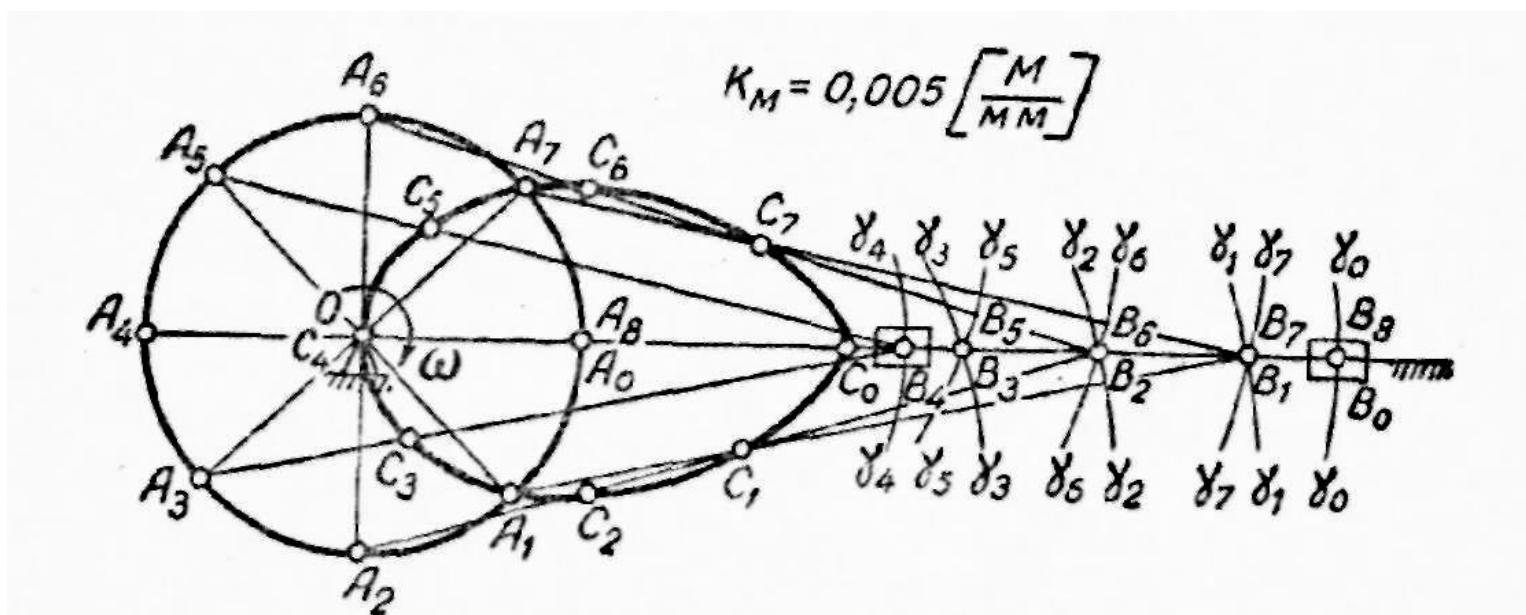
Mexanizm bo'g'inlarini kattalashtirib yoki kichaytirib chizish uchun ma'lum masshtab talab qilinadi. Quyidagi 1-shaklda aksial krivoshipli – shatunli mexanizmni ko`rib chiqsak.

Bu mexanizm bo'g'inlarini o`lchovlari quyidagicha

$L_{OA} = 95 \text{ mm} = 0,095 \text{ m}$ —krivoshipning xaqiqiy uzunligi

$L_{AB} = 0,340 \text{ m}$ —shatunning xaqiqiy uzunligi

$L_{AS} = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$ —shatun og'irlik markazi S va A nuqta orasidagi masofa.



**1-Shakl– Krivoshipli shatunli mexanizm**

Mexanizm bo'g'inlarini uzunlik masshtabi  $\mu_L$  bo'yicha shakldagidek chizamiz.

Uzunlik masshtabi quyidagicha topiladi.

$$\mu_l = \frac{\ell_{AB}}{AB}; \quad (3.1)$$

Bu erda AB – shatunning grafik uzunligini, (buni shu kesma chiziladigan qog'oz o'lchamiga qarab tanlaymiz). Bizda AB = 68mm., u xolda

$$\mu_l = \frac{0.34}{68} = 0.005 \text{ yoki } \mu_l = 0,005 \left[ \frac{M}{MM} \right]$$

Buni AB kesmaning xar 1mm uzunligiga 5 mm xaqiqiy uzunlik bor deb tushunamiz. Shunga ko'ra krivoshipning grafik uzunligi, ya'ni qog'ozga chiziladigan uzunligi quyidagicha bo'ladi.

$$OA = \frac{l_{OA}}{\mu_l} = \frac{0.095}{0.005} = 19_{MM}$$

Mexanizmni boshlang'ich (nol) vaziyati quyidagicha topiladi.

$$L = OA + AB = 19\text{mm} + 68\text{mm} = 0,087\text{m}.$$

Demak mexanizm krivoshipning aylanish markazi (0) dan o'ng tamonga L = 87mm uzunlikdagi radius bilan yoy chizib XX o'qi bilan kesishuv nuqtasida B<sub>0</sub> nuqtani belgilaymiz va boshlang'ich OA<sub>0</sub>B<sub>0</sub> (nol) vaziyat topiladi. Qolgan nuqtalarni shunga o'xshash qilib belgilaymiz.

3. Tekislikda aylanuvchi mexanizmlar bo'g'in nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini topish.

Bu masalaning yechimini krivoship-polzunli mexanizm misolida ko'rib chiqamiz. Masalaning berilgan qiymati mexanizmning geometrik parametrlari hisoblanib, u  $\mu_l$  knematik sxemasi qurilgan (2-shakl) va uning kirish kinematik parametri  $\omega_1$  qo'zg'almas o'zgarmas burchak tezlikka egadir. Krivoship B nuqtasining chiziqli tezligi ma'lum formuladan topish mumkin.

$$v_B = AB \omega_1 \quad (3.2)$$

Bu tezlik vektori istalgan tezlik masshtablarda qurilgan tezlik rejasidir.  
Tezlik masshtabi

$$\mu_v = \frac{v}{\bar{v}} \left( \frac{M}{C \cdot MM} \right) \quad (3.3)$$

bu yerda:  $v$  – xaqiqiy chiziqli tezlik m/s da;

$\bar{v}$  – bu tezlik vektorining chizmadagi ifodasi mm da .

Qurilishni va hisoblashni yengillashtirish maqsadida tezlik masshtabini istalganicha olmasdan, uni krivoship B nuqtasining tezlik vektorini chizmadagi ifodasini mexanizm sxemasidagi krivoship uzunligiga teng qilib olinsa maqsadga muvofiq bo'ladi., ya'ni  $\bar{v} = \overline{AB}$ . Unda (3.2) ni hisobga olganda tezlik masshtabi:

$$\mu_v = \frac{v_B}{\bar{v}_B} = \frac{AB \omega_1}{\overline{AB}}$$

(3.1) ni hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\mu_v = \mu_1 \omega_1 \left( \frac{M}{C \cdot MM} \right) \quad (3.4)$$

Bu holatda aylanuvchi zveno nuqtasining chizmadagi ifodasi zvenodagi bu nuqtaning radius-vektorining joylashuv ifodasiga teng bo'lsa, bunday tezlik masshtabini bosh zveno masshtabi krivoship masshtabi deyiladi. Tezliklar rejasini ko'rsatilgan masshtabda quramiz (2-shakl). Qutb p dan krivoship B nuqtaning tezlik vektorini, uning burchak tezligi yo'nalishiga mos ravishda o'tqazamiz. Bu vektor yuqorida aytilganidek mexanizm sxemasidagi krivoship uzunligiga teng va perpendikulyar bo'ladi, ya'ni  $\overline{pb} = \perp \overline{AB}$ . SHatunga o'tamiz. B nuqta krivoshipga tegishli bo'lmasdan shatunga ham tegishlidir, shuning uchun shatundagi B nuqtaning tezligi, krivoshipdagi V nuqtaning tezligi hamdir. V nuqtaning kinematik parametrlari bir xil. SHatun tekislikda murakkab harakalanadi, ya'ni, uning harakati B nuqtaning ko'chirma, ilgarilanma va B nuqta atrofida aylanma harakatidan iborat. SHatundagi C nuqtaning tezligini aniqlash uchun quyidagi vektor tenglamani yechish kerak:

$$\overline{v_C} = \overline{v_B} + \overline{v_{CB}} \quad (3.5)$$

C nuqta shatunga tegishli bo'lish bilan birga polzunga ham tegishli, shuning uchun ularning tezligi bir xildir. Polzun yo'naltiruvchi bo'lib, ilgarilanma

harakatlanadi, shu sababli B nuqtaning tezlik ta'sir chizig'i gorizontal yo'nalgan bo'ladi. Bu tezlik absolyut, shu sababli qutb p dan gorizontal o'tqazamiz.  $V_{CB}$  nisbiy tezlik shatunga perpendikulyar, u nisbiy harakatda B nuqta atrofida aylanadi. SHuning uchun (3.5) vektor tenglamaga asosan grafik qo'shishni bajarib, tezliklar rejasidagi B nuqtadan shatunga perpendikulyar o'tqazamiz. Bu ikki chiziqni uchrashish nuqtasida qaralayotgan nuqta topiladi. SHunday qilib,  $\overline{pC}$  – bu S nuqtaning absolyut tezlik vektori,  $\overline{bC}$  esa B nuqtaning C nuqtaga nisbatan nisbiy tezlik vektori. Tezliklar rejasida C nuqtani topish uchun o'xshashlik teoremasidan foydalanamiz, bunga asosan, zvenodagi nuqtalarning nisbiy tezlik vektorlaridan qurilgan figura zvenolaridan qurilgan figuraga o'xshash bo'lishi kerak. Bunda zveno kesmalari va nisbiy tezliklar proporsionaldir. Agar C nuqta BC shatunning o'rtasida joylashgan bo'lsa, u holda tezliklar rejasida C nuqta BC nuqtalarning o'rtasida topiladi:  $\overline{pS}$  – S nuqtaning absolyut tezlik vektori.

Ko'rilgan tezliklar rejasi yordamida mexanizmga tegishli zveno va nuqtalarning tezlik qiymat va yo'nalishi tezlik yo'nalishidan ko'rinib turadi, uning qiymatini mm larda olingan vektor uzunligini tezlik masshtabiga ko'paytirib topiladi. Masalan, C nuqtaning tezligi (yoki polzunning tezligi):

$$v_C = \overline{pC} \mu_1 \text{ (m/s)}$$

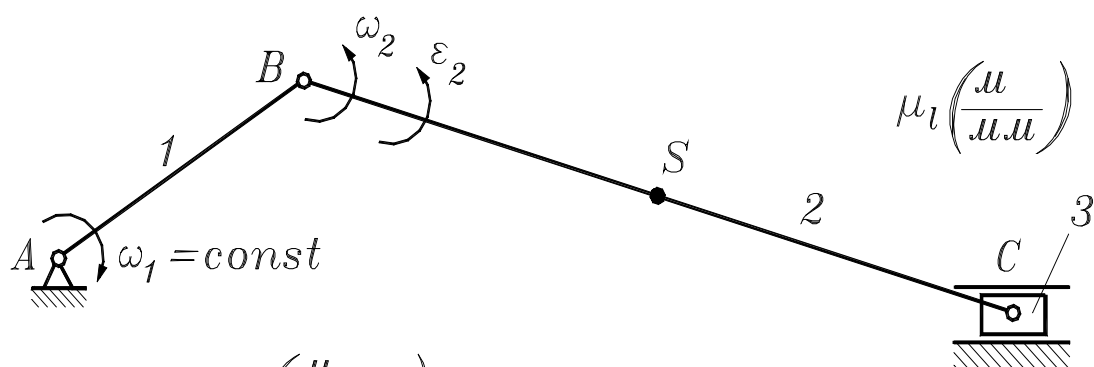
SHatunning burchak tezligini topamiz. SHatun tekislikda murakkab harakatlanadi, har bir vaqt momentida markazdagi aylanma harakat yoki B nuqta atrofidagi nisbiy harakatga bo'lish mumkin. Bu tezlik mexanizm sxemasi va tezliklar rejasi yordamida aniqlanadi. Ya'ni shatunning nisbiy tezligini shatun nisbiy tezligiga bo'lib topiladi:

$$\omega_2 = \frac{v_{CB}}{BC} = \frac{\overline{v_{CB}} \mu_v}{\overline{BC} \mu_1} = \frac{\overline{bC} \mu_1 \omega_1}{\overline{BC} \mu_1}$$

Formula elementlari qisqartirilgandan keyin quyidagini olamiz:

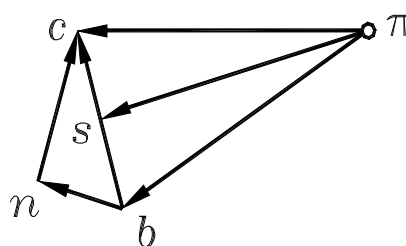
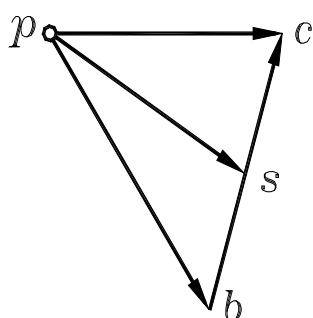
$$\omega_2 = \frac{\overline{bC}}{\overline{BC}} \omega_1 \text{ (rad/s)} \quad (3.6)$$

Burchak tezlik yo'nalishini aniqlash uchun, shartli ravishda tezliklar rejasidan  $\overline{bC}$  vektorni mexanizm sxemasidagi C nuqtaga ko'chiramiz va shu vektor yo'nalishidan V nuqtaga nisbatan moment olamiz, shu momentning yo'nalishi  $\omega_2$  ning yo'nalishini beradi.



$$\mu_v = \mu_1 \omega_1 \left( \frac{\mu}{c \cdot \mu \cdot \mu} \right)$$

$$\mu_a = \mu_1 \omega_1^2 \left( \frac{\mu}{c^2 \cdot \mu \cdot \mu} \right)$$



$$\overline{v_B} = \overline{pb} = \perp \overline{AB}$$

$$\overline{a_B^n} = \overline{\pi b} = \parallel \overline{AB}$$

$$\overline{v_{CB}} = \overline{bc} \perp \overline{BC}$$

$$\overline{a_{CB}^n} = \overline{bn} \parallel \overline{BC}$$

$$\overline{v_C} = \overline{pc} \parallel \text{horizontal}$$

$$\overline{a_{CB}^\tau} = \overline{nc} \perp \overline{BC}$$

$$\left. \begin{array}{l} \overline{a_{CB}^n} = \overline{bn} \parallel \overline{BC} \\ \overline{a_{CB}^\tau} = \overline{nc} \perp \overline{BC} \end{array} \right\} \overline{a_{CB}} = \overline{bc}$$

$$\overline{v_S} = \overline{ps}$$

$$\overline{a_C} = \overline{\pi c} \parallel \text{horizontal}$$

$$\overline{a_S} = \overline{\pi s}$$

2-shakl

### Zveno va nuqtaning tezlanishini aniqlash

Tezliklar mexanizmda tezlik rejasi yordamida topilsa, tezlanishlar mexanizmda tezlanishlar rejasi yordamida topiladi. Tezlanish rejasi – bu nuqtaning absolyut va nisbiy tezlanish vektoridan qurilgan ko'pburchakdir. Tezlanishlarini topish uchun berilganlar mexanizmning kinematik sxemasi va tezliklar rejasi (3.10-shakl). Krivoshipning burchak tezligi o'zgarmas bo'lganligi sababli, uning har bir nuqtasi normal (markazga intilma) tezlanishga, qiymati esa quyidagi formuladan topiladi:

$$a_B^n = AB \omega_1^2 \quad (3.7)$$

Istalgan tezlanish masshtabida ko'rsatilgan, bu tezlanish vektori, tezlanish rejasini qurish uchun berilgandir. Tezlanish masshtabi:

$$\mu_a = \frac{a}{a} \left( \frac{M}{c^2 MM} \right) \quad (3.8)$$

bu yerda  $a$  – haqiqiy chiziqli tezlanish  $m/s^2$  da;

$\bar{a}$  – bu tezlanish vektorining chizmadagi ifodasi mm da.

Tezliklar rejasini qurishni osonlashtirilganidek, bu masshtabni ham ixtiyoriy olmasdan, uni krivoship V nuqtasining tezlanish vektorini mexanizm sxemasidagi krivoship uzunligiga teng qilib olinsa, ya'ni  $\bar{a} = \overline{AB}$ , unda tezlanishning masshtabi (3.7) hisobga olgan holda quyidagicha bo'ladi:

$$\mu_a = \frac{a_B}{a_B} = \frac{AB \omega_1^2}{AB}$$

(3.1)ni hisobga olib, hosil qilamiz:

$$\mu_a = \mu_l \omega_1^2 \left( \frac{M}{c \cdot MM^2} \right) \quad (3.9)$$

Bu holatda aylanuvchi zveno nuqtasi normal tezlanishning chizmadagi ifodasi zvenodagi bu nuqtaning radius-vektorining joylashuv ifodasiga teng bo'lsa, bunday tezlanish masshtabini bosh zveno masshtabi yoki krivoship masshtabi deyiladi.

Tezlanishlar rejasini ko'rsatilgan masshtabda quramiz (2-shakl). Qutb  $\pi$  dan krivoship B nuqtasining normal tezlanish vektorini aylanish markaziga yo'naltirib, ya'ni B nuqtadan A nuqtaga qarab o'tqazamiz. Bu vektor yuqorida aytilganidek mexanizm sxemasidagi krivoship uzunligiga teng va parallel bo'ladi, ya'ni  $\overline{\pi b} = \overline{AB}$ . SHatunga o'tamiz. B nuqta krivoshipga tegishli bo'lmasdan shatunga ham tegishlidir, shuning uchun shatundagi B nuqtaning tezlanishi, krivoshipdagi B nuqtaning tezlanishi hamdir. SHatun tekislikda murakkab harakalanadi, ya'ni, uning harakati B nuqtaning ko'chirma, ilgari lanma va B nuqta atrofida aylanma harakatidan iborat. SHunday qilib, C nuqtaning shatundagi B nuqtaga nisbatan tezlanishi nisbiy normal va tangentsial tezlanishini aniqlash uchun quyidagi vektor tenglamani yechish kerak:

$$\overline{a_C} = \overline{a_B} + \overline{a_{CB}} = \overline{a_B} + \overline{a_{CB}^n} + \overline{a_{CB}^\tau}$$

S nuqta shatunga tegishli bo'lish bilan birga polzunga ham tegishli, shuning uchun ularning tezlanishi bir xildir. Polzun yo'naltiruvchi bo'lib, ilgari lanma harakatlanadi, shu sababli S nuqtaning tezlanish ta'sir chizig'i gorizontal yo'nalgan bo'ladi. Bu tezlanish absolyut, shu sababli qutb C nuqtaning B nuqtaga nisbatan normal tezlanishi, uning B nuqta atrofida nisbiy harakatdagi burchak tezligi ma'lumligi tufayli aniqlanadi. Bu vektorning chizmadagi ifodasini, ya'ni tezlanishlar rejasida ko'rsatilganidek vektor uzunligini aniqlaymiz. Vektor tenglamaga asosan grafik qo'shishni bajarib, bu vektorni B nuqta tezlanish

vektorlarining oxiridan qo'yib, ya'ni, B nuqtadan shatunga parallel ravishda C nuqtadan B nuqtaga yo'nalishda – nisbiy aylanish markaziga ( $\overline{bn}$  3.10-ifoda). (3.6) ni hisobga olib, vektor uzunlikni quyidagicha topamiz:

$$\overline{a_{CB}^n} = \overline{bn} = \frac{a_{CB}^n}{\mu_a} = \frac{BC \omega_2^2}{\mu_1 \omega_1^2} = \frac{\overline{BC} \mu_1 (\overline{bc})^2 \omega_1^2}{(\overline{BC})^2 \mu_1 \omega_1^2}$$

Qisqartirilgandan keyin quyidagini hosil qilamiz:

$$\overline{bn} = \frac{(\overline{bc})^2}{\overline{BC}} (\text{mm}) \quad (3.10)$$

Tangentsial nisbiy tezlanishning harakat chizig'ini vektor tenglamaga asosan grafik qo'shish natijasida, shatunga perpendikulyar qilib,  $\overline{bn}$  vektorni o'tqazamiz. S nuqtaning tezlanish ta'sir chizig'i gorizontaal chiziq bilan bu chiziqning uchrashish nuqtasida qidirilayotgan nuqta S  $\overline{\pi c}$  vektorning oxiri (S nuqtaning absolyut tezlanishi) va  $\overline{nc}$  (nuqtaning tangentsial tezlanishi) topiladi.  $\overline{bn}$  normal va  $\overline{nc}$  tangentsial nisbiy tezlanish vektorining yig'indisi  $\overline{bc}$  to'la nisbiy tezlanish vektorini beradi. S nuqtaning tezlanishi esa yuqorida tezliklar rejasida ko'rsatilganidek, s nuqta tezlanishlar rejasida  $\overline{bc}$  kesmaning o'rtasida joylashgan bo'ladi.

Tezlanishlar rejasi mexanizmdagi chiziqli tezlanishning yo'nalishi va proporsiyasini ko'rsatadi. Chiziqli va burchak tezlanishlar qiymati tezlanishlar rejasidan formula orqali topiladi. Chiziqli tezlanish – tezlanish masshtabini hisobga olib (polzun tezlanishi) quyidagicha topiladi:

$$a_3 = a_C = \overline{\pi c} \mu_a \text{ (m/s}^2\text{)}$$

SHatunning burchak tezlanishini nisbiy harakatdagi tangentsial tezlanishni shatun uzunligiga teng radius-vektorga bo'lib topamiz. O'qiqiy tezlanishlarni tezlanish rejasi va mexanizm sxemasidagi qiymatlarga almashtirib quyidagini hosil qilamiz:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{CB}^\tau}{BC} = \frac{\overline{nc} \mu_1 \omega_1^2}{\overline{BC} \mu_1}$$

Qisqartirilgandan keyin olamiz:

$$\varepsilon_2 = \frac{\overline{nc}}{\overline{BC}} \omega_1^2 \text{ (rad/s)} \quad (3.11)$$

SHatunning burchak tezlanish yo'nalishini  $\overline{nc}$  vektor ko'rsatadi, shartli ravishda mexanizm sxemasining S nuqtasiga tezlanishlar rejasidan ko'chiriladi.

Berilgan holatda shatunning burchak tezlanishi soat strelkasiga qarama-qarshi yo'naltirilgan, burchak tezlik singari, bunda tezlanuvchan harakatlanadi.

Hulosa qilganda, zveno va nuqtalarning tezlanish va qiymatlari mexanizmlarni kuchga hisoblashga inertsiya kuch va momentlarni topishda foydalaniladi.

## 1. Kinematik diagrammalar.

Yo'l diagrammalari berk trayektoriyalar bo'yicha harakat qilayotgan nuqtalar uchun quriladi. Oraliq diagrammalari harakat qaytar qilayotgan nuqtalar uchun quriladi, masalan B nuqta uchun, Ko'chish diagrammalari Belgilangan trayektoriyalarning tegishli kesimlarni ulash yo'li bilan quriladi. (3 shakl)

Ilgarilanma – qaytar harakat qiladigan B nuqta uchun oraliq diagrammasini ko'ramiz. Bu ma'lum bir ulash boshidan harakat qilayotgan B nuqtagacha masofaning o'zgarishini vaqt bo'yicha grafik bog'lanish. Qabul qilamiz, eng chetdagi  $B_0$  holatdan. Bu  $S_{B_0B_1}$ ,  $S_{B_0B_2}$  va h.k kesmalar uzunliklari chizmadagi ularga tegishli kesmalar :  $B_0B_1$ ,  $B_0B_2$  va h.k.

Diagrammani qurishga o'tamiz.

1). OS, Ot o'zaro perpendicular sistemada absisa o'qini teng 6 bo'lakga bo'lamiz.

Vaqt masshtabi

$$\mu_t = \frac{T}{X_T} = \frac{60}{n_1 \cdot X_T} = \frac{60}{100 \cdot 240} = 0,0025 \text{ s/mm}$$

Bu erda

T – krivoshipning bir aylana vaqti, bir sikil davri.

X – krivoshipning bir aylanish vaqtiga to'g'ri keladigan absisa o'qi bo'yicha kesma uzunligi (240 mm).

2). Absisa o'qining bo'linish nuqtalaridan ordinatalar chiqaramiz va ularda tegishli  $S_{B_0B_i}$  masofalarini qo'yib chiqamiz. Lekin ular doim ortiqcha uzun yoki kalta bo'ladi. Shuning uchun ularni masshtab bo'yicha o'zgartiramiz.

a) Oldindan grafikning maksimal ordinatalarini qabul qilamiz -  $Y_{S_{\max}}^B = 110 \text{ s/mm}$

b) Diagramma masshtabini hisoblaymiz.

$$\mu_s^B = \frac{S_{\max}^B}{Y_{S_{\max}}^B} = \frac{0,3}{110} = 0,0027 \text{ m/mm}$$

$S_{\max}^B$  - maksimal oraliqning haqiqiy miqdori. Bu holatda

$$S_{\max}^B = S_{B_0B_3} = \mu_e \cdot B_0B_3$$

$Y_{S_{\max}}^B$  - qabul qilingan maksimal ordinate uzunligi. Diagramma ordinatalarining qiymatlari.

$$Y_{S_1}^B = \frac{S_{B_0B_1}}{\mu_S^B} = \frac{\mu_e \cdot B_0B_1}{\mu_S} = \frac{0,003 \cdot 32}{0,0027} = 35,5 \text{ mm}$$

$$Y_{S_2}^B = \frac{S_{B_0B_2}}{\mu_S^B} = \frac{\mu_e \cdot B_0B_2}{\mu_S} = \frac{0,003 \cdot 71}{0,0027} = 79 \text{ mm}$$

$$Y_{S_3}^B = \frac{S_{B_0B_3}}{\mu_S^B} = \frac{\mu_e \cdot B_0B_3}{\mu_S} = \frac{0,003 \cdot 100}{0,0027} = 111 \text{ mm}$$

Odatda, grafikning optimal o'lchamlarni taminlash uchun  $\Delta Y_S$  ni  $C_V$  marta kattalashtirib yoki kichiklashtirib qo'yish mumkin

$$Y_V = C_V \Delta Y_S$$

Bizning qurilmalarimizda tezlik diagrammasining ordinatasi

$$Y_{Vi} = C_V \cdot \Delta Y_{Si}$$

Bunda

$$\Delta Y_{Si} = \frac{Y_{Vi}}{C_V}$$

(3) ni (2) ga qo'yib topamiz

$$V_i = \frac{\mu_S}{\mu_t \cdot \Delta x_t} \cdot \Delta Y_{Si} = \frac{\mu_S}{\mu_t \cdot \Delta x_t} \cdot \frac{Y_{Vi}}{C_V} = \mu_V \cdot Y_V$$

Bunda

$$\mu_V = \frac{\mu_S}{\mu_t \cdot \Delta x_t \cdot C_V} = \frac{0,0027}{0,0025 \cdot 40 \cdot 1} = 0,027 \frac{m/s}{mm}$$

$\mu_V$  - tezliklar diagrammasining masshtabi,

$\Delta x_t$  - bir interval vaqt uzunligi

$C_V$  - ortirmani o'zgartirish koeffitsenti

$\mu_S$  - ko'chish masshtabi

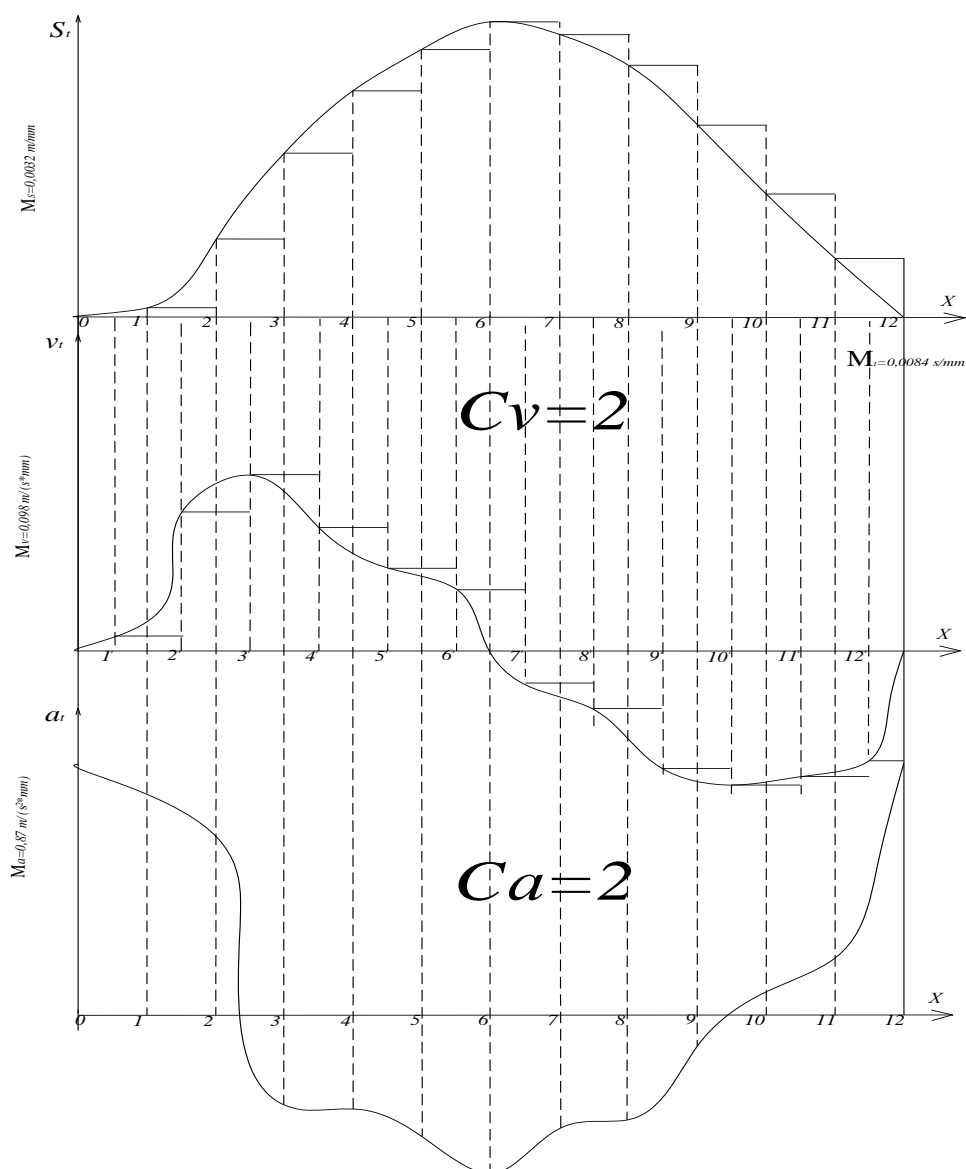
$\mu_t$  - vaqt masshtabi

Analogik yo'l bilan tezlanish diagrammasi quriladi.

Tezlanish masshtabi:

$$\mu_a = \frac{\mu_V}{\mu_t \cdot \Delta x_t \cdot C_a} = \frac{0,027}{0,0025 \cdot 40 \cdot 1} = 0,27 \frac{m/s^2}{mm}$$

## KINEMATIK DIAGRAMMALAR



3-shakl

### Nazorat savollari

1. Mexanizm kinematikasi nimani o`rgatadi?
2. Mexanizm qanday bo`g`inlardan tashkil topgan?
3. Tekislikda harakatlanuvchi ko`p bo`g`inli mexanizmlar harakati necha xil bo`ladi?
4. Mexanizmlar kinematikasini o`rganishni necha xil usullari bor?
5. Mexanizm xolatlar plani qanday quriladi?
6. Analitik kinematika qanday usul?
7. Uzunlik masshtabi qaysi formula orqali aniqlanadi?
8. Nuqtalarning tezlik va tezlanishlari qanday aniqlanadi?