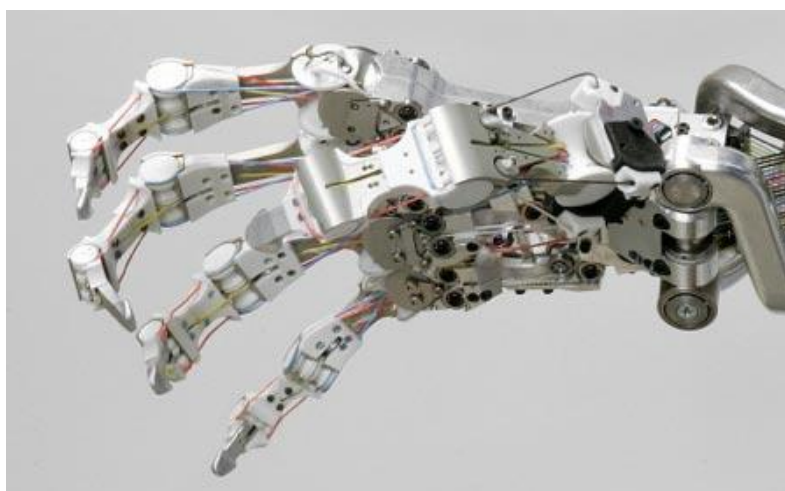


J. M. Muxamedov., A.X. Umurzaqov., A.A.Qosimov., I.R.Mamadaliev

# Машина ва механизмлар назарияси



# Маърузалар матни



**Наманган-2016**

Ushbu ma'ruzalar matnidan "Mashina va mexanizmlar nazariyasi" fanidan quyidagi 5520600-"Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarish jihozlari va va ularni avtomatlashtirish", 5521200-"Transport vositalarini ishlatish va tahmirlash", 5520700 "Texnologik mashinalar va jihozlar", 5630100-" Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish" va kasb ta'limi: 5140927-"Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqarish jihozlari va ularni avtomatlashtirish", 5140940-" Transport vositalarini ishlatish va tahmirlash", 5140938-" Texnologik mashinalar va jihozlar", 5140919-"Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalashtirish" ta'lim yo'nalishlari talabalari foydalanishlari mumkin.

Tuzuvchi(lar):

dots. Muxamedov J. M.,

dots. Umurzaqov A. X.,

ass. Qosimov A.A.,

ass. Mamadaliev I.R

Taqrizchi:

t.f.d. prof. Boyboboev N.

Ushbu uslubiy ko'rsatma " Kasb ta'limi Qishloq ho'jaligini mexanizatsiyalashtirish " kafedrasining \_\_\_\_\_ yildagi \_\_\_\_ sonli bayonnomasi bilan muhokama qilingan va tavsiya qilingan.

Uslubiy ko'rsatma Namangan muhandislik-pedagogika instituti ilmiy-uslubiy kengashida ko'rib chiqilgan va muvofiqlashtiruvchi kengashga tavsiya qilingan \_\_\_\_\_-sonli majlis bayoni. T/r № \_\_\_\_\_

**©NamMPI , KASB TA'LIMI QISHLOQ HO'JALIGINI  
MEXANIZATSIYALASHTIRISH kafedrası**

# 1-MA'RUZA: KIRISH. HOZIRGI ZAMON MASHINA VA MEXANIZM TURLARI.

## O'quv modul birliklari

1. Kirish
2. Mashina haqida tushuncha
3. Mexanizm haqida tushuncha

### **Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

#### *Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Mashina va mexanizmlar nazariyasi fanining tarixi va ahamiyatini biladi
2. Mashina va mexanizmlarni turlarini biladi
3. Mashina va mexanizmlarni ishlash printsiplarini biladi
4. Mexanizmlar qanday mashinalarda qo'llanilishini biladi
5. Mexanizmlarni tuzilishiga ko'ra farqlay oladi
6. Mexanizmlar mashinaning ishlash jarayoniga qanday ta'sir etishini biladi

### **Mexanizmlar yaratilish tarixi**

Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanini o'rganish oldidan, bu fanning rivojlanish tarixi bilan qisqacha tanishib chiqamiz. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanining rivojlanishi kishilik jamiyati madaniyati tarixi bilan bog'liqdir. Qadimgi zamonlardan beri saqlanib kelayotgan ajoyib binolar arxitektura yodgorliklari o'sha zamon xalqlarida mashina va mexanizmlar haqida zo'r tushuncha bo'lganligidan dalolat beradi.

Mexanika sohasida eramizdan oldingi 384-322 yillarda Aristotel nomi bilan bog'liq bo'lgan richag, pona va blok kabi elementar mexanizmlar, mashinalar nazariyasi asosida yaratilgan. Aristotelg' o'z asarida yuqorida zikr etilgan oddiy mexanizmlar nazariyasini yaratgan edi. SHunday oddiy mashinalar bilan Arximed ham shug'ullangan. 287-212 yillarda Sitsiliya orolidagi Sirakuziya shahrida tug'ilgan mashhur olim Arximed qirqqa yaqin har xil mexanizmlar va mashinalar yaratib fanga juda katta hissa qo'shgan.

Arximed richaglar nazariyasini yaratib jahon fani tarixida o'chmas nom qoldirdi. Uning bu sohadagi kashfiyoti mexanikada "oltin qoida" nomini olgan.

Eramizning birinchi asrida yashagan Geron richag, pona, chig'iriq va vint kabi oddiy mashinalarni alohida va birgalikda ishlashi mumkinligini yozib qoldirgan.

O'rta Osiyo olimlari ham bu fanga katta hissa qo'shdilar. Buyuk olim Abu Ali al-Xusayn ibn Abdullox Ibn Sino (980-1037) o'zining "Aql mezoni" ("Mhyorul-aqul") degan asarida juda ko'p mexanizmlarni ishlash printsiplarining analiz qilgan. Ibn Sino Yoanna Filonaning harakat haqidagi ta'limotini rivojlantirdi. U haraktlanuvchi jismga qo'yilgan kuch yo'qolmasligini va harakatga biror qarshilik bo'lmasa harakatning cheksizligini isbotlagan.

Abu Yusuf al-Xorazmiy (X asr) "Injenerlik mexanikasini bilish" kitobi va Muhammad al-Xurosoniyni "Suv g'ildiraklari va suvni yuqoriga chiqarish va uni amalga oshirishda ishlatiladigan mexanik moslamalar" asarlari diqqatga sazovordir. XV asrning oxiri va XVI asrning boshida yashagan Italiya olimi Leonardo Da Vinchining nazariy va amaliy mexanika sohasida ya'ni richaglar nazariyasi, jismlarning og'irlik markazini topish, jismlarning qiya tekislikda harakat kuchlarini qo'shish va ajratish ishqalanish koeffitsientini aniqlash, zarbalar nazariyasi, jismlarni harakati inertsiyaga oid ishlari maqtovgaga sazovordir.

Mashhur italg'ya olimi Galilio Galiley (1564-1642) mayatnikning tebranish, jismning o'z og'irligi ta'sirida harakatlanishi qonunlarini va boshqalarini kashf etib, mexanika faniga, ayniqsa dinamikaga asos solgan edi. Galiley bo'shliqda jismning tushishi qonunlarini aniqlab berish bilan bir qatorda, bir tekis harakatlanmaydigan nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati vaqtida tezlik va tezlanishlar bo'lishini birinchi bo'lib mexanikaga kiritgan ulug' olimdir.

U dinamikani birinchi qonuni bo'lgan inertsia qonunini tariflab berdi va bo'shliqda gorizontga nisbatan ma'lum burchak ostida otilgan jism traektoriyasining paraboladan iborat bo'lishini ko'rsatdi.

Frantsuz matematigi Blez Paskalni (1623-1662) suyuqliklar haqida olib borgan ishlari gidravlik jarayonlar barpo etilishida katta rol o'ynadi.

Mashhur ingliz olimi Isaak Ng'yuton (1643-1727) yaratgan qonunlari haligacha o'z kuchini yo'qotgani yo'q. Ng'yutonning I-II va III-qonunlari va butun olam tortishish qonuni bunga yaqqol misoldir.

XVIII asrda Frantsiyada Vakason, SHvetsiyada ota-bola Dro, Rossiyada Kulibin ajoyib mexanizmlar yaratdilar.

Ioganni Bernulli (1667-1748) kinetik energiyaning o'zgarishi to'g'risidagi qonunni topdi va Daniel Bernulli (1700-1782), ayni bir vaqtda harakat miqdori momenti o'zgarishi to'g'risidagi nazariyani tahriflab berdi.

Bu ishlarni 1743 yilda Dalamber rivojlantirib Dalamber printsiptini yaratdi va murakkab aloqali mexanikaviy sistemalar dinamikasini o'rganishga yo'l ochdi.

1771-yili mashhur Frantsuz olimi Kulon "Oddiy mashinalar nazariyasi" degan asarni yozdi. 1794-yilda ko'zga ko'ringan frantsuz olimi Gaspar Monj Parijda politexnika maktabini tashkil qildi. Bu maktabda jahonda birinchi marta mexanizmlar nazariyasi kursi o'qitila boshlandi.

Mashhur rus mexanigi akademik Pafnutiy Levovich CHEbishev mexanizmlar nazariyasi sohasida ko'pgina ishlar qildi.

XIX asrda yashagan progressiv rus olimlaridan akademik M.V. Ostragradskiy, A. Vishnegradskiy va professor N. P. Petrov nazariy mexanikani mexanizm va mashinalar nazariyasiga tadbiiq qilish sohasida fanga katta hissa qo'shdilar.

I.A.Vishnegradskiyning shogirdi V.L.Kirpechiv (1845-1913) kinematika sohasida, N.E.Jukovskiy (1845-1921) dinamika sohasida I.V.Mishcherskiy (1859-1935) o'zgaruvchan massali nuqta dinamikasi degan mashhur ishi bilan raketalar harakatiga asos soldi, o'zgaruvchan massali jism mexanikasini yaratdi.

Peterburg fanlari akademiyasining akademigi Ya. German 1916 yilda dinamik masalalarni statik masalalarga keltiruvchi mexanika printsiptini ishlab chiqdi.

Professor P.I.Somovning (1852-yilda tug'ilgan) mexanizm va sintezga oid asarlari, N.I.Mertsalovning (1860-1948) fazoviy kinematik zanjirlarning tezliklarini topish ishlari. Qishloq xo'jaligi mashinalari mexanikasi sohasidagi akademik V. P. Goryachkinning (1868-1935) xizmatlari g'oyat kattadir.

Professor L.V.Assur (1878-1920) tekislikda harakat qiluvchi sterjenli mexanizmlarning tuzilishi va klassifikatsiyasiga oid ilmiy ishlar olib borgan.

Oxirgi yillarda mashina va mexanizmlar nazariyasi sohasiga katta hissa qo'shgan olimlardan I.I. Artobolevskiy, U.U. Djuldosbekov, V.Zinovev, S.N.Kojevnekov,

M.N.Novikov, X.X. Usmonxo'jaev, A. Jo'raev, G. Zokirov, A. Karimov, K. Karimov va boshqalar hisoblanishadi.

## Mashinalar turi ularga qo'yilgan talablar.

*Mashina va mexanizmlar nazariyasi (MMN) fani mavjud mexanizmlarni analiz qilish va yangi mexanizm va mashina sistemasini yaratishning nazariy asosidir.*

Bo'lg'usi injener mashina mexanizmlarning tuzilishi, ishlashi va undan foydalanishni yaxshi bilishdan tashqari, uning kinematik sxemasini to'g'ri chizish, mexanizmlarning analiz qilish va loyihalash, shuningdek ularni geometrik, kinematik va dinamik parametrlarini to'g'ri o'lchash usullarini bilishi kerak.

Bizning zamonamizga kelib mashinalarsiz bir ishni qilishni tasavvur ham qilib bo'lmaydi. Mashina hayotimiz ichiga kirib ketgan.

Ba'zi bir hollarda mashina odamni faqat qo'l mehnatigina emas, balki aqliy mehnatda ham odamning o'rnini bosadi. Masalan elektron hisoblash mashinalari, kompg'yuterlar, robotlar qisman yoki to'la odamni aqliy mehnati o'rnini bosa oladi.

Odam tomonidan yaratilgan mashinalar, tuzilgan programmalar bo'yicha ishlab chiqarish texnologik jarayonlarni boshqaradi, ba'zi hollarda mashina odamning organlari funksiyasini ham bajarishi mumkin, masalan odamning qo'li, oyog'i, sunhiy buyragi va boshqalar.

SHularni hulosa qilib "**Mashina**" tushunchasini, bunday tahriflash mumkin: *Mashina-odam tomonidan yaratilgan, tabiat qonunlari asosida qo'l mehnatini va aqliy mehnatini yengillashtirish va odamni to'la yoki qisman fiziologik va mehnat qilish funksiyasini bajaradigan qurilmadir.*



### *Mashina turlari*

Energetik mashinalarga elektr dvigatellari, ichki yonuv dvigatellari, trubinalar kiradi.

Transport mashinalariga asosan hamma turdagi avtomobillar, lokomotivlar, trubovozlar, traktorlar, lift, transportyorlar va boshqalar kiradi.

Texnologik mashinalarga barcha turdagi stanoklar, tekstil mashinalari, qishloq ho'jalik mashinalari, metallurgik, poligraf, oziq-ovqat va boshqa turdagi mashinalar kiradi.

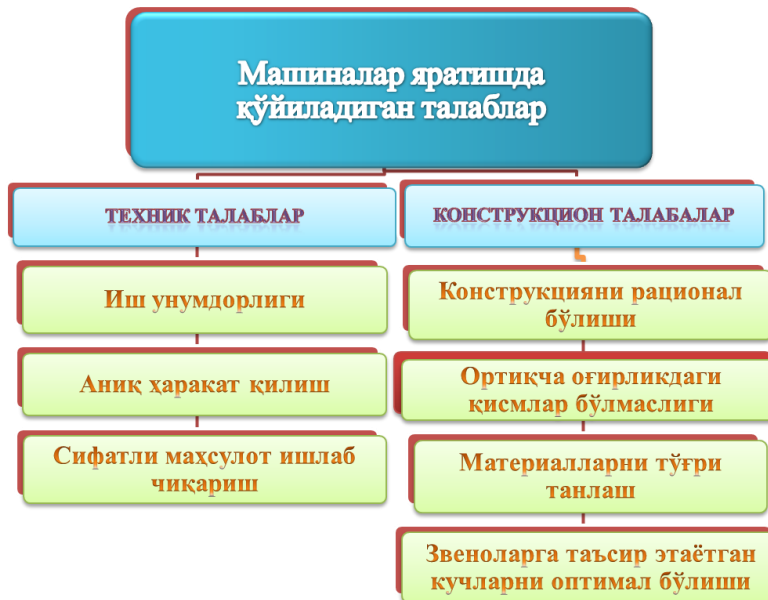
Yangi shart sharoitlar maxsus boshqaruv va tekshiruv mashinalarini yaratishni talab etayapti. Masalan, ichki yonuv dvigatelidagi porshen halqasini razmerlari tekshirib turish, ya'ni faqat detalni o'lchamini tekshirmasdan uni o'lchami orqali saralaydi va boshqa ko'rsatkichlarni ham tekshiradi.

Aqliy mehnatni almashtiruvchi mashinalaridan logik mashinalar hozirgi paytga kelib juda katta ehtiborga loyiq bo'lib qoldi. Bu turdagi mashinalarga hisob mashinalari, har xil jarayonlarni modellashtiruvchi, informatsiya beruvchi mashinalar kiradi. Texnika

rivojlanishi va aqliy mehnatni ko'proq qismini mashinalarga yuklash jarayonida kibernetik mashinalar hayotimizda katta rol o'ynayapti.

*Kibernetik mashinalarga* odamni ba'zi fiziologik funksiyalarini almashtira oladigan, masalan predmet yoki biron bir obrazni ajrata oladigan, akustik spektor orqali odam ovozi bilan gapira oladigan, odamni ba'zi organini almashtira oladigan (sunhiy yurak, buyrak, qo'l, oyoq, umurtqa va boshqalar) har xil harakatni odam buyrug'i bilan bajara oladigan mashinalar kiradi.

Mashinalar yaratishda asosan quyidagi talablar qo'yiladi:



1. Texnik talablar-bunda asosan mashinaning ish unumi yuqori bo'lishi, aniq harakat qilishi va sifatli mahsulot ishlab chiqarishi talab etiladi.

2. Konstruksiyani ratsional bo'lishi-bunda mashinaning ortiqcha og'irlikdagi qismlari bo'lmasligi, materiallarni to'g'ri tanlash va detallardagi haqiqiy kuchlarning optimal bo'lishi talab qilinadi.

Dvigateldan, uzatish mexanizmidan va ish bajaruvchi mashinalardan va ba'zi hollarda tekshiruv-boshqaruv va hisoblash mashinalaridan tashkil topgan qurilma, *mashina agregati* deyiladi.

Mashinalar mexanikasini, uni tuzilishini va ularga ta'sir qilinayotgan kuchlarni o'rganish "mashinalar mexanikasi" kursi deyiladi.

Har qanday mashinalar mexanizmlardan tashkil topgan bo'ladi.

*Mexanizm* deb, bir yoki bir necha jismlar harakatini kerakli boshqa bir jismga uzatib beruvchi qurilmaga aytiladi. Hozirgi paytda mashinalarni tarkibida shunday rang-barang mexanizmlar borki, ularni o'rganish uchun ularni qanday ishlarni bajarishiga qarab quyidagi ko'rinishlarga bo'lish mumkin.

- a) Dvigatel va o'zgartirish mexanizmlari;
- b) uzatish mexanizmlari;
- v) ijro etuvchi mexanizmlar;
- g) tekshiruv, boshqaruv va sozlash mexanizmlari;
- d) yuklash ta'minlash va ajratish (sortirovka) mexanizmlari;
- e) avtomatik hisob va o'lchov upakovka qilish mexanizmlari.

Asosiy ishni mashinaning ishchi organi bajaradi. Masalan. Generator yordamida mexanikaviy energiya elektr energiyasiga aylantiriladi va bu energiya ishchi organlarga uzatish mexanizmlar orqali uzatiladi. Ishchi organlar masalan tikuv mashinasi ignasi, yer qazish mashinasida kovushi (kuragi) va boshqalardir.

Har qanday mashina ma'lum foydali ish bajaradi. Ana shu tufayli foydali ish bajarishi uchun mashinada quyidagi asosiy belgilar bo'lishi kerak:

1. Mashina ma'lum tartibda tuzilgan bo'lishi;
2. Uning qismlari ma'lum tartibda harakat qilishi;
3. Mashina tegishli foydali mexanik ish bajarishi shart.

Mashinada shu uch belgidan faqat ikkitasi bo'lib, uchinchi bo'lmasa, u holda mashina mexanizmga aylanadi. Demak, mexanizm foydali ish bajarmaydi va energiyani bir turdan boshqa turga aylantirmaydi. Mexanizmning vazifasi ma'lum tartibda harakat qilish yoki harakatni uzatishdan iboratdir.

Mashina va mexanizmlar nazariyasini o'rganishda, avvalo shu mexanizm tarkibida kiruvchi qismlar (zvenolar) absolyut qattiq jismlar deb ularni harakati vaqtida shu qismlarda hech bir deformatsiya bo'lmaydi deb faraz qilinadi.

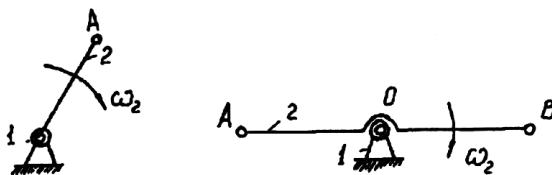
Mashinasozlikda ishlatilayotgan barcha mexanizmlarning konstruksiyasiga qarab asosan quyidagi turlarga bo'lish mumkin.



***Mexanizm turlari***

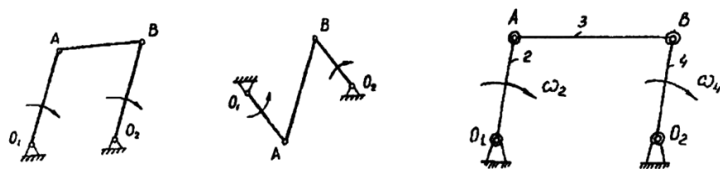
**Richagli mexanizmlar**

Richagli mexanizmlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko'p ishlatiladi. Masalan, to'quv stanoklarida, suv nasoslarida, xamir qorish mashinasi tarkibida va ikkita krivoshi bo'lgan mexanizmlar suv nasoslarida ishlatiladi. (1.1-1.2-1.3-1.4-rasmlar)

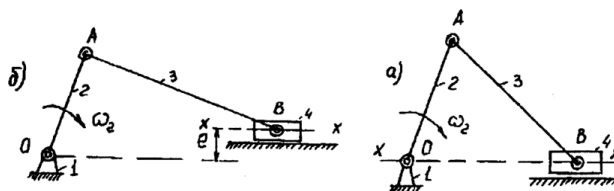


1.1-rasm. Ikki zvenoli mexanizmlar.



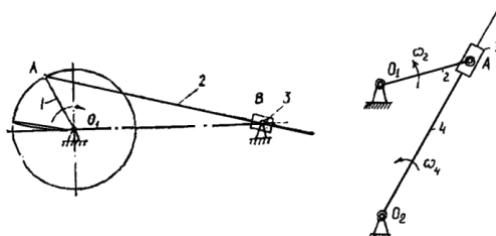


1.2-rasm. To'rt zvenoli richagli mexanizmlar.



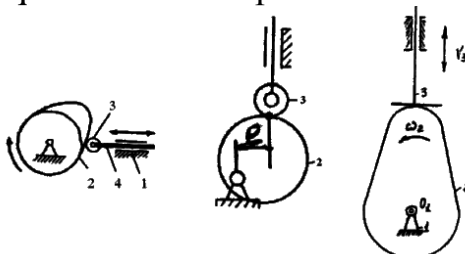
1.3-rasm. a-aksial b-dezaksial krivoship shatunli richagli mexanizm

Koromisloli mexanizmlar pichan ag'darish mashinasida, ko'tarish kranlarida va hokazolarda ishlatiladi.



1.4-rasm. Kulisali richagli mexanizmlar.

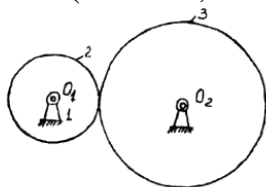
Kulisali mexanizmlar rotor nasoslarida tikuv mashinalarida, poligraf mashinalarida, randalash mashinalarida va boshqa sohalarda ko'p ishlatiladi.



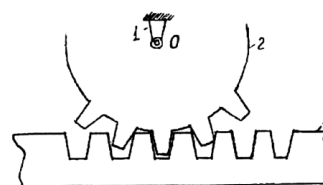
1.5-rasm. a-Aksial kulachokli, b-dezaksial kulachokli, v-tekis turtkichli kulachokli mexanizmlar. 1.Qo'zg'almas zveno: ye-dizaksiallik; 2-kulochok; 3-rolik; 4-turtkich. Kulachokli mexanizmlar asosan avtomatik mashinalarda ko'p ishlatiladi (1.5-rasm).

### Tishli g'ildirakli mexanizmlar

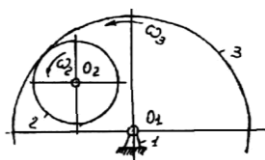
Bir valdan ikkinchi valga aylanma harakatning uzatish uchun ko'pincha tishli uzatma ishlatiladi. (1.6-1.7-,1.8-1.9-rasmlar).



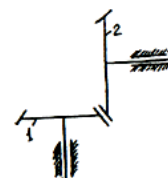
1.6-rasm. Tishli ilashmali oddiy tsilindrik tishli uzatma



1.7-rasm. Reykali tishli uzatma



1.8-rasm. Ichki ilashmali oddiy tsilindrik tishli mexanizm

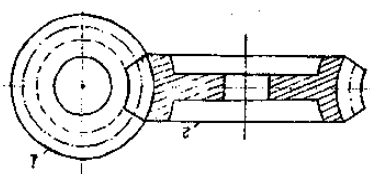


1.9-rasm. Konusli tishli mexanizm

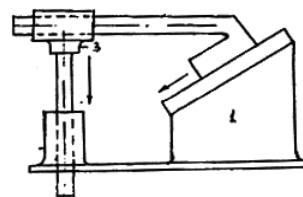
### Vint va ponali mexanizm

Zvenolari faqat ilgariylanma (to'g'ri chiziqli) harakat qiluvchi mexanizmlar ponali mexanizmlar deyiladi.

Mexanizm tarkibiga kiruvchi ayrim zvenolari vintsimon harakat qilsa, bunday mexanizmlar vintli mexanizm deyiladi. (1.10-rasm).



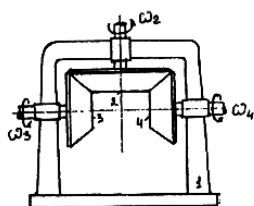
1.10-rasm. CHervyakli mexanizm



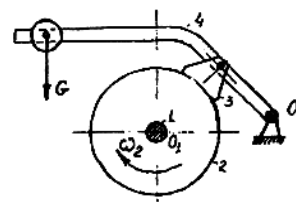
1.11-rasm. Ponali mexanizm

### Friktsion mexanizm

Ishqalanish kuchlari yordami bilan harakatga keluvchi yoki to'xtatiluvchi mexanizmlar friktsion mexanizmlar deyiladi. (1.12-,1.13-rasmlar).



1.12-rasm. Friktsion uzatma

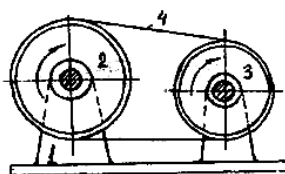


1.13-rasm. Kolodkali tormoz

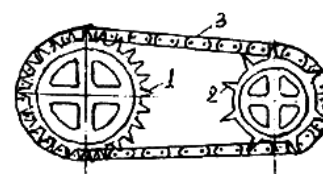
### Egiluvchan zvenoli mexanizm

Hozirgi zamon texnikasida egiluvchan zvenolarni (arqonlar, tasmalar, zanjirlar, troslar va boshqalar) o'z ichiga oluvchi mexanizmlar ham ko'p ishlatiladi. (1.14-1.15-rasmlar).

Egiluvchan zvenoli mexanizmlar yordami bilan o'qlari yetakchi zveno o'qiga parallel va ayqashib o'tuvchi zvenolarga harakat uzatiladi. Bunday mexanizmlar to'qimachilik sanoatida, og'ir industrial sanoatda, qishloq xo'jalik mashinalarida va boshqa joylarda qo'llaniladi.



1.14 -rasm. Tasmali uzatma



1.15-rasm. Zanjirli uzatma

### **Gidravlik va pnevmatik mexanizmlar**

Harakat uzatish uchun oraliq vositasi sifatida suyuqlik yoki gaz ishlatilsa bunday mexanizmlar gidravlik yoki pnevmatik mexanizmlar deyiladi.

Gidravlik yoki pnevmatik mexanizmlar avtomobillarda, traktorlarda, bug' qozonlaridagi suyuqlik balandligini bir mehyorda saqlab turishda, hozirgi zamon kran va ekskavator mexanizmlarini harakatga keltirishda va boshqa ko'p sohalarda ishlatiladi.

### **Elektrik mexanizmlar**

Hozirgi zamon texnikasining turli tarmoqlarda tarkibiga elektrik elementlar kirgan mexanizmlar juda ko'p ishlatiladi.

Elektr mexanizmlari orqali jarayonlarni tez to'xtatib yoki tez yurgizish mumkin. Elektr mexanizmlari nazarot ishlarida va turli jarayonlarni yozib olish ishlarida ayniqsa, samarali natijalar beradi.

## **2-MA'RUZA: KINEMATIK JUFTLARNING TURLARI, ULARNING KLASSIFIKATSIYASI. MEXANIZMLARNING ERKINLIK DARAJASI VA KLASSIFIKATSIYASI.**

### **O'quv modul birliklari**

1. Kinematik juft haqida tushuncha va ularning sinflanishi
2. Kinematik zanjirlar va ularning turlari
3. Mexanizmlarning hosil bo'lishi va ularning erkinlik darajasi

### **Aniqlashtirilgan uquv maqsadlari (talabning vazifalari)**

#### ***Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:***

1. Kinematik juft qanday hosil bo'lishini biladi
2. Kinematik juftning turlarini va sinflashini biladi
3. Kinematik juftlarni bog'lanishiga ko'ra sinflarga ajrata oladi
4. Kinematik zanjirlarni hosil qilish yo'llarini biladi
5. Kinematik zanjir tarkibidagi zvenolariga kiruvchi kinematik juftlar soniga qarab oddiy yoki murakkab kinematik zanjir ekanligini ajrata oladi
6. Kinematik zanjirlarni erkinlik darajalarini aniqlay oladi
7. Mexanizmlarni sinflarga ajrata oladi

### **Bog'lanishlar to'g'risida umumiy tushuncha**

Fazodagi kuchlar ta'sirida ixtiyoriy harakat qiladigan material nuqta *erkin nuqta* deb ataladi.

Material nuqtaning fazodagi harakati, biror geometrik va kinematik xarakterdagi shartlar bilan cheklab qo'yilsa, bunday material nuqta *erksiz nuqta* deb ataladi. Nuqtaning erkin harakatini cheklab turuvchi shartlar *bog'lanishlar* deb ataladi.

1. Agar material nuqtaga qo'yilgan bog'lanishlar uning fazodagi holatini va tezligini cheklasa, u holda bunday bog'lanishlar *golonomsiz yoki kinematik bog'lanish* deyiladi va formulasi quyidagicha bo'ladi.

$$\psi = \left( x, y, z, \frac{dy}{dt}, \frac{dx}{dt}, \frac{dz}{dt}, t \right)$$

Biri ikkinchisiga yoki, aksincha ikkinchisi birinchisiga nisbatan harakat qilsa, ikki zvenoning qo'shilmasi *kinematik juft* yoki *kinematik bog'lanish* deb ataladi. Ikki zvenoning bir-biri bilan tegishib turgan yerlarini juftlarning elementlari deyiladi.

Har qanday mexanizm bir necha zvenoning bir-biri bilan ma'lum tartibda qo'shilishidan hosil bo'ladi. Mexanizm tarkibiga kiruvchi zvenolarning har biri ma'lum tartibda harakat qilishi shart. Agar sistema tarkibiga kiruvchi zvenolar ma'lum tartibda harakat qilmasa, u holda, bunday sistema mexanizm bo'lmaydi, tartibsiz harakat qiluvchi sistema bo'ladi.

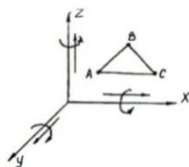
Kinematik juft tarkibiga kiruvchi zvenolarning tartibli harakat qilishi uchun, shu zvenolarning nisbiy harakatiga kerakli chek qo'yiladi va buni kinematik juftlardagi bog'lanish shartlari deb ataladi.

### **Kinematik juftlar va ularni klassifikatsiyasi**

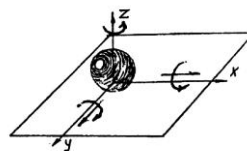
Erkin jism fazoda 6 ta harakatga ega ulardan uchta  $x, y, z$  o'qlari bo'ylab ilgarilanma harakatdan, uchta esa o'qlar atrofida aylanma harakatdan (2.1-rasm) iborat bo'lishi mumkin.

Erkinlik darajasi  $N$ , bog'lanish shartlari sonini  $S$  bilan belgilasak, quyidagi tenglamani xosil qilamiz:  $S+N=6$  yoki  $S=6-N$ .

Tekislik ustida shar turgan bo'lsin, unda tekislik bilan shar birgalikda kinematik juft hosil qiladi. (2.2-rasm).



2.1-rasm.



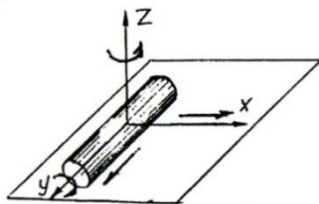
2.2-rasm.

SHar tekislikda 3 ta  $x, y, z$  o'qlari atrofida aylanma harakat va  $x, y$  o'qlari bo'ylab ilgarilanma harakat qilishi mumkin.

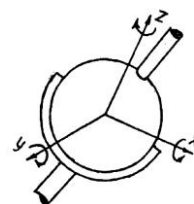
SHar o'q bo'ylab pastga harakat qilolmaydi, chunki uning harakatiga tekislik to'sqinlik qiladi. SHarni yuqoriga ko'tarish yaramaydi, aks holda shar bilan tekislik orasida bog'lanish buziladi va juftlik yo'qoladi.  $S=6-N=6-5=1$

Demak, shar bilan tekislik 1-sinf juft hosil qiladi.

Agarda tekislik ustida tsilindr bo'lsa, bu tsilindr  $Z$  va  $X$  o'qlari atrofida aylanma harakat  $x$  va  $u$  o'qlari bo'ylab ilgarilanma harakat qilsa (2.3-rasm).  $S=6-4=2$



2.3-rasm.



2.4-rasm.

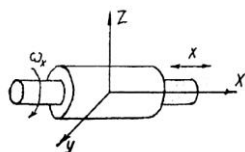
Bayon qilingan kinematik juft II sinf kinematik juftga kiradi.

Sferik qobiq ichiga solingan shar bog'lanishlar soni uchga teng bo'lgan kinematik juftga to'g'ri keladi (2.4-rasm).

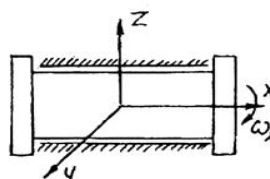
$$S=6-3=3$$

Demak sharli kinematik juft III sinf kinematik juftidir.

G'ovak tsilindr ichiga tsilindr joylashgan bo'lsa, ular bir-biriga nisbatan faqat  $x$  o'qi atrofida aylanma harakat va shu o'q bo'ylab ilgarilanma harakat qiladi. Demak, kinematik juft tarkibidagi zvenoning erkinlik darajasi 2-ga teng ekan. IV-sinf kinematik juft (2.5-rasm).  $S=6-N=6-4=2$



2.5-rasm.



2.6-rasm.

V-sinf kinematik juftga faqat ilgariylanma yoki faqat aylanma harakat qila oladigan kinematik juftlar kiradi (2.6-rasm).

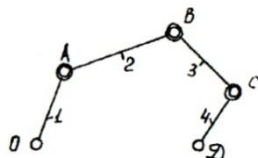
Vintli uzatmalarda ham aylanma harakat ixtiyoriy ilgariylanma harakat mavjud, lekin bu harakat  $h = f(\varphi)$  tenglamasi bilan bog'langan bo'ladi. Buni V sinf kinematik juft deb hisoblaymiz va quyidagi tenglamaga ko'ra harakat qiladi.

$$h = h \cdot \frac{\varphi}{2\pi};$$

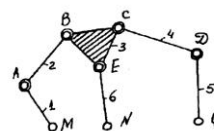
### Kinematik zanjirlar

*Kinematik zanjirlar* deb bir necha zvenoning kinematik juftlari vositasi bilan bog'lanishidan hosil bo'lgan qo'zg'aluvchi sistemaga aytiladi.

Agar kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi zvenolarning biri faqat ikkitadan kinematik juftga kirsa, bunday zanjir *oddiy* deb, kinematik zanjir tarkibidagi zvenolarning biri ikkitadan ortiq kinematik juftga qo'shilsa, bunday zanjir *murakkab* zanjir deb ataladi (2.7-rasm va 2.8-rasm).



2.7-rasm Oddiy kinematik zanjir



2.8-rasm Murakkab kinematik zanjir.

### Kinematik zanjirning erkinlik darajasi

K ta zvenoning kinematik juftlarga kirishmasdan ilgari umumiy erkinlik darajasi 6 bo'ladi. Agar K ta zvenodan tuzilgan kinematik zanjir tarkibiga yuqoridan bayon etilgan I,II,III,IV,V sinf kinematik juftlar bor deb faraz qilsak va shu kinematik juftlar sonini tegishli  $R_1, R_2, R_3, R_4$  va  $R_5$ -harflar bilan belgilasak, u holda kinematik juftning erkinlik darajasi.

$$N=6K=5R_5-4R_4-3R_3-2R_2-1R_1$$

N-kinematik zanjirlarni erkinlik darajasi.

K-kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi zvenolarning umumiy soni.

$5R_5-4R_4-3R_3-2R_2-1R_1$ -kinematik zanjir tarkibidagi V,IV,III,II va I sinf kinematik juftlar soni.

Bir zvenoli qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirning qo'zg'aluvchanlik darajasi quyidagicha bo'ladi:

$$W=N-6=6(K-1)-5R_5-4R_4-3R_3-2R_2-1R_1$$

$$K-1=n, \text{ deb olsak}$$

$$W=6n-5R_5-4R_4-3R_3-2R_2-1R_1 \quad (1)$$

(1) formula fazoviy mexanizmlarning qo'zg'aluvchanlik darajasini topish uchun Malishev formulasi deyiladi.

### Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning tuzilishi.

Kinematik zanjirlar tarkibiga kiruvchi zvenolarning birini mahkamlab qo'yish yo'li bilan mexanizmlar hosil qilinadi. Har qanday mexanizmda harakat qonunlari berilgan zvenolar va harakat qonunlari berilmagan zvenolar bo'ladi. SHunday qilib harakat

qonunlari berilgan zvenolarni yetaklovchi, berilmaganini yetaklanuvchi zvenolar deb ataymiz.

SHunga qarab mexanizmga quyidagicha tahrif berish mumkin:

Kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi qo'zg'almas biror zvenoga nisbatan bir yoki bir necha zveno muayyan tartibda harakatlangan vaqtda zanjirning qolgan zvenolari ham ma'lum tartibli harakat qilsa, bunday kinematik zanjir mexanizm deb ataladi.

Mexanizmlar tarkibidagi barcha zvenolar bir tekislikda yoki bir-biriga parallel tekislikda harakat qilsa, bunday mexanizmlar tekislikda harakat qiluvchi (tekis) mexanizmlar deb ataladi.

Bunday mexanizmlarning tuzilishi formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$W=3n-2P_5-P_4 \quad (\text{CHEbishev formulasi})$$

Agar mexanik sistemasining qo'zg'aluvchanligi darajasi birga teng ( $W=1$ ) bo'lsa, bu sistema bitta yetaklovchi zvenoga ega mexanizm bo'ladi. Qo'zg'aluvchanlik darajasi  $W=2$  bo'lsa, ikkita yetaklovchi zveno bo'ladi.

### **Tekis mexanizmlarni strukturali klassifikatsiyasi.**

Texnikada uchraydigan barcha mexanizmlarni ularning erkinlik darajalari soniga qarab asosan quyidagi uchta sinfga bo'lish mumkin.

1) I sinf mexanizmi. Bu sinfga erkinlik darajasi 1 teng bo'lgan mexanizmlar kiradi. Bu mexanizmlar texnikada juda ko'p tarqalgan.

Masalan: To'quv avtomat mashinalarining asosiy mexanizmi, ichki yonuv dvigateldagi krivoship polzunli mexanizm, barcha turdagi planetar mexanizmlar, barcha kulachokli mexanizmlar shular jumlasidandir.

2) II-sinf mexanizmi ularga erkinlik darajasi 2 ga teng bo'lgan mexanizmlar kiradi.

Bular differentsial mexanizmlar, besh zvenoli richagli mexanizmlar.

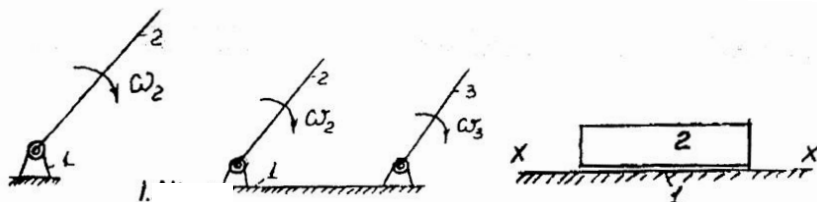
3) III-sinf mexanizmlar. Bunday mexanizmlar guruhiga erkinlik darajasiga 3 ga teng va undan ham ortiq bo'lgan mexanizmlar kiradi.

Bularga hozirgi zamon ko'tarish kranlari mexanizmlari va boshqalari kiradi.

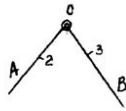
Mexanizmlar hosil qilishni L.V.Assur birinchi marta quyidagicha tahriflagan.

Har qanday mexanizm yetaklovchi zveno bilan qo'g'aluvchanlik darajasi nolga teng bo'lgan kinematik zanjirlarni ketma-ket qo'shilishi orqali hosil qilish mumkin. (2.9-...2.11-rasmlar).

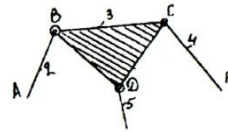
Agar mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi birga teng bo'lsa, u holda uning yetaklovchi zvenosi ham bitta bo'ladi, agar ikkita bo'lsa, ( $W=2$ ) uning yetaklovchi zvenolari ikkita bo'ladi va hakoza.



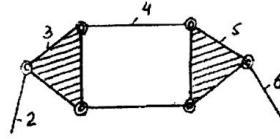
2.9-rasm. I sinf 1-tartibli mexanizmlar.



2.10-rasm. II sinf guruxi

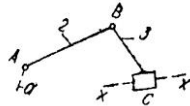


2.11-rasm. III sinf guruxi

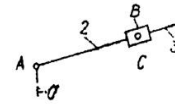


2.12-rasm. IV sinf yopiq kontur guruh

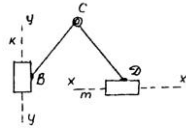
Quyidagi kinematik juftlar II sinf 2 tartibli guruhning modifikatsiyalaridir:



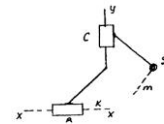
2.13-rasm. II sinf 2-tur guruhi.



2.14-rasm. II sinf 3-tur guruhi



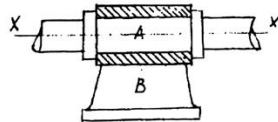
2.15-rasm. II sinf 4-tur guruhi.



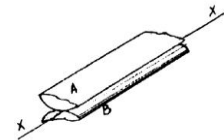
2.16-rasm. II sinf 5-tur guruhi

*Kinematik juft* deb, bir-biriga nisbatan harakatlanishi mumkin bo'lgan zvenolarni bog'lanishiga aytiladi.

Kinematik juftlar bog'lanish elementlariga qarab *oliy* yoki *quyi* bo'lishi mumkin. Bog'lanish elementlari sirt yoki yuza bo'lsa, bunday kinematik juftlar *quyi*, chiziq yoki nuqta bo'lsa, *oliy* kinematik juft deyiladi (2.17-rasm, 2.18-rasm).

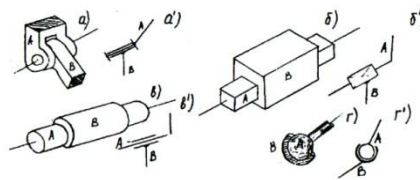


2.17-rasm. Quyi kinematik juft.



2.18-rasm. Oliy kinematik juft

Bu kinematik juftlar A tsilindr va V tsilindr ustida sirpanishi, tebranishi va siljishi mumkin.



2.19-rasm. Quyi kinematik juftlarni chizmada belgilanishi.



### **3-MA'RUZA: UZATISH FUNKTSIYASI VA MEXANIZM ZVENOLARINI TEZLIKLARINI NISBATLARI, CHIZIQLI VA BURCHAK TEZLIK, TEZLANISHLAR. MEXANIZMLARNING KINEMATIK TEKSHIRISH, ZVENOLARNING HOLATLARINI TOPISH, ANALITIK KINEMATIKA.**

#### **O'quv modul birliklari**

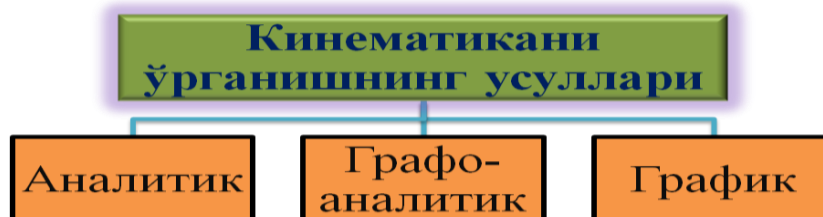
- 1.Mexanizmlar kinematikasi haqida tushuncha
- 2.Mexanizm zvenolarining harakati va holatlarini topish
- 3.Analitik kinematika

#### **Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

- 1.Kinematikani o'rganishning usullarini biladi
- 2.Mexanizm zvenolarining harakatini, ularning harakatlanishiga qarab farqlay oladi
3. Mexanizm zvenolarini holatini aniqlay oladi
- 4.Mexanizm zvenolarini harakatlanishiga qarab, harakatni nisbiy yoki absolyut ekanligini ajrata oladi
- 5.Analitik kinematikani afzalligini biladi

Mexanizmlar kinematikasida, asosan, mexanizmlar holatlari tuziladi, mexanizm zvenolaridagi nuqtalarning traektoriyalari va shu zvenolardagi nuqtalarning chiziqli siljishi tezligi va tezlanishlari topiladi.



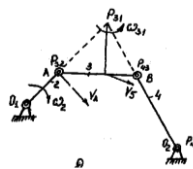
Harakat asosan uch xil bo'ladi.

- 1.O'q atrofida aylanma harakat (krivoship, koromislo, tishli va friksion g'ildiraklar).
- 2.Ilgarilanma-qaytarma harakat (polzun, kulisa va boshqalar).
- 3.Murakkab harakat (shatun, tosh va boshqalar).

Harakatni o'rganar ekanmiz, uning absolyut va nisbiy ekanligiga ehtibor berishimiz kerak.

Tabiatda absolyut harakat mavjud emas, lekin mexanizmlarning qo'zg'almas nuqtasiga nisbatan olingan harakatni absolyut, qo'zg'aluvchi zvenoga nisbatan olingan harakatni nisbiy deb qabul qilamiz. Masalan: 4 zvenoli sharnirli mexanizmdagi absolyut va nisbiy oniy markazlarini tekshirib chiqamiz.

Krivoshipning oniy aylanish markazi  $O_1$  nuqtada yotadi. Uni  $R_{21}$  bilan belgilab absolyut harakatdagi oniy markaz deb ataymiz.  $R_{41}$  ham absolyut harakatdagi oniy markaz deyiladi. Chunki (2) va (4) zvenolar qo'zg'almas nuqtaga nisbatan  $O_1$  va  $O_2$  nuqtalarda harakat qilayapti (3.1 rasm).



3.1-rasm.

SHatun (3) 2,4 zvenolarga nisbatan oniy aylanish A va V nuqtalarda bo'ladi. Bu markaz nisbiy harakatdagi oniy aylanish markazi deb ataladi. AV zvenolarning  $R_{31}$  oniy aylanish markazi qo'zg'almas zvenoga nisbatan oniy aylanish markazidir.

$$\omega_{31} = \frac{V_a}{AP_{31}} = \frac{V_b}{BP_{31}}; V_s = \omega_{31} \cdot P_{31} \cdot S;$$

Mexanizmlarning har-xil vaziyatlari uchun nisbiy oniy aylanish markazi har-xil nuqtada bo'ladi. Agar shu nuqtalarni tutashtirsak, oniy markaz traektoriyasi kelib chiqadi. Bu traektoriya tsentroida deb ataladi.

Mexanizmlarning kinematikasini o'rganishda, yetaklovchi zvenoning bir aylanish davri ichidagi zvenolar harakatini o'rganish kifoya, chunki navbatdagi aylanishlar birinchi aylanishga o'xshash bo'ladi.

### Mexanizmlarning turli vaziyatdagi rejalarini tuzish.

Ko'pincha, mexanizm sxemasini chizishda ma'lum masshtab qabul qilinadi. Mexanizmni metrda o'lchovi, chizmadagi millimetr o'lchoviga mos bo'lishi kerak. Masalan: Krivoship-shatunli mexanizm berilgan bo'lsin. Agarda AV ni shatunning xaqiqiy uzunligi bo'lsa, chizmada 68 mm olsak, unda masshtab quyidagicha bo'ladi:

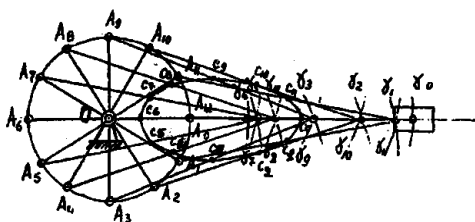
$$K_m = \frac{l_{ab}}{AB} = \frac{0,34}{68} = 0,005 \left[ \frac{M}{MM} \right];$$

Qolgan zvenolarning chizmadagi uzunligi quyidagicha topiladi:

$$AB = \frac{l_{ba}}{k_m} = \frac{0,095}{0,005} = 19 \text{ MM};$$

CHizmadagi hisobni mexanizmning nolg' ( $0, A_0, V_0$ ) vaziyatidan boshlaymiz.

$$L = OA + AB = 0,087 \text{ m} = 87 \text{ mm}$$



3.2-rasm.

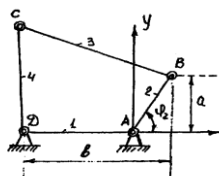
Krivoshipni aylanish markazi (0) dan o'ng tomonga  $L=87$  uzunlikdagi radius bilan  $\gamma_0 - \gamma_0$  yoyini chizamiz, bu yoyning polzuni yo'naltiruvchisi X-X bilan kesishuv nuqtasi  $V_0$  orqali belgilaymiz va  $OA_0, V_0$  aksial krivoship-shatunli mexanizmning boshlang'ich vaziyati topiladi. Biz mexanizmning yangi vaziyatlarni topishda uning zvenolardan hech qanday deformatsiya sodir bo'lmaydi deb faraz qilamiz  $OA$ -radius bilan aylana chizib, uni teng bo'laklarga bo'lamiz. Agar krivoship  $OA_2$  vaziyatga o'tsa, A nuqta  $A_2$  dan  $A_3$  ga o'tsa, polzun  $B_2$  dan  $B_3$  ga o'tadi va nihoyat,  $A_3$  nuqtaga  $A_4$  ga o'tsa polzun  $B_3$  dan  $B_4$  ga o'tadi (3.2-rasm).

### Mexanizmlar kinematikasini analitik usul bilan o'rganish

Bu usul bilan juda ham aniq hisoblash lozim bo'lgan mexanizmlar kinematikasini o'rganishda ishlatiladi. Bu usul ko'p zvenoli mexanizmlar uchun anchagina noqulay bo'ladi, ammo kam zvenoli mexanizmlar uchun juda yaxshi natijalar beradi.

Misol tariqasida sharnirli to'rt zvenoli mexanizmni ko'ramiz (3.3-rasm): Umumlashgan koordinata deb AV zveno bilan AX o'q orasidagi burchakni olamiz:

$$\overline{DA} + \overline{AB} + \overline{BC} = \overline{DC} \quad \text{yoki} \quad \overline{l_1} + \overline{l_2} + \overline{l_3} = \overline{l_4}$$



3.3-rasm.

Bu vektor tenglamani xAu koordinata sistemasining o'qlariga nisbatan proektsiyalarini olamiz.

$$\begin{aligned} l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3 &= l_4 \cos \varphi_4 \\ l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin \varphi_3 &= l_4 \sin \varphi_4 \end{aligned} \quad (1)$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  - mexanizm zvenolari AX o'qi bilan hosil qilgan burchaklaridir.

$\sin \varphi_1 = 0$

$\varphi_2 = 0$  bo'lganligi uchun  $\sin \varphi_1 = 0$  va  $\cos \varphi_1 = 1$  bo'ladi, tenglamani yuqoridagilarni hisobga olib quyidagicha yozish mumkin.

$$\begin{aligned} l_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3 &= l_4 \cos \varphi_4 \\ l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin \varphi_3 &= l_4 \sin \varphi_4 \end{aligned} \quad (2)$$

$\varphi_1$  krovoshipni aylanish burchagi aniq bo'lganligi uchun

$l_1 + l_2 \cos \varphi_2 = a$ ;  $b = l_2 \sin \varphi_2$  deb belgilasak, tenglamani quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\begin{aligned} a + l_3 \cos \varphi_3 &= l_4 \cos \varphi_4 \\ b + l_3 \sin \varphi_3 &= l_4 \sin \varphi_4 \end{aligned} \quad (3)$$

Bu tenglamani yechish uchun kvadratga ko'tarib tenglamalarni qo'shamiz.

$$a^2 + b^2 + 2al_3 \cos \varphi_3 + l_3^2 + 2bl_3 \sin \varphi_3 - l_4^2 = 0 \quad (4)$$

$$\text{yoki} \quad \frac{a^2 + b^2 + l_3^2 - l_4^2}{2al_3} + \cos \varphi_3 + \frac{b}{a} \sin \varphi_3 = 0$$

o'zgarmas sonlarni biron bir harf bilan belgilasak.

$$\frac{a^2 + b^2 + l_3^2 - l_4^2}{2al_3} = A \quad \text{va} \quad b/a = B$$

u holda tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$A + \cos \varphi_3 = -B \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_3} \quad (5)$$

kvadratga ko'tarsak,

$$\begin{aligned} A^2 + 2A \cos \varphi_3 + \cos^2 \varphi_3 &= B^2 (1 - \cos^2 \varphi_3) \\ A^2 + 2A \cos \varphi_3 + \cos^2 \varphi_3 - B^2 + B^2 \cos^2 \varphi_3 &= 0 \\ (1 + B^2) \cos^2 \varphi_3 + 2A \cos \varphi_3 + (A^2 - B^2) &= 0 \end{aligned}$$

$$\cos\varphi_3 = -\frac{1}{(1+B^2)} \left[ A \pm B\sqrt{1-(A^2-B^2)} \right] \quad (6)$$

$\varphi_4$  ni topish uchun (3) tenglamadan foydalanamiz.

$$\cos\varphi_4 = \frac{a+l_3\cos\varphi_3}{l_4};$$

burchak tezlik va tezlanishni topish uchun (2) tenglamadan umumlashgan koordinata bo'yicha hosila olamiz:

$$\begin{aligned} -l_2 \sin\varphi_2 - l_3 \sin\varphi_3 \frac{d\varphi_3}{d\varphi_2} &= -l_4 \sin\varphi_3 \frac{d\varphi_4}{d\varphi_2} \\ l_2 \cos\varphi_2 - l_3 \cos\varphi_3 \frac{d\varphi_3}{d\varphi_2} &= -l_4 \cos\varphi_3 \frac{d\varphi_4}{d\varphi_2} \end{aligned} \quad (7)$$

$\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2} = \omega_3 \varphi_2 = i_{32}$  -tezlikni analogi, haqiqiyisini quyidagicha topish mumkin:

$$\omega_3 = \omega_1 i_{32};$$

(7) tenglamani quyidagicha yozamiz.

$$\begin{aligned} l_2 \sin\varphi_2 + i_{32} l_3 \sin\varphi_3 &= i_{32} l_4 \sin\varphi_4 \\ l_2 \cos\varphi_2 + i_{32} l_3 \cos\varphi_3 &= i_{42} l_4 \cos\varphi_4 \end{aligned} \quad (8)$$

$xAy$ -koordinata o'qini  $\varphi_3$  burchakka buramiz, tenglama quyidagi holatni oladi.

$$l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3) - i_{42} l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3); \text{ bundan } i_{42} = \frac{l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)}{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}; \quad (9)$$

xuddi shu yo'l bilan  $i_{32}$  ni topish mumkin. Buning uchun  $xAu$  koordinata o'qlarini  $\varphi_4$  burchakka buramiz.

$$i_{42} = \frac{l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)}{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}; \quad (10)$$

burchak tezlanish  $\omega_3$  va  $\omega_4$  ni topish uchun (8) tenglamadan  $\varphi_2$  bo'yicha yana hosilasini topamiz:

$$\begin{aligned} l_2 \cos\varphi_2 + i_{32}^2 l_3 \cos\varphi_3 + i'_{32} l_3 \sin\varphi_3 &= i_{42}^2 l_4 \cos\varphi_4 + i'_{42} l_4 \cos\varphi_4 \\ -l_2 \sin\varphi_2 - i_{32}^2 l_3 \sin\varphi_3 + i'_{32} l_3 \cos\varphi_3 &= -i_{42}^2 l_4 \sin\varphi_4 + i'_{42} l_4 \cos\varphi_4 \end{aligned} \quad (11)$$

$i'_{42}$  va  $i'_{32}$  larni topish uchun  $xAy$  koordinata o'qlarini  $\varphi_3$  va  $\varphi_4$  burchakka burish orqali topiladi.

**4-MA'RUZA: MEXANIZMLARNING KINEMATIKASINI DIAGRAMMA YORDAMIDA VA GRAFOANALITIK USULDA O'RGANISH. MEXANIZMLARNI KINEMATIK TEKSHIRISHDA EHM NI QO'LLASH.**

**O'quv modul birliklari**

1. Kinematikani o'rganishning diagramma usuli haqida tushuncha
2. Mexanizmlar kinematikasini o'rganishning grafa analitik usuli haqida tushuncha

**Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

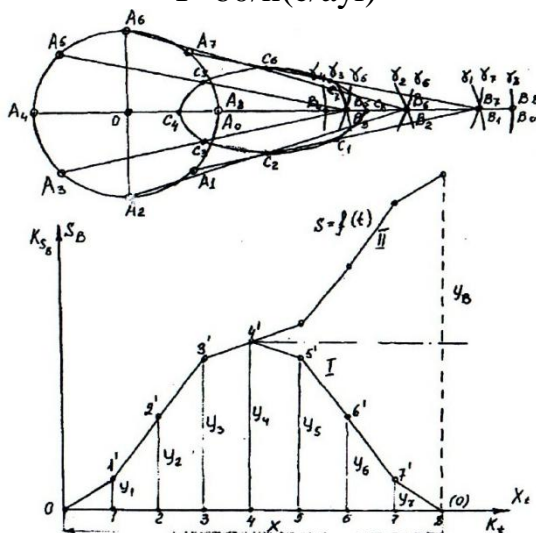
*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Grafikaning urinmalar metodini biladi
2. Grafikaning vatarlar metodini biladi
3. Grafikaning ordinatalar ortirish usulini biladi
4. Grafo analitik usulning afzalligini biladi
5. Mexanizm zveno nuqtalarining tezliklarini aniqlashda vektor tenglamalar tuza oladi
6. Mexanizm zveno nuqtalarining tezlanishlarini aniqlashda vektor tenglamalar tuza oladi
7. Qurilgan tezlik va tezlanish rejalariga asosan mexanizm zveno nuqtalarining haqiqiy tezlik va tezlanishlarini aniqlay oladi

Mexanizm kinematikasini tekshirishda asosiy shartlardan biri yetaklovchi zvenoning aylanish soni o'zgarmas kattalikdir, ya'ni;  $n = \text{const}$ ,  $\omega = \pi n / 30$ .

Masalan: mexanizmning yetaklovchi zvenosi har minutda  $n$  marta aylansa, uning bir aylanishi uchun ketgan  $T$  vaqt (mexanizm davri) quyidagicha bo'ladi.

$$T = 60 / n (\text{c/ayl})$$



4.1-rasm.

Krivoship-shatunli mexanizmning yo'l grafisini hosil qilish

Demak mexanizm tebranma harakat qilsa, uning ( $T$ ) tebranish davri topiladi. SHuning uchun ham bir marta to'la aylanishida ayrim zveno nuqtasining harakatlanish qonunlarini bilish kifoya, chunki  $T$  davrdan keyingi harakatlar huddi shu harakatlarning takrorlanishidan iborat bo'ladi.

Grafikaviy kinematikada ikkita grafik o'rganiladi. Bulardan biri yo'l va ikkinchisi oraliq grafikdir. Ko'rsatilgan aksial krivoship-shatunli mexanizm polzuni V sharnir markazining traektoriyasi to'g'ri chiziqdan, AV shatundagi biror S nuqtaning traektoriyasi esa  $S^0S_4S_8$  yopiq egri chiziqdan iboratdir. Bu ikkila traektoriya (OA) krivoshipning  $A_0$  vaziyatidan boshlab, bir marta to'la aylanganda hosil bo'lgan (4.1-rasm).

V va S nuqtalarning shu mexanizm davri ichidagi harakat qonunini bilish (yo'l yoki oraliq grafigini hosil qilish) uchun, yetaklochi zveno  $OA_0$  vaziyatda deb qabul qilamiz, (T) vaqt o'tgach yana o'z holatiga qaytib keladi.

Krivoship bir marta to'la aylanishida V nuqta  $S_{b1}, S_{b2}, \dots, S_{b7}$  oraliqlarini bosib o'tar ekan. Bu oraliqlarni katta yoki kichikligiga qarab  $K_{sb}$  masshtab qabul qilib olib, koordinata o'qlarini ordinatasiga  $S_b$  kattalikni, abtsissiya o'qiga esa  $K_t$  masshtabda davrni qo'ysak  $S_b$ -t grafigi hosil bo'ladi.

Masshtab:  $K_{sb} = K_m B_0 B_4 / y_{max}, [M/MM]$ ;  $K_t = T/x = 60/nx, [C/MM]$  bo'ladi.

X-kesma abtsissalar o'qiga qo'yilgan ixtiyoriy kesma bo'lib, mexanizm davrini ifodalaydi. Krivoshipning A nuqtasi traektoriyasi sakkizga bo'linganligi uchun X kesmani ham sakkizga bo'lamiz. SHaklda oraliq va yo'l grafik tasdiqlangan.

Yo'l grafigida esa O dan boshlanib doimo oshib boradi.

$S_t$ -t grafigini differentsiallasak tezlik va tezlanish grafiklari hosil bo'ladi. Buning uchun quyidagi uch uslubdan foydalanish mumkin:

1. Urinmalar metodi. 2. Vatarlar metodi. 3. Ordinatalar ortishi metodi.

Urinmalar metodi bilan  $S_b$ -t grafigini differentsiallash uchun (4.2-rasm), grafigidagi tegishli 11, 21, ..., 71 nuqtalarga urinmalar o'tkazamiz. Funktsiya hosilasining geometrik va fizik mahnosi bor. Funktsiya hosilasini geometrik mahnosi shu egri chiziq nuqtasiga o'tkazilgan urinmalarning abtsissalar o'qi bilan hosil qilgan burchagi tangensini ifoda qilsa, fizikaviy mahnosi tezlikdan iboratdir.

Yo'ldan vaqtga nisbatan olingan hosila tezlik bo'lganidan;

$V_{bi} = dS_{bi} / dt, S_{b1} = K_{sb} y_{si}; t = K_t X_i$  ekanligi e'tiborga olsak,

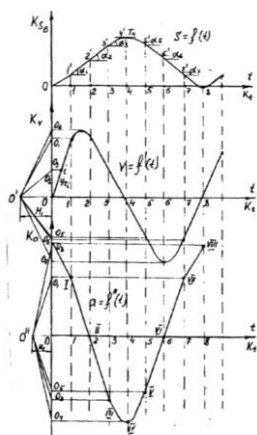
$V_{bi} = K_{sb} dy_{si} / K_t dx_i = K_{sb} tg\alpha / K_t$  kelib chiqadi.

Oraliq grafigi  $S_b$ -t dan tezlik grafigini hosil qilish uchun shu grafik ostida  $V_b$ -t koordinatalar sistemasini chizamiz. So'ngra O-t o'qining chap tomonidan ixtiyoriy  $H_1 = \overline{00}^1$  masofani olamiz.  $O^1$  nuqtadan  $S_b$ -t grafigidagi  $T_1, T_2^2, \dots$  urinmalarga parallel chiziqlar o'tkazib, ularning ordinalar o'qi bilan kesishgan nuqtalari  $O_1, O_2, \dots$  larni olamiz.

SHu ordinalarni  $N_1$  bilan uchrashirsak  $tg\alpha_1, tg\alpha_2, \dots$  lar kelib chiqishini ko'rish qiyin emas. SHunday qilib, ixtiyoriy  $i$  nuqta uchun  $tg\alpha_i = 00i/N_1$  bo'ladi.

Demak:  $V_{bi} = K_{sb} 00i / K_t. H_1 = K_v \cdot Y_{VI}; K_y = K_{sb} / K_t. [H \cdot C^{-1} / MM]$

Xuddi shu yo'l bilan  $V_b$ -t grafigidan tezlanishlar



4.2-rasm.

Urinma usulida differentsiallashtirish grafigini hosil qilamiz. Bu tezlanish tengensial tezlanish bo'ladi.

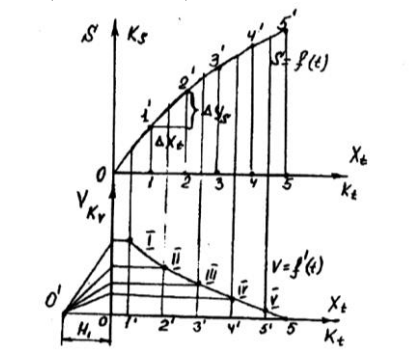
$$a_{bi}^t = dv_{bi} / dt = K_v \cdot OY_{vi} / K_t \cdot dX_t = K_v \cdot tg \alpha_i / K_t;$$

$$\alpha_i \cdot OO_i / OO = OO_i / H_i; a_{bi}^t = K_v / K_t \cdot OO / H_2 = K_a \cdot OO_i$$

$$K_a = K / K_1 H_2 = K_s / K^2 H_2 [m.c^{-2} / MM]$$

### Vatarlar yordami bilan differentsiallashtirish

Bu usulda grafikdagi kichik egri chiziqlar to'g'ri chiziq-vatar bilan almashtiriladi. O1"O2",.... egri chiziqlarni vatarlar bilan almashtiramiz. Abstsissadagi oraliqlar qancha ko'p bo'lsa aniqlik shunga oshadi, chunki oraliq kichraygan sari yoy vatarga yaqinlashib boradi. Vatarlar yordamida o'rtacha (4.3-rasm) tezlik kelib chiqadi.



4.3-rasm.

$$V_{yp} = \frac{\Delta S_i}{\Delta t} = \frac{K_s \Delta S_i}{K_t X_i} = \frac{K_s}{K_t} tg \alpha_i; \quad V_{yp} = \frac{K_s}{K_t} \cdot \frac{OO_i}{H_i} = K_v \cdot \frac{OO_i}{H_i}$$

CHizmada ko'rsatish uchun koordinatalar o'qining chap tomonidan M1 masofani ixtiyoriy tanlab olamiz va O1 nuqtadan 1<sup>1</sup>, 2<sup>1</sup>, 3<sup>1</sup>..... vatarlardan parallel nuqtalar o'tkazamiz.

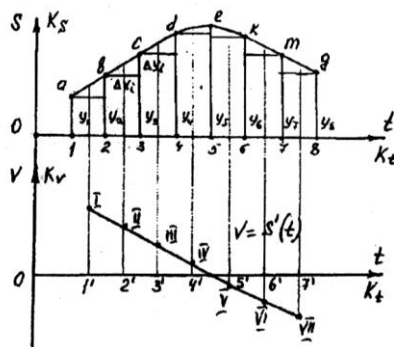
Bu nurlarni ordinatalar o'qi bilan kesishuv nuqtasidan gorizonttal chiziqlar o'tkazib, ularning tegishli oraliqlar o'rtasidan tushirilgan vertikkallar bilan kesishuv nuqtalarini I, II, III, bilan belgilaymiz.

### Ordinatalarni ortirish usuli bilan diffirentsiashtirish

Bu usul bilan ham o'rtacha tezlikni topish mumkin. Biror S-t grafigi  $K_s$  va  $K_t$  masshtablardan berilgan bo'lsin. Bu grafikni teng bo'laklarga bo'lib (1,2,3.....7) chiqamiz (2.8-rasm), o'rtacha tezlik:

$$V_{yp} = K_v \dots Y_t = \frac{\Delta S_i}{\Delta t} = \frac{K_s \cdot \Delta Y_i}{K_t \cdot \Delta X_t} = \frac{K_s}{K_t \Delta X_t} \cdot \Delta Y_i;$$

ekanligini ehtiborga olib:  $Y_{vi} = \frac{K_s}{K_t \cdot \Delta X_i \cdot K_v} \cdot \Delta Y_i$



4.4-rasm.

Tenglamadagi  $K_s$ ,  $K_t$ ,  $\Delta X_t$  va  $K_v$  o'zgarmas kattalik bo'lganligidan, ularni S bilan belgilaymiz, u holda  $Y_{vi} = C \Delta Y_i$  (4.4-rasm)

Demak, S-t grafigdagi ordinatalar orttirmasini biror o'zgarmas s kattalikga ko'paytirsak, o'rtacha tezlikning  $K_v$  masshtabdagi ordinatasi chiqar ekan.

Agar tezlik grafigidan differentsiallash yo'li bilan tezlanish grafigi olinmoqchi bo'lsa, u holda, yuqorida bayon etilgan uch usul ham analogiya bilan tadbiiq etiladi.

### Kinematik analizning plan usuli

Bu usul kinematik analizning grafo-analitik (reja) usulining zaminida tezlik va tezlanishlar rejasini tuzish va vektor tenglamalardan foydalanish masalasi yotadi.

Bunda tekislikda harakatlanuvchi Assur klassifikatsiyasidagi istalgan sinf mexanizmlar uchun tezlik va tezlanishlar rejalarini tuzish mumkinligi isbotlanadi.

Hozirgi zamon mashina va mexanizmlaridagi uch hil tekis harakatni uchratish mumkin, bular: qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat; to'g'ri chizikli ilgarilanmaytarilanma harakat; ikkila harakatni o'z ichiga oluvchi tekis murakkab harakat.

Aylanma harakatda bo'lgan zvenodagi istalgan nuqtaning chizikli tezligi aylanish o'qidagi shu nuqttagacha bo'lgan oraliqqa proporsionaldir. Burchak tezligi shu zvenoning istalgan nuqtasi uchun bir xildir. Bu tezlik qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi nuqta tezligi bo'lganligi uchun absolyut tezlik deyiladi (4.5-rasm, a).

Bunda A nuqta chizikli tezligining qiymati zvenoning burchak tezligi  $\omega$  bilan radius  $l_{O_1A}$  ko'paytmasiga teng:

$$v_A = \omega \cdot l_{O_1A} \quad (1)$$

Tezlikning vektori zvenoning burchak tezligi  $\omega$  bo'yicha radiusga tik yo'naladi. A nuqtaning normal tezlanishi quyidagicha aniqlanadi:

$$a_A^n = \frac{v_A^2}{l_{O_1A}} = \omega^2 \cdot l_{O_1A}, \quad (2)$$

uning vektori A nuqtadan  $O_1$  nuqtaga tomon radiusga parallel yo'naladi.



A nuqtaning urinma tezlanishi quyidagicha topiladi:

$$a_A^r = \varepsilon \cdot l_{O_1A} \quad (3)$$

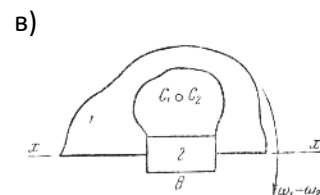
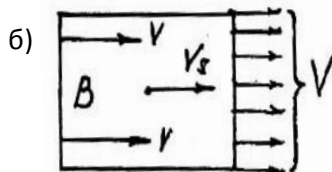
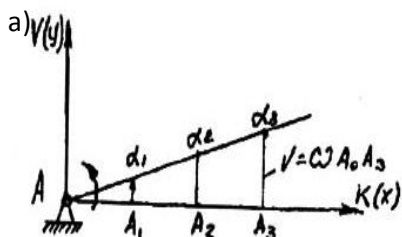
uning vektori burchagiy tezlanish bo'yicha radiusga tik yo'naladi.

A nuqtaniig to'la tezlanishi  $a_A$  normal va urinma tezlanishlarning yig'indisiga teng bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$a_A = l_{O_1A} \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \quad (4)$$

Bu tezlanish vektorining radius  $O_1A$  dan og'ish burchagi  $\alpha$  quyidagicha aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_A^r}{a_A^n} = \frac{\varepsilon}{\omega^2} \quad (5)$$



#### 4.5-rasm.

Agar  $V$  zveno qo'zg'almas biror tekislikka nisbatan ilgari lanma harakatda bo'lsa, u holda  $V$  zvenodagi istalgan nuqtaning tezligi shu tekislikka parallel va bir-biriga teng bo'ladi (4.5-rasm, v).

Bunda alohida zveno va ikki zvenoni bog'lovchi kinematikaviy juft ilgari lanma harakat qilishi mumkin.

a) zveno ilgari lanma harakatlanadi. Bu zvenoning barcha nuqtalari tezlik va tezlanishining qiymati hamda yo'nalishi bir xil bo'ladi (4.5-rasm, b)

$$\begin{aligned} \vec{v}_A &= \vec{v}_B = \vec{v}_C \dots, \\ \vec{a}_A &= \vec{a}_B = \vec{a}_C \dots \end{aligned}$$

b) ikki zvenoning ikki nuqtasi bo'lgan kinematikaviy juft ilgari lanma harakat qiladi 4.5-shakl, v da ilgari lanma harakatlanuvchi juft ko'rsatilgan.

Zveno 2 da ixtiyoriy  $S_2$  nuqta tanlab olinadi. Zveno 1 ga  $S_1$  tekislik birlashtiriladi. Bunda zveno 2 ning  $S_2$  nuqtasi bilan zvenoning  $S_1$  nuqtasi ustma-ust tushadi. U holda, bu nuqtalarning tezliklari o'zaro quyidagi tenglama bilan bog'lanadi:

$$\vec{v}_{C_2} = \vec{v}_{C_1} + \vec{v}_{C_2C_1}, \quad (6)$$

bu yerda  $\vec{v}_{C_2}$  -zveno 2  $S_2$  nuqtasining tezlik vektori;

$\vec{v}_{C_2C_1}$  -ilgari lanma harakatdagi zveno 2  $S_2$  nuqtasining zveno 1 ga nisbatan nisbiy tezlik vektori bo'lib, u  $x-x$  yo'naltiruvchiga parallel yo'naladi;

$\vec{v}_{C_1}$  -zveno 1  $S_1$  nuqtasining ko'chirma tezlik vektori.

Zveno 2 zveno 1 ga nisbagan siljiganda uning  $S_2$  nuqtasi  $x-x$  yo'naltiruvchiga parallel to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qiladi.

$S_2$  nuqtaning tezlanishi  $\vec{a}_{C_2}$ ,  $S_1$  nuqtaning ko'chirma tezlanishi  $\vec{a}_{C_1}$ , burilma (koriolis) tezlanish  $a_{C_2C_1}^k$  va nisbiy tezlanish  $a_{C_2C_1}^r$  yig'indisiga teng:

$$\vec{a}_{C_2} = \vec{a}_{C_1} + \vec{a}_{C_2C_1}^k + \vec{a}_{C_2C_1}^r \quad (7)$$

Bu tenglamadagi  $\vec{a}_{C_2C_1}^k$  tezlanishning qiymati quyidagicha topiladi:

$$a_{C_2C_1}^k = 2 \cdot \omega_1 \cdot v_{C_2C_1} \quad (8)$$

bu yerda  $\omega_1$ -zveno  $l$  ning burchak tezligi. Zvenolar  $1$  va  $2$  bitta ilgari lanma kinematikaviy juft hosil qilgani uchun  $\omega_1 = \omega_2$  bo'ladi. SHuning uchun ular birga aylanib, ularning burchagiy tezligi va tezlanishi bir xil bo'ladi.

Tezlanish vektori  $\vec{a}_{C_2C_1}^k$  ning yo'nalishi nisbiy tezlik vektori  $v_{C_2C_1}$  ni burchagiy tezligi  $\omega_1$  ning aylanish tomoniga  $90^\circ$  ga burish yo'li bilan aniqlanadi. Nisbiy tezlanish vektori  $\vec{a}_{C_2C_1}^r$  yo'naltiruvchiga parallel yo'naladi (4.5-shakl,  $v$ ).

Nazariy mexanikadan ma'lumki, zvenodagi biror nuqtaning (masalan,  $V$  nuqtaning) harakati ikki harakatdan: shu zvenodagi boshqa biror nuqtaning (masalan,  $A$  nuqtaning) ko'chirma harakatidan va  $V$  nuqtaning  $A$  nuqta atrofida aylanma nisbiy harakatidan iborat bo'ladi. SHunga ko'ra, ikki nuqtaning o'zaro bog'lanishi quyidagi vektoriy tenglama bilan ifodalanadi:

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{AB},$$

bu yerda  $\vec{v}_A$  -  $A$  nuqtaning tezlik vektori;

$\vec{v}_B$  -  $V$  nuqtaning tezlik vektori;

$\vec{v}_{BA}$  -  $V$  nuqtaning  $A$  nuqtaga nisbatan nisbiy tezlik vektori.

$V$  nuqta  $A$  nuqtaga nisbatan doimo  $\alpha\alpha$  yoy bo'yicha harakatlanadi. SHuning uchun  $v_{BA} \perp AB$  bo'ladi.  $AV$  zvenoning burchak tezligi quyidagi formula yordamida hisoblab topiladi:

$$\omega = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} \quad (9)$$

$V$  nuqtaning tezlanishi  $\vec{a}_B$  ikki tezlanishdan -  $A$  nuqtaning ko'chirma tezlanishi  $\vec{a}_A$  va  $V$  nuqtaning  $A$  nuqtaga nisbatan nisbiy tezlanishi  $\vec{a}_{BA}$  dan iborat bo'ladi:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}.$$

Nisbiy tezlanish  $\vec{a}_{BA}$  esa normal  $\vec{a}_{BA}^n$  va urinma  $\vec{a}_{BA}^\tau$  tezlanishlar yig'indisiga teng. U holda,  $V$  nuqtaning tezlanish vektori quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau \quad (10)$$

Tenglamadagi normal tezlanish  $\vec{a}_{BA}^n$  vektori  $V$  nuqtadan  $A$  nuqtaga, ya'ni nisbiy aylanish markazi tomoniga parallel yo'nalgan bo'lib, uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{l_{AB}} = \omega^2 \cdot l_{AB} \quad (11)$$

Urinma tezlanish vektori  $\vec{a}_{BA}^\tau$  kesma  $AV$  ga tik  $\alpha\alpha$  yoyga urinma bo'ylab, burchak tezlanishining aylanish tomoni bo'yicha yo'naladi. Uning qiymati:

$$a_{BA}^\tau = \frac{dv_{BA}}{dt} = \varepsilon \cdot l_{AB}. \quad (12)$$

Burchak tezlanish  $\varepsilon$  ning qiymati quyidagicha topiladi:  $\varepsilon = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{AB}}$ . (13)

Ikkinchi sinf, 2-tartibli Assur gruppalari har bir turining tezlik va tezlanish qutb planini tuzish usullarini ko'rib chiqamiz.

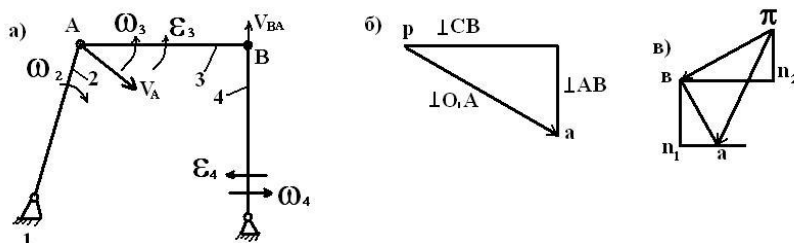
Har qanday tezlik vektor bo'lib, uning ma'lum masshtabda, ya'ni tekislikning haqiqiy kattaligi o'qidan bir necha marta kichik, katta yoki o'ziga teng vektor kesmalar bilan ifodalash mumkin.

$$K_v = \frac{V_A}{P_a}$$

Agar zveno to'g'ri chiziqli harakatda bo'lmasa, unda har ondagi shunday nuqta topiladiki, uning tezligi nol'ga teng bo'ladi. Tezligi nol' bo'lgan mana shunday nuqta oniy aylanish markazi yoki oniy markaz deb ataladi.

Absolyut va nisbiy tezliklar degan nomlar shartli bo'lib, zvenolarning qo'zg'almas zvenoga nisbatan tezligi shartli ravishda absolyut tezlik deb, qo'zg'aluvchan zvenolarga nisbatan tezliklari esa nisbiy tezliklar deyiladi.

Tezliklar, tezlanishlar rejasi yordami bilan tezlik va tezlanishlarni topish uchun bir necha masala yechamiz.



4.6-rasm.

1-masala. SHarnirli to'rt zvenoli mexanizm berilgan bo'lsin (4.6-rasm).

Uning zvenolari uzunliklari quyidagicha:  $L_A = 60\text{M}$ ;  $L_{AB} = 225$ ;  $L_{BC} = 677\text{MM}$ ; bosh

zvenoning bir minutda aylanishi  $n = 180\text{ayl} / \text{min}$ ; sxemani

$K_M = 0,001 [M / MM]$ ; masshtabda chizamiz.

Avval  $O_1A$  krivoshipning burchak tezligini topamiz:

$$\omega_2 = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 180}{30} = 6\pi \frac{pad}{c}$$

Krivoshipdagi  $A$  nuqtani tezligi:

$$V = \omega_2 L_{O_1A} = 6\pi \cdot 0,6\text{M} = 1,13 \text{ M/c}$$

Tezliklar masshtabi:

$$K_v = V_a / pa = 1,13 / 56,2 = 0,02 \text{ [M/c.MM]}$$

R qutbdan Pa=56,5 mm ni O<sub>1</sub>A ga tik qilib o'tkazamiz. Endi, V nuqtaning tezligini topamiz, buning uchun V nuqtaning tezligini A va S nuqталarga nisbatan quyidagi vektor tenglamalarini yozamiz:

$$\vec{V}_b = \vec{V}_a + \vec{V}_{ba}, \quad \vec{V}_b = \vec{V}_c + \vec{V}_{bc}$$

Bu yerda S nuqta qo'zg'almas bo'lganligi uchun V<sub>c</sub>=0 ga teng va S nuqta qutbda yotadi. Birinchi tenglamaga asosan V<sub>a</sub> tezlikni davomidan (Pa) V<sub>ba</sub> tezlikni VA shutunga nisbatan tik chiziq o'tkazamiz. Ikkinchi tenglamadan S nuqtadan, ya'ni qutbdan V<sub>bs</sub> tezlik vektorini VS koromisloga nisbatan tik o'tkazamiz. Ikkala tik chiziq kesishgan nuqta izlanayotgan tezlikni hosil qiladi (4.6.b-rasm).

$$V_B = K_v \cdot pb = 0,002 \cdot 51 = 1,02 \text{ M/c - V nuqtaning absolyut tezligi;}$$

$$V_{ba} = K_v \cdot ab = 0,02 \cdot 34 = 0,68 \text{ M/c - V nuqtaning A ga nisbatan nisbiy tezligi.}$$

Burchak tezliklarni topish uchun:

$$\omega_{bc} = \omega_1 = \frac{V_{bc}}{L_{bc}} = 1,49 \frac{pa\omega}{c} \quad \omega_{ba} = \omega_3 = \frac{V_{ba}}{L_{ba}} = 3,02 \frac{pa\omega}{c} .$$

SHarnirning (V nuqtaning) tezlanishini topish uchun A ni ma'lum a<sub>A</sub> va a<sub>S</sub> tezlanishlar bilan vektor tenglamalar orqali quyidagicha ifodalaymiz

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t,$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC} = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^t.$$

a<sub>c</sub> = 0 chunki S nuqta qo'zg'almas:

$$a_{ba}^n = \frac{V_{ba}^2}{l_{ba}} = \frac{(k_v \cdot ba)^2}{l_{ba}}; \quad a_{bc}^n = \frac{(k_v \cdot \pi c)^2}{l_{bc}}$$

a<sub>BA</sub><sup>n</sup> -normal tezlanish V dan A tomonga, a<sub>BC</sub><sup>n</sup> -esa V dan S ga tomon yo'nalgan bo'ladi. Bu vektorlarni kesmalar bilan ifodalash uchun:

$$an_1 = \frac{a_{ba}^n}{k_a}, [MM]; \quad \pi n_2 = \frac{a_{bc}^n}{k_a}, [MM]$$

Yuqoridagi tenglamaga binoan an ni πa vektor kesma uchidan VA ga parallel qilib, V dan A ga tomon πn<sub>2</sub> ni esa qutbdan VS ga parallel qilib, V dan S tomon yo'naltiramiz, b ni topish uchun an<sub>1</sub> va πn<sub>2</sub> normal kesmaning ustidan (4.6 v-rasm) shu kesmalarga tik chiziqlar o'tkazamiz.

Bu ikki tik chiziq V nuqtadan kesishadi. πb kesma K<sub>a</sub> masshtabda V nuqtaning absolyut tezlanishini beradi. n<sub>1</sub>ε va n<sub>2</sub>ε kesmalar K<sub>a</sub> masshtabda V nuqtaning A va S atrofida aylanishida hosil bo'lgan tangentsial tezlanishlarning haqiqiy kattaliklaridir.

Burchak tezlanishlarini quyidagicha topiladi:

$$\varepsilon_{ba} = \frac{a_{ba}^t}{l_{ba}} = \frac{k_a \cdot ba}{l_{ba}}; \quad \varepsilon_{bc} = \frac{a_{bc}^t}{l_{bc}} = \frac{k_a \cdot \pi c}{l_{bc}}$$

$$a_{ba} = l_{ba} \cdot \sqrt{\omega_{ba}^4 + \omega_{ba}^2}; \quad a_b = l_{bc} \cdot \sqrt{\omega_{bc}^4 + \omega_{bc}^2}.$$

**5-MA'RUZA: MEXANIZMLARNI DINAMIK TEKSHIRISH, ZVENOLARGA  
TA'SIR ETUVCHI KUHLAR. KELTIRILGAN KUHL VA MASSALAR.**

**O'quv modul birliklari**

1. Kuch haqida tushuncha
2. Mexanizmlarga ta'sir etayotgan kuchlarni guruhlanish
3. Kinematik zanjirning statik aniqlik sharti

## **Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

### ***Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:***

1. Harakatdagi tashqi kuchlarni va momentlarni biladi
2. Mexanizmga ta'sir etayotgan kuchlarni ta'sirini tushunadi
3. Kuchlarni mexanizmni ishlash jarayoniga qanday salbiy ta'sir ko'rsatilishini biladi
4. Mexanizmga ta'sir etayotgan kuchlarni farqlay oladi
5. Mexanizmga ta'sir etayotgan kuchlarni umumlashtira oladi

Harakatdagi har qanday zvenoda quyidagi tashqi kuchlar va momentlar bo'lishi mumkin.

1. Zvenolarning og'irlik kuchi bu kuch vektori hamma vaqt yer markazi tomon yo'nalgan.

2. Zveno o'zgaruvchi tezlik bilan harakat qilsa inertsiya kuchi hosil bo'ladi.

3. Zveno o'zgaruvchan tezlik bilan murakkab harakat qilsa inertsiya kuchidan tashqari inertsiya momenti ham hosil bo'ladi.

4. Mexanizm zvenolari bir-biri bilan kinematik juftlar orqali bog'lanadi. SHuning uchun mexanizmning harakat vaqtida shu kinematik juftlarda reaksiya kuchlari hosil bo'ladi.

5. Kinematik juftlarda hosil bo'ladigan ishqalanish kuchlari.

6. Tashqi muhitni qarshilik kuchi.

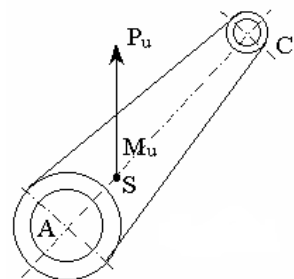
Mexanizmlarga ta'sir etayotgan barcha kuchlarni quyidagi beshta guruhlariga bo'lib o'rganish maqsadga muvofiqdir:



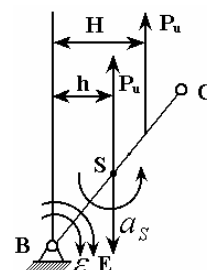
Agar murakkab o'zgaruvchan harakat bo'lsa inertsiya momenti ham hosil bo'ladi:  $M_n = -J_S \cdot [n \cdot m]$ ,  $R_u$  -inertsiya kuchi;  $m$ -zveno massasi,  $a_s$ -og'irlik markazi tezlanishi;  $J_S$ -moment inertsiyasi;  $\varepsilon$ -burchak tezlanishi.

Aylanish markazi og'irlik markazi bilan mos tushsa, bu holda  $a_s=0$  teng va  $P_u=0$ , lekin  $\varepsilon \neq 0$  teng emas, u holda  $M_i = -J_s \cdot \varepsilon$  bo'ladi.

Bazi bir hollarda inertsiya kuchi  $R_i$  va inertsiya momenti  $M_i$  bir kuch bilan ifodalashga to'g'ri keladi. Buning uchun  $R_i$  ni tebranish markaziga ko'chirish kifoya (5.2-rasm).



5.1-rasm



5.2-rasm

$$M_B(P_H) = P_H h + J_S \varepsilon$$

Bu yerda  $J_S = m\rho^2$ ;  $h = L_{bs} \cdot \sin \mu$   $\varepsilon = a_{sb}^t / L_{bs} = a_s \cdot \sin \mu / L_{bs}$

Bularni yuqoridagi tenglamaga qo'ysak;

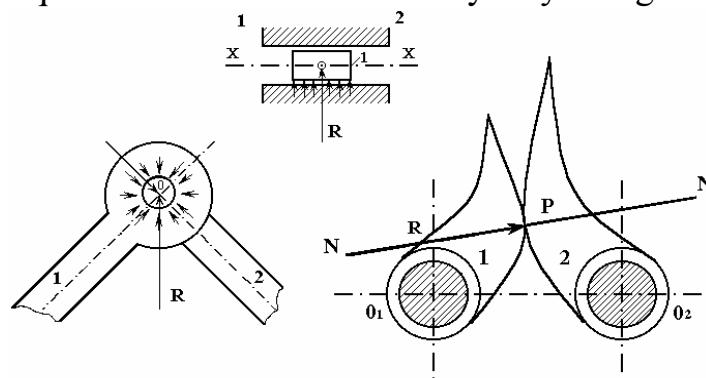
$$M_B(P_H) = m a_s \cdot L_{bs} \sin \mu + m\rho^2 \cdot a_s \sin \mu / L_{bs} = P_H L_{bk} \sin \mu$$

$$\text{ëku } M_B(P_H) = P_H H$$

Agar zveno murakkab harakat qilsa, unga shunday bir T nuqtani topish kerakki, qaysiki shu nuqtadan  $R_i$  kuchning bosh vektori o'tsin.

Buning uchun chizmadagi og'irlik markazi S dan tezlanishlar rejasidagi ( $\pi b$ ) vektorga parallel kesma o'tkazamiz va chizmadagi tebranish markazi "K" nuqtada rejadagi (bs) tezlanish vektoriga parallel kesma o'tkazib oldingi kesma bilan uchrashtiramiz. Hosil bo'lgan kesmalar  $R_i^1, R_i^2$  larni ifodalaydi  $R_i = R_i^1 + R_i^2$ .

Kinematik juftlarda hosil bo'ladigan reaksiya kuchlarini yo'nalishlari quyidagicha bo'ladi: 5 klass aylanma kinematik juftda umumlashtirilgan reaksiya kuchi, sharnir markazidan o'tadi. Lekin kattaligi va yo'nalishi aniq emas. Ular berilgan kuchning yo'nalishi va kattaligiga bog'liqdir. 5 klass ilgarilanma-qaytarilanma kinematik juftda R reaksiya kuchi yo'nalishi o'qi X-X ga perpendikulyar yo'nalgan. Oliy kinematik juftlarda uchrashish (5.3-rasm) nuqtasidan o'tib normal n-n bo'ylab yo'nalgan.



5.3-rasm

### Kinematik zanjirning statik aniqlik shartlari

Agar mexanizm tarkibidagi zvenolar soni n ta bo'lsa, shu n ta zveno uchun  $3n$  ga muvozanat tenglamasi tuzish mumkin. Mexanizm tarkibida faqat quyi juftlar bo'lsa, har qaysi quyi juftlarda ikkita nohmalum bo'ladi, bulardan biri quyi kinematik juftdagi reaksiyani qiymati bo'lsa, ikkinchisi shu reaksiya kuchining yo'nalishidir.

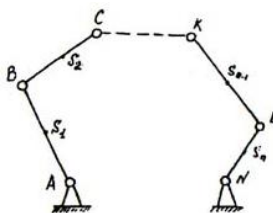
Muvozanat shartiga asosan:  $W = 3n - 2P_5 = 0$   
 $P_5 = 3/2n$

SHunday qilib yuqorida keltirilgan tenglamaga asosan zvenolarni soni kinematik juftlar bilan quyidagi bog'linishda bo'lishi kerak;  $n=2, 4, 8, \dots$ ;  $R_5=3, 6, 9, \dots$

Bundan ko'rinib turibdiki, barcha Assur guruhlari statik aniq zanjirlar ekan.

**Keltirilgan massa va inertsiya momenti. Dinamik model**

Mexanizmning erkinlik darajasi birga teng bo'lgan taqdirda, mexanizm bitta bosh zveno bo'ladi. Masalan mexanizm  $n$  ta zveno bo'lsin va erkinlik darajasi birga teng deb faraz qilaylik. Keltirish zvenosi qilib AV zvenoni tanlaylik, keltirish nuqtasi qilib V nuqtani olaylik.



5.4-rasm.

Mexanizm uchun kinetik energiya topish formulasini surat va maxrajini  $V_B^2$  ga ko'paytirsak tenglik buzilmaydi.

$$T = \frac{V_B^2}{2} \left[ m_1 \left( \frac{V_1}{V_B} \right)^2 + J_1 \left( \frac{\omega_1}{V_B} \right)^2 + m_2 \left( \frac{V_2}{V_B} \right)^2 + J_2 \left( \frac{\omega_2}{V_B} \right)^2 + \dots + m_{n-1} \left( \frac{V_{n-1}}{V_B} \right)^2 + J_{n-1} \left( \frac{\omega_{n-1}}{V_B} \right)^2 + m_n \left( \frac{V_n}{V_B} \right)^2 + J_n \left( \frac{\omega_n}{V_B} \right)^2 \right]$$

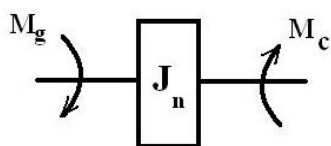
Kinetik energiya burchak tezlik orqali ifodalansa,

$$T = \frac{\omega_1^2}{2} \left[ m_1 \left( \frac{V_1}{\omega_1} \right)^2 + J_1 \left( \frac{\omega_1}{\omega_1} \right)^2 + m_2 \left( \frac{V_2}{\omega_1} \right)^2 + J_2 \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + \dots + m_{n-1} \left( \frac{V_{n-1}}{\omega_1} \right)^2 + J_{n-1} \left( \frac{\omega_{n-1}}{\omega_1} \right)^2 + m_n \left( \frac{V_n}{\omega_1} \right)^2 + J_n \left( \frac{\omega_n}{\omega_1} \right)^2 \right]$$

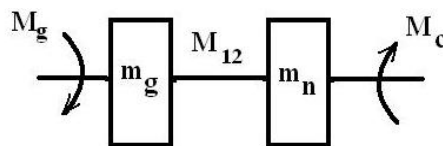
katta qavsni ichidagi  $m_n$  va  $J_n$  bilan belgilasak, quyidagi keltirilgan  $m_n$  massa va  $J_n$  keltirilgan moment inertsiya kelib chiqadi.

$$m_n = m_1 \left( \frac{V_1}{V_B} \right)^2 + J_1 \left( \frac{\omega_1}{V_B} \right)^2 + \dots + m_n \left( \frac{V_n}{V_B} \right)^2 + J_n \left( \frac{\omega_n}{V_B} \right)^2; \quad J_n = m_1 \left( \frac{V_1}{\omega_1} \right)^2 + J_1 \left( \frac{\omega_1}{\omega_1} \right)^2 + \dots + m_n \left( \frac{V_n}{\omega_1} \right)^2 + J_n \left( \frac{\omega_n}{\omega_1} \right)^2$$

Dinamik modelg'



5.5-rasm. Bir massali sistema



5.6-rasm. Ikki massali sistema

Yuqoridagi tenglamalardan ma'lum bo'lishicha, tegishli tezliklar davriy o'zgaruvchan bo'lganliklaridan, keltirilgan massa ( $m_n$ ) bilan keltirilgan inertsiya momenti ( $J_n$ ) ham davriy o'zgaruvchan kattaliklardir. Ularning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi.  $m_n = m_n(\varphi + 2\pi)$ ,  $J_n = J_n(\varphi + 2\pi)$ .

Berilgan kuch momenti ta'sirida keltirilgan inertsiya momenti zvenoning harakatini o'rganish uchun unga, Dalamber printsipiga asosan, inertsiya kuchining momentini qo'yish lozim bo'ladi.  $M_u = -M$

SHunday qilib, mexanizmning keltirgan inertsiya kuchining momenti quyidagicha yoziladi:



$$M_u = - \left( J_n \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2 dJ_n}{2d\varphi} \right)$$

Tenglamaning chap tarafidagi birinchi qismi mexanizmning o'zgarmas burchak tezligi bilan aylanishdagi hosil bo'lgan inertsia momenti bo'lib, mexanizmning permanent harakati deb ataladi.

Ikkinchisi esa keltirish zvenosi burchak tezligining o'zgarishiga hosil bo'lgan inertsia momenti bo'lib, mexanizmning boshlang'ich harakati deb ataladi.

## **6- MA'RUZA: RICHAGLI MEXANIZMLAR KINETOSTATIKASI. JUKOVSKIY TEOREMASINI QO'LLAB MUVOZANATLOVCHI KUCHNI TOPISH.**

### **O'quv modul birliklari**

1. Kinetostatika haqida tushuncha
2. Assur guruhlarining kinetostatikasi
3. Bosh zveno kinetostatikasi

### **Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Kinetostatika nimaligini biladi

2. Kinetostatikani mexanizmlarini dinamik tekshirishda qanday ahamiyatga ega ekanligini tushunadi

3. Kinetostatikani mexanizmlarga ta'sir etayotgan kuchlarni aniqlashda qo'llaydi
4. Kinetostatika bilan statikani taqqoslaydi
5. Muvozanatlovchi kuchni aniqlashda kuchlarni umumlashtira oladi
6. Muvozanatlovchi kuchning bosh zvenoga ta'sir ko'rsatilishini biladi

Mexanizm kinematik juftlaridagi reaksiya kuchlarini topish uchun avval mexanizmni Assur guruhlariga bo'lamiz. Mexanizmlarni kinetostatikasini o'rganish eng oxirgi Assur guruhlaridan boshlanib, eng oxirida yetaklovchi zvenoning kinetostatikasi o'rganiladi.

Har qanday mexanizmni ikki yo'l bilan statik va kinetostatik yo'llar bilan hisoblash mumkin.

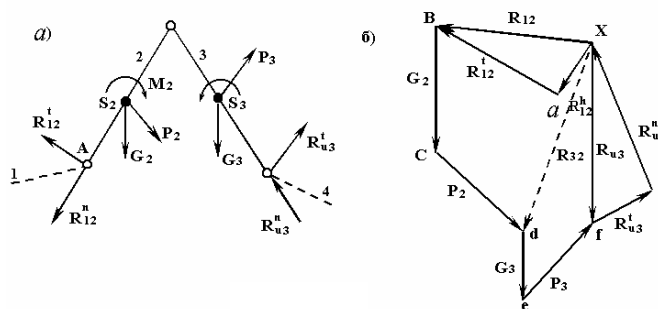
Statik yo'l bilan hisoblash faqat sekin aylanuvchi mexanizmlar uchun tadbiq qilinsa, kinetostatik yo'l bilan tez harakatlanuvchi mexanizmlar xisoblanadi. Kinetostatik yo'l bilan hisoblashda, asosan D'alamber printsiptidan foydalaniladi. Bu printsipt quyidagicha tahriflanadi: zvenoga ta'sir qiluvchi barcha kuchlarga inertsia kuchini qo'shib, sistemani shu onda muvozanatda deb qarash mumkin, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^k p_i + p_u = 0$$

### Assur guruhining kinetostatikasi

#### Assur guruhining II-sinf I-ko'rinishi kinetostatikasi.

II sinf Assur guruhining I-ko'rinishidagi sxemasi (6.1 a-rasm)  $k_m$  masshtabda chizilgan. Uning 2 va 3 zvenolariga  $G_2, P_2, M_2$ , va  $G_3, P_3, M_3$  kuchlar bilan momentlar ta'sir etadi. SHu kuch va momentlar ta'sirida A, V va S juftlaridagi reaksiya kuchlarini topamiz (6.1.b-rasm).



6.1-pacm

1-zvenodan 2-zvenoga ta'sir kuchini  $R_{12}$  orqali 2-zvenoning 3-zvenoga ta'sirini  $R_{23}$  deb, belgilar olamiz.

Kinematik juftlar ta'sir kuchi aks ta'sir kuchiga tengligidan foydalansak;

$$P_{12} = -P_{21}; P_{23} = -P_{32}; P_{43} = -P_{34}$$

Reaksiya kuchlarini normal va tangentsial kuchlarga ajratsak;

$$P_{12} = P_{12}^n + P_{12}^t; P_{43} = P_{43}^n + P_{43}^t$$

Guruhdagi 2 va 3 zvenolarni o'zlariga ta'sir etayotgan kuchlar va momentlar ta'sirida, hozirgi onda, muvozanatda deb qarajak, guruh tarkibiga kirgan har bir zveno ham muvozanatda bo'ladi:

$$\sum M_B(P_{12}) = 0; P_{12}^t \cdot l_{ab} - M_b(G_2) - M_b(P_2) + M_2;$$

$$P_{12}^t = \frac{M_b(G_2) + M_b(P_2) - M_2}{l_{ab}}, H$$

huddi shunday qilib,  $P_{43}^t$  ni topamiz.

$$P_{43}^t = \frac{M_b(P_2) + M_3 - M_{13}(G_3)}{l_{bc}}, H$$

Kuchlarning muvozanat paytdagi shartiga binoan 2 va 3 -zvenolardan tashkil topgan guruhi uchun quyidagi vektor tenglamasini yozish mumkin.

$$\sum_{i=1}^n P = 0; \vec{P}_{12}^t + \vec{P}_{12}^n + \vec{G}_2 + \vec{P}_2 + \vec{G}_3 + \vec{P}_3 + \vec{P}_{43}^t + \vec{P}_{43}^n = 0$$

$R_{12}^n$  va  $R_{43}^n$  larning ta'sir chiziqlari ma'lum.

Kuch ko'pburchagidan foydalanib (6.1,b-rasm)  $R_{12}^n$  va  $R_{43}^n$  kuchlarni skalyar miqdorini topamiz:

$$P_{12}^n = K_p(\bar{x}a); P_{43}^n = K_p(\bar{x}k);$$

$$P_{12} = K_p(\bar{x}b); P_{43} = P_{43}(\bar{x}f);$$

$$P_{43} + G_3 + P_3 + P_{23} = 0$$

Бу тенгламадан

$$P_{23} = K_p(\bar{x}d)$$

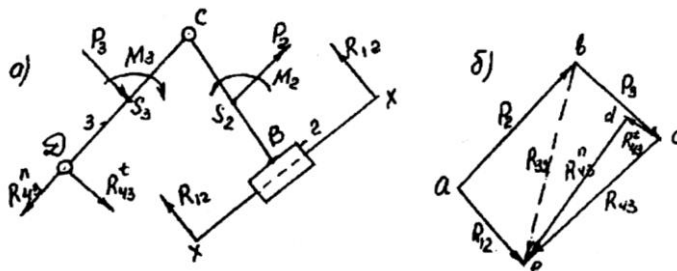
$R_{23} = -R_{32}$  ligi kuchlarning rejasidan ravshandir.

### Assur guruhining II-sinf 2-ko'rinishi kinetostatikasi

II-sinf ikkinchi ko'rinishidagi Assur guruhining zvenolariga  $R_2$ ,  $R_3$  kuchlar bilan  $M_2$  va  $M_3$  momentlar ta'sir qilayotgan bo'lsin. Bu Assur guruhni  $K_m$  masshtabda chizamiz (6.2-rasm). Reja usuli bilan kinematik juftlardagi reaksiya kuchlarini topamiz. Hamma kuchlarni muvozanatlik shartiga asosan:

$$\overline{R_{12}} + \overline{P_2} + \overline{P_3} + \overline{R_{13}} = 0$$

$R_{12}$ -reaksiya kuchining yo'nalishi aniq. Uning yo'nalishi X-X yo'naltiruvchiga perpendikulyardir.



6.2-rasm.

$R_{43}$  kuchning kattaligi va yo'nalishi noaniq. SHuning uchun  $R_{43}^n$  normal  $R_{43}^t$  tangensial kuchlarga ajratamiz.  $R_{43}^n$  DS zveno bo'ylab yo'naltiramiz.  $R_{43}^t$  esa

perpendikulyar yo'nalgan.  $R_{43}^t$  ni topish uchun S nuqtaga 3 zvenoga ta'sir qilayotgan hamma kuchlardan moment olamiz:

$$M_c(P_3) + M_c(R_{43}^t) + M_3 = 0$$

$$R_{43}^t = \frac{M_c(P_3)}{l_{dc}} + \frac{M_3}{l_{dc}}$$

Muvozanat tenglamasini yuqoridagini xisobga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$\overline{R_{12}} + \overline{P_2} + \overline{P_3} + \overline{R_{43}^n} + \overline{R_{43}^t} = 0$$

Noma'lum  $R_{12}$  va  $R_{43}^n$  kuchlarni kuch rejasi orqali tuzib topamiz. Buning uchun ixtiyoriy a nuqtadan  $\mu_p$  masshtabda  $R_2$  kuchni qo'yamiz (6.2,b-rasm), davomidan qolgan ma'lum kuchlarni yo'nalishi qo'yib chiqamiz. Oxirida noma'lum kuchlarni yo'nalishi bo'yicha e va d nuqtalarni birlashtirib, kuch ko'pburchagini yopamiz. Vektor tenglama yechilgan bo'ladi va noma'lum kuchlarni topgan bo'lamiz.

### Bosh zveno knetostatikasi

Krivoshipga  $R_{21}$  reaksiya kuchidan tashqari  $R_1$  kuch va  $M_1$  moment ta'sir qilsin. SHu kuchlar ta'siri ostida va  $R_{01}$ -reaksiya kuchi bilan krivoship muvozanat holatida bo'lmaydi. Muvozanat bo'lishi uchun  $R_m$  yoki  $M_m$  momentini qo'yishimiz kerak (6.3-rasm). Muvozanatlovchi kuchning qo'yilish nuqtasi va qaysi tomonga yo'nalishi mashinani uzatish mexanizmini konstruksiyasiga bog'liq.

$$M_a(P_M) + M_a(P_1) + M_a(R_{21}) + M_1 = 0;$$

$$M_a(P_M) - [M_a(P_1) + M_a(R_{21}) + M_1];$$

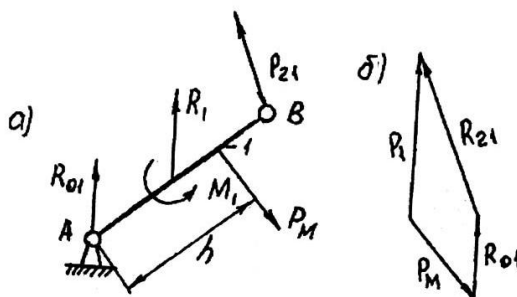
$$P_y h = M_a(P_y);$$

$$P_M = \frac{[M_a(P_1) + M_a(R_{21}) + M_1]}{h}.$$

Nohmalum reaksiya kuchi  $R_{01}$  ni topish uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz:

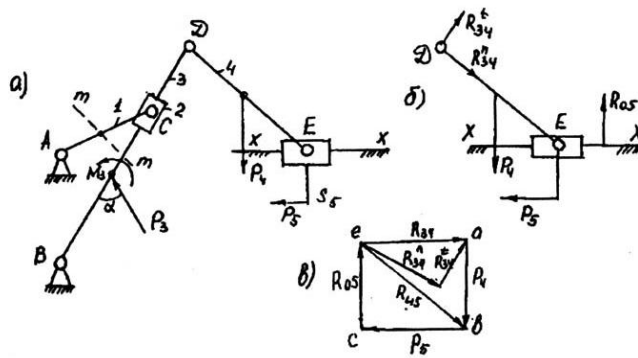
$$\vec{P}_y + \vec{R}_{01} + \vec{P}_1 + \vec{R}_{21} = 0$$

Ma'lum masshtabda kuch ko'p burchagi orqali noma'lum  $R_{01}$  reaksiya kuchini topamiz (6.3,b-rasm):



6.3-rasm

Misol: Kulisali mexanizm berilgan bo'lsin. Unga ta'sir etayotgan kuchlar sxemada ko'rsatilgan. Kulisali mexanizm 2 ta II sinf 2 va 3 ko'rinishdagi Assur guruhlaridan iborat. Kinematik juftlardagi reaksiya kuchlarini topish uchun oxirgi Assur guruhidan boshlaymiz. Buning uchun Ye nuqtaga (6.4-rasm) nisbatan hamma kuchlardan moment olib, muvozanatlik shartiga binoan nol'ga tenglashtiramiz:



6.4-rasm

$$M_B(R_{34}^t) + M_B(R_4) = 0 \quad R_{34}^t = -\frac{P_4 h_4}{l_{DE}}$$

4-5- Assur guruhini muvozanatda deb, muvozanatlik shartiga asosan

$$\vec{R}_{34}^n + \vec{R}_{34}^t + \vec{P}_4 + \vec{P}_5 + \vec{R}_{05} = 0$$

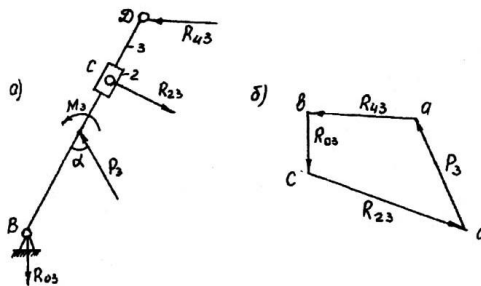
$R_4, R_5, R_{34}^t$  lar bizga ma'lum.  $R_{34}^n$  va  $R_{05}$  kuchlarni yo'nalishi aniq xolos. Buni kuch ko'pburchagi orqali topish mumkin.

Buning uchun  $\mu_p$  masshtab qabul qilib, shu masshtabda hamma kuchlarni yo'nalishi bo'yicha qo'yib chizamiz.  $R_{05}$  kuchini ta'sir nuqtasini topish uchun (6.4,a-rasm).

$$M_b(R_5) + M(R_{05}) = 0;$$

$$h_{05} = -M_b(R_5) / R_{05}.$$

Endi 2 va 3 zvenolardan tashkil topgan II klass 3 ko'rinishidagi Assur guruhiga o'tamiz (6.5-rasm).



6.5-rasm

Bu guruhga  $R_{34}$  tashqi kuch D nuqtaga ta'sir qilmoqda. Bundan tashqari  $S_3$  nuqtaga  $R_3$  kuch va  $M_3$  moment ta'sir qilyapti. V nuqtaga hamma kuchlardan moment olib  $R_{23}$  kuchni topamiz:

$$M_v(R_{43}) + M_v(R_{23}) + M_{13}(R_3) + M_3 = 0;$$

$$R_{23} = -\left[ \frac{P_{43} h_{43}}{l_{bc}} + \frac{P_3 h_3}{l_{bc}} + \frac{M_3}{l_{bc}} \right];$$

Muvozanatlik shartiga asosan,

$$\vec{R}_{12} + \vec{P}_3 + \vec{R}_{43} + \vec{R}_{02} = 0$$

Bu tenglamani grafik usul bilan yechish, ya'ni  $\mu_p$  masshtabda kuchlarni vektorini qo'yib chiqsak, oxirgi hosil bo'lgan kuch ko'pburchagini  $d_a$  vektori bilan ulab,  $R_{03}$  no'malum kuchni topamiz (6.5,b-rasm).

Yetakchi zveno krivoshipga  $R_{12}$  reaksiya kuchi ta'sir etadi. Bu kuch qiymati jihatidan  $R_{32}$  kuchiga teng bo'lib, qarama-qarshi tomonga yo'nalgan.  $O_1$  nuqtada stoyka

krivoshipga  $R_{01}$  reaksiya kuchi orqali ta'sir etadi. Uning qiymati ham, yo'nalishi ham noma'lum.

$$\overline{R_{12}} + R_{32} = 0; \quad R_{12} = -R_{32}$$

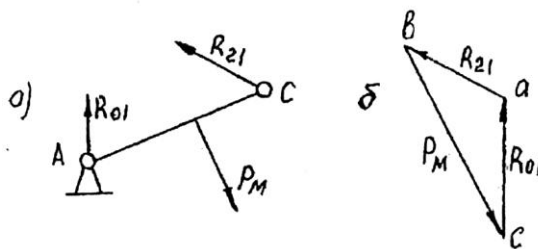
Zvenoning muvozanat shartining o'rganib chiqsak, unga  $R_{21}$  kuchi va m-m berilgan chiziq bo'ylab yo'nalgan  $R_m$  muvozanatlovchi kuch ta'sir etadi (6.6,a-rasm).

$$M_c(P_M) + M_c(R_{21}) = 0 \quad \text{bu yerda } P_M = -\frac{P_{21}h_{21}}{h_M}.$$

$R_{01}$ -reaksiya kuchini topish uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\overline{R_{12}} + P_y + \overline{R_{01}} = 0$$

SHu tenglamani grafik yo'l bilan yechib (6.6,b-rasm)  $R_{01}$  ni topamiz.



6.6-rasm.

### Prof. N. Ye. Jukovskiy teoremasi orqali muvozanatlovchi kuchlarni topish

Agarda mexanizmga ta'sir etayotgan kuchlar ostida mexanizm muvozanatda bo'lsa, shu mexanizm uchun tuzilgan tezliklar rejasi  $90^0$  ga burib, hamma kuchlarni qo'yib chiqsak, bu ham muvozanatda bo'ladi. (6.7-rasm).

$$\sum_i^n P_i \cdot \delta s_i \cdot \cos(p_i \cdot \delta s_i) = 0,$$

$$\sum_i^n P_i \cdot v_i \cdot \cos(p_i \cdot v_i) = \sum_i^n N_i = 0,$$

$$N_i = P_i \cdot v_i \cos \alpha = P_i \eta_i h_i$$

$h_i$ -qutbdan kuchlarga o'tkazilgan perpendikulyarlar

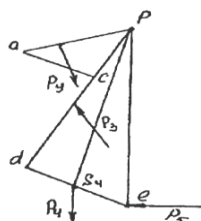
$$\sum_i^n P_i \cdot h_i = 0;$$

$$P_M \cdot h_M + P_4 \cdot h_4 - P_3 \cdot h_3 - P_5 \cdot h_5 = 0$$

$$P_M = \frac{P_4 \cdot h_4 - P_3 \cdot h_3 - P_5 \cdot h_5}{h_M}$$

Ikki yo'l bilan topilgan muvozanatlovchi kuchni bir-biriga solishtirsa odatdagi xatolik necha foizligi topiladi.

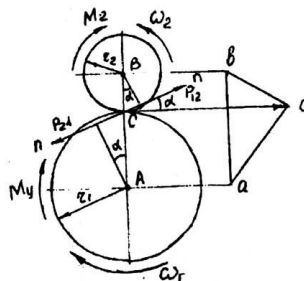
$$\delta = \frac{P_y^I - P_y^{II}}{P_y^I} \cdot 100\%$$



### 6.7-rasm.

#### Tishli mexanizmlarni dinamik tekshirish

Sxemada (6.8-rasm) oddiy tsilindrik tishli mexanizm berilgan, radiuslari  $r_1$  va  $r_2$  ga teng. Og'irlik markazi aylanish markazida deb faraz qilamiz. SHunda markazdan qochma inertsiya kuchi nolga teng bo'ladi. Yetaklovchi g'ildirakka muvozanatlovchi kuch va ikki g'ildirakka umumlashtiruvchi moment ta'sir qilyotgan bo'lsin (6.8-rasm).



6.8-rasm

Tezliklar plani orqali  $V_s$  tezlikni topib bu orqali  $\omega_1$  va  $\omega_2$  larni yo'nalishini aniqlaymiz. Muvozanatlanuvchi  $M_u$  momentini ta'sirida IV sinf kinematik juftlarini almashtirmagan holda reaksiya kuchlarini topish mumkin.

Reaksiya kuchlari S nuqtadan o'tkazilgan n-n normal bo'ylab yo'nalgan.

$$P_{1,2} \cdot r_2 \cos \alpha + M_2 = 0; \quad P_{1,2} = -\frac{M_2}{r_2 \cos \alpha};$$

Muvozanatlik shartiga binoan;

$$P_{1,2} + P_{0,2} = 0; \quad P_{0,2} = P_{1,2} = \frac{M_2}{r_2 \cos \alpha};$$

Huddi shunday qilib birinchi g'ildirak uchun;

$$M_y + P_{1,2} \cdot r_1 \cos \alpha = 0; \quad M_y = -P_{1,2} \cdot r_1 \cos \alpha;$$

reaksiya kuchlarini quyidagicha  $P_{0,1} + P_{2,1} = 0$ ; bundan  $P_{0,1} = -P_{2,1} = -\frac{M_2}{r_2 \cos \alpha}$  yozish

mumkin.

## 7-MA'RUZA: MEXANIZMLARNI KINETIK ENERGIYASI. MEXANIZMLARNING KUCH TA'SIRI OSTIDAGI HARAKATINI O'RGANISH O'quv modul birliklari

1. Mexanizmlarni kinetik energiyasi
2. Keltirilgan kuchlar va massalar
3. Mexanizmlarning kuch ta'siri ostida harakatini o'rganish

### Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)

#### Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:

1. Kinetik energiya, keltirilgan kuch va massalar haqida tushunchaga ega bo'ladi
2. Mexanizm zvenolarining harakatiga qarab, zvenolarning kinetik energiya-larini matematik ifodasini yoza oladi.
3. Uch xil harakatdagi zvenolarning kinetik energiyasi ifodalaridan foydalanib, xar qanday mexanizmni kinetik energiyasini aniqlay oladi.
4. Kinetik energiyani aniqlash formulalaridan foydalanib keltirilgan massa va inertsiya momentlarini aniqlay oladi.

Kinetik energiya tenglamasini mexanizmga tadbiq qilingan holdagi ifodasi quyidagicha:

$$A_n - A_c = \sum \frac{mV^2}{2} - \sum \frac{mV_0^2}{2}$$

Keltirilgan metoddan foydalanib, hamma zvenolarga ta'sir qilayotgan kuchlarni bitta bosh zvenoga keltirish mumkin. Bu holda yuqoridagi tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

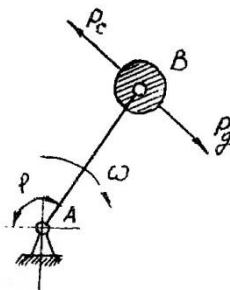
$$A_{\text{pd}} - A_{\text{pc}} = \sum \frac{mV^2}{2} - \sum \frac{mV_0^2}{2}$$

Huddi shunday momentlar orqali ham yozish mumkin:

$$A_{\text{md}} - A_{\text{mc}} = \sum \frac{J\omega^2}{2} - \sum \frac{J\omega_0^2}{2} \quad \sum \frac{J\omega^2}{2} = T \quad \text{va} \quad \sum \frac{J\omega_0^2}{2} = T_0$$

$$\text{УНДА } A_{\text{pd}} - A_{\text{pc}} = T - T_0 \quad \text{ва} \quad A_{\text{md}} - A_{\text{mc}} = T - T_0$$

Umumiy holda tekis parallel harakat qiluvchi zvenoni kinetik energiyasini og'irlik markazi bilan birga ilgarihlama harakat va og'irlik markaziga nisbatan aylanma harakat qiluvchi zvenolarning kinetik energiyalari yig'indisi deb qarasa ham bo'ladi (7.1-rasm).



7.1- rasm

SHunda mexanizm uchun quyidagicha kinetik energiyasini topish formulasini yozish mumkin.

$$T = \frac{1}{2} \sum_i^n (m_i V_r^2 + J_i \omega_i^2)$$

Agarda ilgarihlama harakat bo'lsa  $T = \frac{mV^2}{2}$ , aylanma harakat qiluvchi zveno uchun  $T = \frac{J\omega^2}{2}$ , kinetik energiya murakkab tekis parallel harakat qiluvchi zveno uchun

$$T = \frac{J_p \omega^2}{2}, \quad J_p = J_s + ml_{ps}^2 \quad \text{бу ерда } l_{ps} \cdot \omega = V_s \quad \text{shunda} \quad T = \frac{J_s \omega^2}{2} + \frac{mV_s^2}{2}$$

### Mexanizmning keltirilgan kuchlar ta'sirida mexanizmlarning harakatini o'rganish.

Asosan mexanizmlarni dinamikasini o'rganishda hamma kompleksni o'z ichiga qamrab olgan sistema, ya'ni mashina agregati deb qarash kerak. Mashina agregati deganda dvigateldan tortib, uzatuvchi mexanizmlar va ish bajaruvchi mexanizmlarni kompleksi tushuniladi. Masalan: ichki yonish dvigateli, porshenli nasos yoki elektr dvigatelg' va hokazo.

Dinamikaviy sistema. Bu – zveno yoki bir necha zvenolarning ma'lum aloqalar vositasida bog'langan qo'shilmasidir.

Sistemani (mashina agregatni) o'rganishda asosan quyidagi metodlardan foydalaniladi:



1) Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi va inertsia kuchlari bilan momentlarni tenglashtirish yo'li bilan tenglama yechiladi.

2) Harakat tenglamalariga asoslanib sistemaning parametrlari hisoblanadi.

3) Maxsus modelda sinov ishlari o'tkaziladi va olingan natijalar olingan parametrlar bilan taqqoslanadi.

Mashinalarni dinamik xisoblashdan asosiy maqsad mashina zvenolariga qo'yilgan kuchlar ta'sirida ularning xaqiqiy harakat qonunlarini topishdan iborat.

Dinamik sistemaning keltirilgan inertsia momenti  $J_n$  o'zgarimas yoki bosh zvenoni harakatiga bog'liq bo'lishi mumkin.

Agar hamma kuchlarni va massalarni tanlab olingan zvenoga keltirsak u holda tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$A_{P_d} + A_{P_k} = \frac{m_k V^2}{2} - \frac{m_{k_0} V_0^2}{2}$$

$A_{P_d}$  - harakatga keltiruvchi kuchlarni bajaragan ishi;

$A_{P_k}$  - qarshilik kuchlarini bajargan ishi;

$m_k$  va  $m_{k_0}$  - boshlang'ich va barqarorlik harakatdagi keltirilgan massalar;

$V_0$  va  $V$  - keltirilgan nuqtalarni tezliklari. Harakatga keltiruvchi va qarshi kuchlarni farqini  $R$  deb begilasak, unda  $P_d - P_k = P$

Kinetik energiya ko'rinishidagi tenglamani bunday yozish mumkin

$$dA = dS \cdot P = dT$$

$dA$  - keltirilgan kuchlarni elementar ishi;

$dS$  - keltirilish zvenosining elementar siljishi;

$dT$  - kinetik energiyani elementar o'zgarishi.

Kinetik energiyani formulasiga qo'ysak

$$P = P_d - P_k = \frac{dT}{dS} = \frac{d\left(\frac{m_n V^2}{2}\right)}{dS}; \quad \frac{d\left(\frac{m_n V^2}{2}\right)}{dS} = m_n \frac{d\left(\frac{V^2}{2}\right)}{dS} + \frac{V^2}{2} \frac{dm_n}{dS}$$

$$\frac{d\left(\frac{V^2}{2}\right)}{dS} = \frac{d\left(\frac{V^2}{2}\right) \cdot dV}{dS \cdot dV} = V \frac{dV}{dS} = V \frac{dV \cdot dt}{dS \cdot dt} = \frac{dV}{dt}$$

Olib borib o'rniga qo'ysak

$$P = P_d - P_k = m_n \frac{dV}{dt} + \frac{V^2}{2} \frac{dm_n}{dS}$$

Agar moment ko'rinishida yozadigan bo'lsak

$$M = M_d - M_k = J_n \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_n}{d\varphi}$$

Boshlang'ich harakatda  $\omega=0$  va  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \neq 0$  bo'lsa tezlanish  $a$  va burchak tezlanish  $\varepsilon$

nolga teng emas:  $M_{\text{ou}} = -J_n \frac{d\omega}{dt}$

Barqaror holatda  $\omega$  qconst va  $\varepsilon = 0$  bulsa

$$M_{\text{барк.}} = -\frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_{\Pi}}{d\varphi}$$

Harakatni to'liq ifodasi quyidagicha bo'ladi

$$M + M_{\text{бoш}} + M_{\text{барк.}} = 0$$

Bu tenglamani dinamik muvozanat tenglamasi deyiladi.

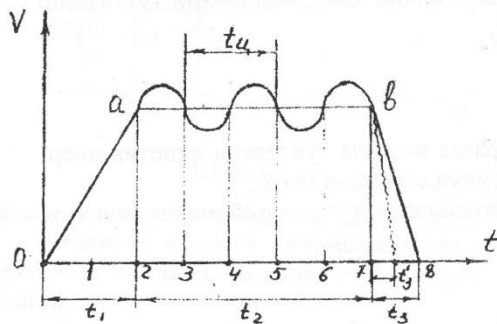
Har qanday mashina harakatida uch asosiy davr bo'ladi:

- 1) Mashinaning yurgizilish davri -  $t_1$ ;
- 2) mashinaning barqaror yurish davri -  $t_2$ ;
- 3) mashinaning to'xtash davri -  $t_3$ .

Biz mashina harakatining uchala davri bilan tanishib chiqamiz (7.2-rasm).

1. Mashinaning yurgizilish davrida uning boshlang'ich tezligi  $V=0$ ; kinetik energiyasi ham nol bo'ladi

$$\sum \frac{m_i V_0^2}{2} = 0; \quad \sum \frac{m_i V_i^2}{2} = A_{\text{д}} - A_{\text{ф.к.}} - A_{\text{з.к.}} \quad \text{yoki} \quad A_{\text{д}} = A_{\text{ф.к.}} + A_{\text{з.к.}} + \sum \frac{m_i V_i^2}{2}$$



7.2-расм

Xulosa: Mashinani yurgizilish davrida harakatlantiruvchi kuchlarning ishi foydali va zararli qarshiliklar ishidan katta bo'lishi shart, chunki ishning ma'lum qismi mashinaning harakatlanuvchi kislmlari normal tezlikka erishuvini ta'minlovchi tezlanish berish uchun sarflanadi.  $V=f(t)$  grafikdagi  $t_1$  oraliq.

2. Mashinaning barqaror yurish davri. Mashinada ilgariylanma-qaytarilma harakat qiluvchi zvenolar bo'lmay, faqat rotatsion (aylanma harakatlanuvchi qismlar bo'lsa, u holda, tezlik o'zgarmas, ya'ni  $V_0=V$  bo'ladi, demak kinetik energiyaning ortirmasi ham nol bo'ladi.

$$\sum \frac{m_{\Pi} V^2}{2} - \sum \frac{m_{\Pi_0} V_0^2}{2} = 0 \quad \text{yoki} \quad \begin{aligned} A_{\text{д}} - A_{\text{ф.к.}} - A_{\text{з.к.}} &= 0 \\ A_{\text{д}} &= A_{\text{ф.к.}} + A_{\text{з.к.}} \end{aligned}$$

kelib chiqadi.

Xulosa. Mashinaning barqaror harakati davrida hamma vaqt harakatlantiruvchi kuchlarning ishi foydali va zararli qarshilik kuchlari ishlarining yig'indisiga teng bo'ladi. buni chizmadagi grafikning  $ab$  gorizontali to'g'ri chizig'idan ko'rish mumkin.

Mashina harakatining barqaror davrida kinetik energiya ortirmasi istalgan vaqt ichida nolga teng bo'lmay, balki ma'lum bir davr ichida nol bo'lishi mumkin. Bunday hol uchun kinetik energiya ortirmasi quyidagicha yoziladi.

$$\left( \sum \frac{m_{\Pi} V^2}{2} \right)_{\text{давр}} - \left( \sum \frac{m_{\Pi_0} V_0^2}{2} \right)_{\text{давр}} = 0 \quad \text{yoki} \quad (A_{\text{д}})_{\text{давр}} = (A_{\text{ф.к.}})_{\text{давр}} + (A_{\text{з.к.}})_{\text{давр}}$$

CHizmadagi kinetik energiyaning  $ab$  sinusoida grafigidan ko'rish mumkin.

3. Mashinaning to'xtash davrida oxirgi tezlik nol bo'ladi ( $V=0$ ) bunda tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi.:

$$A_{\text{д}} - A_{\text{ф.к.}} - A_{\text{з.к.}} = -\sum \frac{m_{\Pi_0} V_0^2}{2}$$

bundan  $A_d > A_{\phi.k.} + A_{3.k.}$  ekanligini bilish qiyin emas. Mashinani to'xtatish uchun  $A_d=0$  va  $A_{f.k.}=0$  bo'lishi kerak, ya'ni

$$A_{3.k.} = \sum \frac{m_{n_0} V_0^2}{2}$$

Xulosa. Mashinani to'xtatishda harakat vaqtida to'plangan kinetik energiya zararli qarshiliklar ishini yengish uchun sarflanadi ( $A_{z.k.}$ ).

Bundan, sunhiy ravishda zararli qarshilikni ko'paytirib, mashinani to'xtatish mumkin.

## **8-MA'RUZA: MEXANIZMLARNI HARAKAT REJIMI. MEXANIZMLAR HARAKATINI NOTEKISLIGI. MAXOVIK INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH. HARAKAT QONUNINI BERILGAN KUCHLAR TA'SIRIDAGI YECHIMI. AYLANUVCHI MASSALARNI MUVOZANATLASH.**

### **O'quv modul birliklari**

1. Keltirilgan kuchlar ta'sirida mexanizmlarning harakatini tadqiq etish
2. Moxovikni inertsia momentini aniqlash
3. Aylanuvchi massalarni muvozanatlash

### **Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabaning vazifalari)**

#### ***Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:***

1. Sistemaga ta'sir etuvchi kuchlar bilan momentlarni tenglashtirish yo'li bilan tenglamani hisoblay oladi
2. Harakat tenglamalariga asoslanib sistemaning parametrlarini o'rganadi
3. Maxsus modelda sinov ishlari o'tkaziladi va olingan natijalar olingan parametrlar bilan taqqoslay oladi
4. Maxovikni inertsia momentini aniqlash ifodasini biladi
5. Aylanuvchi massalarni muvozanatlay oladi

### **Mexanizmlarni xaqiqiy harakat qonunini aniqlash.**

Harakat tenglamasini differentsial ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$M_g(\varphi) - M_c(\varphi) = J_k \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_k}{d\varphi}$$

$$M_g(\omega) - M_c(\omega) = J_k \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_k}{d\varphi}$$

$$M_g(t) - M_c(t) = J_k \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_k}{d\varphi}$$

Ko'p xollarda  $M_g$  va  $M_s$  har xil o'zgaruvchilar funktsiyasiga bog'liq bo'ladi, masalan:

$$M_g(\varphi) - M_c(t) = J_k \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_k}{d\varphi}$$

Bu tenglamalar chiziqsiz differentsial tenglamalar bo'ladi va ularni yechishni taqriban topish mumkin.

$$(M_g - M_c)d\varphi = d\left(\frac{J_k \omega^2}{2}\right)$$

integrallasak

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi_i} (M_g - M_c)d\varphi = \frac{J_k \omega_i^2}{2} - \frac{J_{k_0} \omega_0^2}{2}$$

$J_k \omega_i$ ,  $J_{k_0} \omega_0$  - barqaror va boshlag'ich harakatdagi keltirilgan moment inertsiya va burchak tezliklar.

Bu tenglamadan  $\omega_i$  ni topsak:

$$\omega_i = \sqrt{\frac{1}{J_k} \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} (M_g - M_c)d\varphi + \frac{J_{k_0}}{J_k} \omega_0^2}$$

Formuladan ko'rinib turibdiki  $M_d = M_d(\varphi)$ ,  $M_s = M_s(\varphi)$  va  $J_k = J_k(\varphi)$  lar topilgan bo'lsa va  $\omega_0$  ni o'zimiz bersak u holda yechish mumkin.

Agarda barqarorlik holatini o'rganadigan bo'lsak, u holda

$$\omega_i = \sqrt{\frac{1}{J_k} \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} (M_g - M_c)d\varphi} \text{ bo'ladi.}$$

Vaqtini topish uchun  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$  dan

$$\int_{t_0}^t dt = \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} \frac{d\varphi}{\omega(\varphi)}; \quad t_i - t_0 = \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} \frac{d\varphi}{\omega(\varphi)}; \quad \text{ёки} \quad t_i = t_0 + \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} \frac{d\varphi}{\omega(\varphi)}; \quad \text{булади.}$$

Burchak tezlanish

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad \text{ёки} \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} = \omega \frac{d\omega}{d\varphi}.$$

Ba'zi hollarda  $J_k$  o'zgarmas bo'lsa

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi_i} (M_g - M_c)d\varphi = \frac{J_k}{2} (\omega_i^2 - \omega_0^2); \quad \omega_i = \sqrt{\frac{2}{J_k} \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} (M_g - M_c)d\varphi + \omega_0^2}$$

Agarda momentlar o'rnida kuchlar berilgan yoki topish imkoniyati bo'lsa tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$V_i = \sqrt{\frac{2}{m_k} \int_{s_0}^{s_i} (P_d - P_c) dS + \frac{m_{k_0}}{m_k} V_0^2}; \quad t_i = t_0 + \int_{s_0}^{s_i} \frac{dS}{V(S)}$$

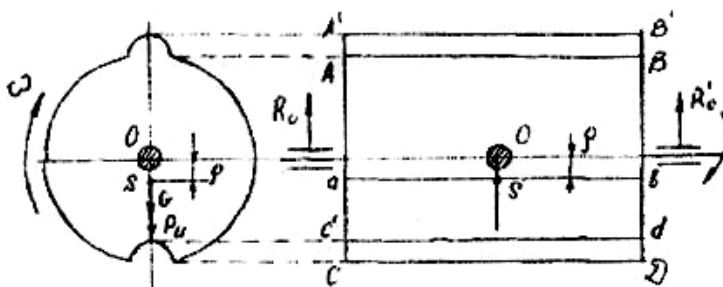
### Aylanuvchi massalarni muvozanatlash.

Harakat davomida inertsia kuchlari hisobiga kinematik juftlarda qo'shimcha kuchlar paydo bo'ladi.

Bunday inertsia kuchlari dinamik kuchlar deyiladi, bu kuchlar mexanizm yoki mashinani bir tekisdagi harakatini buzadi.

Buning sabablari quyidagilardir:

- 1) Mashina va mexanizm tarkibidagi zvenolarning aniq o'lchamli qilib tayyorlanmaganligi;
- 2) zveno massasi zichliginig shu zveno hajmiga bir tekis tarqalmaganligi;
- 3) aylanuvchi zvenolarning valga noto'g'ri o'rnatilishi;
- 4) kinematik juft elementlari orasidagi oralig'ni mavjudligi;
- 5) mashina qismlaridagi aniq xisobga olib bo'lmaydigan deformatsiyalarning zveno harakati vaqtida paydo bo'lishi.



8.1- rasm.

TSilindni og'irlik markazi S bo'lib, aylanish o'qi O nuqtadan o'tadi OS=ρ bo'lsin.

$$P_u = \frac{G}{g} \omega^2 \cdot \rho = \frac{G \cdot \rho \cdot n^2}{900}$$

Aylanish o'qi S nuqtadan o'tsa ρ=0, R<sub>i</sub>=0 bo'ladi.

Agar ρ=1; G=900; n=1000 ayl/min

$$P_u = \frac{900 \cdot 0,001 \cdot 1000^2}{900} = 10^5; \quad \frac{P_u}{G} = 111, \text{ ya'ni inertsia kuchi zveno og'irligidan 111 marta}$$

ortiqdir. ω=const bo'lsa R<sub>i</sub>=const, ammo o'z yo'nalishini 1 minutda 10000 marta o'zgartiradi. Buning natijasida P<sub>0</sub>=P<sub>0</sub>'=5000 kg dan qo'shimcha reaksiyalar paydo bo'ladi.

P<sub>u</sub>' = P<sub>u</sub> ± G kuch ta'sirida tsilindning aylanish o'qi egilishi mumkin. P<sub>u</sub>' kuchni muvozanatlash uchun tsilindning pastki qismidagi CC<sub>1</sub>Dd qismini olib tashlash kerak yoki yuqorigi tomonga AA<sub>1</sub>B<sub>1</sub>B qism qo'shish kerak. SHu qo'shimcha og'irlikni quyidagicha topiladi.

$$\frac{G'}{g} \omega^2 \cdot \rho' = \frac{G}{g} \omega^2 \cdot \rho \quad \text{ёки} \quad G' = \frac{G \cdot \rho}{\rho'}$$

tenglikni chap tomonidagi G' bilan ρ' ni ixtiyoriy ravishda tanlab olamiz. Agar ρ'=90 mm deb qabul qilinsa, G'=10 kg bo'ladi. SHunday qilib ρ'=90 mm yuqoriga 10 kg og'irlikdagi

metall qavati  $AA_1B_1B$  qo'shiladi yoki pastki qismdan 10 kg og'irlikdagi metall qavat  $CC_1Dd$  olinadi. SHunda tsilindr to'la muvozzatlanadi.

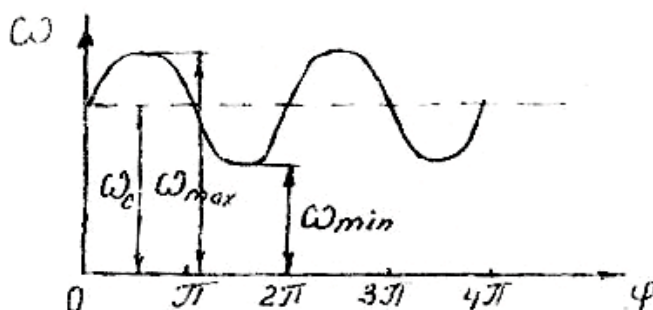
Xulosa. Dinamik muvozzatda bo'lmagan aylanuvchi sistema massalarining to'la muvozzatda bo'lishi uchun barcha inertsia kuchlarining yig'indisi bilan barcha inertsia kuchlarining statik momentlari yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak.

$$\sum_{i=1}^n P_{u_i} = 0; \quad \sum_{i=1}^n M_{u_i} = 0$$

### Mexanizmlar harakatining notekisligi.

Barqaror harakatda ham tezlik notekis bo'ladi. Mashinaning asosiy vali notekis aylanganda kinematik juftlarda qo'shimcha kuchlar paydo qiladi. CHizmadagi grafikda kursatilganday  $4\pi$  ichida  $\omega = \omega(\varphi)$  ni o'zgarishi berilgan. Bunda o'rtacha tezlik

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2} \quad \text{yoki} \quad \omega = \frac{\int_0^{4\pi} \omega d\varphi}{4\pi} \quad \text{bo'ladi}$$



8.2. rasm.

SHu notekislik aylanishni yoki harakatni qandaydir o'lcham bilan belgilansa maqsadga muvofiq bo'ladi. Mana shu birlik mashinaning notekis aylanish koeffitsienti deb ataladi va u maksimal hamda minimal burchak tezliklari ayirmasining o'rtacha burchak tezligiga nisbati bilan xarakterlanadi, ya'ni

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega}$$

Mashinaning notekis aylanish koeffitsienti texnologik jarayonning bajarilishi talabiga qarab, turli mashinalar uchun turlicha bo'ladi va oldindan beriladi.

Tezlikni ichidagi o'zgarishni notekis aylanish koeffitsienti to'la xarakterlay olmaydi. SHuning uchun dinamik notekislik koeffitsienti kiritilgan

$$\chi = \frac{\mathcal{E}_{ext}}{\omega_{cp}^2} = \frac{J_{n.cp} \cdot \mathcal{E}_{ext}}{J_{n.cp} \cdot \omega_{cp}^2} = \frac{M_{ext}}{2T_{cp}}$$

Harakatning dinamik notekislik koeffitsienti ekstremal momentni, o'rtacha kinetik energiyani ikkilanganligiga bo'linganiga teng.

### Maxovik inertsia momentini aniqlash

Mashina harakati vaktidagi ortiqcha yoki yetishmaydigan ishni  $A_0$  bilan belgilasak, energiyaning o'zgarish qonuniga ko'ra quyidagi tenglikni yoza olamiz

$$A_0 = \frac{1}{2} J_0 (\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2)$$

Qavslar ichidagini quyidagicha o'zgartiramiz:

$$\frac{(\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2)}{2} = \frac{(\omega_{\max} + \omega_{\min})(\omega_{\max} - \omega_{\min})}{2}$$

Agar keltirish zvenosining inertsiya momenti o'zgaruvchan bo'lsa, u holda tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$A_0 = E_{i+1} - E_i = \frac{J_{(i+1)}(\varphi)\omega_{\max}^2}{2} - \frac{J_i(\varphi)\omega_{\min}^2}{2}$$

$$J_{(i+1)}(\varphi) = J_m + \Delta J_{(i+1)}(\varphi); \quad J_i(\varphi) = J_m + \Delta J_i(\varphi);$$

$$\omega_{\max} = \omega_{yp} \left(1 + \frac{\delta}{2}\right); \quad \omega_{\min} = \omega_{yp} \left(1 - \frac{\delta}{2}\right).$$

Bularni tenglamaga qo'yib, u yerdan  $J_m$  ni topsak:

$$J_m = \frac{A_0 - \frac{\omega^2}{2} \left\{ [\Delta J_{i+1}(\varphi) - \Delta J_i(\varphi)] \cdot \left(1 + \frac{\delta^2}{4}\right) + [\Delta J_{i+1}(\varphi) + \Delta J_i(\varphi)] \cdot \delta \right\}}{\omega^2 \delta}$$

Suratdagi hadlar ichida katta qavs ichidagilar ba'zi hollar uchun maxovikning inertsiya momenti  $J_m$  ga qaraganda kichik son bo'lganligidan tashlab yuborsak:

$$J_m = \frac{A_0}{\omega^2 \delta}$$

$$J(\varphi) = J_3 + J_1 + J_m = \Delta J + J_m \text{ bo'ladi.}$$

Bu yerda:  $J_z$  - mexanizm zvenolarining keltirilgan inertsiya momenti;

$J_1$  - keltirilgan zvenoning inertsiya momenti;

$J_m$  - maxovik inertsiya momenti.

Asosan mashinaning bir davr ichidagi ortiqcha ish  $A_0$  ni topishdan iborat.  $A_0$  ni topishni har xil usullari bor.

**9-MAVZU: KINEMATIK JUFT ELEMENTLARIDAGI ISHQALANISH  
KUCHLARI. ILGARILANMA HARAKATDA ISHQALANISH. AYLANMA  
KINEMATIK JUFTLARDA ISHQALANISH. EGILUVCHI ZVENOLARDAGI  
ISHQALANISH.**

**O'quv modul birliklari**

1. Kinematik juft elementlardagi ishqalanish kuchlari
2. Ilgarilanma harakatda ishqalanish
3. Aylanma kinematik juftlarda ishqalanish
4. Egiluvchan zvenolardagi ishqalanish

**Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Ishqalanish kuchi haqida biladi
2. Ishqalanishni hosil bo'lish sharoitlarini tushunadi
3. Ishqalanishni qaerlarda foydali va qachon zararli ekanligini bilib oladi
4. Ilgarilanma harakatdagi va aylanma harakatdagi ishqalanish kuchlarini ta'sirini farqlay oladi
5. Egiluvchan zvenolardagi ishqalanishni ko'paytirib yuk ko'tarish qobiliyatini oshirishni tadqiq eta oladi
6. Ishqalanish kuchi mashina va mexanizmlarni ishlash jarayoniga ta'sir etishini biladi

Kinematik juft elementlarining nisbiy harakatiga ko'rsatiladigan qarshilik kuchi **ishqalanish kuchi** deb ataladi.

Ishqalanish kuchining zararli va foydali tomonlarini ko'rsatuvchi quyidagi ma'lumotlarin keltiramiz.

Ayrim sanoat tarmoqlarida ishqalanish kuchlarini kamaytirish ustida ish olib bormoqdalar. Masalan, neft ishlab chiqaruvchi zavodlar ishqalanish kuchini kamaytirish uchun 10000 tonnalab har hil moy ishlab chiqarishmoqda.



Bu moylar mashina va mexanizmlardagi, podshipniklar, polzunlar va bir-biriga tegib harakatlanuvchi kinematik juft elementlari orasidagi ishqalanish kuchlarini kamaytirish uchun ishlatiladi.

Agar kinematik juft elementlari yaxshi moylansa, ishqalanish 8 - 10 marta kamayadi. SHuningdek, ishqalanishni kamaytirish uchun sharikli podshipniklardan foydalaniladi. Dumalab ishqalanishda ishqalanish taxminan 50 marta kamayadi. Ishqalanish kamaygan sari mashina va mexanizmlarni ishlash muddati uzayadi.

Lekin, ishqalanish bo'lmasa, kishilar, avtomobillar va boshqalar yura olmas, mashinalarni to'xtatib bo'lmas, hatto xonalardagi asboblarda o'z joyida tura olmas edi.

SHuning uchun hozirgi zamon fani ishqalanishning kamaytirish va ko'paytirish yo'larini ham o'rganib boradi.

Agar biz eng yaxshi eng silliqlangan yuzalarni kattalashtiruvchi asbob orqali qarash, uning yuzasida g'adir budurlik borligini ko'ramiz. Tokarlik va randalash stanoklarida ishlangan yuzadagi g'adir - budurliklarning balandligi 100 mikronga (1 - mikron millimertning 1000 dan biri), toza ishlangan yuzalardagi g'adir - budurliklarning balandligi 25 mikronga, silliqlangan yuzalardagi g'adir - budurlik balandligi 4 - 5 mikronga, juda yaxshi yaltiratilgandan 2 mikronga va maxsus ishlangan yuzalardagi g'adir - budurlik balandligi esa 0,5 mikronga yetadi.

SHunday qilib, ishqalanish kuchi, ya'ni harakatga ko'rsatiladigan qarshilik ana shu g'adir - budurlikdan kelib chiqar ekan.

Kinematik juft elementlarining holatiga qarab, ishqalanish quyidagi turlarga bo'lindi.

**Quruq ishqalanish** - bunda kinematik juft elementlarida moy yoki boshqa suyuqlik bo'lmaydi;

**CHegarali ishqalanish** - bunda kinematik juft elementlari juda oz moylangan bo'ladi, juft elementlardagi moy qalinligi 0,1 mikron va undan ham kam bo'ladi;

**Suyuq ishqalanish** - bunday ishqalanishda kinematik juft elementlari moy pardalari bilan qoplangan bo'lib, juft elementlari bir - biridan ana shu moy qatlami bilan ajralgan bo'ladi. Ishqalanish faqat moy qatlamlari orasida boradi;

**Yarim quruq ishqalanish** - bunda ayni bir vaqtda quruq va chegarali ishqalanish bo'ladi;

**Yarim suyuq ishqalanish** - bunda ayni bir vaqtda suyuq ishqalanish bilan chegarali ishqalanish yoki suyuq va quruq ishqalanish bo'ladi;

Ilgarilanma harakatlanuvchi kinematik juft elementlari orasidagi ishqalanish kuchini ko'rib chiqamiz. Bunday juftlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko'p uchraydi.

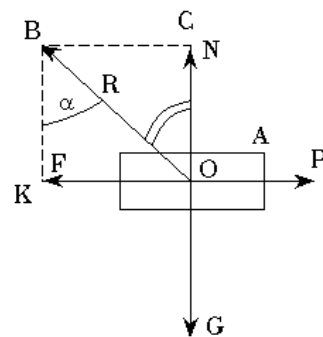
G og'irlikdagi A jism (yoki zveno) tekislik ustida turibdi. (9.1 -rasm).

Jism og'irlikiga teng N reaksiya kuchi borligi rasmdan ko'rinib turibdi.

Agar jism R kuch bilan o'ng tomonga sirg'antirilsa, uning harakatiga teskari yo'nalgan F qarshilik, ya'ni ishqalanish kuchi vujudga keladi. F bilan N kuchlarni geometrik qo'shib quyidagini hosil qilamiz.

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}$$

bu yerda  $\vec{R}$  - to'la reaksiya.

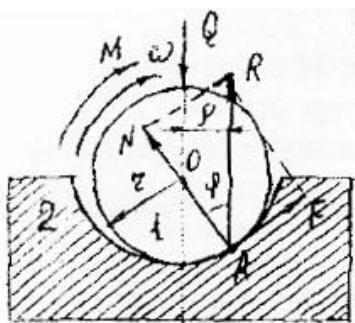


9.1-rasm

SHakldagi  $\Delta OV K$  dan quyidagi tenglamani chiqaramiz;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\overline{OK}}{\overline{KB}} = \frac{F}{N}$$

formuladagi  $\frac{F}{N} = f$  - ishqalanish koeffitsienti.



9.2- rasm

Val va o'qlarning tayanchlarga mo'ljallangan qismi **tsapfa** deyiladi.

TSapfa juda katta burchak tezlik bilan aylangan vaqtda, o'zining ustivorlik holatidan aylanish tomonga qarab bir oz ko'tariladi va kinematik juft elementlari  $s$  nuqtada bog'lanadi (9.2-rasm).

Bunday vaziyat uchun to'la reaksiya quyidagi formuladan

aniqlanadi.

$\overline{R} = \overline{F} + \overline{N}$  uning skalyar qiymati esa;

$$R = \sqrt{F^2 + N^2} = N = \sqrt{1 + f^2} = \frac{N}{\cos \alpha}$$

Bu yerda;  $f = \operatorname{tg} \alpha$ ;  $N$  – нормал реакция

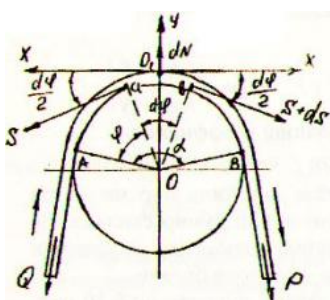
Bu reaksiya kontakt nuqtasining egrilik radiusi bo'ylab yo'nalgan bo'ladi, uning uchi tsapfaning markazidan o'tishi kerak.

Ishqalanish kuchining momenti quyidagicha topiladi;

$M_F = F \cdot r = R \cdot \rho$  tsapfaga qo'yilgan  $M$  momentni ishqalanish kuchning momenti bilan muvozanatlantirish kerak. SHu vaziyatdagina to'la reaksiya  $\rho$  radiusi bilan o'tkazilgan aylanaga urinma bo'ladi. Agar valga qo'yilgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $R$   $\rho$  radiusli aylananing tashqarisidan val tezlanish bilan aylangan bo'ladi.

Agar valga ta'sir qiluvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $\rho$  radiusli aylanaga urinma bo'lib o'tsa, val tezlanishsiz bir tekis aylangan yoki tinch turgan bo'ladi.

Agar valga ta'sir qiluvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $\rho$  radiusli aylana ichkarasidan o'tsa, val sekinlashayotgan yoki o'z joyida tinch turgan bo'ladi. Bunday xossalari doira **ishqalanish doirasi** deb ataladi.



9.3- rasm

### Egiluvchi zvenolardagi ishqalanish

Egiluvchan zvenolardagi ishqalanishni va harakatni tekshiramiz (9.3- rasm). ramsda 1 tsilindr qo'zg'almas bo'lib, unga 2 tasma yarim o'ralgan. Tasmaning chap uchida qarshilik kuchi bor, shu  $Q$  kuchni tasmaning o'ng uchidagi  $P$  kuch vositasida o'zgarmas tezlik bilan tortish kerak. Masalani yechish uchun tasmadan  $ab$  elementar kesmaning chap tomonida  $S$  kuch tortib tursa, o'ng tomonidan  $(S + dS)$  kuch bilan tortish kerak,

chunki tasma bilan tsilindr kinematik juft tashkil etganligidan, ularning elementlari orasida ishqalanish kuchi hosil bo'ladi. Koordinatalar sistemasining boshini  $O_1$  nuqtada qilib olamiz. Elementar tasmaga ta'sir etuvchi kuchlarni  $x$  va  $y$  o'qlariga proektsiyalab, quyidagi muvozanat tenglamalarni hosil qilamiz.

$$\Sigma x = -dF - S \cdot \cos \frac{d\varphi}{2} + (S + dS) \cdot \cos \frac{d\varphi}{2} = 0$$

$$\Sigma y = dN - S \cdot \sin \frac{d\varphi}{2} - (S + dS) \cdot \sin \frac{d\varphi}{2} = 0$$

Birinchi tenglamada  $dF = S \cdot \cos \frac{d\varphi}{2} \approx dS$ , ikkinchi tenglamada  $dN = 2S \cdot \sin \frac{d\varphi}{2} + dS \cdot \sin \frac{d\varphi}{2}$  ni olamiz.  $d\varphi$  burchak juda ham kichik bo'lganligidan, uni  $\sin \frac{d\varphi}{2} \approx \frac{d\varphi}{2}$  bilan almashtirish mumkin.

Ikki sonni ko'paytmasi  $(dS \cdot \frac{d\varphi}{2})$ ni tashlab yuborsak, quyidagi tenglama chiqadi.

$$dN = S \cdot d\varphi$$

Kulon-Amonton qonuniga binoan, quyidagi tenglamani yozamiz:

$dF = f \cdot dN = f \cdot S \cdot d\varphi$ ;  $dF = dS$  ekanligini ehtiborga olsak, quyidagi birinchi tartibli differentsial tenglama chiqadi:

$$dS = f \cdot S \cdot d\varphi \text{ yoki } \frac{dS}{S} = f d\varphi; \int_{S=Q}^{S=P} \frac{dS}{S} = \int_{\varphi=0}^{\varphi=\alpha} \frac{dS}{S} f d\varphi$$

bu aniq integrallarda quyidagini chiqaramiz:

$$\ln S \Big|_Q^P = f \cdot \alpha = \ln e^{f\alpha} \text{ bundan } P = Q e^{f\alpha} \text{ kelib chiqadi.}$$

Bu tenglamada  $f$  -tasma bilan tsilindr elementlari orasidagi ishqalanish koeffitsienti;  $\alpha \angle AOB$ -o'ralish burchagi, u radian hisobidan ifodalanadi;  $e = 2,718$ - natural logarifmning asosi.

Bu formula L.Eyler formulasi deb ataladi.  $e^{f\alpha}$ -kattalik  $\alpha$  burchakning oshuvi bilan tez oshib boradi. Buning natijasida  $Q$  kamayib boradi. Bu kattalikni turli  $\alpha$  burchaklar va ishqalanish koeffitsientlari uchun maxsus jadvallarda beriladi.

Eyler formulasidan foydalanib, temir yo'l yuzida turgan katta sostavni bir kishi ma'lum oraliqqa tortib keltira oladi. Buning uchun tsilindr tepasida turuvchi ishchi vagonga ulangan trosni tsilindrga 3-4 marta uraydi. Ya'ni  $x$  burchakni oshiradi. Boshqacha qilib aytganda, tortuvchi  $P$  kuch ortadi yoki tsilindr bilan tros orasidagi ishqalanish kuchi sunhiy ravishda oshiriladi.

$$F = P - Q = Q(e^{f\alpha} - 1)$$

Masalan,  $f = 0,4$  bo'lganda, trosni tsilindrga 2 marta urab 1 ( $P = 1$ ) kuch bilan 152 ( $Q = 152$ ) marta ko'p yukni ushlab turish mumkin.

### **Mashina va mexanizmlarni yeyilishi.**

Mashina va mexanizm zvenolarining eskirishi (eyilishi) faqat ishqalanishga bog'liq emas.

Mashina qismlarining yeyilishi ular o'lchamlarining ishqalanish jarayonida sekin - asta o'zgarib borishdan iborat. Bu o'zgarish ishqalanish yuzalariga (elementlariga) kuchlarning ta'siridan kelib chiqadi. Yeyilishning mexanik, fizik ximiyaviy - fizik turlari bor.

Eyilish xodisasini bir necha sinfga bo'lish mumkin. Ulardan eng muhimlari;

- 1) Mexanik yeyilish;
- 2) fizik - mexanik yeyilish;
- 3) ximiyaviy - mexanik yeyilish

4) kompleks yeyilish - bunda temperatura, korroziya va boshqa faktorlar bo'ladi; Har bir yeyilishni o'ziga xos quyidagi belgilari bo'ladi:

-Ishqalanishning xiliga qarab yeyilishi; (sirg'anib yoki dumalab ishqalanish);

-ishqalanishning turiga (quruq, yarim quruq, suyuq va yarim suyuq ishqalanishga) qarab yeyiladi.

-kinematik juft elementlari nisbiy harakatning xarakteriga (bir tekis yoki tezlanish bilan bo'lgan xarakteriga) qarab yeyilish;

-harakat turiga (aylanma, ilgarilanma yoki ilgarilanma-qaytarilanma bo'lishiga) qarab yeyilish;

-eyilishning xarakteriga (ichki yoki sirtqi ekanligiga) qarab yeyiladi;

-muhitga (havo, suv, olov va hokazoga) qarab yeyilish;

-ishqalanuvchi elementlarning shakliga (tsilindrik, tekis va boshqa shaklga) qarab yeyilishi;

-ta'sir etuvchi kuchning xarakteriga (bir tekisda ta'sir etuvchi, doiraviy ravishda o'zgaruvchan ekanligiga) qarab yeyilish;

-deformatsiyaning xarakteriga (siqilish, qavatlanish, buralish va boshqalarga) qarab yeyilish.

## **10-MAVZU: MASHINA VA MEXANIZMLARNING MEXANIK FOYDALI ISH KOEFFITSIEN TI (FIK). KETMA-KET, PARALLEL ULASHDAGI FIK. TISHLI G'ILDIRAKLARNING FIK.**

### **O'quv modul birliklari**

1. Mashina va mexanizmlarning mexanik FIK
2. Ketma-ket, parallel ulashdagi FIK.
3. Tishli g'ildiraklarning FIK.

#### **Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

##### *Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Foydali ish koefitsienti haqida tushunchaga ega bo'ladi
2. Yo'qotilish koefitsienti haqida tushunchaga ega bo'ladi
3. Ketma-ket ulashdagi mexanik FIK ini aniqlashni biladi
4. Parallel ulashdagi mexanik FIK ini aniqlay oladi
5. Tishli g'ildirakdagi FIK ini aniqlay oladi
6. Ketma-ket va parallel ulashdagi FIK larini taqqoslay oladi

### **Mashinalarni mexanik foydali ish koefitsienti.**

Mashinaning mexanik FIK mashina ishining bir mehyorda ishlashidagi effektini xarakterlovchi faktordir. U mashinaning harakatlantiruvchi kuchining qanchasi foydali qarshilikni yengish uchun ketganligini anglatadi. Ko'p bo'lsa mashinada zararli qarshilik kam ekanligini, mashina tejam bilan ishlashini bildiradi.

Mashinaning FIK hamma vaqt birdan kichik bo'ladi, chunki harakatlantiruvchi kuchning ishi ( $A_g$ ), mashinadagi foydali qarshilik kuchining ishi ( $A_{fq}$ ) bilan zararli qarshilik kuchining ishi ( $A_{zq}$ ) ni yengish uchun sarflanadi. Mashinaning barqaror harakati davrida uning harakati quyidagi tenglama bilan aniqlanadi.

$$A_g = A_{\phi\kappa} + A_{3\kappa} \text{ yoki } A_{\phi\kappa} = A_{g\kappa} - A_{3\kappa}$$

Mashinadagi foydali qarshilik kuchlari ishining harakatlantiruvchi kuchlar ishiga nisbati shu mashinaning foydali ish koefitsienti deb ataladi va  $\eta$  bilan belgilanadi. Uning matematik ifodasi:

$$\eta = \frac{A_{\phi\kappa}}{A_g} < 1$$

Mashinaning mexanik FIK mashinaning qanchalik yaxshi ishlanganligini bildiradi. Foydali ish koefitsientini quvvat bilan ifodalasa ham bo'ladi.

$$\eta = \frac{N_{\phi\kappa}}{N_g};$$

FIK ideal mashinalar uchun birga teng bo'lib hech qanday foydali ish bajarmaydigan mashinalar uchun nolga tengdir. Zararli qarshilik kuchlari ishining harakatlantiruvchi kuchlar ishiga nisbati *yo'qotilish koeffitsienti* deb ataladi. Yo'qotilish koeffitsientini  $\Psi$  bilan belgilab uning uchun matematik ifodani quyidagicha yozamiz:

$$\Psi = \frac{A_{3.K}}{A_g} = \frac{N_{3.K}}{N_g};$$

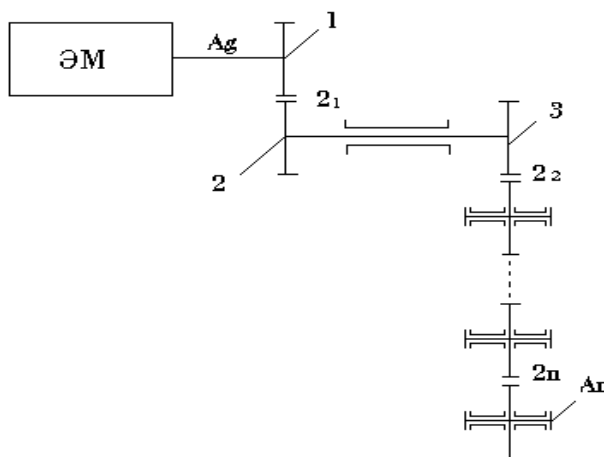
Mashinada bir necha kinematik juft bo'lsa, u holda har bir kinematik juftda yo'qotilgan zararli ish yoki quvvat topilib, ular bir-biriga qo'shiladi. Bunday hol uchun yo'qotilish koeffitsienti quyidagicha bo'ladi.

$$\Psi' = \frac{\sum_{i=1}^n A_{3.K} \cdot i}{A_g};$$

Mashinaning foydali ish koeffitsienti esa quyidagicha bo'ladi;

$$\eta' = \frac{A_g - \sum_{i=1}^n A_{3.K} \cdot i}{A_g} = 1 - \Psi'$$

Ketma-ket ulashda foydali ish koeffitsienti.



10.1-rasm. Ketma-ket ulash

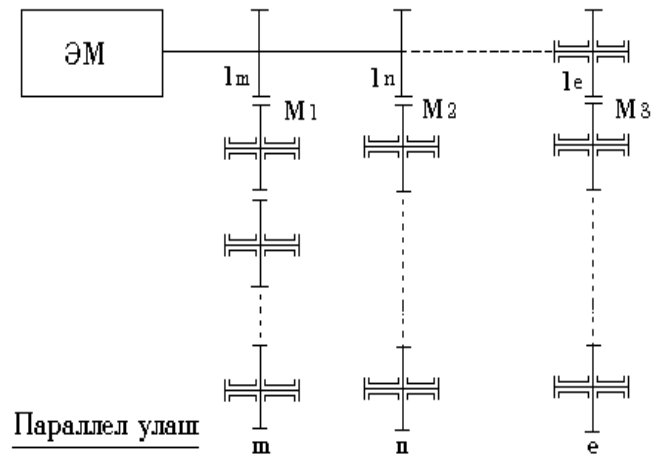
Agar mashina n ta mexanizmdan tarkib topgan bo'lib, mexanizmlar esa ketma-ket ulangan bo'lsa, bunday mashinaning FIK shu mashina tarkibiga kiruvchi barcha mexanizmlar FIKining ko'paytmasiga teng.

Agar mashina tarkibidagi mexanizmlarning foydali ish koeffitsientlarini  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$ , desak, mashinaning umumiy FIK ( $\eta_0$ ) ning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi.

$$\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n = \frac{A_n}{A_g};$$

bu yerda:  $A_n$  - n ta mexanizmning foydali ishi.

Parallel ulashda foydali ish koeffitsienti.



10.2-rasm.Parallel ulash

Parallel ulash ikki xil bo'lishi mumkin: bir quvvat manbaidan bir necha mexanizmlarga quvvat uzatish va bir necha quvvat manbaidan parallel uzatish vositasidan birgina mexanizm harakatga keltirilishi mumkin. Biz quyida bitta quvvat manbaidan  $n$  ta mexanizmga quvvat uzatishdagi foydali ish koeffitsientini topish bilan tanishib chiqamiz.

Etaklovchi zvenodagi ishni  $A_1$  deb olib uni  $A_{1m}$ ,  $A_{1n}$ , va  $A_{1e}$  ishlardan iborat deb qaraymiz. Bu ishlar  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , mexanizmlar orqali yetaklanuvchi  $m$ ,  $n$  va  $e$  zvenolarga uzatiladi. Foydali ish koeffitsientini topishning umumiy qoidasiga asosan, umumiy mexanikaviy foydali ish koeffitsienti quyidagicha topiladi.

$$\eta = \frac{\sum_{i=m}^e A_i}{A_1} = \frac{A_m + A_n + \dots + A_e}{\frac{A_m}{\eta_{1m}} + \frac{A_n}{\eta_{1n}} + \dots + \frac{A_e}{\eta_{1e}}}$$

## 11-MAVZU: TITRASH. TITRASHDAN HIMOYALASH. QAYISHQOQ ELASTIK ZVENOLARI BO'LGAN MEXANIZMLARNING HARAKATINI TEKSHIRISH.

### O'quv modul birliklari

1. Titrash
2. Titrashdan himoyalash
3. Qayishqoq elastik zvenolari bo'lgan mexanizmlarning harakatini tekshirish

### Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)

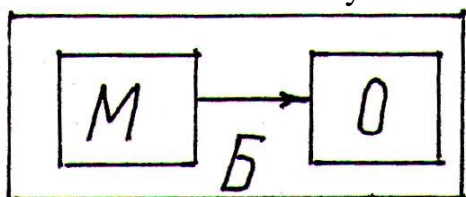
*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Titrash haqida biladi
2. Titrashni hosil bo'lish sabablarini bilib oldai
3. Titrashni foydali tomonlarini o'rganadi
4. Mashina va mexanizmlardagi titrashni inson uchun zararli tomonlarini biladi
5. Titrashdan muhofazalash usullarini tadbqiq eta oladi
6. Titrashni mashina va mexanizmlarni ishlash jarayoniga qanday ta'sir qilishini biladi

### Titrash, titrash aktivligi va mashinalarni titrashdan muhofazalash.

Ish unumi yuqori bo'lgan mashinalarning quvvati, yuklanishi va boshqa ish xususiyatlari oshirilgan tezyurar transport vositalari yaratilishi titrashni kuchayishiga olib keladi. Ba'zi bir sanoat va qurilishda qo'llaniladigan titrash va titratib zarb berish jarayonlari asosida ishlaydigan mashinalarda titrash jarayonlari foydali ish bajaradi.

Titrash inson yashayotgan muhitning muhim ekologik ko'rsatkichi bo'lgan shovqinni vujudga keltiradi. Titrash insonga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatib, uning funksional imkoniyatlari va ishlash qobiliyatini kamaytiradi. SHu sababli titrash aktivligini baholash, titrash darajasini kamaytirish usullari va vositalari alohida ahamiyatga ega. Bunday usul va vositalarning birgalikda qo'llanilishi *titrashdan muhofazalash* deyiladi. Titrashdan muhofazalash masalasini yechishdan oldin sababi o'rganiladi. Masalan:



*M* - tebranish manbai

*O* - titrashdan muhofazalanish ob'ekti: ikki ob'ektni bog'lab turadigan bog'lovchi

*B* - kuch ta'sirlari (dinamik ta'sirlar)

Poydevorga o'rnatilgan turbina yoki dvigatelni rotori – tebranish manbai, korpusi esa muhofaza qilinishi kerak bo'lgan ob'ekt. Korpus va ob'ektni bog'lovchi qolgan detallar dinamik ta'sir ob'ektlaridir.



Ba'zan dinamik ta'sir emas, balki bog'lamalarning manbaiga mahkamlangan nuqtalarining siljishlari berilgan bo'lishi mumkin. Bunday ta'sirlar kinematik ta'sirlar deyiladi.

Ba'zida dinamik va kinematik ta'sirlarni umumlashtirib, mexanik ta'sir deb yuritiladi. Mexanik ta'sirlar uchga bo'linadi:



1. Чизиqli o'ta yuklanish, ya'ni tebranish manbasining tezlanuvchan harakatida vujudga keladigan kinematik ta'sirga aytiladi. Bu transport mashinalarida tezlik oshganda yoki tormozlash jarayonida hosil bo'ladi.

2. Titrash tarzidagi ta'sirlar, bular titrashdan muhofazalash ob'ekti bilan bog'langan tebranish manbasi nuqtalarining tezlanishlari  $a = a(t)$ , ularning tezliklari  $V = V(t)$  hamda  $S = S(t)$  siljishlari bilan ajralib turadi.

Titrash tarzidagi ta'sirlar statsionar, ko'chma va tasodifiy turlarga bo'linadi. Garmonik ta'sir statsionar ta'sirning eng oddiy turidir.

$$X(t) = X_0 \sin(\omega_0 t + \psi)$$

bunda:  $t$  - vaqt;  $X_0$  - amplituda;  $\omega_0$  - chastota;  $\psi$  - boshlang'ich faza;

Boshlang'ich faza hisobga olinmaganda  $X(t) = X_0 \sin \omega_0 t$  bo'ladi.

Garmonik kuchlar ta'sirida bo'lgan tebranma sistemalarga misol qilib muvozanatlanmagan rotor, porshenli mashinalar, IYoD va shu kabilarni titrashini ko'rsatish mumkin. TSiklik mexanizmlari bo'lgan mashinalarning barqaror harakatida davriy mexanik ta'sir quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$X(t) = \sum_{K=1}^{\infty} (a_k \cos K\omega_0 t + b_k \sin K\omega_0 t)$$

3. Zarb tarzidagi ta'sirlar. (reaktiv dvigiteldagi yonish jarayoni, jismga turbulent oqimning ta'siri, portlash va zarbli jarayonlar;) Qisqa muddatli mexanik ta'sirlar zarbli ta'sirlar deyiladi. Ularda kuchning eng yuqori qiymati juda katta bo'ladi. Zarb vaqtidagi kuchning, kuch momenti yoki tezlanishning vaqtga bog'liqligini ifodalovchi funktsiya zarb ko'rinishi deyiladi.

$$X(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{K=1}^{\infty} (a_k \cos K\omega_0 t + b_k \sin K\omega_0 t)$$

bu yerda :

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T X(t) \cos K\omega_1 t dt \quad K = 0, 1, 2, \dots$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T X(t) \sin K\omega_1 t dt \quad K = 1, 2, 3, \dots$$

### Mexanik (dinamik) ta'sirlarning texnik ob'ektga va insonga ta'siri.

1. CHiziqli o'ta yuklanish sistemani ishini izdan chiqaradi. Masalan: elektr kontaktlarining prujinalari ajralishi, releli qurilmalar noo'rin ishlab ketishi.

2. Titrash tarzidagi ta'sirlar natijasida kelib chiqadigan har-xil ishorali zo'riqishlar materialning toliqishi tufayli darz ketishiga va yemirilishiga sabab bo'ladi. Ba'zi hollarda bir-biriga biriktirilgan ob'ektlarni asta sekin bo'shab qolishi hollari yuz beradi. Kinematik juftlarda titrash ta'sirida yemirilib ishlash jarayonida o'zaro urilishlarga sabab bo'ladi.

3. Zarbli ta'sirlar ob'ektni yemirilishiga sabab bo'ladi. Ko'p marta takrorlanuvchi zarblar toliqish yoki rezonans tebranishlarni vujudga keltirishi mumkin.

Umuman mexanik ta'sirlar stanoklardagi va boshqa texnologik uskunalardagi aniqlik va detallarga ishlov berish tozaligini pasayishiga va texnologik jarayonlarni buzilishiga olib keladi.

### Titrashdan muxofazalashning asosiy usullari.



1. Manbaning titrash aktivligini pasaytirish Bunga maxsus moylovchi materiallardan foydalanish, massalarni muvozanatlash orqali erishish mumkin.

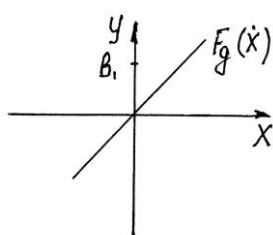
2. Ob'ekt konstruktsiyasini o'zgartirish. Buni ob'ektni xususiy chastotalarini o'zgartirish, rezonans xodisalarini oldini olish shartlarini bajarish va mexanik energiyani yutilishini kuchaytirish ya'ni dempferlash orqali erishiladi.

3. Tebranishlarni dinamik so'ndirish. Bu hollarda har-xil so'ndirgichlar ishlatiladi. Dinamik so'ndirish so'ndirgichning shunday parametrlarini tanlab amalga oshiriladiki, bunda ushbu qo'shimcha ta'sirlar manba vujudga keltiruvchi dinamik ta'sirlarni qisman muvozanatlaydi.

Titrashtan izolyatsiyalash yo'li bilan ham dinamik so'ndirish mumkin. Manba va ob'ekt orasidagi bog'lamalar bo'shatilishi yoki orasiga rezinalar qo'yib qotirilishi orqali amalga oshiriladi.

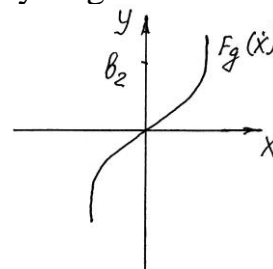
4. Titrashtan muxofazalash qurilmalari. Dempferlar, dinamik so'ndirgichlar va titrash izolyatorlari birgalikda titrashtan muhofazalash qurilmalarini tashkil qiladi. Inertsion, elastik va dissipativ elementlardan tashkil topuvchi qurilmalar passiv qurilmalar. Aktiv qurilmalar odatda mustaqil energiya manbaiga ega bo'lgan, mexanik bo'lmagan elementlarni o'z ichiga oladigan qurilmalarga bo'linadi.

5. Dissipativ kuchlar. Elastik sistema tebranganda energiya atrof-muhitga, elastik element materiallarining o'zida va birikish joylarida tarqalib isrof bo'ladi. Bunday isroflarga elastik bo'lmagan qarshilik kuchlari **dissipativ kuchlar** deyiladi va quyidagicha ifodalaniladi:



$$F_g(\dot{X}) = b_1 \dot{X}$$

Bular ba'zi gidravlik yoki pnevmatik dempferlardagi kichik tebranishlarda yuzaga keladi.



Titrash tezligi katta bo'lganda dissipativ kuch bilan tezlik orasidagi quyidagi bog'lanish sodir bo'ladi:

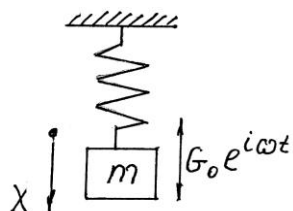
$$F_g(X) = b_2 X^2 \sin X$$

### **Tebranishlarni dinamik so'ndirish**

Dinamik so'ndirgich o'rnatib ob'ektning titrashtagi holatini o'zgartirish tebranish energiyasini ob'ektdan so'ndirgichga qayta taqsimlash yo'li bilan tebranish energiyasining yutilishini kuchaytirish yo'li bilan ham amalga oshirish mumkin. Birinchi usul sistemaning elastik inertsion xususiyatiga tuzatish kiritish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu holda ob'ektga o'rnatilgan qurilmalar inertsion **dinamik so'ndirgichlar** deyiladi. Bular monogramonik yoki tor doiradagi tasodifiy tebranishlarni so'ndirish uchun qo'llaniladi. Ikkinchi usulda qo'shimcha maxsus elementlar o'rnatib sistemaning dissipativ xususiyatlarini oshirishga asoslangan. Dinamik so'ndirgichlar konstruktiv jihatdan passiv elementlar asosida tayyorlanishi mumkin, ya'ni elektr, gidravlik va pnevmatik boshqariluvchi elementlar qo'llanilgan avtomatik rostdash sistemalaridan foydalanish ko'zda tutiladi.

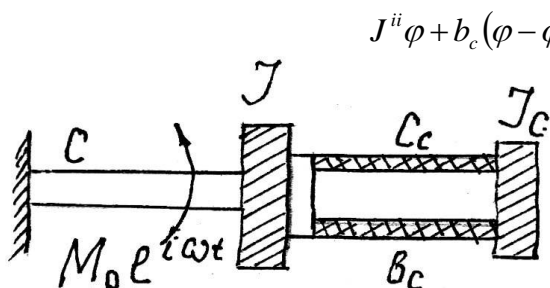
Dinamik so'ndirish quyidagicha bo'ladi: prujinali, bir massali inertsion dinamik so'ndirgich (11.1 - rasm). u quyidagicha aniqlanadi

$$mx + bc(x + x_c) + cx + c_c(x - x_c) = G_0 e^{i\omega t}$$



$x, x_c$  - massalar surilishining  
absolyut koordinatorlari  
 $c_1 c_c$  - bikrlilik  
 $b$  - qovushqoqlik

11.1- rasm

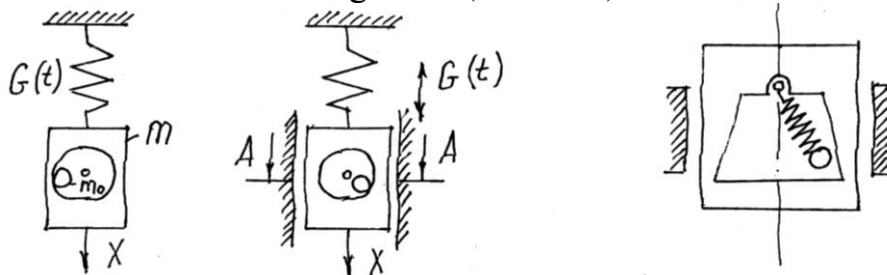


$$J''\varphi + b_c(\varphi - \varphi_c) + c\varphi + c_c(\varphi - \varphi_c) = M_0 e^{i\omega t}$$

$J_1 J_c$  - so'ndiriluvchi va so'ndirgichning  
inertsiya momenti  
 $c_1 c_c$  - vallarning bikrliligi  
 $b_c$  - qovushqoqlik koeffitsienti  
 $M_0$  - so'ndiruvchi valdagi burovchi  
moment

11.2 rasm

G'altakli inertsion dinamik so'ndirgichlar (1.3-rasm).



11.3-rasm.

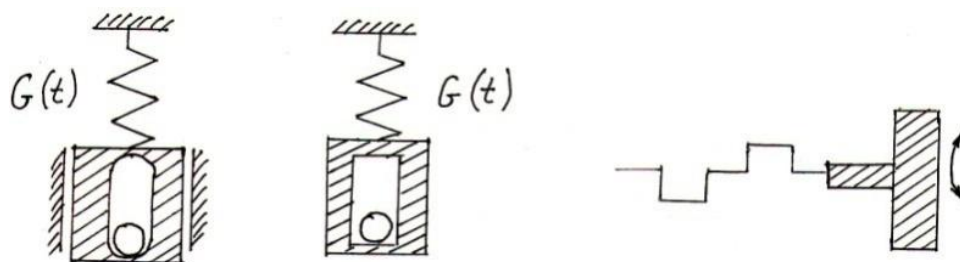
Erkinlik darajasi bitta bo'lgan garmonik  $G(t) = G_0 c \cos(\omega t + \varphi)$  kuch vositasida qo'zg'atiladigan hamda  $\rho$  radiusli tsilindrsimon bo'shliqda joylashuvchi sharli yoki rolikli  $m_c$  massali va  $\rho_c$  radiusli so'ndirgich bilan jihozlangan ob'ektni ko'rib chiqaylik. Sistema quyidagi differentsial tenglamalar orqali yechiladi :

$$(m + m_c)^2 x + cx = G_0 \cos(\omega t + \psi) + (\rho - \rho_c) m_c (\ddot{\varphi}^2 \cos \varphi + \ddot{\varphi} \sin \varphi)$$

$$m_c (\rho - \rho_c)^2 \ddot{\varphi} = m_c (\rho - \rho_c) x \ddot{\varphi} \sin \varphi$$

$x$ -bo'ylama kordinata;  $\varphi$ -vertikal o'qdan boshlab o'lchanadigan so'ndirgich holatining nisbiy burchak kordinatasi;  $x = \dot{x} = \ddot{x} = 0$  deb faraz qilgan holda ob'ektning barqarorlashish shartini aniqlaymiz:  $\varphi = \omega_c t + \varphi_0$ , ya'ni so'ndirgich ravon aylangandagi holatini olamiz. Ravon aylanuvchi jism so'ndiriluvchi ob'ektga uzatilayotgan markazdan qochma reaksiya uyg'otishni to'la muvozanatlaydi va ob'ektni barqarorlashuvini ta'minlaydi.

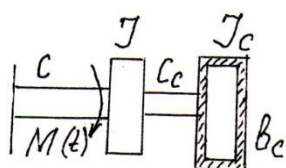
Mayatnikli inertsion dinamik so'ndirgichlar ( 11.4 -rasm).



11.4-rasm

$$\varphi_0(t) = \omega_{yp} t + \theta_0 e^{i\omega t} \quad \omega = n \omega_{yp}$$

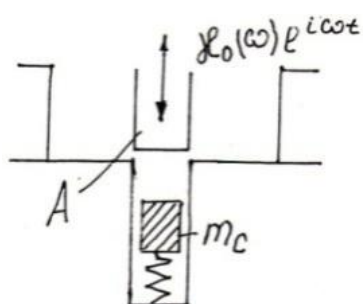
$\theta$  - aylanishni notekislik koeffitsienti.  
Giroskopli tebranishli so'ndirgichlar



11.5-rasm

Transport ob'ektlarining tebranishini so'ndirishda va bir qancha boshqa maxsus hollarda giroskoplardan foydalanishga asoslangan dinamik so'ndirgichlardan foydalaniladi.

Tebranishlarni zarb orqali (urinma) so'ndirgichlar



11.6-rasm

Tebranishni kamaytirish lozim bo'lgan so'ndiruvchi sistemaning A elementga uriladigan  $m_c$  massali jism (11.6-rasm) titrashni zarb orqali so'ndirgichning asosiy qismidir.

## 12-MAVZU: MASHINA AVTOMATLAR NAZARIYASINING ASOSIY TUSHUNCHALARI. ROBOT VA MANIPULYATORLAR NAZARIYASINING ASOSIY TUSHUNCHALARI VA ULARNING QO'LLANILISHI

### O'quv modul birliklari

1. Mashina avtomatlar nazariyasining asosiy tushunchalari
2. Rabot va manipulyatorlarni qo'llanishi

### Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)

#### *Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Mashina avtomatlar haqida biladi
2. Mashinilarni avtomatlashtirishni tushunadi
3. Avtomatlashtirilgan mashinalarni ishlash jarayonini biladi
4. Robot va manipulyatorlarni taqqoslaydi
5. Robot va manipulyatorlarni qanday zvenolardan tuzilishini biladi
6. Avtomatlashtirilgan mashinalar ishlab chiqarish jarayoniga qanday ta'sir

ko'rsatishini biladi

### Mashina avtomatlarni boshqarish va sistemalash

Avtomatik mashina va sistemalarni ish organlari o'z strukturasi ga ko'ra ko'pgina erkinlik darajalariga ega bo'lgan fazoviy kinematik zanjirlardan iborat. Odam operator yoki programma qurilma boshqariladigan sanoat robotlari va manipulyatorlarini birinchi avlod robotlariga mansub deyish mumkin. Hozirgi davrda insonga xos sezgilarga ega bo'lgan sezish, ko'rish, xid bilish hatto inson seza olmaydigan axborotlarni, masalan, ultratovush, titrash, elektromagnit va issiqlik maydonlari va hokazolarni qabul qilish organlariga ega bo'lgan keyingi avlod robotlari yaratilmoqda.

EHMning paydo bo'lishi ishlab chiqarishni avtomatlashtirishni boshqarish sistemalarida inqilobiy axamiyat kasb etadi. **Hamma ijrochi qurilmalarning berilgan boshqarish programmasi asosida mufoviqlashgan tarzda harakatlanishi ta'minlovchi sistema mashinaning boshqarish sistemasi** deyiladi. **Avtomatik boshqarish** sistemasida hamma boshqaruvchi ta'sirlar insonning to'g'ridan-to'g'ri ishtiroksiz amalga oshiriladi. **Yarim avtomatik** va qo'l bilan boshqarishda boshqaruvchi ta'sir inson-operator ishtirokida ishlab chiqiladi.

Muvofiqlashgan harakatlarni bajarish uchun bir biri bilan bog'langan umumiy qonuniyatlarga bo'ysinadigan mexanizmlarni birlashmasi **mexanizmlar sistemasi** deyiladi.

Mexanizmlar sistemasini belgilangan tartibda ishlashini ta'minlovchi ko'rsatmalar yig'indisi **boshqarish programmasi** deyiladi.

Boshqarish sistemasi vaqt yoki barcha ijrochi qurilmalarning holatlariga bog'liq ravishda muvofiqlashib harakatlanishini ta'minlovchi grafik orqali ishlashi mumkin. Mexanizmlarni boshqarish programmasiga kiritiladigan boshlang'ich axborot turiga ko'ra avtomatik boshqarish



### **Mashina-avtomatlar tsiklogrammasi**

Mashina-avtomatlar tsiklogrammasi sistemalari ikkiga to'la va to'la bo'lmagan boshlang'ich axborotli sistemalarga bo'linadi. Birinchi holda berilgan programma o'zgarmas bo'lib, uning bajarilishi olinadigan natijalarga bog'liq bo'lmaydi. Faqat biror sababga ko'ra tekshiriluvchi parametrlar ruxsat etilgan qiymatga yetgan sharoitdagina uning bajarilishi to'xtashi mumkin.

Ikkinchi holda boshqarishni optimallashtirish maqsadida to'la bo'lmagan boshlang'ich ma'lumotlar kerakli qo'shimcha ma'lumotlar bilan to'ldirilib boriladi. Qo'shimcha ma'lumotlar turli o'lchash va tekshirish qurilmalari va datgichlar yordamida ishlab chiqiladi va boshqarish programmasida tuzatishlar kiritish maqsadida foydalaniladi. Bunda avtomatik boshqarish sistemalar o'z-o'zidan moslashuvchi, o'z-o'zidan o'rganuvchi bo'lishi mumkin.

Masalan, metall qirquvchi dastgohlarning boshqarish sistemalaridagi o'z-o'zidan moslashuvchi qurilma dastgoh ishlash tartibining ish sharoitining o'zgarishiga avtomatik tarzda moslashuvini ta'minlaydi. Masalan, ular ishlov berilayotgan metallning egilishini kamaytirish maqsadida supportning bo'ylama surilish tezligini pasaytiradi, aks holda qirg'ich kuchining qiymati ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketishi mumkin.

Mexanizmlar sistemasini boshqarish markazlashtirilgan, markazlashtirilmagan va aralash usulda bo'lishi mumkin.

Markazlashtirilgan usulda boshqarishda mexanizm zvenolarining holatidan qat'iy nazar, oldindan belgilab qo'yilgan programmaning bajarilishini ta'minlaydi. Bunday boshqarish programma bilan boshqarishning vaqt funksiyasida amalga oshiriladi.

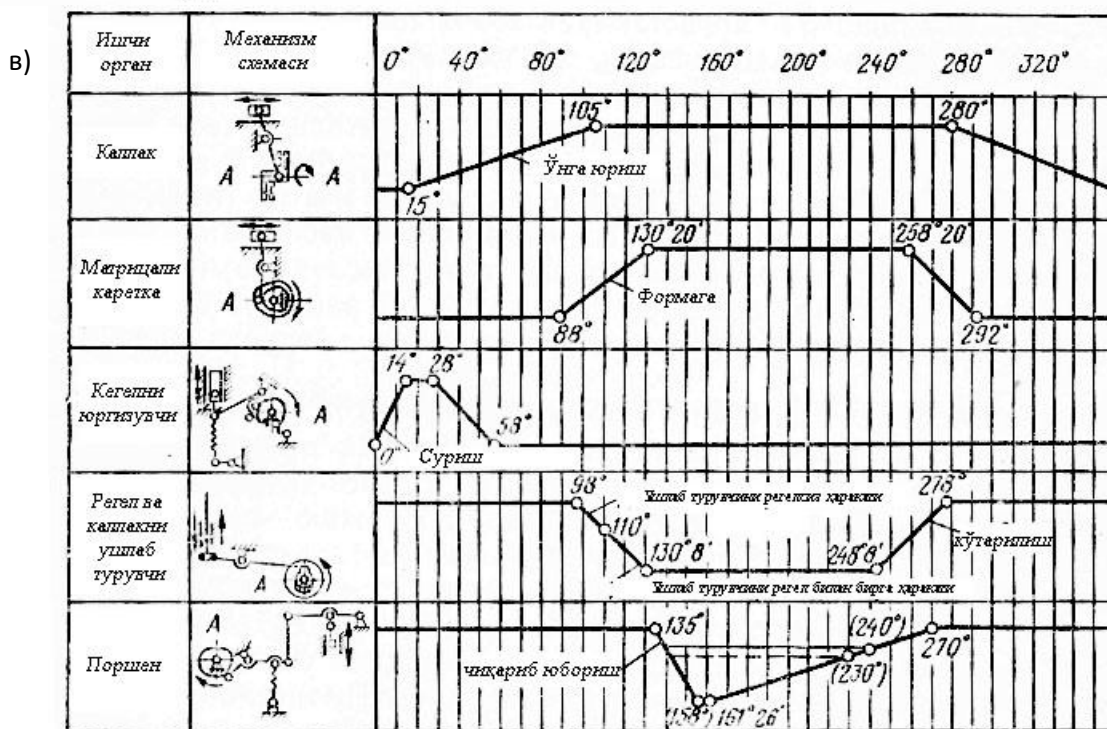
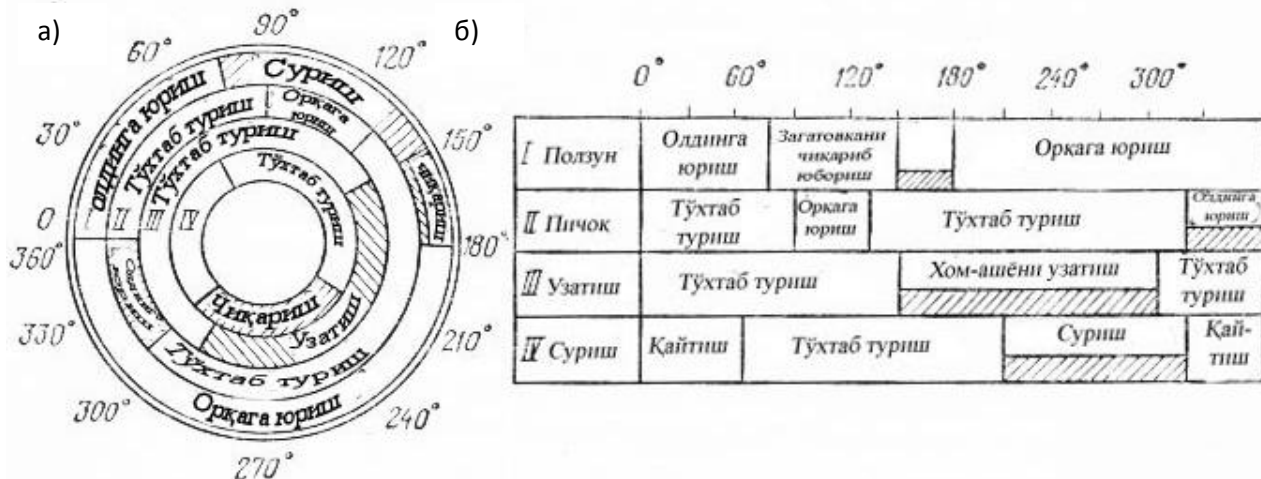
Markazlashtirilmagan usulda boshqarishda kerakli tezlik, tezlanish, ruxsat etilgan yuklanish, bosim va hakovolar o'zgartirilib turilishi mumkin.

Mexanizmlar sistemasi harakatini aralash usulda boshqarishda markazlashtirilgan va markazlashtirilmagan tarzda boshqarishlarda qo'llaniladigan ayrim elementlardan foydalaniladi.

Harakatni programma bilan boshqarish tsikl, koordinatalar orqali (joy), kontur bo'yicha hamda aralash tarzda bo'lishi mumkin.

Tayyor mahsulotni hosil qilish uchun ketgan davr **mashinaning tsikli** deyiladi. **Texnologik tsikl** deb, ob'ektga ishlov berish uchun ketgan davrga aytiladi. **Kinematik tsikl** deb, mexanizmning zvenolari boshlang'ich vaziyatga qaytish davriga aytiladi.

**Mashina-avtomatlar tsiklogrammasi** deb, mexanizmlarning operatsiyalarni ketma-ket bajarishidagi holatlarni ifodalovchi ya'ni uning xarakatini yoki to'xtab turishni ko'rsatuvchi grafikka aytiladi. TSiklogrammalar doira, to'g'riburchakli va chizmalı bo'lishi mumkin. Quyidagi 12.1-rasmda a-doiralı; b-to'g'ri burchakli; v-chizmalı tsiklogrammalar keltirilgan.



12.1-rasm

CHiziqli tsiklogrammada ijrochi qurilmaning siljish grafigi shartli ravishda qiya to'g'ri chiziqlar orqali, to'xtash davri esa gorizontol to'g'ri chiziqlar orqali tasvirlanadi.

To'rtburchak tsiklogrammalarda siljish grafiklari tasvirlanmaydi. Harakatning alohida bosqichlari yoki jarayonlar oralig'i nomi yoziladi.

Har bir tsikl takt yoki fazalardan tashkil topadi.

Ba'zan mexanizmlar sistemasi ishining ko'rinishi o'zgartirilgan tsiklogrammalaridan ham foydalaniladi. Ularda vaqt masshtabi hisobga olinmaydi. Bunday tsiklogrammalarda



faqat u yoki bu mexanizmlar va boshqaruvchi qurilmalarni ishga tushirish ketma-ketligi ko'rsatiladi. Ular ishga tushirish **taktogrammasi** deyiladi.

**Koordinatalar (joy) bo'yicha boshqarishda** har bir koordinata bo'yicha manipulyator ish sohasining talab qilinuvchi ish nuqtasiga mos keluvchi mustaqil siljishlar beriladi.

**Kontur bo'yicha boshqarishda** manipulyatorlar zvenolari yuritmalarining bir vaqtda, uzluksiz va o'zaro muvofiq tarzda harakatlanishi ta'minlanadi. Natijada ijrochi zveno ishlash sohasida belgilangan traektoriya bo'yicha talab qilinuvchi tezlik va tezlanish bilan harakatlanadi.

**Aralash tarzda boshqarishda** tsikl, joy, kontur bo'yicha boshqarish usullarining imkoniyatlari va afzalliklaridan birgalikda foydalaniladi.

Boshqarish algoritmlariga muvofiq mexanizmlar sistemasi avtomatik ishlashi uchun zarur bo'ladigan mashinalar ish qurilmalarining holatlari, mexanizm zvenolarining harakat tartibi, jarayonlarning parametrlari hamda xususiyatlari to'g'risidagi axborotni datchiklar ishlab chiqadi.

Hosil qiladigan impulsg'larining xususiyatiga ko'ra datchiklar mexanik, elektr, fotoelektr, elektron, pnevmatik, gidravlik va boshqa turlarga bo'linadi.

### **Mashina-avtomatlarni sonli boshqarish**

Mashina-avtomatni o'zgaruvchan tsikldagi ishini sonlar orqali boshqarish mumkin bo'lib, operatsiyalar ketma-ketligi sonlar orqali perfolentaga yoki magnit lentasiga yoziladi. Programma kodlar orqali tuziladi. Xar qanday N sonni sanoq sistemasida quyidagi hadlar yig'indisi deb qarash mumkin. Masalan: 15 sonini o'nli sistemada quyidagicha yozish mumkin:

$$1 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 = 15$$

Agar ikkili sistemada yozsak:  $1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 15$  bunda ikkilik kod: "1 1 1 1" bo'ladi.

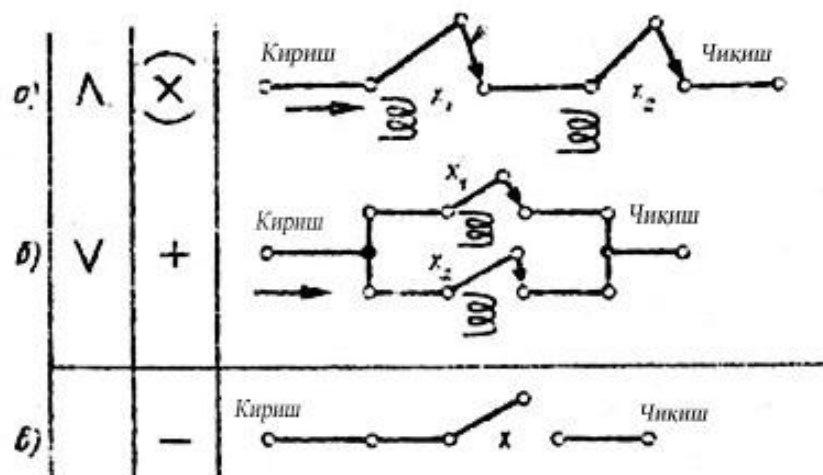
Agar 6 sonini yozsak:  $0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 6$  bo'lsa kod "0 1 1 0" bo'ladi.

Bu kodlar perfolentada "1" soni teshikcha holda, "0" soni esa teshilmagan holda yoziladi.

Kodlangan lentalarni o'qish apparatlari qabul qilib mashina-avtomatni boshqaradi.

Mashina-avtomatlar mantiqiy operatsiyalar bilan ham boshqariladi. Bular algebra qonunlari bo'lgan logik funktsiyalar, ya'ni logik taxmin va boshqalar.

Ishchi organni boshqarish uchun zanjirni ulash yoki uzish uchun qabul qiluvchi oraliq zanjirlar ishlatiladi (12.2-rasm).



12.2-rasm

Ketma-ket zanjirni modellashtirishda logik ko'paytirishni 1 soni bilan (ya'ni chanjir yopiq) manfiy ishorali had 0 bo'lib (zanjir ochiq) umumiy ko'rinishda 1 xaqiqiy 0-mavxum.

Har qanday logik jarayonni quyidagi xaqiqiylik jadvalida ko'rish mumkin:

$X_1$	$X_2$	$F(x_1, x_2) = x_1$
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

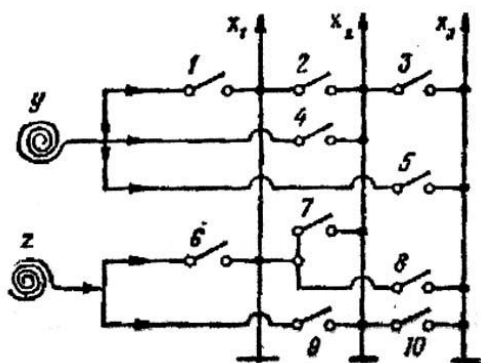
bunda yechim xaqiqiy, agar  $X_1$  va  $X_2$  xaqiqiy bo'lsa.

Boshqarish sistemasini sintezi. Mashina-avtomatlarni boshqarish sistemalarida relekontakt qurilmalaridan foydalaniladi.

Masalan: Avtomatik qurilma  $X_1, X_2, X_3$  avtomatik liniyada 2 ta energiya manbalari  $Y$  va  $Z$  bilan harakatga keltirilsin. Bu uchta qurilmadan bittasini ishlatishga manba  $U$ , agar ikkitasini ishlatishga, ya'ni  $X_1+X_2$  yoki  $X_1+X_3$  va  $X_2+X_3$  manba  $Z$  ham ishlashi kerak. Birdaniga hamma qurilmalar ( $X_1, X_2, X_3$ ) ishlashi uchun manbalar  $Y$  va  $Z$  ishlashi zarur, Avtomatik sistemani boshqarish energiya manbalarini kurish talab etilsin. Kuyidagi shartli haqiqiylik jadvalida ega bo'lamiz.

Avtomatik qurilma			Energiya manbalari	
$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y$	$Z$
1	1	1	1	1
1	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	0	1	0
0	0	1	1	0
0	0	0	0	0

Jadvaldan Y energiya manbaini boshqarish kanali quyidagicha bo'ladi:



12.3-rasm

$$f(x_1, x_2, x_3) = Y = x_1 x_2 x_3 + \overline{x_1} x_2 x_3 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3 + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3}$$

Z energiya manbai uchun:

$$x_1 x_2 x_3 + x_1 x_2 \overline{x_3} + \overline{x_1} x_2 x_3 + \overline{x_1} x_2 \overline{x_3}$$

$$f(X_1, X_2, X_3) = Z =$$

$$x + \overline{x} = 1$$

Bo'lishini ehtiborga olib, yaqinlashtirish metodi bilan quyidagicha yozamiz:

$$Z = X_1 X_2 + X_1 X_3 + X_2 X_3$$

$$Z = X_1 (X_2 + X_3) + X_2 X_3$$

Bu tenglamani funktsional elektrik sxemasi quyidagicha bo'ladi (12.3-rasm)

Birinchi Energiya manбайдan energiya berishga 4 ta xad qatnashadi. birinchi xad ( $X_1 X_2 X_3$ ) ketma-ket ulashni ko'rsatadi.

Rele 1 birinchi qurilma  $X_1$  ga energiya beradi. Energiyani to'g'ridan-to'g'ri berish uchun 4-rele va  $X_3$  kurilmaga 5- rele xizmat qiladi. Sxemaning ostidagi 6-7-8-rele Z formulaning birinchi xadini va 9-10-rele ikkinchi xadini amalga oshiradi.

### Robot va manipulyatorlar

Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish natijasida mashina detallarini mexanik ishlashda qo'shimcha operatsiyalarni va uzellarni yig'ish operatsiyalarini bajaruvchi printsiplial yangi mexanizm va mashinalar yaratilmoqda. Yaratilgan bu qurilmalar **robot** deb ataladi. Robotlar tayyorlangan detal yoki zagotovkani bir joydan ikkinchi joyga ko'chirish yoki biror qismga o'rnatish, materiallarni yuklash va tushirish, mashina qismlarini yig'ish, metallarni bir-biriga payvandlash, uskunalarni ishga ulash yoki ajratish kabi operatsiyalarni bajaradi. Bu avtomatik vositalar **sanoat robotlari** deb atadadi.

Robotlar asosan manipulyator, programma boshqarish sistemasi, dvigatelg', harakatlantirish mexanizmlari, qayd etish va tekshirish bloklari (datchiklari) telekamera va boshqa boshqarish qismlaridan iborat.

Robot turli-tuman mexanik operatsiyalarni bajara olishi bilan bir qatorda vujudga keluvchi mantiqiy masalalarning ma'lum bir qisminn mustaqil ravishda yecha oladigan yuqori darajadagi texnik sistemadir.

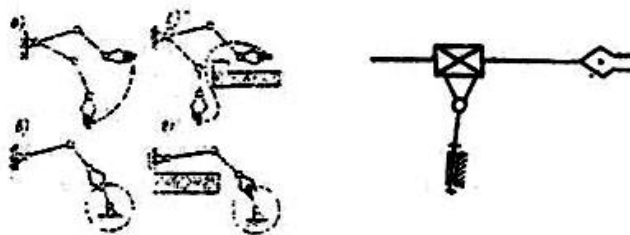
Mashina va boshqaruvchi EXMning birgalikda ishlashini o'rganish, kerakli algoritm xamda programmalar asosida olib boriladi. Programma bilan boshqariladigan avtomatik manipulyatorlar yordamida yuklarni tashish, ularni ishlovchi mashinalarda mahkamlash va bo'shatish, o'rab-yopish, tekshirish o'lchash kabi ko'pgina ishlarini amalga oshirish mumkin.

### Manipulyatorning tuzilishi

Xar qanday sanoat robotlarining mexanik qo'li bo'ladi. Manipulyator biror jismni ushlab ob'ektga uzatish uchun xizmat qiladi. U xar soatda mingdan ortiq harakatni amalga oshirishi mumkin. Manipulyatorlar tekislikda va fazoda harakatlanuvchilarga bo'linadi. Manipulyatorning qo'li tekislikda harakatlansa tekis, agar u koordinata o'qlari bo'yicha siljib tsilindr shaklini chizsa, tsilindrik, agar u shar shaklini chizsa sferik koordinatalar sistemasida ishlaydiganlarga bo'linadi.

Inson qo'li funksiyasini bajaruvchi texnik qurilmaga *manipulyator* deyiladi. Manipulyator quyidagilardan tashkil topadi: teleboshqarish, boshqarish pulg'ti, EXM, uzatish mexanizmi va boshqalardan.

Manipulyatorlardagi yuritmalar mexanik, elektr, gidravlik, pnevmatik va aralash tarzda bo'lishi mumkin. Turli tashish ishlarini (buyumni yuklash, siljitish, olish va hokozo) bajarish uchun mo'ljallangan hamda o'zgarmas programma bo'yicha ishlaydigan mashina-avtomatlarda qo'llaniladigan avtomatik boshqariladigan manipulyatorlar *avtooperatorlar* deyiladi.



12.4-rasm

Manipulyatorlar murakkab texnik qurilma bo'lib ularni yaratish va tekshirish bilan maxsus sohadagi mutaxassislar shug'ullanishadi. Manipulyatorning erkinlik darajasi soni bir necha ochiq kinematik zanjirlardan (12.4-rasm) iborat.

Manipulyatorning mexanizmlari ochiq kinematik zanjirdan iborat bo'ladi. Ularning erkinlik darajalari soni ochiq kinematik zanjirning barcha qo'zg'aluvchi kinematik juftlari soni yig'indisiga teng bo'ladi:

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1R_1;$$

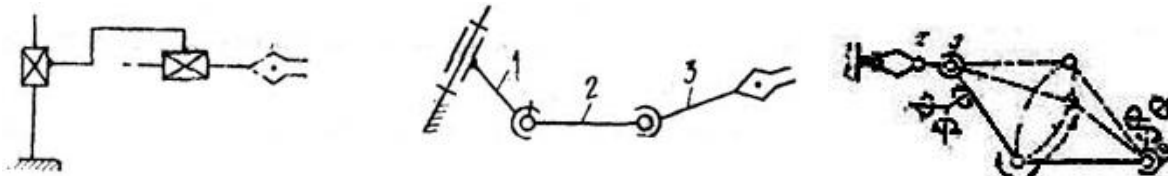
Ochiq zanjirning qo'zg'aluvchi zvenolari soni  $n$  doimo kinematik juftlar soniga teng bo'ladi:  $n = R_5 + R_4 + R_3$ .

Buni Comov-Malishev formulasiga qo'yib, manipulyatorning erkinlik darajasi sonini hisoblaymiz:

$$W = P_5 + 2R_4 + 3R_3$$

Kinematik zanjirdagi III va IV sinf kinematik juftlar tayyorlash va ularni mexanizmga tatbiq etish qiyin bo'lgani uchun ular ekvivalent bo'lgan V sinf kinematik juftlardan tuzilgan kinematik zanjir qo'shilmasi bilan almashtiriladi. Bunda manipulyator faqat quyi kinematik juftlardan tashkil topgan bo'ladi, u holda uning erkinlik darajalari soni quyidagicha topiladi:

$$W = \sum P_5$$



12.5-rasm

Avtomatik boshqariladigan sanoat robotlarining uchta sinfi yoki avlodi mavjud. Birinchi avlodga o'zgarmas programma bo'yicha ishlaydigan robotlar kiradi. Bunday robot-manipulyatorlardan mashinasozlikda tobora ko'proq foydalanilmoqda.

Ikkinchi avlodga shunday manipulyatorlar kiradiki, ularning boshqarish sistemalarida o'zgarmas programma bilan birga tashqi muhitning noma'lum yoki o'zgaruvchi sharoitiga moslashishi elementlari ham bo'ladi.

Uchinchi avlodga sunhiy ong elementlari bo'lgan robot-manipulyatorlar kiradi. Bular kibernetik qurilmalardir.

Manipulyatorlar va sanoat robotlarining ishlash qobiliyati ko'pincha texnik ko'rsatkichlari bilan belgilanadi. Ularga avvalo manipulyatorlar ish doirasining o'lchamlari va shakli, uning harakatchanligi, xizmat ko'rsatish burchagi va koeffitsienti va hokazalar kiradi.

Manipulyatorlarning ochiq kinematik zanjiri changalga qandaydir hajmda turli holatlarni egallashga imkon beradi. Manipulyatorlarning *ish hajmi* deb, changalining egallashi mumkin bo'lgan holatlarini o'rab turuvchi sirt bilan chegaralangan hajmiga aytiladi. Ish hajmi manipulyatorning eng katta tashqi o'lchamlarini ifodalaydi.

Masalan (12.5-rasm, a), uchta ilgarilanma juftli manipulyatorning ish doirasi to'g'ri burchakli parallelopipeddan iborat, uning a,b,s o'lchamlari tegishli zvenolarning o'z yo'naltiruvchilari XYZ o'qlari bo'yicha siljish qiymatlarini aniqlaydi. Bitta aylanma va ikkita ilgarilanma juftlik manipulyator uchun (12.5-rasm, b) mumkin bo'lgan eng katta ish doirasi g'ovak tsilindrdir. Bu tsilindr uchun  $r_2 - r_1$  radiuslar ayirmasi 3-zvenoni 2-zvenoga nisbatan eng katta siljishi bilan, h balandlik esa 2-zvenoning 1-zvenoga nisbatan eng katta siljishini anglatadi.

Manipulyatorning tanlangan tuzilish sxemasida ko'rsatilgan ish doirasi bo'yicha zvenolarning o'lchamlarini aniqlash uchun fazoviy richagli mexanizmlarni analiz qilish usullaridan foydalaniladi. Ko'pincha koordinatalarning o'zgartirishning matritsa usulidan foydalaniladi.

Manipulyator changalining va zvenolarining harakat tezligi umumlashgan koordinatalarning vaqtga bog'liqliklari ma'lum bo'lsa, uni differentsiallashtirish orqali aniqlanadi.

Manipulyator ish doirasining har bir nuqtasi uchun qandaydir  $\psi$  fazoviy burchak-xizmat ko'rsatish burchagi mavjud va uning eng katta qiymati  $\psi_{\max} = 4\pi$  ga teng. Xizmat ko'rsatish burchagini  $\psi_{\max}$  nisbati *xizmat ko'rsatish koeffitsienti yoki servis koeffitsienti*

deyiladi. 
$$\theta = \frac{\psi}{4\pi}$$

### **13-MAVZU: MEXANIZMLARNI SINTEZ QILISH. RICHAGLI MEXANIZMLARNI O'RTACHA TEZLIK KOEFFITSIENTI VA QO'YILGAN TURLI SHARTLARGA MUVOFIQ LOYIHALASH.**

#### **O'quv modul birliklari**

##### **1. Mexanizmlar sintezi haqida tushuncha**

2. Richagli mexazmlarni o'rtacha tezlik koeffitsienti o'zgarishi bo'yicha sintez qilish
3. Mexanizmlarning asosiy tiplariga qo'yilgan turli shartlariga muvofiq loyihalash
4. Mezanizm kinematik sxemasi bo'yicha sintez qilish

### **Aniqlashtirilgan uquv maqsadlari (talabaning vazifalari)**

#### ***Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:***

1. Loyihalashni asosiy masalalarini biladi
2. Loyixalashni asosiy turlarini ajrata oladi
3. Mexanizmni tuzilishi jihatdan sintez qila oladi
4. Kinematik sintez qilish shartlarini biladi
5. Mexanizmni dinamik sintez qilishda nimalarga ehtibor berish kerakligini biladi

#### **Quyi kinematik juftli mexanizmlarni loyihalash.**

Quyi kinematik juftlardan tuzilgan mexanizmlarni loyihalashning asosiy mohiyati bilan tanishib o'tamiz. Ma'lumki, xar kandy mexanizm o'z tarkibiga kirgan yetaklanuvchi zvenoning biror texnologik protsess uchun zarur va oldindan belgilangan harakatini ta'minlash uchun xizmat qiladi.

Etaklanuvchi zvenoning bu harakati juda ko'p faktorlarga bog'liq bo'ladi. Bu faktorlar yetaklanuvchi zvenoning harakat qonuni, mexanizm tarkibidagi zvenolarning uzunliklari, ilgarilanma harakat qiluvchi kinematik juft holatlarini belgilovchi chiziqli o'lchovlar kabi kinematik parametrlarni o'z ichiga oladi, binobarin, kinematik parametrlarga asoslanib, mexanizmning kinematik sxemasi tuziladi. Ana shu yetaklanuvchi zvenoning harakat shartiga ko'ra, mexanizm kinematik sxemasining parametrlarini aniqlash mexanizmlar loyihalashning asosiy masalasidir. Yetaklanuvchi zvenoning texnologik ishlar uchun mo'ljallangan harakatini ta'minlovchi mexanizmning kinematik sxemasini tuzib, uning tarkibidagi zvenolarning uzunliklarini bila olsak, masalaning asosiy qismini hal qilgan bo'lamiz, chunki qolgan masalalar shu mexanizm tarkibidagi zvenolarning harakatini sinab ko'rish, mustahkamligini tag'minlash va shu mexanizmning iqtisodiy jihatdan qanchalik foydali ekanligini yoki boshqa tomonlarini aniqlash bilan bog'liq bo'lib, ular boshqa fan tarmoqlari matematika, materiallar qarshiligi, mashina detallari, tebranishlar nazariyasi, injenerlik ekonomikasi va shu kabilarning ishtiroki bilan hal qilinadi.

Umuman, biror mashina yoki mexanizm yaratish, avvalo, shu mexanizm yoki mashinaning ratsional kinematik-sxemasini tuzishdan boshlanadi.

Loyihalashni quyidagi asosiy turlari mavjud:



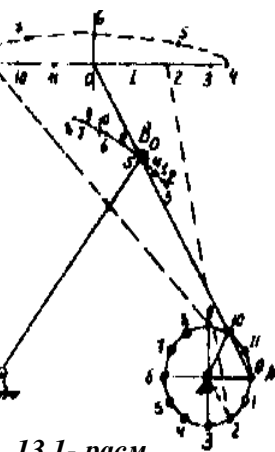
Mexanizm sintezi. Bunda mexanizmning berilgan struktura, kinematik va dinamik shartlariga qarab asosan mexanizm sxemasini loyihalash ko'zda tutiladi.

1. Mexanizm struktura jixatidan sintezlash. Bunda struktura shartlariga qarab asosan mexanizmning struktura sxemasini loyihalashdan iborat.

2. Mexanizmni kinematik sintezlash. Bunda kinematik shartlarga qarab asosan mexanizmning kinematik sxemasini loyihalashdir (tezlik, tezlanish topiladi).

3. Mexanizmni dinamik sintezlash. Bunda kinematik va dinamik shartlarga qarab asosan mexanizmning dinamik sxemasini loyihalash ko'zda tutiladi.

Berilgan harakat qonunini ta'minlash yetaklovchi zvenoning harakat qonunini berilgan holda yetaklanuvchi zvenoning aniq yoki taqribiy harakat konunini ta'minlay oladigan mexanizm kinematik sxemasining parametrlarini topish bilan bog'liqdir.



13.1- rasm

Masalan, P.L. CHEbishevning to'rt zvenoli mexanizmini ko'rib chiqamiz (13.1-rasm). Bu mexanizmning  $O_1A$  krivoshipi o'zining nol' vaziyati ( $OAO$ )dan boshlab,  $A$  nuqta chizgan yoyda aylansa,  $AV$  shatunning davomidagi  $Ye$  nuqta  $a, b, s$  taqribiy to'g'ri chiziq buylab harakat qiladi. Bu hol esa mexanizm kinematik sxemasining

parametrlari  $O_2B=BE=2,5$   $O_1A$  bo'lgandagina amalga oshadi. Qaysi metodni tanlash mexanizm loyihalashga nisbatan qo'yilgan asosiy shartga bog'lik.

Grafik metodlarning afzalligi shundaki, ular oddiy, tushunarli bo'lishi bilan birga, ko'zga yaqqol tashlanib turadi, analitik metod esa, aniq bo'lishiga qaramay, ancha murakkab va ko'pgina matematik xisoblarni talab qiladi.

Mexanizmning kinematik sxemasi parametrlarini yetaklanuvchi zvenoning harakat qonuniga asoslanib aniqlash mexanizmlarning metrik sintezi deb ham ataladi.

Agar ishchi organi to'g'ri chiziqli harakatda bo'lsa uning harakat qonuni shu ishchi organ yo'li, tezligi va tezlanishlarining vaqt o'tishi bilan o'zgarishini bildiradi, ya'ni  $S=S(t)$ ,  $V=V(t)$  va  $a=a(t)$ .

Bu funktsiyalar o'zaro bog'langan bo'lib, ulardan birining boshlang'ich shartlaridan boshqalarini parametrlari aniqlanadi.

Agar aylanma harakat bo'lsa  $\varphi = \varphi(t)$ ,  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}(t)$ ,  $\ddot{\varphi} = \ddot{\varphi}(t)$  ko'rinishida bo'ladi.

Mashina ish organlarining harakat qonuni, odatda, berilgan bo'ladi va shu qonunni amalga oshiruvchi mexanizmning sxemasi va konstruktsiyasi izlanadi.

Ba'zida mashina ish organlarining harakat qonuni oldindan berilmaydi, balki tayyor sxema va uning uzunlik o'lchovlarini o'zgarish yoki dinamik parametrlarini o'zgartirish orqali olinadi.

Mashina va mexanizmlarni loyihalashning nazariy asosi uning ish organining harakat qonunini ustalik bilan tanlay bilishga bog'liq.

Agar mashina sekin harakatlansa, u holda uning tarkibidagi zvenolarning tezlanishi ham kichik bo'ladi. Ya'ni tezlanishlarning ahamiyati bo'lmaydi.

Bunday mashinalarda ish zvenolarining harakat qonuni bevosita  $S=S(t)$  qonunidan boshlasa bo'laveradi, ammo tez yurar mashinalar bo'lsa, ulardagi dinamik kuchlar kattalashib ketmasligi uchun avvalo ratsional tezlanish grafigi tanlab olinadi va so'ng  $a = a(t)$  ga qarab  $V=V(t)$  va  $S=S(t)$ lar topiladi.

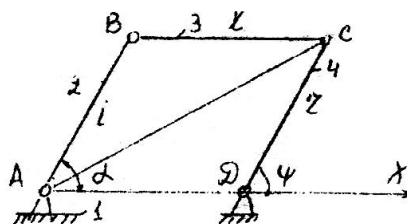
**Mexanizmlarning asosiy tiplarini qo'yilgan turli shartlariga muvofiq loyihalash.**

AV krivoshipning harakat qonuni quyidagi matematik bog'lanishda berilgan bo'lsin:

$$a=a(t)$$

Etaklanuvchi CD zvenoning 13.2-rasm harakat qonuni quyidagi bog'lanishda bo'lsin:

$$\psi=\psi(t)$$



13.2-rasm

yuqoridagi tenglamalarda t vaqtini chiqarib yuborilsa,

$$\psi=f(\alpha) \quad \frac{l_{AB}}{l_{AB}}=1; \frac{l_{BC}}{l_{AB}}=l; \frac{l_{CD}}{l_{AB}}=r; \frac{l_{AD}}{l_{AB}}=d;$$

AV va CD zvenolarning x o'qi bilan hosil qilgan

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_m; \psi_1, \psi_2, \psi_3, \dots, \psi_m$  vaziyatlari berilgan bo'lsa,

quyidagi tenglamalarni yozishimiz mumkin:

$$\psi_1=\psi(\alpha_1)$$

$$\psi_2=\psi(\alpha_2)$$

...

...

...

$$\psi_m=\psi(\alpha_m)$$

Tenglamalar soni noma'lum parametrlar soniga teng bo'lsa, u holda masalani nazariy jihatdan yechish oson.

Buning uchun  $AV=i=1$  deb olsak  $\bar{i}+\bar{I}=\bar{d}+\bar{r}$  tenglamani x va y o'qlarga proektsiyalab quyidagilarni aniqlaymiz

$$\begin{cases} i \cos \alpha + l \cos \delta_1 = d + r \cos \psi_1 \\ i \sin \alpha + l \sin \delta_1 = r \sin \psi_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} l \cos \delta_1 = d + r \cos \psi_1 - i \cos \alpha \\ l \sin \delta_1 = r \sin \psi_1 - i \sin \alpha \end{cases}$$

tenglamani kvadratga ko'tarib qo'shsak va chap tomonida faqat  $\cos \alpha_1$  ni qoldirib yozsak

$$\cos \alpha_1 = r \cdot \cos \psi_1 - \frac{r}{d} \cos(\psi_1 - \alpha_1) + \frac{d^2 + r^2 + l - l^2}{2d}$$

Tenglamani quyidagicha yechish mumkin

$$P_0 = r; P_1 = \frac{r}{d}; P_2 = \frac{d^2 + r^2 + l - l^2}{2d}$$

$$\cos \alpha_1 = P_0 \cdot \cos \psi_1 - P_1 \cos(\psi_1 - \alpha_1) + P_2$$

tenglamalarga  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  va  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  larni qo'ysak

$$\cos \alpha_1 = P_0 \cdot \cos \psi_1 - P_1 \cos(\psi_1 - \alpha_1) + P_2$$

$$\cos \alpha_2 = P_0 \cdot \cos \psi_2 - P_1 \cos(\psi_2 - \alpha_2) + P_2$$

$$\cos \alpha_3 = P_0 \cdot \cos \psi_3 - P_1 \cos(\psi_3 - \alpha_3) + P_2$$

Bu tenglamani yechib  $R_0, R_1$  va  $R_2$  larni topamiz, ular orqali mexanizmning  $r, d$  va  $l$  parametrlari topiladi.

**Oldindan ma'lum bo'lgan trektoriya bo'yicha loyihalash.**



Mexanizmni sintez qilish masalasidan biri, oldindan ma'lum bo'lgan traektoriya bo'yicha harakat qila oladigan mexanizmni zvenolarining to'g'ri o'lchamlarini tiklashdan iborat.

Buning uchun quyidagi belgilar qabul qilamiz:

$r$ -krivoship uzunligi

$\varphi$ -burilish burchagi

$\varphi_i$  va  $\varphi_{ii}$ -A hamda M yo'nalishi va chetki holatlar orasidagi o'tkir burchak

$l$ - shatun uzunligi

$e$ - dezaksiiallik

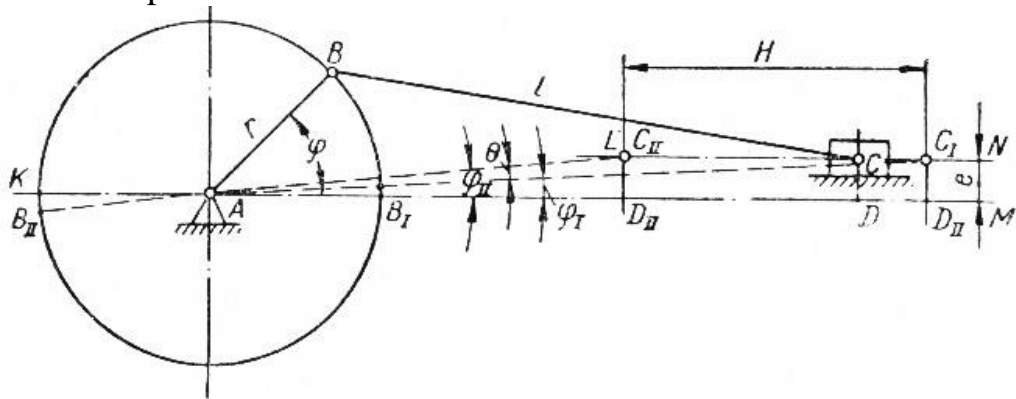
$\lambda = \frac{l}{r}$  nisbat

$N$ -polzunni harakatini uzunligi

$k$ - tezlikni o'zgarishi koeffitsienti.

$$\kappa = \frac{180^\circ + \theta}{180^\circ - \theta}; \quad \theta = \varphi_{II} - \varphi_I \quad \theta = 180^\circ \frac{k-1}{k+1}$$

Dezaksial krivoship-shatunli mexanizm



13.3-rasm

$AC_{II} = l - r$   $AC_I = l + r$  bo'lgan holatda

$V_c$ - $\varphi$  holatdagi S nuqtani tezligi

$V_{cmax}$ - polzunning maksimal tezligi

$r$ ,  $l$  va  $e$  aniq bo'lgan holda,  $\varphi$  holati uchun mexanizmni sxemasini chizamiz (13.3-rasm) sxemani quyidagi tartibda quramiz:

1. Ixtiyoriy KM yo'nalish olamiz
2. LN chizig'ini KM ga parallel va ye-(dezaksiiallik) masofada o'tkazamiz.
3. KM to'g'ri chiziqda A nuqtani markaz qilib  $r=AB$  radiusda aylana chizamiz.
4.  $\omega=const$  bo'lganligini hisobga olib, aylanani teng n qismga bo'lamiz.
5.  $V_0, V_1, V_2, \dots, V_n$ , nuqtalardan  $BC=l$  kattalikda LN chizig'ida  $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$  nuqtalarni topamiz. Bu nuqtalar polzunni holatini ko'rsatadi.
6.  $B_0, B_1, B_2, \dots, B_n$  nuqtalarni A va mos ravishda  $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$  nuqtalar bilan birlashtirib mexanizmni har xil holatidagi sxemasini chiqaramiz.

1-misol berilgan:  $N$ , ye va  $\lambda$

topish kerak  $r$  va  $l$  ni



**14-MAVZU: ILASHISHNING ASOSIY TEOREMASI. TISHLARNING ASOSIY QIYMATLARI. ILASHISH TURLARI. TISHLI UZATMA TURLARI. STANOKLARDA TISHLI G'ILDIRAK TAYYORLASH.**

**O'quv modul birliklari**

1. Ilashishning asosiy teoremasi
2. Tishlarning asosiy qiymatlari, ilashish turlari va tishli uzatma turlari
3. Stanokda tishli g'ildirak tayyorlash

**Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabaning vazifalari)**

*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Ilashish turlarini biladi
2. Tishli uzatmalarni qanday printsipda ilashishni biladi
3. Tishlarning asosiy qiymatlarini ajrata oladi
4. Tishli uzatmalar qaerlarda ishlatilishini biladi
5. Tishli uzatma turlarini ajrata oladi
6. Planetar va differentsial mexanizmlarni farqlay oladi

**Tishli mexanizmlar va ularni turlari.**

Tishli mexanizmlar texnikada keng qo'llanadigan mexanizmlardan hisoblanadi. Bunday mexanizmlar mashinada qo'llanadigan hamma uzatish mexanizmi

konstruktsiyasida ishlatiladi. Bu mexanizmning umumiy tahrifi: tishli mexanizmدا harakat ish protsessida bir-birini almashtiruvchi zvenodagi maxsus qabariq yordamida uzatiladi; bu qabariqlarni tishlar, zvenoni esa—**tishli g'ildirak** deyiladi. Tishli-reykali mexanizmدا zvenolardan birini **tishli reyka** deyiladi. Tishli mexanizmning ko'pchilik zvenosi tishli g'ildiraklar, dumaloq ko'rinishida bo'ladi. Ba'zida dumaloq bo'lmagan g'ildirakli tishli mexanizmlar uchraydi.

Tishli mexanizm ikki xilga ajratiladi: g'ildirak o'qlari qo'zg'almas va ba'zi bir g'ildirak o'qlari qo'zg'aluvchan. Birinchi ko'rinishidagi mexanizmدا stoykaga nisbatan g'ildirak o'qi qo'zg'almas; yuk ko'tarish kranlarning reduktori, avtomobillarning uzatmalar qutisi, metall kesuvchi stanoklarning tezliklar qutisi va h.k. Ikkinchi ko'rinishdagi tishli mexanizmlarda ba'zi bir g'ildiraklarning o'qi stoykaga nisbatan qo'zg'aluvchan. Bunday mexanizmlarni **planetar** deyiladi, ular planetar reduktor konstruktsiyasining asosini tashkil etib, asosan transport mashinalarida xususan samolyot va vertolyotda harakatni dvigateldan vintga uzatishda va boshqarish sistemalarida foydalaniladi.

Istalgan murakkab tishli mexanizm konstruktsiyasining asosini oddiy tishli mexanizmlar tashkil etadi, ularni **uzatmalar** deyiladi (aniqrog'i tishli uzatmalar). Uzatma uch zvenoli mexanizm bo'lib, u ikkita tishli g'ildirak va qo'zg'almas o'qdan iborat. Uzatmalar o'qlarini joylashishiga qarab uch turga bo'linadi:

- g'ildirak o'qlari parallel;
- g'ildirak o'qlari kesuvchi;
- g'ildirak o'qlari ayqash.

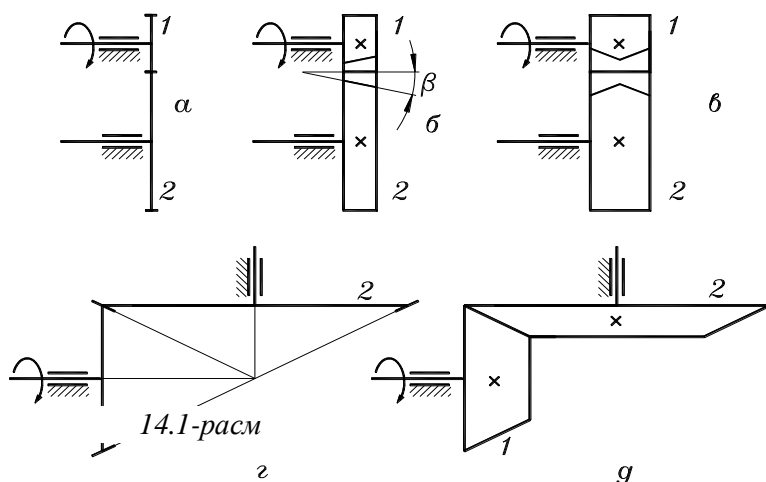
Ularni to'la ko'rib chiqamiz.

## Tishli uzatmalarning turlari



## G'ildirak o'qlari parallel uzatmalar

Bunday uzatmalarda tishli g'ildirak tishlari tsilindr yasovchisi bo'yicha joylashadi. SHuning uchun ularni tsilindrik uzatmalar deyiladi. TSilindrik uzatma sxemasi 14.1-rasm, *a* da ko'rsatilgan. Mashinaning kinematik sxemasida bunday uzatmalarni 14.1-rasm *b* da ko'rsatilganidek to'g'ri burchak ko'rinishida tasvirlanadi. To'g'ri burchak ichidagi "x" iks shakldagi belgilar tishli g'ildirakni valga qattiq mahkamlanganligini bildiradi. TSilindrik uzatmalar to'g'ri tishli, qiya tishli va shevronli tishlarga bo'linadi. To'g'ri tishli g'ildirakning tishlari uning o'qiga parallel.



Qiya tishli g'ildirakning tishlari tsilindrdagi vint chiziqlari buyicha joylashadi. G'ildirakning o'qiga nisbatan tishning og'ma burchagi  $\beta = (10 \div 15)^\circ$  (14.1-rasm, *b*). Og'ma tishli uzatmalarda tishlar og'ma joylashganligi sababli o'qlar bo'yicha yo'nalgan yuklama hosil bo'ladi. Og'ir yuklangan uzatmalarda qo'shimcha yuklanishdan qochish maqsadida ikkilangan og'ma tishli uzatmalardan foydalaniladi, ularni shevron tishli uzatma deyiladi (14.1-rasm, *v*).

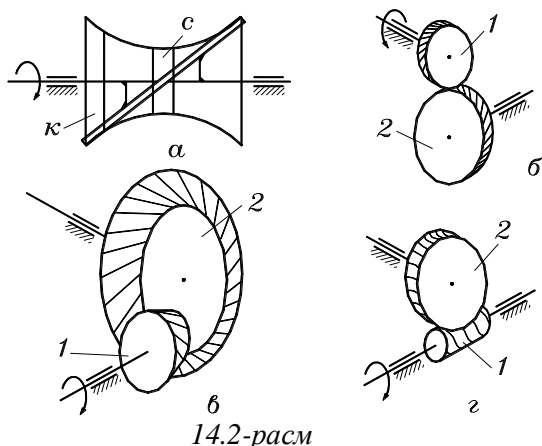
Bunday tishli g'ildiraklarni tayyorlash qiyin bo'lganligi sababli kam ishlatiladi (masalan, prokat stanlarida).

## G'ildirakning o'qlari kesishuvchi uzatmalar

Bunday uzatmalarda tishli g'ildirak tishlari kesik konus yasovchilari bo'yicha joylashadi, shuning uchun ularni konusli uzatmalar deyiladi. Konusli uzatma sxemasi 14.1-rasm *g* da keltirilgan. G'ildirak o'qlarning kesishish burchagi har xil bo'lishi mumkin, ko'pincha bu burchak  $90^\circ$  ga teng bo'ladi. 14.1-rasm *d* da ko'rsatilganidek konusli uzatmalarni ko'pincha kesik konus ko'rinishida tasvirlaydilar. Oldingi holatdagidek iks shaklidagi belgilar g'ildirakni valga qattiq mahkamlanganini bildiradi. Konusli uzatmalar to'g'ri tishli, og'ma tishli va yumaloq tishli uzatmalarga bo'linadi. To'g'ri tishli g'ildirak tishlari kesik konus yasovchilari bo'yicha joylashadi, og'ma tishli esa konusda vint chizig'i bo'yicha, yumaloq tishlar planda aylana bo'yicha chiziladi (tish yasashdagi texnologik jarayonni qisqartirish maqsadida, bunday tishlar yumaloq kesuvchi asbobda yasaladi).

## G'ildirak o'qlari ayqash uzatmalar

Bunday uzatmalarda g'ildirak tishlari giperbola aylanishidagi yasovchi buyicha joylashadi. Giperbola aylanish quyidagiga yasaladi. Agar podshipnikda joylashgan o'qqa (14.2 -rasm *a*) boshqa tekislikda joylashgan reykani qattiq mahkamlansa va bu qattiq sistemani o'q atrofida aylantirilsa, reyka fazoda iz qoldiradi, shu izda giperbola g'ildirak tishlari joylashadi. Mos ravishda, bunday uzatmalarni giperboloidli uzatma deyiladi.



Tishli g'ildirak yasash uchun giperbolaning alohida qismlaridan foydalaniladi. Agar tishli g'ildirak uchun giperbola aylanishining o'rta qismi olinsa (14.2-rasm, *a*), u holda bu g'ildiraklar vintli uzatmani xosil qiladi (14.2-rasm, *b*). Ko'pincha bunday uzatmalarda valning ayqash burchagi  $90^\circ$  ga teng bo'lib, ko'tarish burchagi –  $45^\circ$  ga teng tishlar vint chiziqlarida joylashadi. Bu g'ildiraklar qiya tishli og'ish burchagi katta tsilindrik g'ildiraklarga

o'xshash bo'ladi. G'ildirakning kichik enidan giperbola yuzasining egriligi bilinmaydi.

Agar tishli g'ildirak uchun giperbolaning chetki qismi olinsa (14.2-rasm, *a*), u holda bu g'ildiraklar gipoidli uzatma hosil qiladi (14.2-rasm, *v*). Ko'pincha, bunday uzatmada, oldingi holatdagidek, ayqash burchaklar  $90^\circ$  ga teng bo'ladi. Gipoidli uzatmaning g'ildiraklari qiya tishli konusimon bo'lib, tishning og'ish burchagi katta bo'ladi. Giperbola yuzasining egriligi bilinmaydi. Gipoidli uzatmalar avtomobilg' va traktorlarda boshlang'ich g'ildiraklarga bosh uzatma sifatida yuqori o'tishlikni va turg'unlikni ta'minlash uchun foydalaniladi. G'ildirak o'qlari ayqash uzatmalarga chervyakli uzatmalar ham kiradi (14.2-rasm, *g*). *1* – chervyak – bu bir kiruvchi vint. CHervyakli g'ildirak *2* ning tishlari ma'lum burchak oralig'ida chervyakni qamrab oladi. CHervyakli uzatmalar katta uzatish nisbatiga ega bo'lishi mumkin, lekin ishqalanish kuchi katta bo'lganligi sababli katta quvvatlarni uzatishda foydalanish chegaralangan.

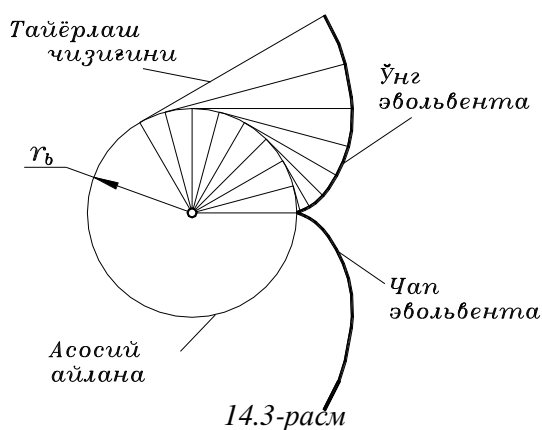
## Evol'venta bo'yicha ilashish va uning xossalari.

Evol'ventaning yasashini quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Barabanga (14.3-rasm) soat strelkasi harakatida ip o'ralgan. Bu ipni uning tarangligini saqlagan holatda bo'shatamiz. 14.3-rasmda ipni g'altakdan bo'shatish protsessining 8 holati ko'rsatilgan. Ip

oxiri egrilik yasaydi, uni evol'venta deyiladi. Boshqacha qilib qaralganda: to'g'ri chiziqni aylanada sirpantirmasdan harakatlantirilganda uning biron bir nuqtasi evol'venta egri chizig'ini chizadi.

To'g'ri chiziqni dumalash chizig'i, aylanani esa asosiy aylana deyiladi. Evol'ventani quyidagi xossalardan ilashmalarni loyihalash jarayonida foydalanish mumkin:

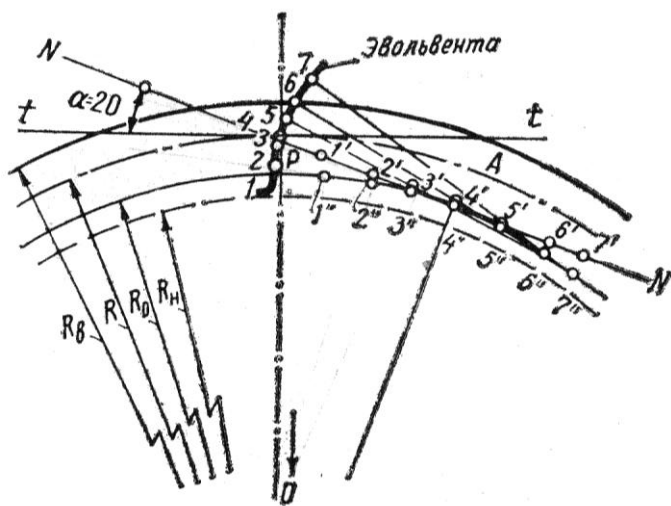
1. Evol'ventaga o'tkazilgan normal asosiy aylanaga urunma bo'ladi.
2. Evol'venta egrilik markazi asosiy aylanada yotadi
3. Aniq nuqtadagi evol'ventaning egrilik radiusi asosiy aylanaga o'ralgan yoy uzunligiga teng.



Soat strelkasiga teskari barabandan ip bo'shatilganda, unda o'ng evol'venta hosil bo'ladi, bunda bo'lajak g'ildirakning o'ng tishi loyihalanaadi. Agar ip soat strelkasiga teskari o'ralganda, soat strelkasi bo'yicha bo'shatiladi, unda chap evol'venta yasaladi, tishni chap tomoni loyihalanaadi.

Evol'venta o'ziga xos egri chiziq bo'lib, ma'lum tartibda yasaladi. Evol'venta, oddiy qilib aytganda, aylananing yoyilmasidir; aylananing ma'lum nuqtasi shu aylanaga o'tkazilgan urinmalarga chiqarib borilsa, bu nuqta evol'venta deb ataluvchi egri chiziq chizadi (14.3-shakl). Bunda:

$\overline{11'} = 01'$ ;  $\overline{22'} = 02'$ ;  $\overline{33'} = 03'$ ;  $\overline{44'} = 04'$ ;  $\overline{55'} = 05'$ ;  $\overline{66'} = 06'$ ;  $\overline{77'} = 07'$ ;  $\overline{88'} = 08'$  Yo yilgan aylanaga (evolyutaga) urinma bo'lgan chiziqlar evol'ventaning tegishli nuqtalarining egrilik radiuslaridir.



Biz quyida tishning evol'venta profilini qanday hosil qilish bilan tanishib o'tamiz (14.4-rasm). Tishning evol'venta profilini hosil qilishda  $O$  markazdan  $R$  boshlang'ich aylana radiusi bilan yoy chizib olamiz.  $OR$  vertikal chiziq o'tkazib  $R$  nuqtadan  $R$  ga tik qilib  $t-t$  – urinma chiziqni o'tkazamiz. SHu urinma chiziqqa  $\alpha = 20^\circ$  burchak ostida  $NN$  normal chiziqni (yoki tashkil etuvchi chiziqni) o'tkazamiz.

So'ngra  $O$  markazdan  $NN$  ga tik chiziq o'tkazib, uning  $NN$  bilan kesishgan nuqtasini  $A$  bilan belgilaymiz. So'ngra  $OA = R_0$ , ya'ni asosiy aylana radiusi bilan yoy chizamiz. Endi  $AR$  ni teng bo'laklarga bo'lib olamiz ( $1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', \dots$ ),  $A$  nuqtadan boshlab asosiy aylanani ham huddi shunday bo'laklarga bo'lib chiqamiz ( $1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7'', \dots$ ). Evol'ventaning xossasiga asosan evol'ventaning istalgan nuqtasiga o'tkazilgan egrilik radiusi evol'ventaga urinma

ekanligidan foydalanib, evol'venta qismini quramiz.  $NV$  normal chiziq evol'venta ustiga sirg'anmasdan faqat yumalanishi natijasida, ya'ni  $1'$  nuqta  $1''$  ustiga tushganda  $1''\bar{1} = \bar{1}1,2'$  nuqta  $2''$  nuqta ustiga tushganda  $2''\bar{1} = \bar{2}1,3'$  nuqta  $3''$  ustiga tushganda  $3''\bar{1} = \bar{3}3,4'$  nuqta  $4''$  ustida bo'lganda  $4''\bar{1} = \bar{4}4,5'$  nuqta  $5''$  ustida bo'lganda  $5''\bar{1} = \bar{5}1,6'$  nuqta  $6''$  ustida bo'lganda  $6''\bar{1} = \bar{6}1$  va nihoyat  $7'$  nuqta  $7''$  ustida bo'lganda  $7''\bar{1} = \bar{7}7$  bo'ladi.

SHunday qilib, 1,2,3,4,5,6,7 nuqtalarni birlashtirsak 14.4-shakl,  $a$  dagi evol'venta egri chizig'ini hosil qilgan bo'lamiz. Evol'ventaning  $I$  nuqtasi evol'ventada (asosiy aylanada) bo'ladi. SHu nuqtani  $O$  markaz bilan birlashtiramiz. SHakldagi evol'ventani tish shakliga keltirish uchun tish parametrlaridan foydalanib simmetriya yo'li bilan qolgan yarmini qurish qiyin emas.

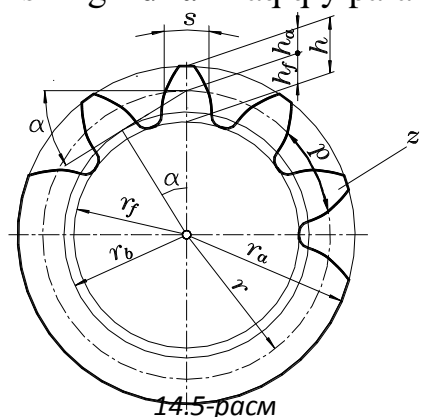
Tishlarning barcha o'lchamlari boshlang'ich tsilindrda yoki uning ortogonal proektsiyasi boshlang'ich aylanadan hisoblanadi. Tishli g'ildiraklar o'ngga va chapga aylanishi mumkin.

Evol'venta profilli tishli g'ildiraklar hozirgi kunga qadar jahon mashinasozligida katta o'rin olib kelmoqda. Evol'venta profilli tishli g'ildiraklar ishlatilmagan mashinasozlik sohasini uchratish qiyin. SHuning uchun biz ham normal evol'venta profilli tishli g'ildiraklar geometriyasi va kinematikasi bilan batafsal tanishib o'tamiz. Evol'venta matematik tenglamasi bo'lgan egri chiziq bo'lib, uni texnikaviy chiziq deb ham ataydilar.

### Evol'ventali tishli g'ildirakning asosiy geometrik parametrlari.

Evol'ventali tishli g'ildirakning geometrik parametrlari standartlash-tirilgan. Bu parametrlarni normal tishli g'ildiraklar uchun ko'rib chiqamiz.

Tishli g'ildirak haqiqiy parametrlariga quyidagilar kiradi:  $z$ -tishlar soni,  $r_a$ -g'ildirakni kallagi buyicha aylana radiusi;  $r_f$  -g'ildirak oyoq aylana radiusi (14.5-rasm). Qolgan parametrlar hisoblab chiqiladi. Tish balandligi shartli ravishda ikki qismga bo'linadi:  $r$ -bo'luvchi aylana radiusi yordamida bosh va oyoq qismga. Tish balandligi ya'ni bosh va oyoq aylanalari orasidagi masofa  $h$  harfi bilan belgilanadi,  $h_a$  – tish bosh balandligi,  $h_f$  – tish oyoq balandligi standartga asosan,



$$h_f = 1,25h_a \quad (1)$$

$R_0$  – evol'venta yasaladigan asosiy aylana radiusi. Bu aylana tishli g'ildirak tishlariga qarab tish oyoqg'i aylanasidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin.

Tishning evol'ventasi bosh aylanada o'tkir qirra yasaydi, tish asosida esa evol'venta silliq tish oyoqg'i aylanasiga yordamchi egrilik orqali o'tadi, uni *galtel* deyiladi. Tishli g'ildirak asosiy parametrlaridan biri bo'luvchi aylana bo'yicha olingan  $R$  tish qadami hisoblanadi – bu ikki siljiydigan bir xil tish profillari aylanada o'lchanadigan masofa (14.5-rasm). Qadamning yarmisi bo'luvchi aylanada  $S$  – tish qalinligini tashkil etadi, ya'ni  $s = 0,5$ .



Tish profilini yasovchi uchun foydalanadigan evol'venta, asosiy aylanadan boshlanib, bosh aylanadi kesiladi. Evol'ventaning bu qismi a profil burchagidan aniqlanadi. Bu bo'luvchi aylananing bitta nuqtasidan bo'luvchi va asosiy aylanalarga o'tqazilgan urunmalar orasidagi burchak. Standart tishli g'ildirak uchun  $a=20$ .

Yuqorida sanab o'tilgan o'lchamlardan bittasini standartdan tanlash kerak. U qolgan o'lchamlar bilan bog'langan bo'lishi kerak. Bu parametr shunday bo'lishi kerakki, uning qiymati tishni qanday bo'lishligini aniqlashi kerak. Bunga ko'pincha tish qadami to'g'ri keladi.

$$p = \frac{2\pi r}{z} \quad (2)$$

Biroq qadam qiymati ifodasiga  $\pi$  irratsional son kiradi, u o'nli kasrda cheksizlikka ega. SHuning uchun qadamni standartlashtirib bo'lmaydi.  $\pi$  sonini qatnashtirmasdan bu ifodani bir qismini standartlashtirish mumkin.

Bu qiymatni  $m$  tish moduli deyiladi:

$$m = \frac{2r}{z} \quad (3)$$

Modul tish qiymati bilan bog'langan, ya'ni modul' son qiymati bo'yicha tish kallagi balandligiga teng,

$$m = h_a \quad (4)$$

Modul' standart qiymat hisoblanib,  $mm$  da o'lchanadi, shuning uchun tishli g'ildirakning hamma o'lchamlari "mm" da o'lchanadi. Standartga asosan qator mavjud modullar millimetrning yarmidan 100 mm gacha qiymatni qabul qiladi. Modulning ba'zi bir qiymatlari:  $m=0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5 \dots 100$  mm. Tishli g'ildirak geometrik parametrlari uning tishlar soni, standart modul va standart profil burchagi  $a=20$  larni bog'lovchi formulalar quyidagicha bo'ladi: (3) ni hisobga olib, bo'luvchi aylana radiusi

$$r = \frac{mz}{2} \quad (5)$$

3 ifodani hisobga olib, tish kallagi bo'yicha aylanasini radiusi

$$r_a = r + m \quad (6)$$

Tish oyoqg'i bo'yicha aylana radiusi

$$r_f = r - 1,25m \quad (7)$$

Asosiy aylana radiusi

$$r_b = r \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

Tishni umumiy balandligi

$$h = 2,25 \cdot m \quad (9)$$

Bo'luvchi aylana bo'yicha tish qadami

$$p = \pi \cdot m \quad (10)$$

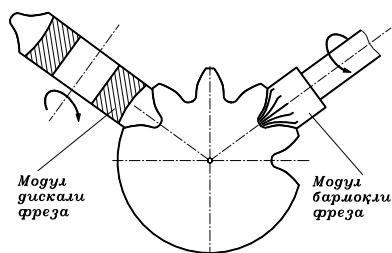
Bo'luvchi aylana bo'yicha tish qalinligi

$$S = \frac{p}{2} \quad (11)$$

Bu formulalardan ko'rinib turibdiki, standart normal tishli g'ildirakning hamma geometrik o'lchamlarini aniqlash uchun ikkita qiymatni bilish kifoya –  $z$  tishlar soni va  $m$  moduli.

## Evol'ventali tishli g'ildiraklarni tayyorlash usullari.

Tishli g'ildiraklarni tayyorlashni ikki xil usuli bor: nusxalash va qamrama usuli. Nusxalash usulida qadami teng bo'lingan tishli g'ildiraklar tayyorlanadi, bunda instrument



14.6-расм

formasidan nusxa qilinadi, uning yordamida g'ildirak zagotovkasida tishlar oralig'idagi bo'shliqlar kesiladi. Ko'pgina holatlarda kesuvchi asbob sifatida modul diskali yoki barmoqli frezalar qo'llaniladi (14.6-rasm).

Frezalarni modulli deyiladi, chunki har bir freza g'ildirak zagotovkasidan aniq modulli ikki tish oralig'idagi

bo'shliq olib tashlanadi. Biroq bir xil modulli tish formasi har xil bo'lishi mumkin, u g'ildirakdagi tishlar soniga bog'liq. Bundan ko'rinadiki, evol'venta egriligi asosiy aylana radiusiga bog'liq.

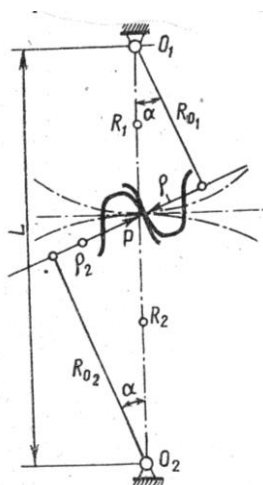
Har xil modulli tishlarda tish oralig'idagi forma ham mos ravishda har xil bo'ladi. SHunday qilib, bir xil modulli frezalar soni mos ravishda shu modulli har xil tishlar soniga mos keladi. Frezalar sonini kamaytirish maqsadida, tish formasiga va 20, 21, 22 tishlar soniga yaqin tishli g'ildiraklarni bir xil modulli frezada yasashda ba'zi-bir xatolikka yo'l qo'yish mumkin. SHuning uchun, modulli frezalarda modul va freza bilan kesilishi mumkin bo'lgan tishli g'ildirak tishlar soni belgilab olinadi.

Biroq, nusxalash metodining bu bitta kamchiligi emas. Bitta chuqurlik kesilgandan so'ng, tishli g'ildirak zagotovkasini bir burchak qadamga burish kerak, unda keyingi chuqurlik kesiladi va h. k. Hamma tishlar kesilib bo'lguncha qadar davom ettiriladi. Bu metodning aniqlik darajasi yuqori bo'lgani bilan ish unumdorligi past. SHu sababi, hozirgi paytda nusxalash metodi bo'yicha tishli g'ildiraklarni kesib tayyorlash amalda kam qo'llanilmaydi.

Qamrama usulda tishli g'ildirak yasaladigan xom-ashyo hamda tish shakliga ega bo'lgan qirquvchi asbob dastgohda bir-biriga ilashadigan qilib harakatlantiriladi, bunda ilashish jarayoni yuzaga keladi. Asbobga ilashish harakatidan tashqari, yana texnologik qirqish harakati ham beriladi. Bunda asbobning qirquvchi qirralari harakat chog'ida tishli sirt shaklini chizadi, bu sirt **yasovchi sirt** deb ataladi. Yasovchi sirt yasaluvchi tishning yon yuzasini qamragan holda harakatlanganligi uchun bu usul **qamrama usul** deyiladi.

## Novikov tishli uzatmasi.

Novikov ilashishi bilan ishlaydigan uzatmalarda temperatura  $65^{\circ}$  gacha boradi. Bu esa evol'ventali ilashishga qaraganda  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  kamdir. Bir juft tish ilashishiga to'g'ri kelgan ishqalanishga yo'qolish —1%, evol'ventali tishli uzatmada 2—3% ni tashkil qilardi.



14.7-расм

Tish profilini o'zgartirish sohasida ko'pgina olimlar ishladilar. Bu olimlarning fikrlari ish profillari qabariq-botiq bo'lganda kontaktdagi kuchlanishlar eng qulay bo'lgan tishli g'ildiraklarni ishlab chiqish edi. Bunday urinishlar hamon amaliy yechimga ega bo'lmadi;

Texnika fanlari doktori Mixail Leontg'evich Novikov (1915-1957 yillar) 1954 yilda tishlari nuqtali kontaktga ega bo'lgan tishli ilashish nazariyasini ishlab chiqdi. M. L. Novikov ilashishida

yasalgan tish profillari aylana yoyidan iborat bo'lib, uzatmalar esa evol'venta profilli uzatmalarga nisbatan 2-3 marta ko'p kuchlanishga chidamlidir.

Novikov uzatmalari katta kuchlar talab qiladigan uzatmalarda qo'llanadi. Bunda kontakt zonasining kattaligi quvvat uzatishni oshirsa, harakat uzatilishidagi tish profillarining nisbiy yumalashi ishqalanishni kamaytirardi.

Evol'venta profilli tishli mexanizmdagi tutashma profilg' kontaktidagi nisbiy puxtalik yetarli darajada emas. Bunday mexanizm gabaritlari o'qlararo masofa bilan xarakterlanadi.

Kontaktning puxtaligi yuza bo'yicha kontaktning ezilishidagi kuchlanishiga bog'liq (14.7-rasm).

$\rho_1$  - birinchi g'ildirak tishi profilining egrilik radiusi;

$\rho_2$  - ikkinchi g'ildirak tishi profilining egrilik radiusi;

$R_1$  - shesternya boshlang'ich aylanasining radiusi;

$R_2$  - g'ildirak boshlang'ich aylanasining radiusi;

$\alpha$  - ilashish burchagi;

$L$  - o'qlararo masofa.

CHiziqli kontaktning kamchiligi yana shundan iboratki, tishlar aniq tayyorlanmaydi, ba'zan vallarda deformatsiya bo'ladi. Bular esa tish chizig'i bo'yicha tushadigan kuchni bir tekisda tarqalishini buzadi.

Novikov ilashishida tutash profillarning kontakt nuqtasi tsilindrik o'qlarga parallel chiziq bo'ylab bo'ladi. Evol'ventali ilashishda esa bu nuqta normal chiziq bo'ylab borishini ko'rgan edik. SHuning uchun Novikov ilashishidagi yon kesimidagi ilashish koeffitsienti nolga tengdir, chunki ilashish chizig'i bu holat uchun nolga teng. Novikov uzatmasidagi tishlar og'ma tishlar bo'lganligidan ilashish koeffitsientining bo'lishi shartdir. CHunki og'ma tishli g'ildiraklar uchun ilashish koeffitsienti quyidagi formula bilan topilar edi:

$$\varepsilon_k = \varepsilon + \frac{btg\beta}{t_s} \quad (12)$$

Bu yerda  $t_s$  - og'ma tishli ilashishdagi yon qadam;

$b$  - tishning kengligi;

$\varepsilon$  - evol'gent tishli ilashishdagi ilashish koeffitsienti;

$\beta$  - og'ma tishning boshlang'ich tsilindrga og'ish burchagi.

Agar  $\varepsilon=0$  bo'lsa, Novikov ilashishi uchun ilashish koeffitsienti quyidagicha topiladi:

$$\varepsilon_H = \frac{btg\beta}{t_s} \quad (13)$$

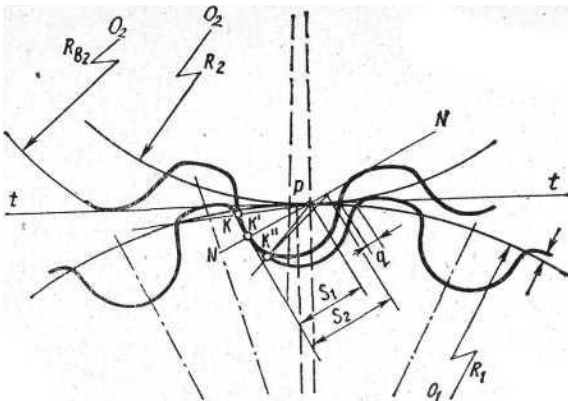
O'q bo'yicha qadam  $t_0 = t_s \cdot tg\beta$  ni hisobga olganda Novikov ilashishi uchun  $\beta$ ,  $b$ , va  $t_s$  larni tanlash yo'li bilan hamma vaqt  $\varepsilon_H > 1$  ni olish mumkin. Ko'pincha  $\varepsilon_H = 1,05 \div 1,2$  oralig'ida bo'ladi.

Tishlarning qirqimi aylana bo'lgan va g'ildirak o'qlariga tik bo'lgan Novikov ilashmasida tishini profil loyihalash bilan tanishib o'tamiz (14.8-rasm).

Agar uzatish soni  $i_{21}$  va ikki g'ildirak markazlarining oralig'i ( $L$ ) berilgan bo'lsa, u holda  $O_1$  va  $O_2$  markazlardan chiqarilgan boshlang'ich aylanalarda radiuslari quyidagicha topiladi:

$$R_1 = L \cdot \frac{i_{21}}{i_{21} + 1}; \quad R_2 = L \cdot \frac{1}{i_{21} + 1} \quad (14)$$

Huddi evol'ventali ilashmaganidek ilashish qutbi  $P-L$  chizig'i ustida va ikki aylananing uringan nuqtasida bo'ladi. Bosim burchagi (umumiy urinma bilan umumiy normalning yon qirqimga proektsiyasi orasidagi burchak)  $\alpha = 20^\circ - 30^\circ$  oralig'ida qabul etiladi.



14.8-расм

Tishlarning boshlang'ich tsilindrga og'ish burchagi  $\beta = 10^\circ - 30^\circ$  oralig'ida olinadi. Tish qabariq profilining radiusini topib, u bilan qutbni markaz qilib yoy chizamiz. Bu radius taxminan quyidagicha topiladi:  $\rho_1 = 1,25 m_\delta = (0,05 \div 0,2) R_1$

(15)

Botiq profilg' radiusi quyidagicha topiladi:

$$\rho_2 = (1,03 \div 1,10) \rho_1 \quad (16)$$

Umuman Novikov ilashmasida chiqiqlik aylana radiuslari quyidagicha topiladi:

$$\left. \begin{aligned} R_{b1} &= R_1 + (1 - R)l \\ R_{b2} &= R_2 + h \end{aligned} \right\}$$

Bu yerda  $l$  - siljish;

$K = 0,1 \div 0,2$  - tish boshi bilan tish bag'ri orasidagi oraliqni bildiruvchi koeffitsient;

$h$  - tish boshlang'ich aylana bilan chiqiqlik aylana orasidagi masofa;

Qabariq va botiq tishlarning kengligi boshlang'ich aylana bo'yicha o'lchanalanib, ikki tutash tishlar orasidagi munosabat quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{a_1}{a_2} = 1,3 \div 1,5$$

bunda  $a_1$  - qabariq tish kengligi;

$a_2$  - botiq tish kengligi,

Bundan boshqa  $a_1$  bilan  $a_2$  ning yon qirqim qadami bilan yon oraliq orasidagi bog'lanishda ko'rsatish mumkin:

$$a_1 + a_2 = t_s - q \quad (17)$$

bunda  $t_s = \pi m_s$  - yon tomon ilashish qadami,

$q = 0,2 \div 0,4 \text{ mm}$  - yon oraliq.

## 15-MA'RUZA: SIRPANISH VA BOSIM KOEFFITSIENTLARI. PLANETAR MEXANIZMLAR. PLANETAR REDUKTORLARNI LOYIHALASH.

### O'quv modul birliklari

1. Sirpanish va bosim koeffitsientlari
2. Planetar mexanizm va ularning uzatish nisbatlari
3. Planetar reduktorlarni loyihalash

### Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)

*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Sirpanish koeffitsientini aniqlashni biladi
2. Planetar mexanizm haqida tushunchaga ega bo'ladi
3. Planetar mexanizmlarni uzatish nisbatlarini aniqlay oladi
4. Planetar reduktorlarni loyihalashni biladi
5. Siljish koeffitsientlarini belgilay oladi

### Sirpanish va bosim koeffitsientlari.

AV-nazariy ilashish chizig'i;

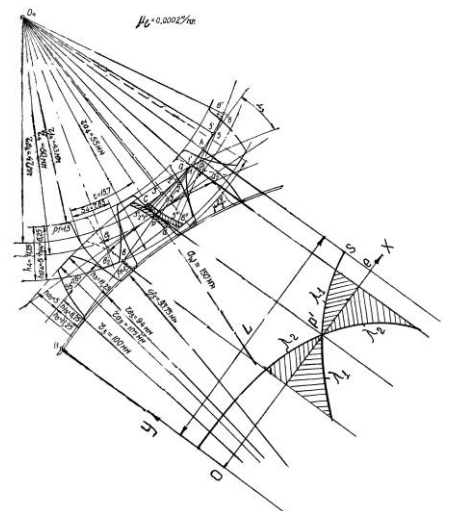
Ab-amaliy ilashish chizig'i;

Gd va ef-tish profilini ishchi yuzasi. Tishning qolgan qismi galtelg' deyiladi.

$$P_0 d = \frac{R(ab)}{R_1 \cos \alpha} = \frac{ab}{\cos \alpha} \text{ -boshlang'ich aylana bo'yicha}$$

ilashish yoyi;

$$\varepsilon = \frac{dP_0}{t} = \frac{ab}{t \cos \alpha} \text{ -qoplanish koeffitsienti.}$$



Evolg'vantaning xossasidan foydalanib asosiy aylanadigan 'od yoyini amaliy ilashish chizig'i orqali belgilab olamiz. Sirpanish koeffitsienti

$$\lambda = \frac{V_{ck}}{V^t}$$

15.1- rasм

$V_{ck}$  -sirpanish tezligi;

$V^t$  -tishlarni birlashgan yeridagi tezlikni tangetsial yo'nalishi.

Tish profilini ishchi uchastkasi bir-biri ustida dumalaganda sirpanish yuzaga keladi.

Demak, o'sha yerda ishqalanish yuzaga keladi va uni xarakterlaydigan sirpanish koeffitsienti  $\lambda_1$  va  $\lambda_2$  larni quyidagi formula orqali topamiz.

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= 1 + i_{21} - \frac{l}{x} i_{21} \\ \lambda_2 &= 1 + i_{12} - \frac{l}{l-x} i_{12} \end{aligned} \right\}$$

$L=AB$  nazariy ilashish chizig'ini uzunligi

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Z_2}{Z_1};$$

$x$ -A nuqtadan birinchi tishli g'ildirakli asosiy aylanasigacha bo'lgan masofa.

### Planetar mexanizmlar va ularni tezliklar kartinasini qurish.

Tishli mexanizmlarda ba'zi o'qlari qo'zg'aluvchi bo'lsa bunday mexanizmlar planetar mexanizmlar deyiladi. Planetar mexanizmlarlarni qo'zg'aluvchanlik darajasi ikki yoki undan ko'p bo'lsa bunday mexanizmlar differentsiyal mexanizmlar deyiladi.

$$W=3n-2P_5-P_4=3 \cdot 4-2 \cdot 4-2=2$$

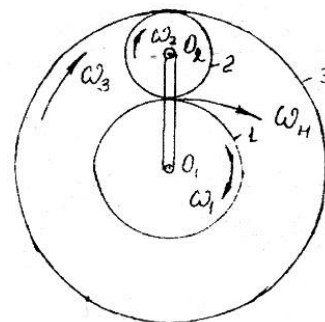
Demak  $\omega_1$ ,  $\omega_3$  va  $\omega_N$  lar bog'lovchi formulani chiqarish uchun, hamma zvenolarga qo'shimcha  $\omega_N$  tezlik beramiz, lekin bu tezlik  $N$  burchak tezligiga qarama-qarshi yo'nalgan ya'ni

$$\omega_1 \omega_1^H = \omega_1 - \omega_H$$

$$\omega_3 \omega_3^H = \omega_3 - \omega_H$$

$$\omega_H \omega_H^H = \omega_H - \omega_H = 0$$

$$i_{13}^H = \frac{\omega_1^H}{\omega_3^H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H}$$



15.2- rasм

Planetar va differentsiyal mexanizmlar avtomobillarda, qishloq xo'jaligi mashinalarida va aviatsiyada keng qo'llaniladi.

Yuqoridagi mexanizmda 3-g'ildirak harakat qilmasa unda

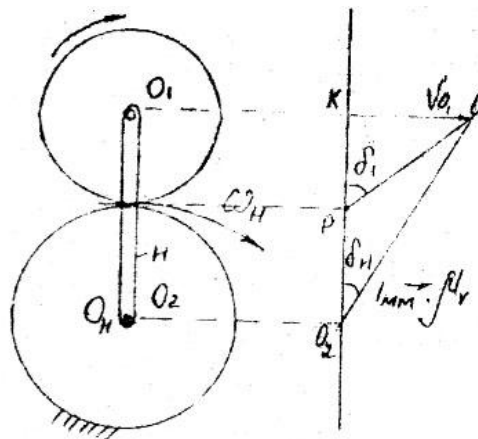
$$i_{12}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{-\omega_H} = 1 - \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 - i_{1H}^3 \quad \text{ёку} \quad i_{13}^H = 1 - i_{13}^H$$

Vodiladan 1 g'ildirakkacha bo'lgan uzatish soni

$$i_{H1}^3 = \frac{1}{i_{1H}^3} = \frac{1}{1 - i_{12}^H}$$

L.P.Smironov metodi bo'yicha planetar va differentsial mexanizmlarni tezliklarini topish.

$$V_{a1} = \omega_1 r_1 = \omega_H (r_1 + r_2)$$



$$i_{H1}^3 = \frac{\omega_1}{\omega_H} = \frac{r_1 + r_2}{r_1}$$

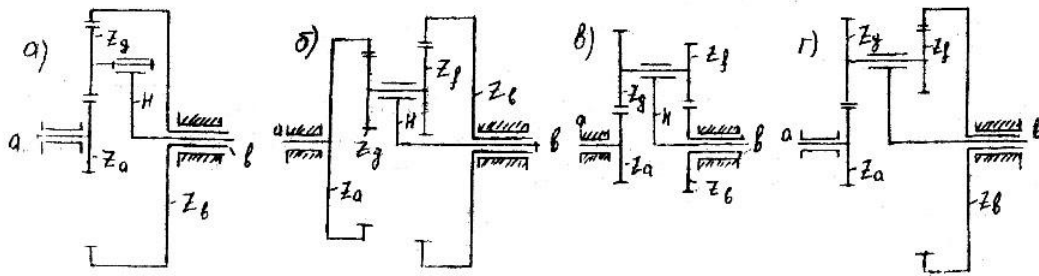
$$\omega_H = \frac{\mu_v}{\mu_1} \operatorname{tg} \delta_H, \quad \omega_1 = \frac{\mu_v}{\mu_1} \operatorname{tg} \delta_1$$

15.3 rasmi

$\mu_v$  va  $\mu_1$  - sxema va tezliklar masshtabi.

$$i_{12}^H = \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1 \cdot Z_2}$$

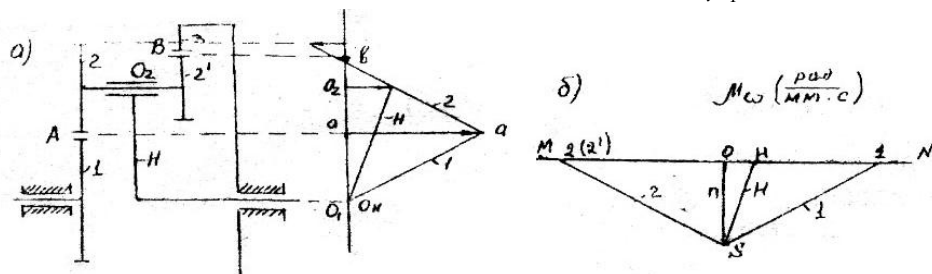
15.4 rasm, a, b, v, g shakllarda. oddiy differentsiyal mexanizmlarni kinematikaviy sxemasi ko'rsatilgan. Ular vodilo N, satellitlar  $Z_g$  (yoki  $Z_g-Z_f$ ) markaziy g'ildiraklar,  $Z_a$  va  $Z_b$  dan iborat.



15.4 rasm

	$i_{Ha}^h$	$i_{Ha}^a$	$i_{aH}^a$	$i_{aH}^b$	$i_{ba}^H$	$i_{ab}^H$
a)	$\frac{1}{1 + \frac{Z_b}{Z_a}}$	$\frac{1}{1 + \frac{Z_a}{Z_b}}$	$1 + \frac{Z_a}{Z_b}$	$1 + \frac{Z_b}{Z_a}$	$-\frac{Z_a}{Z_b}$	$-\frac{Z_b}{Z_a}$
b)	$\frac{1}{Z_a \cdot Z_b}$	$\frac{1}{Z_a \cdot Z_f}$	$1 - \frac{Z_a \cdot Z_b}{Z_g \cdot Z_b}$	$1 - \frac{Z_g \cdot Z_b}{Z_a \cdot Z_f}$	$\frac{Z_a \cdot Z_f}{Z_g \cdot Z_b}$	$\frac{Z_g \cdot Z_b}{Z_a \cdot Z_f}$
v)	$\frac{1}{1 - Z_a \cdot Z_f}$	$\frac{1}{1 - Z_g \cdot Z_b}$				
g)	$\frac{1}{Z_a \cdot Z_b}$	$\frac{1}{Z_a \cdot Z_f}$	$1 + \frac{Z_a \cdot Z_b}{Z_g \cdot Z_b}$	$1 + \frac{Z_g \cdot Z_b}{Z_a \cdot Z_f}$	$-\frac{Z_a \cdot Z_f}{Z_g \cdot Z_b}$	$\frac{Z_g \cdot Z_b}{Z_a \cdot Z_f}$

$$\mu_v = \frac{V_A}{P_1 a} \frac{m/\text{сек}}{\text{мм}}, \quad \mu_v \text{ - mexanizm sxemasi masshtabi} \quad \omega_2 = \operatorname{tg} \beta \frac{\mu_v}{\mu_1};$$



15.5 rasm

### Planetar reduktorlarini loyihalash

Planetar mexanizmni loyihalash oldindan belgilangan uzatish nisbatini qanoatlantiradigan g'ildiraklarning tishlari sonini belgilab olishdan boshalanadi. Tanlangan tishlar soni quyidagi uchta shartni bajarish kerak:

1. O'qlarning ustma-ust tushish sharti; bunda markaziy g'ildiraklar uchun geometrik o'q yagona bo'ladi.

$$\frac{mZ_1}{2} + 2\frac{mZ_2}{2} = \frac{mZ_3}{2} \text{ ëku } Z_1 + Z_2 = Z_3 - Z_2, Z_1 + 2Z_2 = Z_3$$

2. Qo'shnichilik sharti; bunda o'qlar fazoda harakatlanadigan g'ildiraklar satelitlarning bir-biriga tegmasdan erkin harakatlana olish tahminlanadi.

$$\sin \frac{\pi}{k} \geq \frac{Z_2 + Z_3}{Z_1 + Z_2}$$

3. Yig'ish sharti; bu shart satellit o'qlarining markaziy o'qqa nisbatan bir xil burchakda joylashuvini hamda satelitlarning mexanizmga erkin o'rnatilishi taminlaydi.

$$\frac{Z_1 \cdot U_{1H}}{k} (1 + pk) = B$$

k-satellitlar soni;

p-vodiloning to'liq aylanishlar soni;

B-ixtiyoriy butun son.

Bu shartni bajarilishi shundaki, agar birorta satellit o'rnatib olingandan so'ng o'sha vaziyatda keyingi satellitni o'rnatish uchun vodiloni quyidagi burchakka burish kerak bo'ladi.

$$\omega_H = \frac{360^\circ}{k} (1 + pk)$$

Tashqi ilashish hosil qiluvchi g'ildiraklar uchun  $Z_{\min} \geq 17, Z_1 \geq 17$  bo'lib,  $\frac{Z_k}{k}$  butun son bo'ladi.

Ikki ilashma hosil qiluvchi tashqi tishli g'ildiraklar uchun  $Z_{\min} \geq 20$  demak  $Z_1 \geq 20$

Ichki ilashma hosil qiluvchi hamda tishlari ichkarida joylashgan g'ildiraklar uchun  $Z_{\min} = 85$  demak,  $Z_1 \geq 85$ .

### Siljish koeffitsientlarini belgilash.

Siljish koeffitsientlari  $X_1$  va  $X_2$  shunday tanlash kerakki, ularga ko'ra hisoblangan g'ildiraklar va uzatmaning geometrik parametrlari uzatmaning ekspluatatsiya sifatlarini imkoni boricha yaxshi ta'minlashi kerak.

G'ildiraklarni hosil qilish jarayonida tish asosida qirqilish xodisasi yuz bermasligi uchun tanlangan siljish koeffitsienti quyidagi shartni qanoatlantirishi zarur:  $X \geq X_{\min}, Z_1 \geq 20$ . Ichki ilashma hosil qiluvchi hamda tishlari ichkarida joylashgan g'ildiraklar uchun  $Z_{\min} = 85$  demak,  $Z_1 \geq 85$ .

Bunda  $X_{\min}$  qirqilish yuz bermasligi shartiga ko'ra siljish koeffitsientining eng kam qiymatidir. U quyidagi formulaga ko'ra aniqlanadi:

$$X_{\min} = \frac{Z_{\min} - Z}{Z_{\min}} = \frac{17 - Z}{17}$$



$Z_{\min} = 17$  g'ildirak tishlar sononini shunday minimal qiymatiki, reykasimon qirquvchi asbob yordamida bu va bundan katta qiymatdagi tishlar soniga ega bo'lgan hamda tishlar asosi qirqilmagan standart g'ildiraklarni hosil qilishi mumkin.

Muayyan uzatmalar uchun siljish koeffitsientlarining qiymatlarini

1. Smirnov tuzgan qamrash konturlaridan foydalanilgan holda;
2. ISO tavsiyanomalidan foydalanilgan holda;
3. Kudryavtsev jadvallaridan va nomogrammalardan foydalanib topish mumkin.

## **16-MAVZU: TEKISLIK VA FAZODA HARAKATLANUVCHI KULACHOKLI MEXANIZMLAR. KULACHOKLI MEXANIZMLARNI ANALIZI VA SINTEZI**

### **O'quv modul birliklari**

1. Tekislik va fazoda harakatlanuvchi kulachokli mexanizmlar.
2. Kulachokli mexanizmlarni analizi. Kulachokli mexanizmlarni asosiy parametrlari.
3. Kulachokli mexanizmlarni dinamik loyihalash.

### **Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)**

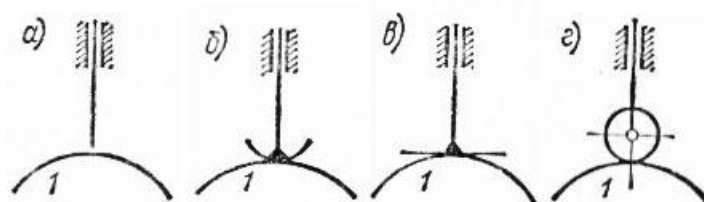
#### ***Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:***

1. Kulachokli mexanizm haqida tushunchaga ega bo'ladi.
2. Kulachokli mexanizm turtkichiga qarab ularni turlarga ajrata oladi.
3. Kulachokli mexanizmning afzalliklari va kamchiliklari qandayligini biladi.
4. Kulachokli mexanizmlarni analiz qila oladi.
5. Kulachokli mexanizmlarning asosiy parametrlarini biladi

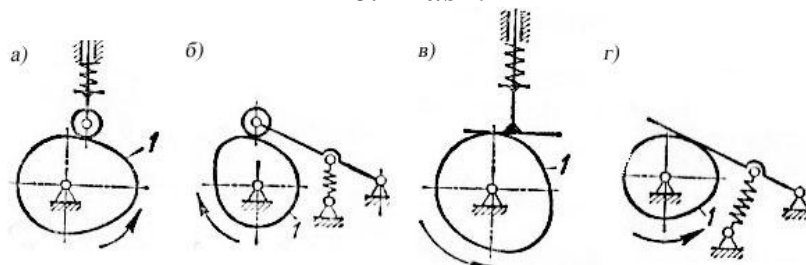
Hozirgi zamon avtomat mashinalardagi ko'p yordamchi operatsiyalar kulachokli mexanizmlar orqali amalga oshiriladi. Bunday mexanizmlar vositasi bilan yetaklanuvchi zvenoning istalgan harakat qonunini olish mumkin. Ba'zi hollarda richagli mexanizm yordamida amalga oshirib bo'lmaydigan qonuniyatlarni kulachokli mexanizm bilan bajarish mumkin. Masalan ichki yonish dvigatelidagi gaz taqsimlovchi mexanizmida vaqtida klapanlarni avtomat ravishda ochib va yopish jarayonini kulachokli mexanizmlar aniq qilib bajaradi.

Kulachokli mexanizm tarkibida oliy kinematik juft hosil qiladigan zveno bo'lib, uning bog'lanish elementi o'zgaruvchan radiusli egri chiziqdan iborat bo'ladi. Kulachok bilan turtkichni ishchi yuzalari ishlash jarayonida yeyiladi. Yeyilishni kamaytirish hamda turtkichning urinuvchi yuzasi bir tekis yeyilishiga erishish, mexanizmni ishonchli ishlashishini oshirish va xizmat muddatini uzaytirish uchun turli xildagi oliy kinematik juft formalaridan foydalaniladi.

Kulachokli mexanizmlardagi oliy kinematik juftlarni geometrik formasi 16.1-rasmda keltirilgan. Bular a) uchli oliy kinematik juft; b) egri yoysimon; v) tarelkali va g) rolikli bo'lishi mumkin. Ularni tekis kulachokli mexanizmlarda qo'llanishi 16.2-rasmda keltirilgan. Oliy kinematik juft elementlarini doimiy bog'lanishini ta'minlash uchun prujinaning kuchidan foydalaniladi.

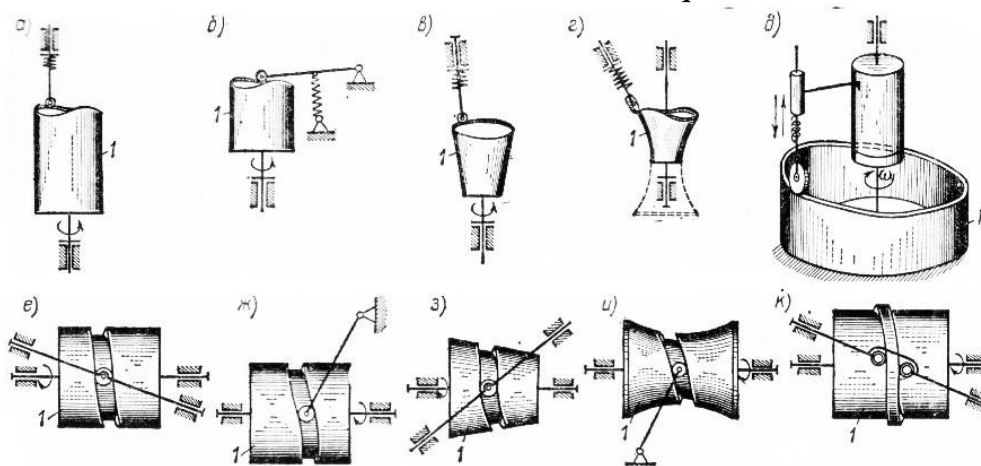


16.1-rasm



16.2-rasm

Bundan tashqari oliy kinematik juftlardagi elementlarning o'zaro urinishi ariqchalar hisobiga (16.6-rasm *a,b*), qamrovchi roliklar hisobiga (16.6-rasm *v,g,d*), geometrik tarzda tutashish orqali yoki og'irlik kuchi, prujinaning elastiklik kuchi (16.2-rasm *a,b,v,g*), suyuqlik yoki havo bosimi tahsirida kuch bilan tutashish orqali tahminlanishi mumkin.



16.3-rasm

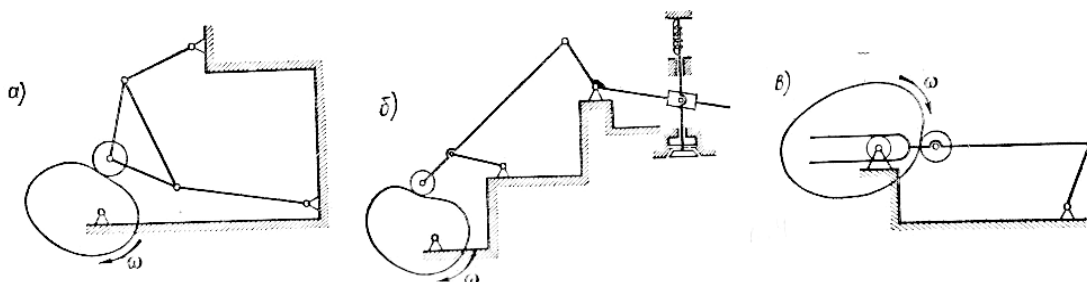
Kulachokli mexanizmlarni kamchiligi: a) loyihalashni juda qiyinligi, ya'ni kulachok traektoriyasini aniq hosil qilish qiyinligi;

b) tayyorlash qiyinligi;

v) ishlash paytida shovqin hosil bo'lishligi;

g) tayyorlashda 0,5 mkm chetga chiqilsa, maksimal kuchlanishdan ikki marta ko'p kuchlanish hosil bo'lishi.

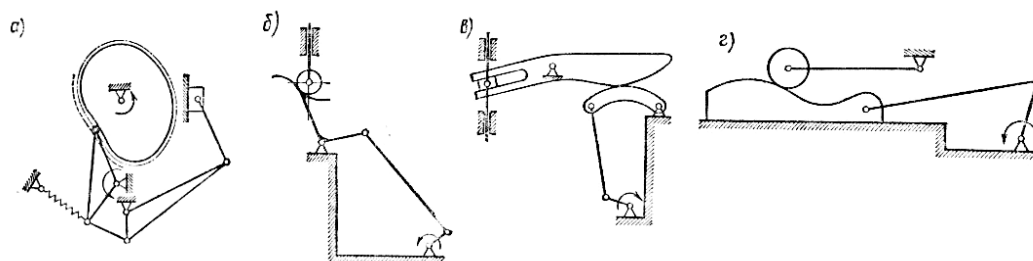
Kulachok ilgariylanma-qaytarilanma, aylanma-tebranma va murakkab harakat qilishi mumkin. Ba'zi hollarda kulachok to'xtab va turtkich harakatlanishi mumkin (16.4-rasm).



16.4-rasm

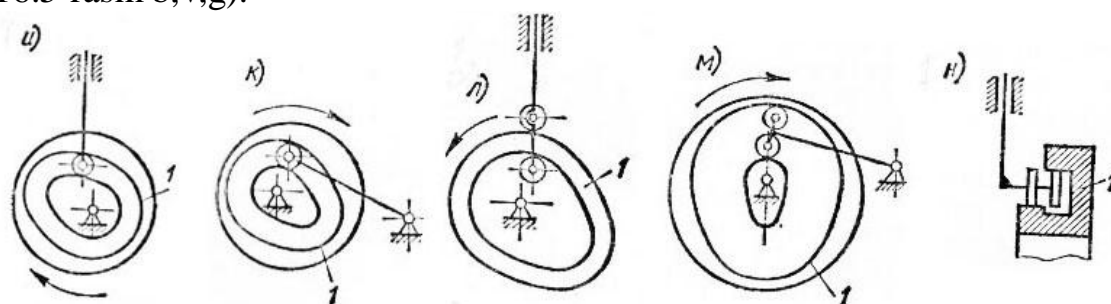
16.3-rasmda fazoda harakat qiluvchi kulachokli mexanizmlar ko'rsatib o'tilgan. 16.3-rasm a,b,v,g – prujina orqali turli harakatdagi turtkichni roliqi tsilindr bilan oliy kinematik juft hosil qiluvchi; 16.3-rasm ye,j,z,i,k fazli rolikli turli harakatdagi turtkichli kulachokli mexanizmlar ko'rsatilgan.

Rolikli turtkichlarda dumalash ishqalinishi bilan almashtirish orqali sirpanish ishqalanishini qisman yo'qotishga, oliy kinematik juftlik elementlarining yeyilishini kamaytirishiga va mexanizmning ishonchli ishlashini oshirishga imkon beradi.



16.5-rasm

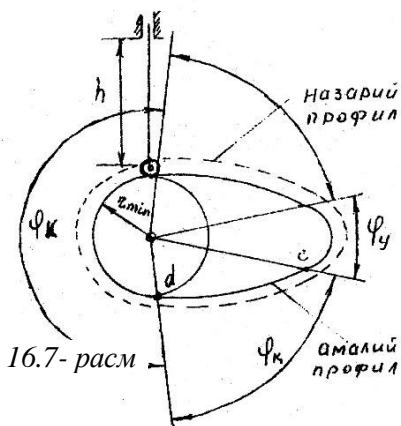
Murakkab harakat qiluvchi turtkichli kulachokli mexanizmlar 16.3-rasmda keltirilgan. Bu mexanizmlar to'qimachilik sanoatida materiallarga, pardalarga gullar solish va boshqa ko'p turdagi mashinalarda ishlatiladi. Ba'zida kulachok ko'p zvenoli richagli mexanizmni harakatga keltiradi (16.4-rasm b va 16.5-rasm a). Kulachok richagli mexanizmdan harakat olib murakkab yuzada ilgarilanma-qaytirilgan harakat qilishi mumkin (16.5-rasm b, v, g).



16.6-rasm.

Hozirgi paytda avtomat mashinalarni yangi avlodi paydo bo'lishi munosabati bilan, ularda tezlik va yuklanishni oshiganligi sababli ko'proq bir va ikki pazli rolikli turtkichli kulachokli mexanizmlarni qo'llash maqsadga muvofiq bo'lmoqda (16.6-rasm). Bu mexanizmni shovqinsiz ishlashini va kulachok profilini uzoq muddat ishlashini tahminlaydi.

### Kulachokli mexanizmlarni asosiy o'lchamlari



Kulachokning aylana yoylari profiliga turtgich tegib turganda u qo'zg'almas vaziyatda bo'ladigan uchastkalari turtkichning yaqinda va uzoqda turish vaziyatlari deyiladi. Profilning qolgan qismlarida turtkich kulachokning radius vektori o'zgaruvchi profilida kulachok markaziga nisbatan siljiydi.

Profilning abcd nuqtalaridan o'tkazilgan radius-vektor orasidagi burchaklar kulachok profili burchaklari deyiladi.

Kulachokli mexanizmning dinamikasini yaxshilash uchun turtkichning siljish chizig'i kulachokning aylanish o'qiga nisbatan ye oraliqqa (ekstsentsitetga) siljiriladi.

Kulachokning bir marta aylanishida kulachok turtkich harakatining burilish burchaklariga mos fazalar quyidagicha bo'ladi.

$$\varphi_k + \varphi_u + \varphi_t + \varphi_{ya} = 360$$

Kulachokli mexanizmning ish burchaklari  $\varphi_k + \varphi_u + \varphi_t + \varphi_{ya} = \varphi_n$ .

$\varphi_k$ -ko'tarilish  $\varphi_u$ -uzoqda turish  $\varphi_t$ -tushish va  $\varphi_{ya}$ -yaqinda turish burchaklari

Mexanizmni tekshirishda amaliy profil ustida yotgan nuqtalardan rolik r radiusi bilan chizilgan aylanalar oilasini hosil qilgan egri chiziqlar birlashmasi nazariy profil deyiladi. Nazariy profil amaliy profilga ekvidistant bo'ladi, ya'ni ikkala profil umumiy normal n - n ga ega bo'ladi va ularning oralig'i har doim n - n bo'yicha rolik radiusi r ga teng. Bunda uchi nazariy profil bo'yicha harakatlanuvchi roliksiz nayzasimon turtkichli ekvivalent mexanizm hosil bo'ladi.

Bunday mexanizmlar soddalashtirilgan nazariy profil bo'yicha analiz qilinadi. Kulachokli mexanizmning asosiy geometrik parametrlariga quyidagilar kiradi: turtkichning yurish yo'li h; siljish (dezaksialning) qiymati ye; turtkichning rolik radiusi r; kulachokning burilish  $\varphi_k$ ,  $\varphi_u$ ,  $\varphi_t$ , va faza  $\varphi_{ya}$  burchaklari; kulachokning minimal radiusi  $r_{min}$ ; bosim burchagi  $\beta$ .

Demak,  $S=S(\varphi)$  diagrammasi qurilganda so'ng, grafik usul bilan differentsiallab tezlik analogi

$$\frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{dt} \cdot \frac{dt}{d\varphi} = \frac{g}{\omega}$$

Ikkinchi marta differentsiallab, tezlanish analogi  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{dt^2} \cdot \frac{d^2t}{d\varphi^2} = \frac{a}{\omega^2}$  hosil

qilinadi

**Masala:** ekstsentrik kulachok profilini berilgan R-aylana radiusi va ye-ekstsentrisitet yordamida asosiy o'lchamlarini aniqlang.

Echish: buning uchun R radiusli aylana chizamiz va aylanadan ye masofada kulachok profilini markazini aniqlaymiz. 6-rasm  $O_1$  va  $O_2$  markazlarni birlashtirilgan chiziqni davomi profilni a eng qisqa nuqtasini va eng uzoqdagi v nuqtasini kesib o'tadi. SHunda minimal radius  $R_o = R - e$  va maksimal radius  $R_{max} = R + e$  bo'ladi. Turtkichni maksimal ko'tarilishi  $h = R_{max} - R_o = R + e - (R - e) = 2e$  bo'ladi. Faza burchaklari quyidagicha:

$$\varphi_a = 0, \varphi_k = 180^0, \varphi_y = 0, \varphi_T = 180^0, \varphi_n = 360^0$$

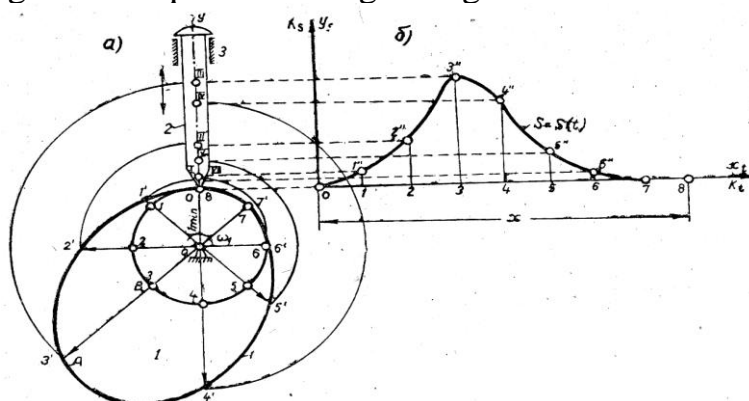
Profil radiusi  $R$  ga teng bo'lib qoladi.

### Kulachokli mexanizmlarni analizi

Turtkichning (etaklanuvchi zvenoning) harakat qonuni aniqlash kulachokli mexanizmni analizi deb ataladi. Kulachokli mexanizmni profilini bir marotaba to'la aylanishi ichida turtkichning harakat qonuni avvalgisining takrorlanishidan iborat bo'ladi. SHuning uchun kulachokli mexanizmni bir marta to'la aylanishini o'rganilsa yetarli bo'ladi.

Endi, tekislikda harakat qiluvchi uchi o'tkir turtkichli kulachokli mexanizmni analiz qilamiz (16.8-rasm, a). Rasmdan 1 raqami bilan kulachok, 2 raqami bilan esa o'tkir uchli turtkich ko'rsatilgan. Agar  $\omega_1$  burchak tezligi bilan aylanganda, kulachokning kichik radiusi uchi ( $A_0$ ) bilan turtkich urinib tursa, bunda turtkich eng past vaziyatda bo'ladi, agar kulachokning eng katta radius-vektori ( $OA$ ) uchi ( $A$ ) bilan turtkich urinsa, turtkich eng baland vaziyatda bo'ladi. SHunday qilib, kulachokning har aylanishida turtkich  $S_{\max} = (OA - OA_0)$  oraliqqa ko'tarilib, yana o'z joyiga qaytib keladi. Agar kulachok har sekunda 10 marta aylansa, turtkich sekundiga 10 marta yuqori ko'tarilib, 10 marta pastga tushadi, ya'ni garmonik tebranma harakat qiladi.

Turtkichning (etaklanuvchi zvenoning) harakat qonunini topish kulachokli mexanizmning analizi deb ataladi. Buning uchun mexanizm kulachogining bir aylanishi ichida turtkichning harakat qonunini bilish kifoya, chunki kulachokning navbatdagi aylanishida turtkichning harakat qonuni avvalgisining takrorlanishidan iborat bo'ladi.



16.8-rasm. Aksial kulachokli mexanizm va uning analizi

Masalani analiz qilishdan avval kulachokli mexanizmni, qog'ozga  $K_M$  masshtabda chizamiz (16.8-rasm, a), so'ngra kulachokning kichik radiusi  $r_{\min}$  bilan aylana chizib, shu aylanani bir qancha teng bo'laklarga bo'lamiz. 2.1-rasm, a kichik aylana teng sakkiz bo'lakka bo'lingan. Kulachok soat strelkasi yuradigan tomonga aylanayotganligi uchun, aylana bo'laklari chap tomondan 0, 1, 2, 3, ..., 8 deb nomerlanadi. SHakldan ko'rinishicha,  $r_{\min} = 00 = 01 = 02 = 03 \dots = 08$ . SHu radiuslarni davom ettirib, ularning kulachok profili bilan uchrashuv nuqtalarini 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7' lar orqali belgilaymiz. SHunday qilib, 00', 01', 02', 03', 04', 05', 06', 07' lar kulachok profilidagi tegishli 0', 1', 3', 4', 5', 6', 7' nuqtalarning radius-vektorlaridir. Radius-vektorlar kattalashib borganda turtkich yuqoriga ko'tariladi, kichiklashib borganda esa turtkich pastga tushadi. Rasmdan ko'rinishicha, turtkichning maksimal ko'tarilish oralig'i  $S_{\max} = K_T \cdot AB$  kesmasiga tengdir.

Kulachokning 0 nuqtasini markaz qilib olib, 1, 2, 3, 4, ... nuqtalarni turtkichning  $OY$  o'qiga chiqaramizda I, II, III, IV, V, VI, VII nuqtalarni hosil qilamiz.

Turtkichning ko'tarilish-tushish grafigini tuzish uchun dekart koordinatalar sistemasining ordinatalar o'qida turtkichning ko'tarilish-tushishini  $K_s$  masshtabda, abstsissalar o'qiga esa kulachokning bir aylanishi uchun ketgan vaqt ( $T$ ) ni  $K_t$  masshtabda qo'yib chiqamiz (16.8-rasm, b).

$K_t$  masshtab quyidagicha topiladi:

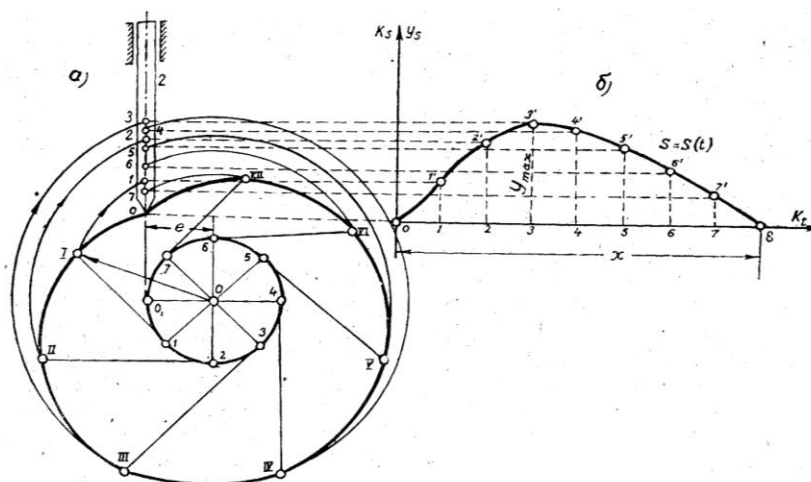
$$K_t = \frac{T}{x} = \frac{60''}{x \cdot n} \quad (1)$$

bu yerda  $p$  — kulachokning minutiga aylanish soni;

$x = \overline{08}$  - abstsissalar o'qida olingan ixtiyoriy kesma. Kulachokning eng kichik radiusi bilan chizilgan aylanani sakkizta teng bo'lakka bo'lganimiz uchun,  $x$  oraliqni ham sakkizta teng bo'lakka bo'lamizda, ularni 0, 1, 2, 3, ..., 8 bilan belgilab chiqamiz. Ana shu nuqtalardan ordinatalar ko'tarib, ularning I, II, III, ..., VII nuqtalardan o'tkazilgan gorizontalar bilan kesishuv nuqtalarini 1'', 2'', 3'' orqali belgilaymiz; ularni o'zaro tutashtirsak,  $K_s$  masshtabdagi 01''2''3''4''5''6''7''8'' egri chizig'i, ya'ni  $S-t$  grafigi hosil bo'ladi.  $y_{\max} = \overline{44''}$  qilib olib,  $K_s$  masshtabni quyidagicha topamiz:

$$K_s = \frac{S_{\max}}{y_{\max}} = \frac{K_M \cdot AB}{y_{\max}} \left[ \frac{M}{MM} \right], \quad (2)$$

$S-t$  grafigini istalgan metod bilan bir marta differentsiallasak  $v-t$  grafigi, ikki marta differentsiallasak turtkichning  $a^t-t$  tezlanish grafigi chiqadi.



### 16.9-rasm. Dizaksial kulachokli mexanizm va uning analizi

16.9-rasm, a turtkichi o'tkir uchli bo'lgan dezaksial kulachokli mexanizm ko'rsatilgan. Bu mexanizm  $K_m$  masshtabda chizilgan deb faraz qilaylik. Kulachokli mexanizmning dezaksiali ye bo'lsin. Mexanizmni analiz qilish, ya'ni mexanizm turtkichining harakat qonunini topish uchun, 0 markazdan ye radius bilan aylana chizamiz. Markazdan o'tkazilgan gorizontalar turtkich o'qi bilan kesishuv nuqtasini  $O_1$  bilan belgilaymiz, turtkichning vertikal o'qi ye radiusli aylanaga urinma bo'ladi. Aylanani  $O_1$  dan boshlab, teng bo'laklarga bo'lamiz. 16.9-rasm, a da bu aylana sakkizta teng bo'lakka bo'lingan. Bo'linish nuqtalarini 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bilan belgilab, har qaysi nuqtadan urinma o'tkazamiz. SHu urinmalarning kulachok profili bilan kesishuv nuqtalarini 0, I, II, III, ..., VIII raqamlari bilan belgilaymiz. Agar bu

nuqtalarni kulachok markazi ( $O$ ) bilan tutashtirsak,  $OI, OII, OIII, \dots, OVIII$  radius-vektorlar hosil bo'ladi. SHu radius-vektorlarni radius qilib olib, turtkich o'qi bilan kesishguncha birin-ketin aylanalar chizamiz-da, ularning kesishuv nuqtalarini  $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots$  raqamlari bilan belgilaymiz (16.9-rasm,  $a$ ).

(1) formuladan foydalanib, abstsissalar o'qiga  $K_t$  masshtabda vaqtni qo'yamizda,  $x$  oraliqni sakkizta teng bo'lakka bo'lamiz, bo'linish nuqtalari  $1, 2, 3, \dots, 8$  dan ordinatalar o'tkazib, ularning turtkichdagi nuqtalardan o'tkazilgan gorizontal chiziqlar bilan kesishuv nuqtalarini  $1', 2', 3', 4', 5', 6', 7'$  orqali belgilaymiz, bu nuqtalarni tutashtirsak,  $K_s$  masshtabda  $S-t$  grafigi hosil bo'ladi.  $S-t$  grafigining  $K_s$  masshtabi quyidagi formuladan topiladi (16.9-rasm,  $b$ ).

$$K_s = \frac{S_{\max}}{y_{\max}} = \frac{K_M \cdot \overline{O3'}}{y_3} \left[ \frac{M}{MM} \right], \quad (3)$$

$S-t$  grafigini differentsiallab,  $v-t$  va  $a^t-t$  grafiklarini hosil qilamiz.

### Kulachokli mexanizmni dinamikasi

Turtkichning kulachok profili bilan shu onda bog'langan nuqtasining absolyut va nisbiy tezliklari orasidagi o'tkir burchak uzatish burchagi deb ataladi.

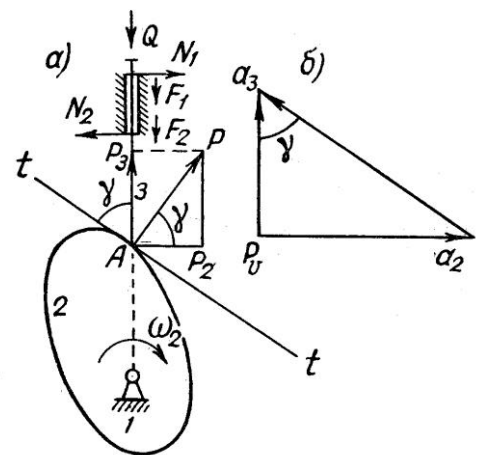
Agar turtkich bilan kulachok profili orasidagi ishqalanish kuchi ehtiborga olinmasa, masala osonlashadi. Bu ideal holat bo'lib, ko'pincha, amaliy masalalarda yetarli natijalar beradi. Kulachokdan turtkichga o'tadigan harakatlantiruvchi kuch ( $R$ ) kulachok profilidagi  $A$  nuqtaga o'tkazilgan normal chiziq ustidan ketadi; uni parallelogramm qoidasiga binoan, turtkich bo'ylab va turtkichga tik qilib ajratsak bo'ladi. Bulardan birinchisini  $R_2$  va ikkinchisini  $R_3$  bilan belgilab, quyidagilarni hosil qilish mumkin (16.10-rasm):

$$P_2 = P \cos \gamma$$

$$P_3 = P \sin \gamma$$

Bulardan  $R_3$  foydali qarshilik ( $F$ ) ni muvozanatlash uchun sarflanadi.  $R_2$  esa turtkichni qo'zg'almas yo'naltiruvchi tomon siqadi. Buning natijasida turtkich bilan uning yo'naltiruvchisi orasida ishqalanish kuchi hosil bo'ladi. Ishqalanish kuchi turtkich harakatiga teskari yo'nalgan bo'ladi ( $G'_1, G'_2$ ) va uning harakatiga qarshilik ko'rsatadi. Rasmdan ko'rinishicha,  $R_3$  kuch qancha ko'p va  $R_2$  kuch qancha kam bo'lsa, turtkich harakati yaxshilanib, mexanizm normal ishlaydigan bo'ladi. Bu holat  $\gamma$  burchak kattalashganda bo'ladi.

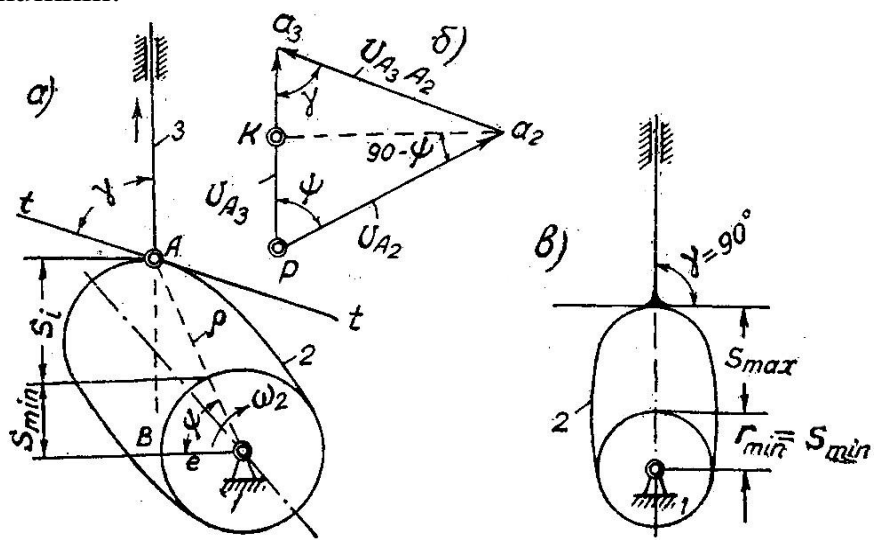
Yuqorida bayon etilganlardan shunday xulosaga kelish mumkin: agar  $\gamma$  burchak  $90^\circ$  ga teng bo'lsa va o'zgarmas ( $\gamma = 90^\circ = \text{const}$ ), kulachokli mexanizm eng yaxshi mexanizmlardan bo'ladi. Bunday talabga javob beruvchi mexanizmlar uchi tekis turtkichli kulachokli mexanizmlardir (16.11-rasm,  $v$ ).



16.10-rasm. а-кулачокли механизми; б- узатиш бурчаги.

SHunday qilib, kulachokli mexanizmlarning boshqa xillari uchun burchak tajriba yo'li bilan topilgan  $\gamma_{tip}$  burchakdan kichik bo'lmasligi, ya'ni  $\gamma \geq \gamma_{tip}$  bo'lishi shart. Agar bu shart bajarilmasa, kulachokli mexanizmlarning konstruksiyalari noqulay tuzilgan bo'ladi, oqibatda esa turtkich bilan yo'naltiruvchi orasida ishqalanish kuchi ko'payib, mexanizm detallari qiziy boshlaydi, ortiqcha energiya sarflanadi va ba'zi hollarda, turtkich o'z yo'naltiruvchisi orasida harakatlana olmay, unga tiqilib qoladi.

Agar uzatish burchagi ( $\gamma$ ) ruxsat etilgandan kichik bo'lsa, bunday kulachokli mexanizmning turtkichi kulachok aylangan tomonga qarab egilishi va kulachok aylanmay qolishi mumkin.



**16.11-rasm.** a-dezaksial kulachokli mexanizm; b-tezliklar plani; v-tekis turtkichli kulachokli mexanizm.

Ko'p marta o'tkazilgan tajribalar asosida, ilgarilanma harakatlanuvchi turtkichli kulachokli mexanizmlar uchun  $\gamma_{tip}=60^\circ$ , aylanma harakatlanuvchi turtkichli kulachokli mexanizmlar uchun esa  $\gamma_{tip}=45^\circ$  qilib olish tavsiya etiladi.



## 17-MAVZU: KULACHOKLI MEXANIZMLARNING LOYIHALASH TARTIBI. ILGARILANMA-QAYTMA HARAKAT QILUVCHI ROLIKLI KULACHOKLI MEXANIZMLARNI LOYIHALASH.

### O'quv modul birliklari

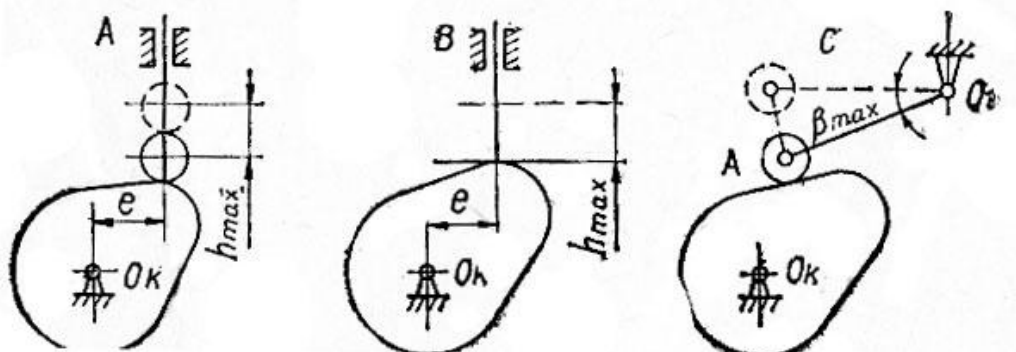
1. Ilgarilanma-qaytma harakat qiluvchi rolikli kulachokli mexanizmlarni loyihalash.
2. Kulachok profilining minimal radiusini aniqlash.
3. Kulachok profilini chizish va almashtirilgan mexanizmni analizi.

### Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)

*Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:*

1. Turtkichi tarekali kulachokli mexanizmni loyihalash tartibini biladi
2. Turtkichi tarekali kulachokli mexanizmning kulachogini minimal radiusini aniqlay oladi
3. Kulachok profilini chiza oladi.

Kulachokli mexanizm loyixalashdan ko'zda tutilgan asosiy maqsad yetaklanuvchi zvenoning istalgan, oldindan berilgan harkat qonuni bajaruvchi kulachok profilini yasash, FIKi yuqori va gabariti kichik mexanizm olishdan iborat.



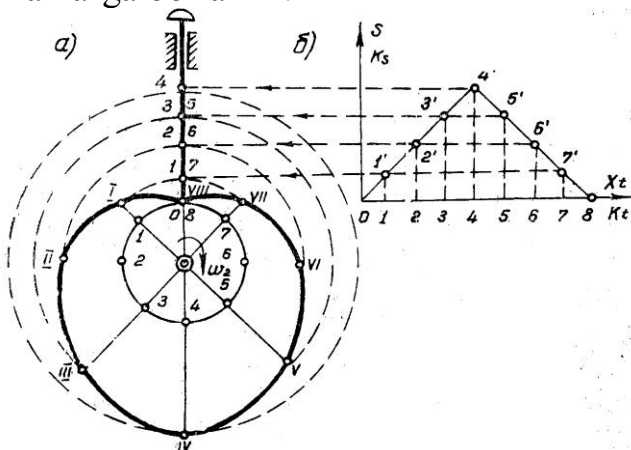
17.1-rasm

### Oddiy kulachokli mexanizmlar sxemasi

Kulachokli mexanizmlarni loyihalashning asosan ikki usuli bor. Bulardan biri kulachokli mexanizmlarni kinematik loyihalash bo'lsa, ikkinchisi dinamik loyihalashdir. Kinematik loyihalashda yetaklanuvchi zvenoning harakat qonuni va profilining shakli topilishi lozim bo'lgan kulachokning eng kichik radiusi bilan turtkichning maksimal ko'tarilish oralig'i beriladi. Agar turtkichning harakat qonuni  $a^t-t$  grafigi bilan berilgan bo'lsa, oraliq ( $S-t$ ) grafigini olish uchun  $a^t-t$  ni ikki marta integrallash lozim bo'ladi. Agar turtkichning harakat qonuni asosida loyihalash lozim bo'lgan kulachokning eng kichik radiusi uzatish burchagi ( $\gamma$ ) hisobga olinib topilsa va topilgan eng kichik radius asosida kulachok profilining shakli tuzilsa, bu usulda loyihalash **dinamik loyihalash** deb ataladi. Dinamik loyihalangan kulachokli mexanizmlar kulachokning har qanday tezlikdagi harakatida ham normal ishlay oladi. Agar uzatish burchagi hisobga olinmasdan loyihalangan kulachokli mexanizmlar bo'lsa, u holda, kulachokning aylanishi jarayonida turtkich o'z yo'naltiruvchisi orasiga tiqilib

qolishi mumkin, bunday mexanizmlar noto'g'ri ishlaydi, buning oqibatida esa sinishi ham mumkin.

Kulachokli mexanizmlarni kinematik loyihalash uchun kulachokning eng kichik (minimal) radiusi ( $h_{\min}$ ) bilan turtkichning harakat qonuni tezlik, tezlanish yoki  $S-t$  grafigi shaklida berilishi lozim. Agar harakat qonuni  $a^t-t$  grafigi shaklida berilsa, uni ikki marta integrallash,  $v-t$  grafigi shaklida berilgan bo'lsa, bir marta integrallash yo'li bilan  $S-t$  grafigini hosil qilish, mumkin. 17.2-rasm, b da  $S-t$  grafigi berilgan. Qulachokning shaklini tuzish qiyin emas. Buning uchun kulachokning minimal radiusi bilan aylana chizib, uni teng (8, 12, 16, 26) bo'laklarga bo'lamiz  $S-t$  grafigi abstsissasidagi  $x$  oraliqni ham xuddi shuncha teng bo'laklarga bo'lamiz.



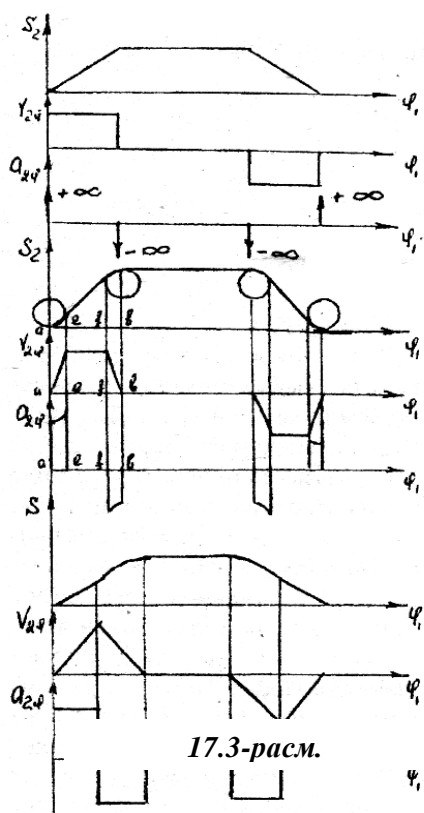
17.2-rasm. Kulachokli mexanizmni loyihalash.

$S-t$  rafigidagi abstsissalar o'qini kulachokning minimal radiusli aylanasiga urinma qilib o'tkazamiz va shu grafik ordinatalarini kulachok turtkichiga proektsiyalaymizda,

undagi tegishli nuqtalarni minimal radiusli aylana radiuslarining davomiga proektsiyalayab, shu nuqtalarni o'zaro tutashtirsak, kulachok profili hosil bo'ladi. 17.2-rasm, a da  $S-t$  grafigini qanoatlantiruvchi  $R_{\min}$  asosida loyihalangan aksial kulachokli mexanizm ko'rsatilgan.

Kulachokli mexanizmni kinematik loyihalangandagi kulachokni minimal radiusi  $Z_{0\min}$  ning qiymati mexanizmni dinamika nuqtai nazaridan loyihalanganda mutlaqo yaroqsiz bo'lishi mumkin. CHunonchi, turtkich va kulachok orasida vujudga kelgan ishqalanish kuchi kulachok sirtining mahlum bir qismida xaddan tashqari ortib ketishi, xatto turtkich bilan kulachok o'zaro qadalib qolishi mumkin. Bu hol bosim burchagiga bog'liq bo'ladi. Ba'zi hollarda bosim burchagi katta bo'lsa turtkich uchiga rolik o'rnatiladi. Rolik 17.3-rasmda ko'rsatilgandek, tezlanishlari cheksiz bo'lib ketishini oldini oladi.

Kulachokli mexanizmlarning normal sharoitda ishlashini ta'minlash juda katta ahamiyatga ega. Bu masala turtkichning yo'nalishi bilan kulachok profilining bog'lanish nuqtasiga o'tkazilgan urinma chiziq orasidagi



17.3-rasm.

burchakka bog'liqdir. Bu burchakni  $\gamma$  bilan belgilaymiz va uni uzatish burchagi deb ataymiz (17.2-rasm, a).

### Kulachokli mexanizmlarni loyihalash uchun zarur parametrlar

Loyihalash topshirig'ida yuqoridaga uch tip kulachokli mexanizm sxemasi tavsiya etiladi (17.1-rasm).

A sxema – to'g'ri chiziq bo'ylab ilgarilanma qaytarilma harakat qiluvchi rolikli turtkichi bo'lgan mexanizm.

V sxema - to'g'ri chiziq bo'ylab ilgarilanma qaytarilma harakat qiluvchi tekis tarelkali turtkichi bo'lgan kulachokli mexanizm.

S sxema – tabranma harakatlanuvchi, rolikli, koromisloli turtgichi bo'lgan kulachokli mexanizm.

Kulachokli mexanizمنى loyihalash uchun quyidagi parametrlar ma'lum bo'lishi kerak.

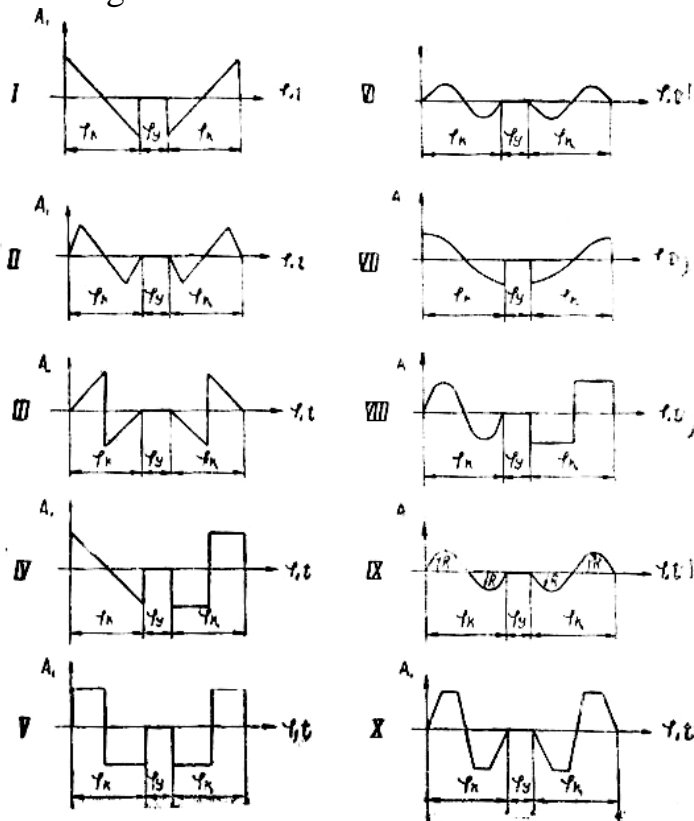
1. Turtgichning harakat qonuni (17.4-rasm)

$$\frac{d^2 S}{d\varphi^2} = \frac{d^2 S}{d\varphi^2}(\varphi) \ddot{\kappa} u \frac{d^2 \beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2 \beta}{d\varphi^2}(\varphi)$$

2. Kulachokning burilish burchaklari:

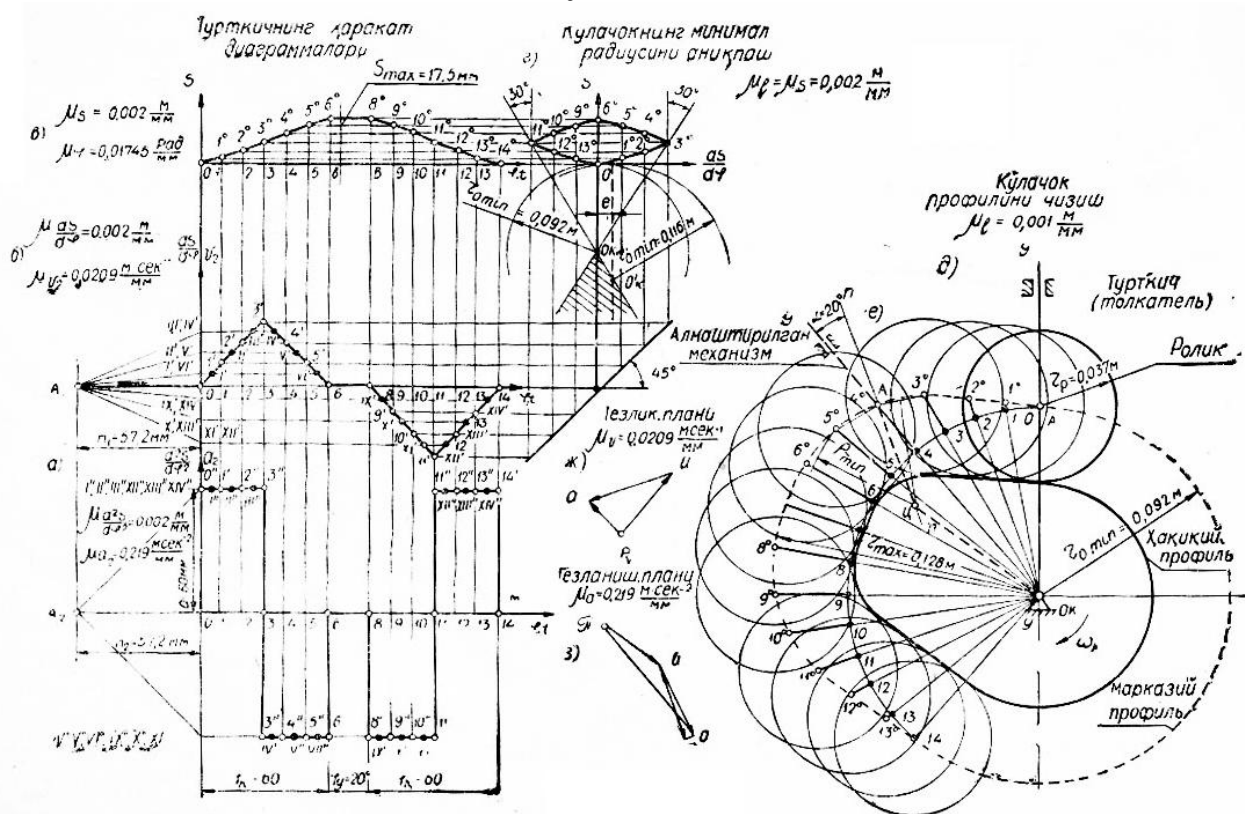
$\varphi_k$  – ko'tarilish,  $\varphi_u$  – uzoqlashgan vaziyatda turish,  $\varphi_{k1}$  – qaytarilish burchaklari.

1. kulachokning aylanish soni  $n$ ;
2. Turtkichning maksimal siljishi  $h_{max}$ ;
3. Ekstsentritet qiymati  $y$ ;
4. Bosim burchagi  $\alpha$ .



17.4-rasm. Turtkichni harakat qonunlari

## Ilgarilanma – qaytarilanma harakat qiluvchi rolikli-kulachokli mexanizmlarni loyihalash.



Berilgan turtkich harakat qonunining diagrammasi chiziladi. Buning uchun  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2} = (\varphi)$  koordinatalar sistemasini olib, abtsissalar o'qini chizamiz va unga  $OM=140$  mm kesmani belgilaymiz.

Abtsissalar o'qining  $\varphi$  burchak masshtabini quyidagi formuladan aniqlaymiz.  $\varphi_p = \varphi_k + \varphi_y + \varphi_{k1}$

$$\mu_1 = \frac{\varphi_p^0}{OM} = \frac{\pi}{180^0} \frac{(\varphi_k + \varphi_y + \varphi_k)}{OM} = \frac{3,14 \cdot (60^0 + 20^0 + 60^0)}{180^0 \cdot 140} = 0,001745 \frac{\text{rad}}{\text{mm}}$$

Ordinatalar o'qiga turtkichning ixtiyoriy  $\mu \frac{d^2S}{d\varphi^2}$  masshtabida berilgan harakat qonuni

diagrammasini chizamiz, bunda kulachokning burilish burchagi  $\varphi_k$  qismidagi ordinata balandligini ixtiyoriy  $a=60$ mm kesma bilan belgilaymiz.  $\varphi_k=60^0$ li abtsissalar o'qini teng ikki qismiga bo'lib, bu o'qning yuqori va ostki qismida to'g'ri to'rt burchakli bir xil shakllar chizamiz. Bunda turtkichning ko'tarilish vaziyatiga taaluqli diagramma hosil bo'ladi.

Sungra abtsissalar o'qining davomida  $\mu_\varphi$  masshtab  $\varphi=20^0$  ning kesma uzunligini belgilaymiz. Berilgan shartga ko'ra  $\varphi_k = \varphi_{k1}$  bo'lgani uchun  $\varphi_k=60^0$  kesmani  $\varphi_{k1}$  burchakka simmetrik qilib, teng va o'xshash to'g'ri to'rt burchaklik shakllarni chizamiz.

Grafikaviy usuldan foydalanib, chizilgan  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2} = (\varphi)$  diagrammani integrallaymiz

$$\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2} = (\varphi) \text{ va } \frac{dS}{d\varphi} = \frac{dS}{d\varphi} = (\varphi) \text{ diagrammalarinig ordinata o'qlari bir xil va teng}$$

masshtabda chizish uchun diagrammaning chap tomonidagi qutb, oralig'i quyidagicha bo'lishi kerak.

$$H_2 = \frac{1}{\mu_\varphi} = \frac{1}{\pi/180} = 57,2 \text{ mm}$$

$\overline{H_1} = \overline{OA_1} = 57,2 \text{ mm}$  qilib olamiz.

Turtkich siljish diagrammasi ordinata o'qining masshtabi quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$\mu_s = \frac{h_{\max}}{S_{\max}} = \frac{0,035}{17,5} = \mu_s = 0,002 \text{ m/mm}$$

bu yerda  $S_{\max}$  –siljish diagrammasi ordinatasini maksimal qiymati. mm.

Tezlik analogining ordinata masshtabi:

$$\mu_{\frac{dS}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{H_1 \cdot \mu_\varphi} = \frac{\mu_s}{\frac{1}{\mu_\varphi} \cdot \mu_\varphi} = \mu_s = 0,002 \text{ mm/m}$$

tezlanish analogining ordinata masshtabi:

$$\mu_{\frac{d^2S}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_{\frac{dS}{d\varphi}}}{H_2 \cdot \mu_\varphi} = \mu_{\frac{dS}{d\varphi}} = \mu_s = 0,002 \text{ m/mm}$$

SHundan keyin ordinatalar o'qining chizig'iy tezligi va urinma tezlanishi masshtabi  $\mu_v$  ni aniqlaymiz.

$$V = \frac{dS}{dt} = \frac{dS \cdot d\varphi}{dt \cdot d\varphi} = \omega_k \frac{dS}{dt}; \text{ bunda } \frac{dS}{dt} = \frac{V}{\omega_k} \text{ kelib chiqadi.}$$

$$\mu_v = \omega_k \cdot \mu_{\frac{dS}{d\varphi}} = 10,46 \cdot 0,002 = 0,209 \frac{\text{M/cek}}{\text{MM}}$$

$$\omega_k = \frac{\pi n_k}{30} = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,46 \text{ rad/sek}$$

$$\mu_\alpha = \omega_k^2 \cdot \mu_{\frac{d^2S}{d\varphi^2}} = 10,46^2 \cdot 0,002 = 0,219 \frac{\text{M/c}^2}{\text{MM}}$$

### Kulachokning minimal radiusini aniqlash.

Grafikaviy usulda  $S=S(\varphi)$  va  $\frac{dS}{dt} = \frac{dS}{dt}(\varphi)$  larning diagrammalarida o'zgaruvchi  $\varphi$

burchakni yo'qotib,  $S=S(\frac{dS}{dt})$  diagrammasini chizamiz. Buning uchun  $S=S(\frac{dS}{dt})$  ning to'g'ri

burchakli koordinatalar sistemasini chizib, uning ordinalar o'qiga turtkichning siljishi  $S$  ni va abstsissalar o'qiga tezlik analogi  $\frac{dS}{dt}$  ni qo'yamiz.

Hosil bo'lgan egri chiziqning chap va o'ng tomonlariga berilgan bosim burchagi  $\alpha=30^0$  bo'yicha urinmalar o'tkazamiz. Grafikning OS ordinatalar o'qining davomida kesishuv nuqtasi  $O_k$  ning aniqlaymiz. Bu urinma chiziqlar bilan chegaralangan yuza kulachokning aylanish markazini geometrik urinmalarini bildiradi.

$$r_{\min} = \overline{O_k O} \cdot \mu_s = 46 \cdot 0,002 = 0,092 \text{ m bo'ladi.}$$

Ekstsentrisitet ye ning  $\mu_s$  masshtabdagi qiymati

$$\bar{e} = \frac{e}{\mu_s} = \frac{0,015}{0,002} = 7,5 \text{ mm}$$

Deziaksial kulachokning markazi quyidagicha bo'ladi:

$$r'_{\min} = \overline{O'_k O} \cdot \mu_s = 58 \cdot 0,002 = 0,116 \text{ m bo'ladi.}$$

### Kulachokning profilini loyixalash

CHizmada ixtiyoriy nuqtada kulachokning aylanishg markazi  $O_k$  ni tanlaymiz.

Uzunlik masshtabi  $\mu_l = 0,001 \text{ m/mm}$  bo'yicha kulachok radiusini hisoblaymiz.

$$\overline{r_{\min}} = \frac{r_{\min}}{\mu_l} = \frac{0,092}{0,001} = 92 \text{ mm}$$

$\mu_l$  uzunlik masshtabi bilan  $\mu_s$  siljish grafigining masshtabini proporsionallik koeffitsienti orqali tenglashtirib olamiz.

$$\mu_l = k \cdot \mu_s = \frac{1}{0} 0,002 = 0,001 \text{ mm}$$

SHu masshtabni  $r_{\min}$  orqali chizilgan aylanaga  $S=S(\varphi)$  siljish diagrammasidan ordinatalarni ko'chirib olib kulachok profilini chiqaramiz. SHu profilga  $r' = 0,4r_{\min}$ ,  $r' = 0,037 \text{ m}$  radiusda rolik chizamiz. Rolik markazlarini shtrix chiziqlar bilan birlashtirib chiqamiz.

Agarda ekstsentritet ( $e$ ) berilgan bo'lsa  $r_{\min}$  va ye radiuslarda aylanalalar chizamiz. Turtkichning harakat yo'nalishi bo'yicha ye radius bilan chizilgan aylanaga urinmalar o'tkazamiz. SHu urinmalar  $r_{\min}$  radiusda chizilgan aylanani kesishgan nuqtasi kulachokning boshlanish nuqtasi bo'ladi.  $S=S(\varphi)$  siljish diagrammasini shu urinmalarga mos ravishda qo'yib chiqilganda kulachok profili kelib chiqadi.

Kulachokning markaziy profili bo'yicha rolikning markazini aniqlab

$$\bar{r}_p = \frac{r_p}{\mu_l} = \frac{0,0037}{0,001} = 37 \text{ mm}$$

radiusli bir necha aylana chiziladi va bu aylanalarning chekka nuqtalari tutashtirilib, kulachokning haqiqiy profili hosil qilinadi.

Oliy kinematik juftlarni quyi kinematik juftlar bilan almashtirish uchun berilgan vaziyatiga oliy kinematik juftlarni quyi kinematik juftlar bilan almashtirib richagli mexanizm chiziladi. Bunig uchun oliy kinematik juftlarning urinish nuqtasidan ularning profiliga normal chiziqlar o'tkaziladi. Bu chiziqlarda har bir zveno egrilik radiusining markazi topiladi.

Profilning egrilik radiusi markaziga aylanma kinematik juft joylashtiriladi. Agar egrilik radiusining markazi cheksizlikda yotsa, ya'ni zveno profili to'g'ri chiziq bo'lsa, u holda profilning urinish nuqtasiga ilgarilanma kinematik juft o'rnatiladi. So'ngra aniqlangan kinematik juftlar bilan birlashtirilib, qo'shimcha zveno olinadi, u oldingi zvenolar bilan birlashtiriladi.

### Ilgarilanma-qaytarilanma harakat qiluvchi tarelkali turtkichi bo'lgan kulachokli mexanizmni loyihalash.

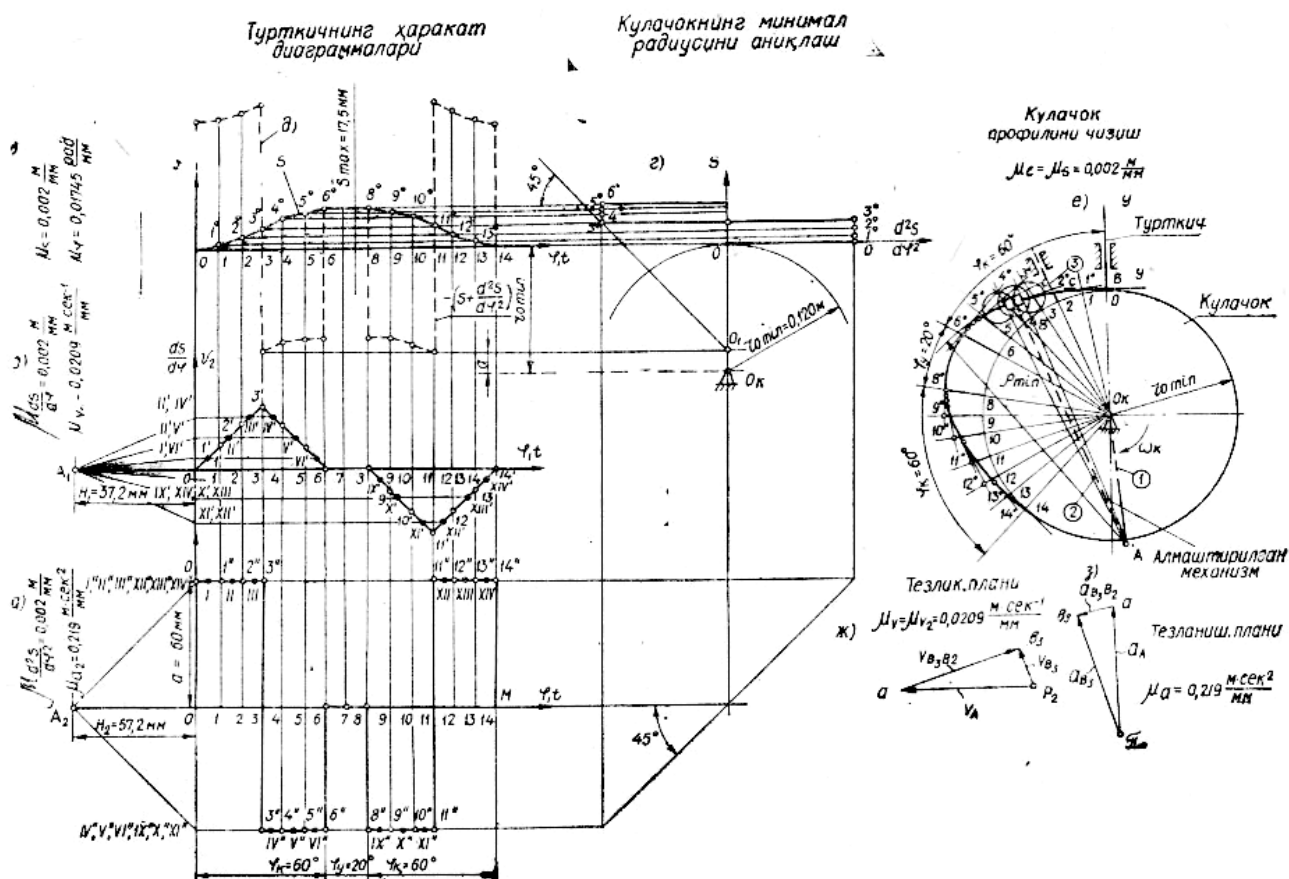
Berilgan turtkich harakat qonunining diagrammasi chiziladi. Buning uchun oldingiday  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2} = (\varphi)$  koordinatalar sistemasini olib, abtsissalar o'qini chizamiz va unga  $\overline{OM} = 140\text{mm}$  kesmani belgilaymiz.

$$\mu_\varphi = \frac{\varphi_p^0}{\overline{OM}} = \frac{3,14(\varphi_k^0 + \varphi_y^0 + \varphi_\kappa)}{\overline{OM}}$$

ordinatalar o'qiga turtkichning ixtiyoriy  $\mu_{\frac{d^2S}{d\varphi}}$  masshtabda berilgan harakat qonuni diagrammasini chizamiz.

Differentsiallashtirish usuli xuddi oldingiday

$$\mu_S = \frac{h_{\max}}{S_{\max}}; \mu_{\frac{dS}{d\varphi}} = \frac{\mu_S}{H_1 \cdot \mu_\varphi}; \mu_{\frac{d^2S}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_{\frac{dS}{d\varphi}}}{H_2 \cdot \mu_\varphi}; \mu_\alpha = \omega_k^2 \cdot \mu_{\frac{d^2S}{d\varphi^2}}; \mu_{V_k} = \omega_k \cdot \mu_{\frac{dS}{d\varphi}}$$



17.6-rasm

### Kulachok profilining minimal radiusini aniqlash.

Tarekali turtkichi bo'lgan mexanizmda kulachokning barcha burilish burchaklarida bosim burchagi  $\alpha$  bir xil bo'lib, nolga tengdir. Turtkichning kulachok profil bo'ylab bir tekis harakatlanishi uchun kulachok butun profili qabariq deb qabul qilinadi.

Birinchi usul, prof. Ya.L. Geronumus usuli. Ma'lum  $S=S(\varphi)$  va  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$  diagrammalarining  $\varphi$  burchagini grafikaviy usulda yo'qotib,

$$S = S\left(\frac{d^2S}{d\varphi^2}\right) \text{ diagrammasini chizamiz. Buning uchun } S = S(\varphi) \text{ va } \frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$$

diagrammalari bir xil masshtabda chizilgan bo'lishi kerak.

Bu shartni bajarish uchun qutb oradig'ini

$$H_2 = H_1 = \frac{180^0 \cdot \overline{OM}}{\pi\varphi_p^0} = 57,2 \text{ mm qilib olamiz.}$$

$$\mu_s = \mu_{\frac{dS}{d\varphi}} = \mu_{\frac{d^2S}{d\varphi^2}} \text{ masshtabda chizilgan}$$

To'g'ri to'rtburchakli koordinatalar sistemasini chizib, uning ordinatalar o'qi OS ga turtkichning  $S = S(\varphi)$  diagrammasi siljishlarni, abtssissa o'qiga esa  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$

diagrammasidan xar bir siljish grafigiga mos bo'lgan tezlanish analoglari  $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$

qiymatlarini qo'yamiz (17.6 shakl). Belgilangan 0,1,2,3,...nuqtalarni chiziq bilan

birlashtirib,  $S = S\left(\frac{d^2S}{d\varphi^2}\right)$  diagrammasini hosil qilamiz. So'ngra diagrammaning chap

tomonidagi grafikning manfiy qismiga  $45^0$  burchak ostida ordinatalar o'qi OS ning davomidagi vertikal chiziq bilan kesishguncha urinma o'tkazamiz. Bu chiziqdagi  $\overline{OO_1}$  kesma  $\mu_s$  masshtabda kulachokning minimal radiusi bo'ladi. Kulachok profilining barcha uchastkalarida egrilik radiusi musbat, ya'ni  $r > 0$  bo'lishi uchun kulachokning minimal radiusi aniqlangan radiusidan 10÷20% uzun qilib olinadi.

### Kulachokning profilini chizish

Kulachoknin aylanish markazini ixtoriy  $O_k$  nuqtada belgilaymiz. Bu nuqtadan  $\mu_1 = \mu_s = 0,002 \text{ m/mm}$  masshtabda  $r_{0\text{min}}$  radiusli aylana chizamiz.

Turtkichni ko'tarila boshlash vaziyatini aniqlaymiz. So'ngra  $O_k$  nuqtadan vertikal chiziq o'tkazib, bu chiziqdan kulachokning aylanishiga qarama-qarshi tomonga  $\varphi_k = 60^0$ ,  $\varphi_y = 20^0$ ,  $\varphi_k = 60^0$  burchaklarni ketma-ket qo'yamiz. Bu burchaklarni  $S = S(\varphi)$  diagrammasiga moslab, teng qismlarga bo'lamiz va kulachok aylanasi 0, 1, 2, 3,... nuqtalarni belgilaymiz. Kulachokning aylanish markazi  $O_k$  bilan  $r_{0\text{min}}$  radius aylanadagi 0, 1, 2, 3, ... nuqtalardan  $O_{k1}, O_{k2}, O_{k3}, \dots$  radial chiziqlar o'tkazamiz. Bu chiziqlar davomida  $r_{0\text{min}}$  radiusli aylanadan siljish  $S = S(\varphi)$  diagrammasidagi  $\overline{11-11^0}, \overline{22-22^0}, \overline{33-33^0}, \dots$  kesmalarni chizamiz. Bu chiziqlarda belgilangan  $1^0, 2^0, 3^0, \dots$  nuqtalardan radial chiziqlarga nisbatan tarelkaning tubi konturi, ya'ni tik chiziqlar o'tkazamiz. So'ngra tarelkaning kontur, chiziqlarining chekka qismlarini, ya'ni kulachok markaziga yaqin bo'lgan nuqtalarini birlashtirib kulachok profilini hosil qilamiz.

### Almashtirilgan mexanizmni analizi

Kulachok profilining 2-vaziyat nuqtasi uchun oliy kinematik juftni quyi kinematik juftga aylantirib, almashtirilgan mexanizm chizamiz.

Bu mexanizm uchun tezlik va tezlanish ilashishi  $\mu_v = \mu_{v2} = 0,0209 \frac{\text{M/C}}{\text{MM}}$  masshtabda chizamiz.  $\mu_v$  qutb nuqtasidan A nuqtani tezligini chizamiz.

$$V_A = O_k A \cdot \omega_k = \overline{O_k A} \cdot \mu_1 \cdot \omega_k = 62 \cdot 0,002 \cdot 10,46 = 1,3 \text{ m/s}$$



$$\text{vektor uzunligi } \rho_a = \frac{V_A}{\mu_v} = \frac{1,3}{0,0209} = 62,2 \text{ mm}$$

Almashtirilgan mexanizmning sxemasidan ko'rinadiki AV qo'shimcha zveno mexanizm ishlagan paytda turtkichning SV chizig'iga parallel ravishda siljiydi.

Demak, ilgari lanma harakatlanuvchi zvenoning barcha nuqtalari paralel ravishda siljigani uchun ularning tezlik va tezlanishlari ham bir-biriga teng bo'ladi.

$$\overline{V_{B3}} = V_{B2} + V_{B3B2} \quad V_{B3} - \text{turtkichning absolyut tezligi,}$$

$$\overline{V_{B3}} = V_y + \overline{V_{B3y}} \quad u - \text{vektor u-u chiziqqa parallel,}$$

$$\overline{V_B} = \rho_{b3} \cdot \mu_v \quad V_{B3B2} - \text{turtkich tarelkasining nisbiy tezligi, u SV tomonga parallel}$$

yo'naladi.

Turtkich shu vaziyatdagi tezligini topamiz  $V_{B2}^3 = 0,417 \text{ m/s}$

Xatolik

$$\Delta V = \frac{V_{H1}^3 - V_{B3}^3}{V_H^3} \cdot 100\% = \frac{0,417 - 0,397}{0,417} \cdot 100\% = 4,8\%$$

Tezlanishlar planini chizish uchun  $\mu_a = 0,219 \frac{\text{m}}{\text{cm}^2}$  teng masshtabda kulachokdagi  $A_1$  nuqtaning tezlanish vektori  $\overline{\pi a_1}$  uzunligini hisoblaymiz.

$$\alpha_{A1} = O_k A \cdot \omega_k^2 = \overline{O_k A} \cdot \mu_1 \cdot \omega_k^2 = 62 \cdot 0,002 \cdot 10,46^2 = 13,6 \text{ m/s}^2$$

$$\overline{\pi a_1} = \frac{a_{A1}}{\mu_a} = \frac{13,6}{0,219} = 62 \text{ mm}$$

$V_3$  nuqtani tezlanishini quyidagi vektor tenglamadan topamiz.

$$\overline{a_{B3}} = \overline{a_{B2}} = \overline{a_{B2B3}}$$

$a_{B3}$  -  $V_3$  nuqtaning absolyut chizig'iy tezlanishi, uning vektori uchun yo'naltiruvchi parallel:

$\overline{a_{B2B3}}$  - nisbiy tezlanishi vektori, SV ga parallel yo'nalgan.

$$a_{B3} \overline{\pi b_3} \cdot \mu_a = 61 \cdot 0,219 = 13,36 \text{ m/s}^2$$

Tezlanish analogi  $\frac{d^2 S}{d\varphi^2} = \frac{d^2 S}{d\varphi^2}(\varphi)$  diagrammasidagi turtkichning shu vaziyatidagi

tezlanishi

$$a_{B3}^3 = \overline{\pi b_3} \cdot \mu_a = 60 \cdot 0,219 = 13,14 \text{ m/s}^2$$

Xatolik

$$\Delta a = \frac{a_{B3} - a_{B3}^3}{a_{B3}} \cdot 100\% = \frac{13,36 - 13,14}{13,36} \cdot 100\% = 1,65\%$$

## 18-MAVZU: KOROMISLO KO'RINISHIDAGI ROLIKLI TURTKICHLI KULACHOKLI MEXANIZMNI LOYIHALASH.

### O'quv modul birliklari

1. Koromislo ko'rinishidagi rolikli turtkichli kulachokli mexanizmni loyihalash.
2. Kulachok profilining minimal radiusini aniqlash. Kulachok profilini chizish.
3. Almashtirilgan mexanizmni analizi.

### Aniqlashtirilgan o'quv maqsadlari (talabning vazifalari)

#### Talaba ushbu mavzuni to'la o'zlashtirgandan so'ng:

1. Koromislo ko'rinishidagi rolikli turtkichli kulachokli mexanizmni loyihalash tartibini biladi
2. Koromislo ko'rinishidagi rolikli turtkichi bo'lgan kulachokli mexanizmning kulachogini minimal radiusini aniqlay oladi
3. Kulachok profilini chiza oladi.

Kulachokli mexanizm loyihalash uchun quyidagi parametrlar ma'lum bo'lishi kerak.

1. Turtkichning harakat qonuni (17.2-rasm):

$$\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi) \quad \text{ёку} \quad \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} = \frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi)$$

Bu turtkichning harakat qonuni to'g'ri burchakli diagramma bo'yicha o'zgaradi deb qabul qilamiz.

2. Kulachokning burilish burchaklari: turtkichning ko'tarilish burchagi  $\varphi_k = 60^\circ$  turtkichning uzoqlashgan vaziyatda turish burchagi  $\varphi_y = 20^\circ$  turtkichning qaytish burchagi  $\varphi_x = 60^\circ$  turtkichning yaqinlashgan vaziyatda turish burchagi  $\varphi_n = 220^\circ$

3. Kulachokning aylanishlar soni  $n_k = 100 \text{ айл/мин.}$

4. Koromislonning uzunligi  $l_{\sigma_A} = 120 \text{ мм}$

5. Koromisloning tebranish burchagi  $\beta_{\max} = 20^\circ$

6. Bosim burchagi  $\alpha = 45^\circ$

7. S sxema berilgan mexanizm, ya'ni rolikli koromisloli turtkichi tebranuvchi bo'lgan kulachokli mexanizm loyihalash (17.1-rasm, S).

### Loyihalash tartibi

Berilgan turtkich harakat qonunining diagrammasi chiziladi. Buning uchun  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$

koordinatalar sistemasini olib, abstsissalar o'qini chizamiz va unga  $\overline{OM} = 140 \text{ мм}$  kesmani belgilaymiz

Abstsissalar o'qining  $\varphi$  burchak masshtabini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$\mu_\varphi = \frac{\varphi_p^0}{\overline{OM}} = \frac{\pi}{180^\circ} \frac{(\varphi^0 + \varphi_y^0 + \varphi_k)}{\overline{OM}} = \frac{3,14(60^\circ + 20^\circ + 60^\circ)}{180^\circ * 140} = 0,001745 \frac{\text{рад}}{\text{мм}},$$

bu yerda  $\varphi_p^0$  – kulachokning burilish burchagi

Ordinatalar o'qiga turtkichning ixtiyoriy  $\mu \frac{d^2\varphi}{d\varphi^2}$  masshtabda berilgan harakat qonuni

diagrammasini chizamiz, bunda kulachokning burilish burchagi  $\varphi_k$  qismdagi ordinata balandligini ixtiyoriy  $\alpha = 60 \text{ mm}$  kesma bilan belgilaymiz.  $\varphi_k - 60^\circ$  li abstsissalar o'qini teng to'rt burchakli bir xil shakllar chizamiz. (8-shakl, a) bunda turtkichning ko'tarilish vaziyatiga taaluqli diagramma hosil bo'ladi.

So'ngra abstsissalar o'qining davomida  $\mu_\varphi$  masshtabda  $\varphi_y^0 = 20^\circ$  ning kesma uzunligini belgilaymiz.

Berilgan shartga ko'ra  $\varphi_k = \varphi_k$  bo'lgani uchun  $\varphi_k - 60^\circ$  kesimni  $\varphi_k$  burchakka simmetrik qilib, teng va o'xshash to'g'ri to'rtburchaklik shakllarni chizamiz.

Grafikaviy integrallash usullarining biridan foydalanib chizilgan  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$  diagrammani integrallaymiz. Vatar o'tkazish usulini tadbiiq etib,  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$  grafikni bir marta integrallaymizda,  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi}(\varphi)$  ning diagrammasi hosil qilamiz.

Buning uchun abstsissalar o'qidagi  $\varphi_k - 60^\circ$  kesmani  $10^0 = 10 \text{ mm}$  deb olib, bir-biriga teng oltita kesmaga bo'lamiz. Bo'lingan kesmalarning abstsissalar o'qidagi 0, 1, 2, 3 ... nuqtalaridan vertikal chiziqlar o'tkazamizda, berilgan grafikda bo'lish nuqtalari  $0''$ ,  $1''$ ,  $2''$ ,  $3''$ , ... ni hosil qilamiz.  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$  yuqori qismida  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi}(\varphi)$  grafigi uchun yangi koordinatalar sistemasini chizamiz.  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$  diagrammasidagi vertikal chiziqlarni yuqori tomonga davom ettirib,  $0\varphi$  abstsissalar o'qini 0-1, 1-2, 2-3, ga teng kesmalarga bo'lamiz (8-shakl, b)  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$  va  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi}(\varphi)$  diagrammalarining ordinata o'qlarini bir xil va teng masshtabda chizish uchun  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi^2}(\varphi)$  diagrammasining chap tomonidagi qutb oralig'i quyidagicha bo'lishi kerak:

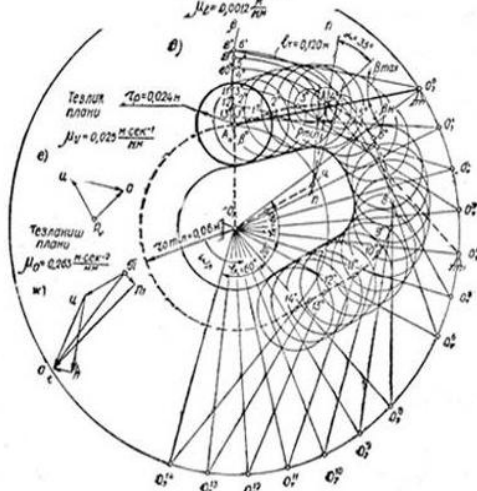
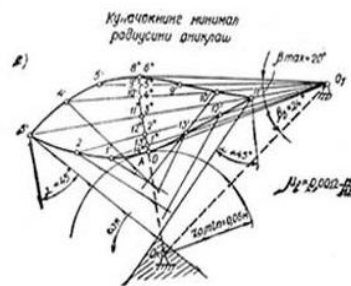
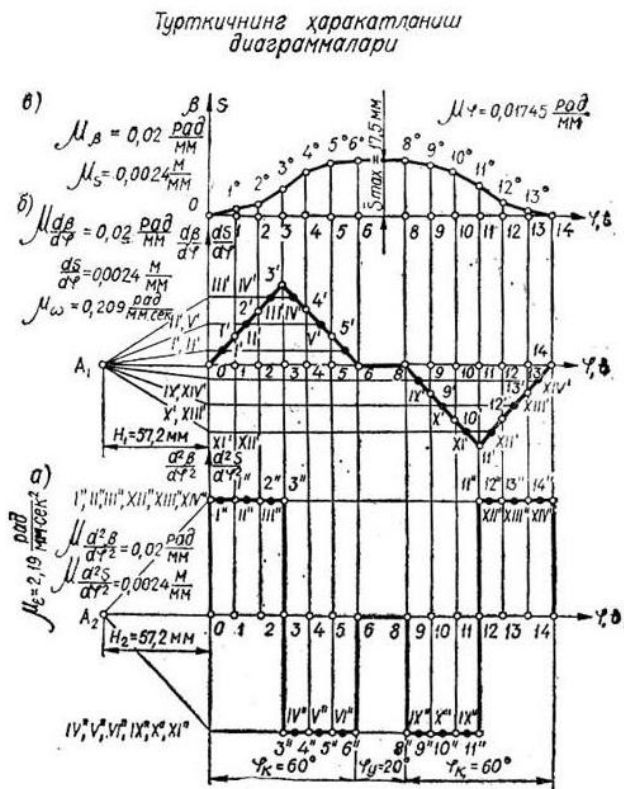
$$H_2 = \frac{1}{\mu\varphi} = \frac{1}{\pi/180^\circ} = 57,2 \text{ mm}$$

Abstsissalar o'qining chap tomonida  $\overline{OA_2} = H_2 = 57,2 \text{ mm}$  kesmani chizib,  $A_2$  nuqtani belgilaymiz.  $0''$ ,  $1''$ ,  $2''$ ,  $3''$ , ... ni hokazo chiziqlarning har biri o'rtasidagi  $I''$ ,  $II''$ ,  $III''$ , ... nuqtalarni  $\frac{d^2S}{d\varphi^2}$  ordinatalar o'qiga ko'chiramiz.

Ordinatalar o'qidagi  $\Gamma'$ ,  $\Pi''$ ,  $\text{III}''$ , ... nuqtalarni  $A_2$  qutb bilan tutashtirib  $A_2-\Gamma''$ ,  $A_2-\Pi''$ ,  $A_2-\text{III}''$ , ... nurlarni o'tkazamiz. So'ngra

$$\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi}(\varphi) \text{ diagrammasining } 0 \text{ nuqtasidan } A_2-$$

$\Gamma''$  nurga parallel qilib 0-1 qismning birinchi vertikal chizig'i bilan uchrashguncha chiziq o'tkazib,  $\Gamma$  nuqtani belgilaymiz (18.1-rasm, b).



$\frac{d^2S}{d\varphi^2}$  ordinatadagi vertikal chiziqning

$\Gamma$  nuqtasidan  $A_2-\Pi''$ , nur chizig'iga parallel chiziq o'tkazib ikkinchi vertikal chiziq

chiziqda 2` nuqtani olamiz. Diagrammaning qolgan qismlari ham xuddi shu tuzilishda chiziladi. Belgilangan 0'', 1'', 2'', 3'', ... nuqtalarni birlashtirib grafikaviy integrallangan

$$\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi}(\varphi) \text{ diagrammasini hosil qilamiz.}$$

SHuningdek,  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi}(\varphi)$  diagrammani yana bir marta grafikaviy integrallab,

$S = S(\varphi)$  siljish diagrammasini chizamiz (18.1-rasm, v). shunda  $S$  va  $\frac{dS}{d\varphi}$  ordinata

masshtablari teng bo'lishi uchun  $\bar{H}_1 = \bar{OA}_1 = 57,2 \text{ мм}$  qilib olish kerak.

So'ngra  $S = S(\varphi)$  va  $\frac{d^2S}{d\varphi^2} = \frac{d^2S}{d\varphi}(\varphi)$  diagrammalari ordinata o'qlarining masshtab koefitsientlari  $\mu_s$ ,  $\mu \frac{ds}{s\varphi}$ ,  $\mu \frac{d^2s}{s\varphi^2}$ , ni hisoblab topamiz.

### Diagramma mashstablarini aniqlash.

Dastlab, tezlanish analogi  $\frac{d^2\beta}{d^2\varphi} = \frac{d^2\beta}{d^2\varphi}(\varphi)$  grafigini chizamiz. Uni ikki marta integrallab,

$\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$  va  $\beta = \beta(\varphi)$  grafiklarni chizamiz. (18.1-rasm,a,b,v). siljish  $\beta = \beta(\varphi)$  grafigini

chizib, turtkichning ordinatalar o'qi masshtabi  $\mu_\sigma$  ni xisoblaymiz:

$$\mu_\beta = \frac{\beta_{\max}}{S_{\max}} = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot \beta^0 S_{\max} = \frac{3,14 \cdot 20^0}{180^\circ \cdot 17,5} = 0,02 \frac{\text{pad}}{\text{mm}}$$

bu yerda  $\beta = \beta(\varphi)$  diagrammasining maksimal ordinatasi, mm

Koromislo rolikning markazidagi yoy bo'ylab siljish masshtabi quyidagicha bo'ladi:

$$\mu_s = \mu_\beta \cdot l_{O\tau A} = 0,02 \cdot 0,120 = 0,0024 \frac{\text{M}}{\text{mm}}$$

CHizmada grafiklarning ordinata masshtablari teng  $\mu \frac{d^2\beta}{d^2\varphi} = \mu \frac{d\beta}{d\varphi} = \mu(\varphi)$  bo'lgani uchun koromislarning burchagiy tezligi masshtabi quyidagicha bo'ladi:

$$\mu_\omega = \mu \frac{d\beta}{d\varphi} \cdot \omega_k = 0,02 \cdot 10,46 = 0,209 \frac{\text{pad}}{\text{mm.cek}}$$

Koromislarning burchagiy tezlanishi masshtabi:

$$\mu_\varepsilon = \mu \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} \cdot \omega_k^2 = 0,02 \cdot 10,46^2 = 2,19 \frac{\text{pad}}{\text{mm.cek}^2}$$

Kulachokning minimal radiusi quyidagicha aniqlanadi. Ixtiyoriy olingan  $O_t$  nuqtadan (18.1-rasm,g).

$$\mu_l = K \cdot \mu_s = \frac{1}{2} 0,0024 = 0,0012 \frac{\text{M}}{\text{mm}}$$

masshtabda koromislarning uzunligi  $l_{O\tau A}$  ni quyidagi kesma bilan chizamiz:

$$\overline{O_T A} = \frac{l_{O\tau A}}{\mu_l} = \frac{0,120}{0,0012} = 100 \text{mm}$$

$A_0$  nuqtani koromislarning markazi  $a_T$  bilan birlashtirib, tebranish burchagi  $\beta_{\max} = 20^0$  ni belgilaymiz. So'ngra  $A_0$  nuqtadan  $\beta = \beta(\varphi)$  grafigiga moslab,  $\mu e$  masshtabda

$$\overline{01}^0 = \frac{sO_1}{\mu e} = \frac{2 \cdot sO_1}{\mu e} = \frac{2 \cdot sO_1}{sO_1} = 2\overline{11}^0 = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{mm}$$

$$\overline{02}^0 = 2(\overline{22}^0) = 2 \cdot 4,5 = 9 \text{mm}$$

$$\overline{03}^0 = 2(\overline{33}^0) = 2 \cdot 9 = 18 \text{mm}$$

intervallarga bo'lamiz.

Berilgan 0, 1, 2, 3,... nuqtalar kulachokning burilish burchagiga nisbatan koromislarning  $\beta = \beta(\varphi)$  burchagi bo'yicha siljish ordinatalari bo'ladi. 0, 1<sup>0</sup>, 2<sup>0</sup>, 3<sup>0</sup>,... nuqtalarni koromislarning markazi  $O_t$  bilan tutashtirib, undan radial nurlar o'tkazamiz va bu nurlarda quyidagi masshtabda kesimlar chizamiz:

$$\mu_l = \frac{1}{2} \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \frac{1}{2} 0,0024 = 0,012 \frac{M}{MM}$$

Rolikning markazdagi yoydan koromislarning markazi  $O_\tau$  dan chizilgan nurning chap tomoniga quyidagi kesmalarni qo'yamiz:

$$(\overline{1^0 1^1}) = 2 \left| \overline{1^0 1^1} \right| = 2 \cdot 10,5 = 21_{MM}$$

$$(\overline{2^0 2^1}) = 2 \left| \overline{2^0 2^1} \right| = 2 \cdot 20 = 40_{MM}$$

$$(\overline{3^0 3^1}) = 2 \left| \overline{3^0 3^1} \right| = 2 \cdot 30 = 60_{MM}$$

.....

Koromislarning kulachok markazidan uzoqlashish vaziyatlari uchun o'ng tomonga koromislarning markazi  $O_\tau$  tomonga quyidagi kesimlarni qo'yamiz:

$$(\overline{9^0 9^1}) = 2 \left| \overline{9^0 9^1} \right| = 2 \cdot 10,5 = 21_{MM}$$

$$(\overline{10^0 - 10^1}) = 2 \left| \overline{10^0 - 10^1} \right| = 2 \cdot 20 = 40_{MM}$$

bu yerda  $|1^0 1^1|$ ,  $|2^0 2^1|$  .....  $|12^0 13^1|$  kesmalar  $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$  diagrammasining ordinatalari.

Har bir nurdagi kesimlarning chekka nuqtalarida shu kesmalarga  $45^0$  burchak ostida to'g'ri chiziqlar o'tkazamiz. O'tkazilgan juft chiziqlar urli nuqtalarda kesishadi. Bulardan  $A_0$  nuqtadan eng uzoqdagi kesishuv nuqtasi kulachok markazi deb qabul qilinadi.

Ko'pincha,  $\frac{d_{sk}}{d\varphi}$  ba  $\frac{d_{sk}}{d\varphi}$  grafiklarning eng katta kesmalariga  $45^0$  burchak ostida kulachokning aylanish markazi bo'lmish  $O_k$  nuqta belgilanadi.

Bu ikki chiziq bilan chegaralangan yuza (18.1-rasm,g da shtrixlangan qism) kulachok markazlarining geometrik yuzasini beradi. Bu yuzaning istalgan nuqtasida kulachokning  $O_k$  markazi olinadi.  $O_k$  nuqta kulachokning aylanish markazi sifatida tanlangan.

$\overline{O_k A}$  kesma kulachokning  $\mu_l$  masshtabdagi kulachokning radiusi  $r_{0min}$  ni bildiradi. U holda, kulachok markaziy profilining minimal radiusi

$$r_{0min} = \overline{O_k A} \cdot \mu_l = 50 \cdot 0,0012 = 0,060_M$$

bo'ladi. Turtkich bilan kulachokning markazlari oralig'i quyidagicha aniqlanadi:

$$\overline{O_k O_\tau} = \overline{O_k O_\tau} \cdot \mu_l = 120 \cdot 0,0012 = 0,144_M$$

### 3.3. Kulachok profilini chizish

#### 1. Kulachokning markazidan

$$r_{0min} = \frac{r_{0min}}{\mu_l} = \frac{0,06}{0,0012} = 50_{MM}$$

$$\overline{O_k O_\tau} = \frac{\overline{O_k O_\tau}}{\mu_l} = \frac{0,144}{0,0012} = 120_{MM}$$

radiuslar bilan aylana chizamiz (18.1-rasm,d).

2.  $O_k O_t$  aylananing ustida koromislarning aylanish markazi  $O_t$  ni tanlab  $\mu_l$  masshtabda

$$\overline{O_k O_T} = \frac{l_o A}{\mu_e} = \frac{0,120}{0,0012} = 100 \text{ мм}$$

radius bilan yoy chizamiz-da ,  $r_{0\min}$  radiusli aylanada uning kesishish  $A_0$  nuqtasini belgilaymiz. Bu nuqta koromislarning ko'tarilishi boshlang'ich vaziyati bo'ladi (18.1-rasm,d).

3.  $O_k O_t$  radius chizig'idan kulachokning aylanish tomoniga qarama-qarshi yo'nalishda

$$\varphi_k = 60^\circ, \varphi_y = 20^\circ, \varphi_k = 60^\circ,$$

burchaklarni belgilaymiz.

4. Bu  $\varphi_k$  va  $\varphi_k$  burchaklarni  $\beta = \beta(\varphi)$  yoki  $s = s(\varphi)$  diagrammalariga moslab, teng qismlarga bo'lamiz.  $O_k O_t$  aylanada  $O_T^1, O_T^2, O_T^3$  nuqtalarni belgilaymiz. Bu nuqtalar koromislarning «qaytarma» harakatdagi aylanish markazlarini ko'rsatadi.

5.  $O_t$  markazdagi  $\overline{O_T A_0}$  radius bilan  $\beta^0 = \beta(\varphi)$  yoy chizamiz va bu yoyda koromislarning  $\beta = \beta(\varphi)$  diagrammasidan olingan burchagiy siljishlari yoylari  $0\check{1}, 0\check{2}, 0\check{3}, \dots$  ni belgilaymiz.

6. Kulachokning  $O_k$  markazidan  $1k^0, 2k^0, 3k^0, \dots$  radiusli yoylar chizamiz va  $\overline{O_k A_0}$  aylanadagi  $O_T^1, O_T^2, O_T^3, \dots$  nuqtalardan koromislarning  $O_t A$  radiusi bilan o'tkazilgan yoyning kesishuv  $1^0, 2^0, 3^0, \dots$  nuqtalarini aniqlaymiz.

7. Belgilangan  $1^0, 2^0, 3^0, \dots$  nuqtalarni birlashtirib, kulachokning markaziy profilini chizamiz.

Rolik radiusi  $A$  sxema misolida aniqlanganidek topiladi. Kulachokning amaliy profili ham yuqorida ko'rsatilganidek chiziladi.

### **Almashtirilgan mexanizm chizish va koromislo roligi markazining tezlik hamda tevlanishlarini aniqlash**

Koromislarning burilish burchagi  $\varphi_k$  dagi 4-vaziyat uchun kulachok profilidagi oliy kinematikaviy juft quyi kinematikaviy juftga almashtirilib, shtrix chiziqlar bilan chizilgan to'rt sharnirli almashtirilgan richagli mexanizmni chizamiz. Rolik va kulachokning oliy kinematikaviy juftining egrilik radiusi markazi  $A$  va  $TS$  nuqtalarda joylashgan  $A$  nuqtadagi oliy kinematikaviy juftni ikki sharnirli  $ATS$  zveno bilan almashtiramiz (18.1-rasm, d).

Koromislarning  $A$  nuqtasi tezligini quyidagi vektoriy tenglamadan aniqlaymiz:

$$\vec{V}_A = \vec{V}_{II} + \vec{V}_{AII}$$

$$\vec{V}_A = \vec{V}_T + \vec{V}_{AO_T}$$

bu yerda  $V_u$  – kulachokning  $TS$  nuqtasi tezligi: bu tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$V_{II} = O_k II \cdot \omega_k = \overline{O_k II} \cdot \mu_e \cdot \omega_k = 52 \cdot 0,0012 \cdot 10,46 = 0,653 \text{ м/сек}$$

$O_T$  - nuqtaning tezligi nolga teng, chunki  $O_T$  nuqta qo'zg'almas.

$\vec{V}_{AII}$  va  $\vec{V}_{AO_T}$  nisbiy tezliklarining yo'nalishi ma'lum, ya'ni  $\vec{V}_{AII}$  – qo'shimcha zvenoning  $ATS$  chizig'iga,  $\vec{V}_{AO_T}$  – esa koromisloga tik yo'nalgan (18.1-rasm, ye).

Tezliklar planining masshtabini  $\frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{d\beta}{d\varphi}(\varphi)$  diagrammasining masshtabi

$\mu_\sigma = 0,025 \frac{M/c\epsilon\kappa}{MM}$  ga tenglab olamiz.

TS nuqta tezligining  $\frac{MM}{p\mu}$  kesmasi uzunligini aniqlaymiz:  $\overline{p\mu} = \frac{V_\mu}{\mu_\nu} = \frac{0,653}{0,025} = 26,MM$

Qutb nuqtasi  $p_\sigma$  dan  $\overline{p_\sigma\mu}$  vektorning yo'nalishini  $O_kTS$  tomonga tik qilib chizamiz (8-shakl,e). So'ngra tezliklar planidagi  $\mu$  va  $p_\sigma$  nuqtalardan  $\vec{V}_{A\mu}$  va  $\vec{V}_{AO_T}$  nisbiy tezliklarning  $\overline{\mu a}$  va  $\overline{p_\sigma a}$  vektorlari yo'nalishini chizib, koromislodagi A nuqtaning absolyut tezlik vektorini olamiz. Uning qiymati  $V_A = \overline{p_\sigma a} \cdot \mu_\nu = 0,025 = 0,5 M/c\epsilon\kappa$  bo'ladi.

A nuqtaning tezlanishi quyidagi vektoriy tenglamadan aniqlanadi:

$$\vec{a}_A = \vec{a}_\mu + \vec{a}_{A\mu}^\tau$$

$$\vec{a}_A = \vec{a}_{O_T} + \vec{a}_{AO_T}^\tau$$

Tenglamadagi tezlanishlarning qiymatlarini aniqlaymiz:

$$a_\mu = O\kappa\mu \cdot \omega_\kappa^2 = \overline{O\kappa\mu} \cdot \mu_l \cdot \omega_\kappa^2 = 46 \cdot 0,0012 \cdot 10,46^2 = 6,04 \frac{M}{c\epsilon\kappa^2}$$

$$a_{A\mu}^n = \frac{\sigma_{a\mu}^2}{A\mu} = \frac{(a\mu \cdot \mu_\sigma)^2}{A\mu \cdot \mu_l} = \frac{(27 \cdot 0,025)^2}{38 \cdot 0,0012} = 10 \frac{M}{c\epsilon\kappa^2} \quad a_{AO_T}^n = \frac{\sigma_{AO_T}^2}{O_T A} = \frac{(\overline{p_\sigma a} \cdot \mu_\sigma)^2}{O_T A \cdot \mu_l} = \frac{(21 \cdot 0,025)^2}{100 \cdot 0,0012} = 1,2 \frac{M}{c\epsilon\kappa^2}$$

$a_{O_T} = 0$  chunki  $O_T$  qo'zg'almas. Tezlanishlar planining masshtabi  $\mu_\sigma = 0,263 \frac{M/c\epsilon\kappa^2}{MM}$  ni  $\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}(\varphi)$  diagrammasining masshtabiga tenglab olib, tezlanishlar planini chizamiz (18.1-rasm,j).

Qutb nuqtasi  $\pi$  dan TSO ga parallel qilib, TS nuqtaning tezlanishini kesma uzunligi

$$\overline{\pi\mu} = \frac{a_\mu}{\mu_a} = \frac{6,04}{0,263} = 23,MM$$

bilan chizamiz va TS nuqtadan ATS zvenoga parallel qilib, A nuqtadan TS nuqtaga yo'nalgan chiziq o'tkazamiz. Bu chiziqda  $\vec{a}_{A\mu}^n$  normal tezlanishning vektorini kesma

$$\overline{\pi\mu} = \frac{a_{A\mu}^n}{\mu_a} = \frac{10}{0,263} = 38,MM$$

bilan chizamiz. ATS ga perpendikulyar yo'nalishidagi  $n$  nuqtadan  $a_{A\mu}^\tau$  tezlanishning yo'nalishini chizamiz va qutb nuqtasi  $\pi$  da yotgan  $O_T$  nuqtadan  $O_T A$  zvenoga parallel qilib,  $\vec{a}_{AO_T}^n$  normal tezlanishning vektorini o'tkazamiz. Bu chiziqda

$$\overline{\pi\mu_T} = \frac{a_{AO_T}^n}{\mu_a} = \frac{23}{0,263} = 8,7,MM$$

kesmani belgilaymiz.  $n_T$  nuqtadan  $O_T A$  tik qilib,  $a$  bilan kesishguncha  $\vec{a}_{AO_T}^\tau$  tezlanishning vektorini chizamiz. Koromisloning A nuqtasi tezlanishini quyidagi formuladan aniqlaymiz:  $a_A = \overline{\pi a} \cdot \mu_a = 60 \cdot 0,263 = 15,8 \frac{M}{c\epsilon\kappa^2}$



Koromislo A nuqtasining ikki usulda aniqlangan tezlik va tezlanishlari qiymatlarini farqi aniqlanadi.

Koromisloning shu vaziyatdagi bosim burchagi  $a$  ni aniqlash uchun rolikning markazi A dan koromisloga tik chiziq o'tkazamiz va kulachokning markaziy profiliga  $n - n$  normal chiziq chizamiz.

Koromislo roligining markazi absolyut tezlik vektorining yo'nalishi bilan  $n - n$  normal chiziq orasidagi  $a$  burchak shu vaziyat uchun kulachokning bosim burchagi bo'ladi. Bizning misolimizda  $a = 35^{\circ}$  (18.1-rasm, d).

## Mavzular bo'yicha tuzilgan test topshiriqlari.

### 1-mavzu uchun

1. *Agarda 4 zvenoli richagli mexanzmda 2- va 4- zvenolar to'la aylanma harakat qilsa bu qanday mexanizm deyiladi?*

- A. Ikki koromisloli  
B. Kulisali  
C. Ikki krivoshipli  
D. Krivoship-koromisloli

2. *Agarda 4- zvenoli richagli mexanizm 4- zveno aylanma-tebranma harakat qilsa bu qanday mexanizm deyiladi?*

- A. Ikki krivoshipli  
B. Ikki koromisloli  
C. Krivoship-koromisloli  
D. Krivoship-polzunli

3. *Aylanma-tebranma harakatlanuvchi zveno ..... deyiladi.*

- A. Krivoship  
B. Koromislo  
C. Polzun  
D. SHatun

3. *Bir-biri bilan kinematik juft orqali birlashgan sistemaga nima deb ataymiz.*

- A. Mexanizm  
B. Kinematik zanjir  
C. Assur guruxi  
D. Kinematik juft

4. *Detal' uzatuvchi mexanizmni shatuni qanday harakatni vujudga keltiradi?*

- A. Aylanma;  
B. Tebranma-aylanuvchi  
C. Ilgarilanma  
D. Tekis-parallel

5. *Zvenolar o'zaro kinematik juft bilan birlashgan mexanik sistemaga nima deyiladi?*

- A. Kinematik zanjir  
B. Ferma  
C. Mexanizm  
D. Assur guruxi

6. *Ilgarilanma-qaytma harakatlanuvchi zveno nima deb ataladi? 1. Krivoship; 2. Koromislo; 3. Polzun; 4. SHatun.*

- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4

7. *Koromislo deb qaysi zvenoga aytiladi? Agarda zvenolar. 1. Aylanma, 2. Tebranma, 3. Ilgarilanma, 4. Murakkab harakat qilsa.*

- A. 2  
B. 3  
C. 1  
D. 4

8. *To'liq aylanma harakatlanuvchi zveno nima deb aytiladi?*

- A. Krivoship  
B. Koromislo  
C. Polzun  
D. SHatun

9. *Ham aylanma ham ilgarilanma harakatlanuvchi zveno ..... deb ataladi?*

1. Krivoship; 2. Koromislo; 3. Polzun; 4. SHatun.

- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4

10. *SHatun nimaga kiradi?*

- A. Detal'  
B. Mexanizm zvenosi  
C. Kinematik zanjir  
D. Mexanizm

11. *"Ferma" deb nimani tushunasiz?*

- A. Ko'zgaluvchanlik darajasi  $W = 0$  bo'lgan sistema.  
B. Ko'zgaluvchanlik darajasi  $W = 1$  bo'lgan mexanizm.  
C. Ko'zgalmas zveno.  
D. Ko'zgaluvchanlik darajasi  $W = 0$  bo'lgan mexanizm

12. *Mexanizmlar analizi nimani o'rgatadi*

- A. Mexanizmlar kinematikasi, mexanizmlar statikasi  
B. Mexanizmlar dinamikasi mexanizmlar statikasi  
C. Mexanizmlar statikasi mexanizmlar tezlanishi  
D. Mexanizmlar kinematikasi, mexanizmlar dinamikasi

13. *Mexanizmlar sitezi deganda nimani tushunasiz*

- A. Friksion mexanizmlar xarakati
- B. Mashina tegishli foydali ish bajarilishi
- C. Mexanizm va zvenolarning xarakati qonuniga asosan mexanizm yaratish
- D. Mexanizmga tasir etuvchi kuchga asosan loyixalash

**14. Mashinaning asosiy belgilari qanday**

- A. Mashina ma'lum tartibda tuzilgan bo'lishi, uning qismlari kuch tasirida tezlanish bilan xarakatlanishi, mashina foydali ish bajarish kerak
- B. Mashina aylanma xarakat qilishi, uning qismlari ma'lum tartibda xarakatlanishi mashina tezligi foydali ish bajarish kerak
- C. Mashina ma'lum tartibda tuzilgan bo'lishi, uning qismlari ma'lum tartibda xarakatlanishi mashina tezligi foydali ish bajarilishi
- D. Mashina tezlanish bilan xarakatlanishi mashina tegishli foydali ish bajarilishi mashina ma'lum tartibda tuzilgan bo'lishi kerak

**15. Mexanizm asosiy turlari qanday**

- A. Tishli-g'ildirakli, kulchatkali, chervakli, tasmali, zanjirli, elektr mexanizmlar
- B. Richagli, kulchatkali, tishli, g'ildirakli, vintli va pog'inali friksion, egiluvchi zvenoli, gidravlik va pneviatik, elektirik mexanizmlar
- C. SHevron tishli, richagli, egiluvchan zvenoli, Kulachok, friksion, gidravlik va pnevmatik
- D. Elektrik, zanjirli, tishli-g'ildirakli, vintli va pog'onali, friksion gidravlik va pnevmatik mexanizmlar

**2-mavzu uchun**

**1. Vintli kinematik juft bo'lganda I.I. Artobolevskiyning klassifikatsiyasi buyicha kinematik juft klassini aniqlang.**

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 5

**2. I.I. Artobolevskiyning klassifikatsiyasi buyicha barmokli sferik kinematik juft klassini aniqlang.**

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

**3. Kesik tsilindr bilan sharnir kinematik juft hosil qilganda I.I. Artobolevskiyning klassifi-katsiyasi buyicha kinematik juft klassini aniqlang.**

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

**4. Mexanizmlar hosil qilishning asosiy printsipini ishlab chiqqan olimni ko'rsating?**

- A. Arximed
- B. Leonardo Da Vinchi
- C. Assur
- D. CHebishev

**5. Mexanizmlarni sintez qilishga asos solgan olim kim?**

- A. Assur
- B. CHebishev
- C. Jukovskiy
- D. Kostitsin

**6. Mexanizmning qo'zg'almas zvenosi nima deb ataladi?**

- A. Kulisa
- B. Tosh
- C. Stoyka
- D. Krivoship

**7. Nisbiy harakatini cheklovchi, bir-biriga nisbatan harakatlanuvchi zvenolarni bog'lanishiga nima deyiladi?**

- A. Kinematik zanjir
- B. Mexanizm
- C. Kinematik juft
- D. Ferma

**8. Tekis mexanizmlar uchun erkinlik darajasini topish formulasi kim tomonidan yaratilgan?**

- A. M. Gryubler
- B. P.L. CHebishev
- C. F.Relo
- D. P.O. Somov i A.P. Malishev

**9. Tekis mexanizmlarni struktur klassifikatsiyasi kim tomonidan yaratilgan?**

- A. Monj
- B. Villis
- C. F.Rello
- D. L.V. Assur

**10. Tekislikda turt burchakli brusning I.I. Artobolevskiyning klassifikatsiyasi buyicha kinematik juft klassini aniqlang.**

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

11. *Tish kirkish dastgohi mexanizmida nechta  $R_5$  kinematik juft bor?*  
 A. 4 C. 2  
 B. 6 D. 5
12. *Fazodagi harakatlanayotgan jismning erkinlik darajasi*  
 A. 3 C. 5  
 B. 4 D. 6
13. *TSilindr bilan tekislik kinematik juft hosil qilsa I.I. Artobolevskiyning klassifikatsiyasi buyicha kinematik juft klassini aniqlang.*  
 A. 1 C. 3  
 B. 2 D. 4
14. *2 ta tsilindr bir-biriga kiydirilgan bo'lsa I.I. Artobolevskiyning klassifikatsiyasi buyicha kinematik juft klassini aniqlang.*  
 A. 1 C. 3  
 B. 2 D. 4
15. *4 zvenoli kulisali richagli mexanizmni qo'zg'aluvchanlik darajasi nechaga teng?*  
 A. 2 C. 4  
 B. 3 D. 1
16. *5 ta qo'zg'aluvchan zvenoli-richagli tekis mexanizmni qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlang. Javobini  $x = W$  qilib yozing.*  
 A. 1 C. 3  
 B. 2 D. 4
17. *Krivoship polzunli mexanizmida shatun kanday xarakat kiladi*  
 A. tekis C. Aylanma  
 B. Ilgarilanma D. xarakatlanmaydi
18. *Krivoship-polzunli mexanizmida kuzgaluvchan zvenolar soni*  
 A.  $n = 3$  C.  $n = 1$   
 B.  $n = 2$  D.  $n = 0$
19. *Polzun kanday xarakat kiladi*  
 A. ilgarilanma C. xarakatlanmaydi  
 B. Aylanma D. murakkab
20. *CHebishev formulasi  $w = 3n - 2P_5 - P_{P_5}$  nimani bildiradi*  
 A. 5-klass kinematik juft C. 3-klass kinematik juft  
 B. 4-klass kinematik juft D. 2-klass kinematik juft
21. *Assur buyicha kanday mexanizmlar I- klass mexanizmi deyiladi*  
 A. Etakchi zveno C. koramislo  
 B. Etaklanuvchi zveno D. shatun
22. *Mexanizmni klassi kanday aniklanadi*  
 A. Assur guruxining yukori sinifi C. Zvenolar soni  
 B. Assur guruxining soni D. chamalab
23. *Tekis mexanizmlar – zvenolari ..xarakat kiladigan sistema.*  
 A. bir tekislikda yoki parallel tekisliklarda. C. o'zaro perpendikulyar tekisliklarda.  
 B. bir necha tekislikda. D. bir tekislikda
24. *Kinematik juft, ta'rifi.*  
 A. Ikki zvenoni bir- biri bilan o'zaro ko'zgaluvchan kilib birlashtiradigan element.  
 B. Kinematik sxemada zvenoning uchida turgan, dumalash shaklda ko'rsatilgan element.  
 C. Kinematik sxemada lotin alifbosining bosh xarfi bilan ko'rsatilgan element.  
 D. Kinematik sxemada sonlar bilan ko'rsatilgan element
25. *P.L.CHebishev formulasidagi  $w = 3n - 2p_5 - p_4$  "n" ifodasi, bu:*  
 A. Mexanizmdagi ko'zgaluvchan zvenolar soni. C. Mexanizmdagi ko'zgalmas zvenolar soni.  
 B. Mexanizmlardagi zvenolar soni. D. Etakchi zvenolar soni
26. *Erkin jism fazoda harakat kilsa, uning erkinlik darajasi:*  
 A. 6. C. 4.  
 B. 2. D. 1.
27. *Turt zvenoli tekis mexanizmida ko'zgaluvchan zvenolar soni nechta bo'ladi?*

- A. n-3. C. n-2.  
 B. n-1. D. n-4.
- 28. Kinematik juftlar nechta sinfga bo'linadi?**  
 A. 5. C. 2.  
 B. 1. D. 3.
- 29. Mexanizmning ko'zgaluvchanlik darajasi nimani bildiradi?**  
 A. Etakchi zvenolar sonini. C. ko'zgaluvchan zvenolar sonini.  
 B. Etaklanuchi zvenolar sonini. D. Zvenolar sonini.
- 30. Krivoship kanday xarakterat kiladi?**  
 A. Aylanma. C. Tekis.  
 B. Ilgarilanma-kaytma. D. Aylanma-chaykalma
- 31. Kinematik juftning ta'rifini bering.**  
 A. Ikki zvenoning ko'zgalmas birikmasi.  
 B. Sirt, chizik va nuktalarning o'zaro birikishi.  
 C. tezlik masshtab koeffitsienti o'zgarmasa, tezlikka ta'sir etmaydi.  
 D. Nisbiy xarakterat kiluvchi ikki zvenoning o'zaro birikish joyi.
- 32. Ustun (stoyka), tayanch zveno, bu**  
 A. ko'zgalmas zveno. C. etaklanuvchi zveno.  
 B. etakchi zveno. D. ko'zgaluvchan zveno
- 33. Assur guruxining matematik ifodasi, bu:**  
 A.  $W = 3n - 2p_5 = 0$  C.  $W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2$   
 B.  $W = 3n - 2p_5 - p_4$  D.  $W = 3n - 2p_5 - 4p_4 = 0$
- 34. Agar Assur guruxida beshinchi sinf kinematik juftlar soni  $p_5 = 6$  bo'lsa, ko'zgaluvchan zvenolar soni n:**  
 A. n=4. C. n=2.  
 B. n=1. D. n=3.
- 35. Assur guruxinig tartibi kanday aniklanadi?**  
 A. Tashki kinematik juftlar soni bilan. C. Etakchi zvenolar soni bilan.  
 B. Ichki kinematik juftlar soni bilan. D. Etaklanuvchi zvenolar soni bilan
- 36. Kinematik elementi bo'yicha kinematik juftlar bo'linadi:**  
 A. oliy va kuyi. C. oliy va tashki.  
 B. murakkab va oddiy. D. kuyi va ichki
- 37. Mexanizm sxemasini Assur guruxlariga bo'lish nima uchun kerak?**  
 A. Mexanizmning sinfini va strukturaviy formulasini aniklash uchun.  
 B. Mexanizmning sinfini ani'lash uchun.  
 C. Mexanizmning strukturaviy formulasini ani'lash uchun.  
 D. Mexanizmning erkinlik darajasini ani'lash uchun
- 38. Koromislo deb kanday xarakterat kiladigan zvenoga aytiladi?**  
 A. Aylanma-chaykalma. C. Aylanma.  
 B. Ilgarilanma-kaytma. D. Murakkab
- 39. Fazoda harakatlanuvchi qattiq jism erkinlik darajasi nechta**  
 A. 5; C. 9;  
 B. 3; D. 6;
- 40. Tekislikda harakatlanuvchi qattiq jism erkinlik darajasi nechta**  
 A. 3; C. 1;  
 B. 5; D. 6;
- 41. Kinematik juft deb nima aytamiz**  
 A. Zvenolarning tezlik bilan harakatlanishiga  
 B. Bir – biriga nisbatan harakat qiladigan ikki zveno qo'shmasiga  
 C. Kuch ta'sirida harakat qiladigan zvenolari.

D. Zvenolarning fazodagi harakatiga.

### 3-4-mavzu uchun

1. Agarda  $\omega_1 = \text{const}$  bo'lsa kulisali mexanizm tashni kulisaga nisbatan tezligi qanday yo'naladi? 1. kulisaga perpendikulyar 2. krivoshipga parallel 3. krivoshipga perpendikulyar 4. kulisaga parallel

- A. 1 C. 3  
B. 2 D. 4

2. Agarda  $\vec{\pi}_A = r_A \vec{\omega}$  bo'lsa tezlanish masshtabi uchun qaysi formula to'g'ri?

- A.  $\mu_a = \mu_1 \omega$  C.  $h_1 = \frac{\mu_s}{\mu_v \mu_t}$   
B.  $\mu_a = \mu_1 \omega^2$  D.  $h_2 = \frac{\mu_v}{\mu_a \mu_t}$

3. Qaysi formulada xatolikga yul kuyilgan?

- A.  $a_A^n = r_A \omega$  C.  $V_A = r_A \omega$   
B.  $a^k = 2V_{\text{huc}} \omega \sin(V_{\text{huc}} \omega)$  D.  $a_A^t = r_A E$

4. Kinematik tekshirish masalasiga nimalar kirmaydi?

- A. Nuqtalarni holati va traektoriyasini aniqlash  
B. Nuqtalarni chizikli tezlik va tezlanishlarini aniqlash  
C. Zvenolarni burchak tezlik va tezlanishlarini topish  
D. Mexanizm zvenolarini o'lchamlarini topish

5. Krivoship polzunli mexanizm polzunning harakatini ifodalovchi tenglamani ko'rsating? 1.

$$X_B = r(1 - \cos \varphi) + l(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi});$$

2.  $V_B = \omega \cdot r(\sin \varphi + \frac{\lambda \sin 2\varphi}{2\sqrt{1 - (\lambda \sin \varphi)^2}})$ ; 3.  $\varepsilon = \omega_2^2 i_{32} + \varepsilon_2 i_{32}$ ; 4. Hammasi to'g'ri.

- A. 1 C. 3  
B. 2 D. 4

6. Kulisali 4 zvenoli mexanizm uchun qaysi tenglik noto'g'ri?

- A.  $V_A = V_A + V_{AA}$  C.  $V_B = V_{A O_2 B} / O_2 A_3$   
B.  $V_B = V_B + V_{BO}$  D.  $V_B = V_O + V_{BO}$

7. Kulisali mexanizm uchun qaysi ifoda noto'g'ri?

- A.  $\vec{V}_{AA_3} = \vec{V}_A + \vec{V}_{AA_3}$  C.  $V_B = V_{A_3} + V_{A_3} \frac{CB}{CA_3}$   
B.  $\vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{BC}$  D.  $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$

8. Kulisali mexanizm Koriolis tezlanish yo'nalishi nimaga nisbatan aniqlanadi?

- A. Nisbiy tezlikka C. Nisbiy tezlik va kulisani burilish yo'nalishiga  
B. Kulisani burilish yo'nalishiga D. Toshning tezligiga

9. Kulisali mexanizmni qaysi holati chetki deb yuritiladi?

- A. Kulisa bilan krivoship ustma-ust tushganda  
B. Kulisa bilan krivoship  $60^\circ$  burchak hosil qilganda  
C. Kulisa bilan krivoship perpendikulyar bo'lganda  
D. Kulisa bilan krivoship  $45^\circ$  burchak hosil qilganda

10. Kulisani burchak tezligi  $\omega_1 = \text{const}$  bo'lganda, Koriolis tezlanish vektori qanday yo'nalgan bo'ladi? 1. Kulisaga paralel. 2. Krivoshipni tezlik vektoriga paralel

Krivoshipni tezlik vektoriga perpendikulyar 4.  $V_{A_{12} A_3}$  tezlikni harakat tomonga  $90^\circ$  buralganiga

- A. 1  
B. 2
- C. 3  
D. 4
11. *Markaziy krivoship-polzunli mexanizmni qaysi holati chetki deb yuritiladi? 1. Krivoship polzun yo'nalishiga tik bo'lganda 2. Krivoshipning holati shatunga tik bo'lganda 3. Krivoship bilan shatun orasidagi burchak  $45^0$  bo'lganda 4. Krivoship bilan shatun bir chiziqda bo'lganda*
- A. 1  
B. 2
- C. 3  
D. 4
12. *Prizmani bir qirrasi bilan tekislik kinematik juft hosil qilsa I.I. Artobolevskiyning klassifikatsiyasi buyicha kinematik juftlar klassini aniqlang.*
- A. 1  
B. 2
- C. 3  
D. 4
13. *Tezlik analogining o'lchov birligini ko'rsating?*
- A. m/s  
B. m/mm
- C. rad/sek  
D. m/sek<sup>2</sup>
14. *4 zvenoli AVSD richagli mexanizm shatunida V nuqta atrofida aylanma harakat kilayotgan S nuqtani vektor tezligi qanday yo'nalgan? 1. VS ga parallel 2. S nuqtadan VS ga tik yo'nalgan 3. V nuqtadan VA ga perpendikulyar 4. VS ga perpendikulyar*
- A. 1  
B. 2
- C. 3  
D. 4
15.  *$v_a = \omega \cdot r$  formulasida  $\omega$  nimani bildiradi.*
- A. burchak tezlik  
B. chizikli tezlik
- C. aylanishlar soni  
D. burchak tezlanishi
16.  *$a^r = \varepsilon \cdot r$  formulasida  $\varepsilon$  nimani bildiradi.*
- A. Burchak tezlanish  
B. burchak tezlik
- C. aylanishlar soni  
D. urunma tezlanish
17.  *$a^r$  tezlanishni kaysi tarkibi.*
- A. urunma tezlanish  
B. normaltezlanish
- C. tezlanishlar yigindisi  
D. chizikli tezlik
18.  *$a^n$  tezlanishni kaysi tarkibi*
- A. normal tezlanish  
B. urunma tezlanish
- C. tezlanishlar yiindisi  
D. chizikli tezlik
19.  *$\mu_t$  kaysi masshtab koeffitsientini aniklaydi*
- A. tezlik masshtab koeffitsientini  
B. uzunlik masshtab koeffitsientini
- C. tezlanish masshtab koeffitsientini  
D. burchak tezlik masshtab koeffitsientini
20.  *$\mu_l$  kaysi masshtab koeffitsientini aniklaydi*
- A. uzunlik masshtab koeffitsientini  
B. tezlik masshtab koeffitsientini
- C. tezlanish masshtab koeffitsientini  
D. burchak tezlik masshtab koeffitsientini
21.  *$\mu_a$  kaysi masshtab koeffitsientini aniklaydi*
- A. tezlanish masshtab koeffitsientini  
B. burchak tezlik masshtab koeffitsientini
- C. tezlik masshtab koeffitsientini  
D. uzunlik masshtab koeffitsientini
22. *Burchak tezlikning birligi*
- A. rad/sek  
B. m/sek
- C. rad/sek<sup>2</sup>  
D. 1/sek
23. *CHizikli tezlanish birligi*
- A. m/sek<sup>2</sup>  
B. 1/sek<sup>2</sup>
- C. m/sek  
D. m<sup>2</sup>/sek
24. *Kulisali mexanizmlarda kanday tezlanish sodir buladi*
- A. Koriolis  
C. Markazga intilma

- B. Markazdan kochirma D. CHizikli
25. **Koriolis tezlanish tenglamasining  $a^{\text{KOP}} = 2 \cdot \omega \cdot v$  burchak tezligi  $\omega$  kaysi zvenoga ta'lukli**  
 A. Kulisaga C. shatunga  
 B. krivoshipga D. Tayanchga
26. **Uzunlik masshtabining koeffitsienti birligi**  
 A.  $M/MM$  C.  $MC/MM$   
 B.  $MM/MM$  D.  $MM/M$
27. **Krivoship-shatunli mexanizmida krivoshipning uzunligi porshen yo'lining:**  
 A. yarimiga teng  $l = H/2$  C. o'ziga teng  $l = H/2$   
 B. uchdan biriga teng  $l = H/3$  D.  $l = H/4$
28. **Krivoship-polzun mexanizmida porshenga tegishli "V" nuqtaning tezligi kaysi xolda nolga teng bo'ladi**  
 A.  $\varphi = 0^\circ, 180^\circ$  C.  $\varphi = 60^\circ$   
 B. Krivoship bilan polzunning yurish yo'li orasidagi burchak  $\varphi = 90^\circ$  D.  $\varphi = 270^\circ$
29. **Krivoship-shatun mexanizmida shatunning burchak tezligi  $\omega_2$  va burchak tezlanishi  $\varepsilon_2$  bir xil tomonga yo'nalgan bo'lsa, unda:**  
 A. zveno tezlashib xarakat kiladi. S. zveno sekinlashib xarakat kiladi.  
 V. zveno bir xil ravon xarakat kiladi. D. ularning yo'nalishi zveno xarakatiga ta'sir etmaydi
30. **Krivoship-shatun mexanizmida krivoshipning uzunligi oshishi bilan, polzunning urtacha tezligi:**  
 A. oshadi. C. Kamayadi.  
 B. O'zgarmaydi. D. Uzunligi
31. **Kaysi grafik usul mexanizm zvenolarining chizikli va burchak tezliklarini yo'nalishlari va kiymatlari aniklab beradi?**  
 A. Kinematik diagramma usuli, C. Tezliklar plani usuli.  
 B. Berk vektor konturlari usuli D. Kaytarma xarakat usuli
32. **Kaysi formula shatunni normal tezlanishini ko'rsatadi?**  
 A.  $a^n = \omega_3 \cdot e_{AB}^2$ ; C.  $a^n = \omega \cdot \sin(V\omega)$ ;  
 B.  $a^n = \frac{\omega^2}{e_{AB}}$ ; D.  $\rho_k = \frac{V_k^2}{a_k^n}$
33. **Mexanizm kinematik sxemasining masshtab koeffitsientini formulasini aniklang.**  
 A.  $\mu = \frac{AB}{l_{AB}}$ ; C.  $\mu = \frac{l}{2\pi}$ ;  
 B.  $\mu = \frac{l_{AB}}{AB}$ ; D.  $\mu = \frac{V_B}{P_B}$ ;
34. **CHizikli tezlik masshtab koeffitsienti birligi:**  
 A.  $\frac{M/C}{MM}$  C.  $\frac{M/C^2}{MM}$   
 B.  $M/CMM$  D.  $M/C \cdot MM$
35. **Krivoship-polzunli mexanizmida kirivoship kanday xarakatlanadi**  
 A. aylanma C. ilgarilanma  
 B. Tekis paralel D. Xarakat kilmaydi
36. **Mexanizm kinematikasini o'rganish usullarni ko'rsating**  
 A. Trigonometrik, grafik, grafoanalitik usullari  
 B. Analitik, yorip vektori kontur, grafik usullari  
 C. Grafik, to'g'ri burchakli koordinatalar, grafoanalitik usullari  
 D. analitik, grafik, grafoanalitik usullar.



37. *Tekislikda xarakatlanuvchi ko'p zvenoli mexanizmlar qanday xarakatlanadi.*

- A. Murakkab xarakat
- B. Ilgarilanma qaytar va teks tezlantuvchan xarakat
- C. aylanma, ilgarilanma- qaytar va murakkab xarakat
- D. aylanma va ilgarilanma qaytar

38. *Mexanizmlar kinematikasi nimani va o'rgatadi.*

- A. Mexanizmga ta'sir etuvchi kuchlarni xisoblash.
- B. Mexanizm xarakatini kuchlarni xisobga olmagan xolda o'rganish.
- C. mexanizmni tekislikdagi xarakati.
- D. Mexanizmni tezligini xisoblash.

39. *Absolyut tezlik nima?*

- A. Zvenolarning qo'zg'almas jismga nisbatan tezligi.
- B. zvenolarning qo'zg'aluvchi jismga nisbatan tezligi.
- C. zvenolarning oniy tezliklar markazi.
- D. zvenolarning yer o'qiga nisbatan xarakati.

### 5-mavzu uchun

1. *Foydali karshilik kuchini ko'rsating?*

- A. Ichki yonish dvigatelini porsheniga ta'sir etuvchi gazni bosimi
- B. Podshipnik va tsilindrdagi ishqalanish kuchlar
- C. Dvigatel orkali harakatga keladigan mashinani karshi-lik kuchi
- D. Inertsiya kuchi hisobiga kine-matik juftlarda hosil buladigan kushimcha bosim kuchi

2. *Harakatga keltiruvchi kuchni ko'rsating.*

- A. Kuprikli krاندagi yukni og'irligi
- B. Tokarlik stanogidagi metallni kesish uchun sarf bulayotgan kuch
- C. Kompressordagi kisilgan havoni kuchi
- D. Ichki yonuv dvigatelidagi porshenga ta'sir etuvchi gazni bosim kuchi

3.  *$P_u$  kaysi kuchni ifodalaydi*

- A. inertsiya kuchi
- B. inertsiya momenti
- C. ogirlik kuchi
- D. xarakatlatlantiruvchi kuch

4.  *$P_u = -ma$  formulasida «m» nimani aniklaydi*

- A. zveno massasi
- B. zveno tezligi
- C. zveno tezlantishi
- D. zveno ogirligi

5.  *$N_k = P_k \cdot v$  formula  $P_k$  nimani bildiradi.*

- A. keltirilgan kuchni
- B. Keltirilgan moment
- C. Ogirlik kuchini
- D. Inertsiya momentini

6.  *$N_k = M_k \cdot \omega$  formula  $M_k$  nimani bildiradi.*

- A. keltirilgan kuchni
- B. Keltirilgan moment
- C. Ogirlik kuchini
- D. Inertsiya momentini

7. *Kaysi xolda zvenoga ta'sir etayotgan kuchlar musbat kiyamatga ega bo'ladi?*

- A.  $\alpha > 90^\circ$
- B. Kuch vektori bilan kuch ko'yilgan nukta tezlik vektori orasidagi burchak
- C.  $\alpha < 90^\circ$
- D.  $\alpha > 180^\circ$

8. *Inertsiya kuchining momenti kaysi xolda paydo bo'ladi?*

- A. Zvenoning burchak tezligi o'zgaruvchan bo'lsa.
- B. Zvenoning burchak tezligi o'zgarmas bo'lsa.
- C. Zvenoning chizikli tezligi o'zgaruvchan bo'lsa.
- D. Zvenoning burchak tezlantishi nolga teng bo'lsa.

9. *Zvenoning massasi oshsa, uning keltirilgan inertsiya momenti:*

- A. Oshadi.
- B. Kamayadi.
- C. O'zgarmaydi.
- D. Bilmayman

10. *Zvenoning inertsiya kuchi vektori zvenoning kaysi nuktasiga ko'yiladi*

A. Ogirlik markaziga.

B. O'rtasiga.

C. Pastki nuktasiga.

D. Yukori nuktasiga

11. *Krivoship-shatun mexanizmida porshenning chekka vaziyatlarida uning keltirilgan moment kiymati:*

A.  $M_k = 0$

B.  $M_k > 0$

C.  $M_k < 0$

D.  $M_k \approx 0$

12. *Inertsiya kuchi yo'nalishi qanday bo'ladi.*

A. Zveno nuqtasining tezlanishiga paralel

B. zveno nuqtasi tezlanish bilan bir xil.

C. zveno og'irlik kuchi yo'nalishi bilan bir xil.

D. Zveno nuqtasi tezlanishiga paralel, lekin qarama-qarshi.

13. *Mexanizm inertsiya kuchlarini urinma va aylanma xarakterda qanday aniqlanadi.*

A.  $R_i = -ma^n$ ;  $R_i = J \cdot \varepsilon$ ;

B.  $R_i = -ma^t$ ;  $M_i = -J \cdot \varepsilon$ ;

C.  $R_i = -ma^n$ ;  $M_i = G \cdot f \cdot r$

D.  $R_i = -ma^n$ ;  $R_i = -ma^t$

14. *Zvenolardagi ipertsiya kuchlari momentini qanday aniqlaymiz.*

A.  $M_i = -G \cdot f \cdot r$ ;

B.  $M_i = -J \cdot \varepsilon$ ;

C.  $G^? = G \cdot f$ ;

D.  $R_i = -ma^a$ ;

15. *Mexanizmga ta'sir etuvchi aylanma inertsiya kuchini ko'rsating.*

A.  $R_n = -ma^n$ ;

B.  $R_i = -ma^t$ ;

C.  $R_i = J \cdot \varepsilon$ ;

D.  $M_i = -G \cdot f \cdot r$ ;

16. *Mexanizmga ta'sir etuvchi urinma inertsiya kuchini ko'rsating.*

A.  $R_i = -ma^n$ ;

B.  $R_i = -ma^t$ ;

C.  $R_i = J \cdot \varepsilon$ ;

D.  $M_i = -J \cdot \varepsilon$ ;

17. *Oliy kinematik juftlikda xarakterlantiruvchi kuchning momenti qanday aniqlanadi.*

A.  $M = P \cdot R$ ;

B.  $M_G = k \cdot G$ ;

C.  $P = \frac{k}{h} \cdot G$ ;

D.  $P = \frac{k}{2R} \cdot G$

18. *Inertsiya kuchi paydo bo'lishi nimaga bog'liq.*

A. kuchga;

B. tezlikka;

C. vaqtga;

D. tezlanishga;

## 6-mavzu uchun

1. *Assurning 2-klass 2-ko'rinishidagi guruhiga muvozanat holati uchun vektor tenglamasini ko'rsating.*

A.  $\vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^t + \vec{P}_{42} + \vec{G}_2 + \vec{P}_{43} + \vec{G}_3 + \vec{Q}_{II.C} + \vec{R}_{43}^t + \vec{R}_{43}^n = 0$ ;

B.  $\vec{R}_{12}^n + \vec{R}_{12}^t + \vec{P}_{42} + \vec{G}_2 + \vec{P}_{43} + \vec{G}_3 + \vec{Q}_{II.C} + \vec{R}_{43} = 0$ ;

C.  $\vec{R}_{12} + \vec{P}_{42} + \vec{G}_2 + \vec{P}_{32} = 0$ ;

D.  $\vec{R}_{23} + \vec{P}_{43} + \vec{G}_3 + \vec{Q}_{II.C} + \vec{R}_{43} = 0$ ;

2. *I.E. Jukovskiy richagi yordamida qanday kuch topiladi?*

A. Harakatga keltiruvchi

B. Muvozanatlovchi

C. Foydali qarshilik

D. Inertsiya

3. *Qaysi bir kuchlar mexanizmni hamma holati uchun bir xil bo'ladi?*

A. Inertsiya kuchi

B. Prujina kuchi

C. Og'irlik kuchi

D. Harakatga keltiruvchi kuch

4. *Kinetostatik hisob nazariy mexanikani qaysi printsipti va qaysi qonunlariga asoslangan?*

A. Mumkin bo'lgan kuchish printsipti

B. Dalamber printsipti

C. Kinetik energiyani saqlanish printsipti

D. I.E. Jukovskiy richagiga

5. *Quyidagi mexanizmga ta'sir etayotgan kuchlardan qaysi biri ichki kuch hisoblanadi?*

- A. Foydali qarshilik kuchi  
 B. Og'irlik kuch  
 C. Kinematik juftlardagi reaksiya kuchi  
 D. Harakatga keltiruvchi kuch

**6. Jukovskiy richagi yordamida .... topiladi**

- A. muvozzatlantiruvchi kuch  
 B. ogirlik kuchi  
 C. kuch momenti  
 D. keltirilgan kuch

**7. Mexanizmni kuchga xisoblashda «Assur» guruxining nechanchisidan boshlandi**

- A. oxirgi guruxidan  
 B. kirivoshidan  
 C. Oralik guruxi  
 D. 2-sinf guruxidan

**8. Jukovskiy richagida tezlik planini necha gradusga burish kerak**

- A.  $90^{\circ}$  ga  
 B.  $180^{\circ}$  ga  
 C.  $270^{\circ}$  ga  
 D.  $0^{\circ}$  ga

**9. Mexanizmning xamma xolatlarida kaysi kuchlar uzgarmas koladi?**

- A. xarakatlantiruvchi kuch  
 B. ogirlik kuchlar  
 C. prujinani kuchi  
 D. inertsiya kuchlari

**10. Krivoship-shatun mexanizmida bosim burchagi, bu:**

- A. zvenoga ta'sir etuvchi kuch vektori bilan kuch ko'yilgan nuqtaning tezlik vektori bilan.  
 B. zvenoga ta'sir etuvchi kuch vektori bilan porshenning yo'li orasidagi burchak.  
 C. porshenning tezlik vektori bilan shatun zvenosi orasidagi burchak.  
 D. krivoship bilan porshenning yurish yo'li orasidagi burchak

**11. Kinetostatik kuch nima?**

- A. Mexanizmga ta'sir etuvchi reaksiya kuchlari.  
 B. Mexanizmga ta'sir etuvchi qo'zg'almas kuch.  
 C. Mexanizmga ta'sir etuvchi inertsiya kuchlari.  
 D. Mexanizmga ta'sir etuvchi inertsiya kuchi momenti.

**12. Jukovskiy richagini asosini qanday olinadi.**

- A. Ta'sir etuvchi kuchlardan  
 B. Tezlanish planidan  
 C. Tezlik planidan  
 D. Momentlar epyurasidan

**13. Berilgan yetaklovchi zveno uchun muvozzanatlovchi kuch qanday.**

- A.  $M_o = R_{21} \cdot h_{R27} - R_{ur} \cdot OA$ .  
 B.  $R_{ur} = R_{21} \cdot h_{21} - M_o \cdot OA$ .  
 C.  $P_{yp} = \frac{R_{21} \cdot h_{k21}}{OA}$   
 D.  $P_{yp} = \frac{R_{21} \cdot M_o}{OA}$

**14. Mexanizm zvenolariga qanday kuchlar ta'sir qiladi.**

- A. Berilgan kuchlar va bog'lanishlardagi reaksiya kuchlari  
 B. Xarakatlantiruvchi kuchlar va boglanishlardagi reaksiya kuchlari  
 C. Foydali qarshilik va zararli qarshilik kuchlari  
 D. Xarakatlantiruvchi va zararli qarshilik kuchlari.

**15. Berilgan kuchlar qaysilardan iborat.**

- A. Burovchi, xarakatlantiruvchi, foydali va zararli qarshilik kuchlar, og'irlik kuchlari;  
 B. Eguvchi, xarakatlanuvchi, foydali va zararli qarshilik kuchlar, ogirlik kuchlar.  
 C. Xarakatlantiruvchi, foydali va zararli qarshilik kuchlar, ogirlik kuchlar, inertsiya kuchlar.  
 D. Xarakatlanuvchi, ogirlik, inertsiya, burovchi kuchlar.

**16. Massalarni dinamik muvozzanatlash sharti qanday buladi**

- A.  $E_u = \frac{m_a \cdot g^2_u}{2} = 0.66 E_o = mgh$   
 C.  $\varepsilon_u = \frac{m_a \cdot g^2_u}{2} = 0.66 E_o = mgh$

$$B. \sum_{i=1}^n P_{ni} = 0 \quad \text{va} \quad \sum_{i=1}^n M_{ni} = 0$$

$$D. \sum P_{ni} = 0 \quad \text{va} \quad E_u = \frac{m_m \cdot g^2_u}{2}$$

### 7-mavzu uchun

1. Zveno kinetik energiyasi  $T = \frac{J\omega^2}{2}$  kaysi xarakat uchun

- A. Aylanma xarakat  
B. Ilgarilanma xarakat

- C. Tekis xarakat  
D. Kuzgalmas xarakat

2. Zveno kinetik energiyasi  $T = \frac{mv^2}{2}$  kaysi xarakat uchun

- A. Aylanma xarakat  
B. Ilgarilanma xarakat

- C. Tekis xarakat  
D. Kuzgalmas xarakat

3. Moddiy nukta kinetik energiyasini uzgarishini izoxlang.

- A. Jismning og'irlik miqdoriga bog'liq xarakat;  
B. Nuqtaning tezlanishi miqdorini o'zgarishiga;  
C. vaqt birligida nuqtaga qo'yilgan kuchlarning bajargan ishlari yig'indisiga.  
D. jismning balandlik o'zgarishiga bog'liq miqdoriga;

4. Kinetik energiyaning bajargan ishi kandy ifodalanadi

- A.  $A_g = A_{\phi K} + A_{3K}$   
B.  $\Pi = mgh$

$$C. \sum \frac{m_i v_0^2}{2} = 0$$

$$D. \frac{m_i v_0^2}{2} - \frac{m_i v_0^2}{2} = \sum_{i=1}^k A_i$$

5. Mashinaning davriy xarakati nima?

- A. Etaklovchi zveno xarakatiga aytiladi  
B. Yetaklovchi zveno xarakatini tsikl bo'yicha o'zgarishi  
C. Mashina xarakatini tasodifan o'zgarishi  
D. foydali xarakatni kamayib ketishi

6. Qo'zg'almas o'q atrofida xarakatlanuvchi zvenoning kinetik energiyasi qanday aniqlanadi?

$$A. E_a = \frac{J_o \cdot \omega^2_1}{2}$$

$$C. E_u = mgh$$

$$B. E_a = \frac{m g^2}{2}$$

$$D. E_u = \frac{m_u \cdot g^2_u}{2}$$

7. Ilgarilanma xarakatdagi zvenoning kinetik energiyasi qanday bo'ladi?

$$A. E_a = \frac{J_o \cdot \omega^2_1}{2}$$

$$C. E_u = \frac{m_u \cdot g^2_u}{2}$$

$$B. E_a = \frac{m g^2}{2}$$

$$D. E_u = mgh$$

### 8-mavzu uchun

1. Aylanuvchi masalalarni dinamik muvozanatlashtirish shartini ko'rsating.

A.  $\sum m_i \vec{r}_i = 0; \vec{r}_S = 0;$

C.  $m_1 \vec{r}_1 \omega^2 + m_2 \vec{r}_2 \omega^2 + m_3 \vec{r}_3 \omega^2 + \dots = 0; \vec{r}_S = 0;$

B.  $\sum m_i \vec{r}_i = 0; \sum m_i \vec{r}_i l_i = 0;$

D.  $m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + m_3 \vec{r}_3 + \dots = 0; \vec{r}_S = 0;$

2. **Bosh valga keltirilgan moment M ni qaysi tenglikdan topish mumkin?**

A. Bir zumdagi quvvatlarni tengligidan;

C. Kuchlar tengli-gidan

B. Kinetik energiya tengligidan

D. Massalar tengligidan

3. **Zvenolari aylanma harakatdagi mashina uchun harakat qonuni tenglamasini ko'rsating?**

A.  $\sum \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \sum A$

C.  $\sum \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) = A_0 - A_{b,k} - A_{s,k}$

B.  $\sum \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) = 0$

D.  $\sum \frac{I}{2} (\omega_2^2 - \omega_1^2) = A_0 - A_x \pm A_0 \pm A_G$

4. **Qaysi kuch bajargan ish fakat musbat bo'ladi?**

A. Kranga osilgan yukni og'irlik kuchi

B. Pribor mexanizmlaridagi ishqalanish kuchi

C. Kompresorlardagi gazni sikish uchun sarflangan karshilik kuchi

D. Soat mexanizimidagi prujinani kuchi

5. **Qaysi kuch fakat mexanizmni holatiga boglik?**

A. Og'irlik kuchi

C. Ishqalanish kuchi

B. Prujina kuchi

D. Foydali qarshilik kuchi

6. **Qaysi kuchni bajargan ishi fakat manfiy bo'ladi?**

A. Porshenni inertsiya kuchi

C. Klapandagi prujina kuchi

B. SHatunni og'irlik kuchi

D. Nasos porsheniga ta'sir

7. **Keltirgan kuchni qaysi formuladan topish mumkin?**

A.  $\sum N_i = x_1$

C.  $M_n \omega = x_3$

B.  $P_n V_B = x_2$

D.  $\frac{\sum_{i=1}^k N_i}{V_B} = x_4$

8. **Quyidagi tenglama  $\sum \frac{mv_2^2}{2} = A_g - A_c$  harakatni qaysi vakti uchun tuzilgan?**

A. Boshlangich

C. Muvozanat holati

B. To'xtash

D. Tormozlanish

9. **Notekis xarakatda  $\delta$  nimani bildiradi**

A. notekis xarakat koeffitsienti

C. Minimal tezlik

B. Maksimal tezlik

D. Urtacha tezlik

10. **Mexanizمنىng barkaror ishlash tartibida xarakatga keltiruvchi kuchlarning bajargan ishi ( $A_x$ ) karshilik kuchlarining bajargan ishiga ( $A_k$ )**

A. teng bo'ladi  $A_x = A_k$

C.  $A_x < A_k$

B.  $A_x > A_k$

D.  $A_x = 0$

11. **Yurgizish davrida zvenoning burchak tezligi**

- A. oshadi  
B. 0

- C. kamayadi  
D. uzgarmas

**12. Berilgan kuchlar gruppasiga qaysilar kiradi.**

- A. Ogirlik, xarakatlantiruvchi, inertiya kuchlari  
B. xarakatlantiruvchi, foydali, zararli qarshilik kuchlari  
C. Xarakatlantiruvchi, og'irlik, zararli qarshilik kuchlari.  
D. Og'irlik inertiya foydali qarshilik kuchlari.

**13. Foydali karshilik kuchlari kaysi konuniyat asosida berilgan buladi.**

- A. O'zgarmas va masofaga boglik konuniyat.  
B. tezlik va vaqtga bog'liq qonuniyat.  
C. tezlik, vaqt va masofaga bog'liq qonuniyat.  
D. o'zgarmas, tezlik, vaqt, masofa, tezlik va masofaga bog'liq konuniyat.

**14. Xarakatlantiruvchi kuch deb nimaga aytamiz.**

- A. Mashinaning qabul qilish organiga ta'sir etib, uni xarakatga keltiruvchi kuchga.  
B. vaqt birligi ichida bajarilgan ishga  
C. masofaga bog'liq ravishda ta'sir etuvchi kuchi  
D. tezlanish bilan ifodalangan kuchga

**15. Xarakatlantiruvchi kuchning bajarish ishi nimaga teng  $\alpha = 0$  bo'lganda.**

- A.  $A_g = \int_{x_1}^{x_2} P \cdot d_x$   
B.  $N_g = P \cdot V$ ;  
C.  $A_g = G \cdot h$ ;  
D.  $A_g = P \cdot S \cdot \cos(\overline{PS})$ ;

**16. Og'irlik kuchi bajargan ish qanday ifodalanadi.**

- A.  $A_g = \int_{x_1}^{x_2} P \cdot d_x$   
B.  $A = \pm G \cdot h$ ;  
C.  $dA = PdS$ ;  
D.  $A_g = P \cdot S \cdot \cos(P, S)$ ;

**17. Foydali ish deb nimaga aytamiz**

- A. foydali karshilikni yengish uchun sarflangan kuchning ishi.  
B. inertiya kuchini yengishga sarflangan kuch.  
C. og'irlik kuchini yengishga sarflangan kuchni  
D. og'irlik va inertiya kuchini yengishga sarflangan energiyaga.

**18. Mashinaning xarakat davrlarining tugrisi kaysi.**

- A. barqaro yurish, tezlanish, to'xtash davrlari;  
B. yurgizilish, tezlanish, to'xtash davrlari;  
C. yurgizish, tinch turish, to'xtash davrlari  
D. yurgizish, barqaror yurish, to'xtash davrlari

**19. Mashinaning yurgizish davrida kinetik energiya qanday bo'ladi.**

- A.  $\sum \frac{m_i v_o^2}{2} = 0$   
B.  $\sum \frac{m_i v_o^2}{2} = 1$ ;  
C.  $\sum \frac{m_i v_1^2}{2} = 0$   
D.  $\sum \frac{m_i v_1^2}{2} - \sum \frac{m_i v_o^2}{2} = 0$

**20. Mashinaning barqaror ishlash davrida kinetik energiya qanday bo'ladi.**

- A.  $\sum \frac{m_i v_o^2}{2} = 0$   
B.  $\sum \frac{m_i v_1^2}{2} - \sum \frac{m_i v_o^2}{2} = 0$   
C.  $\sum \frac{m_i v_o^2}{2} = 1$   
D.  $\frac{m_i v_1^2}{2} = 0$



- B. Kuruq ishqalanish; chegaralik ishqalanish; suyuq ishqalanish, yarim suyuq ishqalanish, yarim quruq ishqalanish.  
 C. Kuruq ishqalanish, chegaralik ishqalanish, suyuq ishqalanish, o'rtta suyuq ishqalanish yarim quruq ishqalanish  
 D. Suyuq ishqalanish, yarim suyuq ishqalanish, chegarali ishqalanish, yarim quruq ishqalanish

6. Tekislikda turgan jism to'la reaksiya kuchi qanday aniqlanadi.

- A.  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{N}$ ; C.  $F = f_0 \cdot N$ ;  
 B.  $R = F \cdot N$  D.  $F = N \operatorname{tg} \alpha$

7. Qiya tekislikdagi jism uchun ishqalanish kuchi qanday aniqlanadi.

- A.  $R = G \cdot \frac{\sin}{\cos(\vartheta - \beta)}$ ; C.  $f_k = \frac{\sin}{\cos(\vartheta - \beta)}$   
 B.  $N = G \cdot \cos - R \cdot \sin \beta$  D.  $F = R \cdot \cos \beta \cdot G \cdot \sin \alpha$

8. Qiya tekislik umumiy vaziyat uchun keltirilgan ishqalanish koeffitsienti qanday aniqlanadi.

- A.  $R = G \cdot \frac{\sin}{\cos(\vartheta - \beta)}$ ; C.  $N = G \cdot \cos \alpha - P \sin \beta$ ;  
 B.  $f_k = \frac{\sin(\alpha + \vartheta)}{\cos(\vartheta - \beta)}$ ; D.  $P = G \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = f \cdot G$ ;

## 10-mavzu uchun

1. Agarda  $A_D^1 = A_D^{11} = A_D^{111}$  teng bo'lsa parallel ulangan mashinalarni umumiy F.I.K ni ko'rsating?

- A.  $\eta = \frac{A_D^1 \eta_1 + A_D^{11} \eta_2 + A_D^{111} \eta_3}{A_D^1 + A_D^{11} + A_D^{111}}$  C.  $\eta = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}{3}$   
 B.  $\eta = \eta_1 = \eta_2 = \eta_3$  D.  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$

2. Mexanizmni F.I.K. oshirishni quyidagi sabablari bor. Noto'g'ri javobni toping?

- A. Kinematik juftlardagi ishqalanishni kamaytirish va sirpanish podshipniklarni dumalash podshipniklarga almashtirish  
 B. Harakat kiluvchi detallarni moylash  
 C. Sirpanuvchi detallarni yuza sini ishlov berish yuli bilan aniklik darajasi va yuza tozaligini oshirish.  
 D. Tezligini oshirish

3. Mashina va mexanizmlar FIK qanday aniqlanadi.

- A.  $\varphi = \frac{A_{3\kappa}}{A_{\chi\kappa}}$ ; C.  $A_{xq} = A_{fq} \cdot A_{zq}$   
 B.  $\eta = \frac{A_{3\kappa}}{A_{\chi\kappa}}$ ; D.  $A_{x\alpha\kappa} = \frac{A_{\varphi\kappa}}{Z}$

4. Mashina va mexanizmlarda yo'qolish koeffitsienti qanday aniqlanadi.

- A.  $\eta = \frac{N_{\phi k}}{N_{xk}}$ ; C.  $\varphi = \frac{A_{3\kappa}}{A_{\chi\kappa}}$ ;  
 B.  $\eta = \frac{A_{\varphi\kappa}}{A_{xk}}$ ; D.  $A_{zq} = A_{xq} \cdot A_{fq}$

5. Quyi kinematik juftlik mexanizmlarda FIK qanday aniqlanadi.



A.  $\eta = \frac{N\phi k}{N_{xk}}$ ;

B.  $N_{xk} = \frac{N\phi k}{z}$ ;

C.  $\omega_{12} = \omega_1 + \omega_2$ ;

D.  $N_{ym} = N_{xk} + N_{xk}$ ;

### 11-mavzu uchun

#### 1. Mashina mexanizmlarni dempflash nima..

- A. Dinamik ustivorlik degani
- B. xarakat so'ndiruvchi mexanizmlar
- C. sistemada «elastiklik» alomati bor degani.
- D. erkinlik darajasi birga teng mexanizmlar

#### 2. Mexanizm-mashinalarda mexanik energiya qanday bo'ladi.

- A. Statik, kinetik, dinamik energiyalar.
- B. Potentsial, statik, kinetik energiyalar
- C. potentsial, kinetik, elastik energiyalar
- D. potentsial, statik, dinamik energiyalar.

#### 3. Potentsial energiya nima?

- A. Zvenoning yer markaziga nisbatan uzoqlashuvchi natijada to'plangan energiya.
- B. Zvenoning tezligi ortishdan xosil bo'lgan energiya
- C. zvenoning cho'zilishi hisobiga paydo bo'lgan energiya
- D. zvenoning buralish xisobiga paydo bo'lgan energiya

#### 4. Kinetik energiya nima?

- A. Zvenoning buralish xisobiga paydo bo'lgan energiya
- B. zvenoning tezligi o'zgarishi xisobiga paydo bo'lgan energiya
- C. zvenoning yer markaziga nisbatan uzoqlashuvchi natijasida to'plangan energiya
- D. zvenoning cho'zilish, siqilish va buralishdan paydo bo'lgan energiya

#### 5. Elastik energiya nima?

- A. Zvenolarning tezligi o'zgarishidan paydo bo'lgan energiya.
- B. zvenoning yer markaziga nisbatan uzoqlashuvchi natijasida to'plangan energiya.
- C. zvenoning cho'zilish, siqilish va buralishidan paydo bo'lgan energiya
- D. zvenoning statik xolatdagi energiya

### 12-mavzu uchun

#### 1. Manipulyatorlar nima ?

- A. Odamni qo'l va oyog'ini ko'chiruvchi mexanizm
- B. Qo'l harakatini ko'chiruvchi mexanizm
- C. Aylanma harakatni uzatuvchi mexanizm
- D. Ilgarilanma harakatni uzatuvchi mexanizm

#### 2. Sanoat robotlari deb nimaga aytamiz?

- A. Turli tashish ishlarini bajarish uchun mo'ljallangan avtomatik boshqariladigan manipulyatorlarga.
- B. Yuk tashish ishlarini o'zgarmas prgramma bo'yicha ishlaydigan mashina-avtomatlarda qo'llaniladigan, avtomatik boshqariladigan avtooperatorlarga aytiladi.
- C. Texnologik va tashish ishlarini ko'p marta bajaruvchi, o'zgaruvchi programmali va avtomatik boshqariluvchi manipulyator.
- D. Erkinlik darajasi bir necha bo'lgan manipulyatorlar.

### 13-mavzu uchun

#### 1. Kinematik sintez masalasiga nimalar kirmaydi?

- A. Mexanizm sxemasini tanlash

- B. Berilgan parametrlar buyicha mexanizm zvenolarini o'rchamlarini aniqlash  
 C. Berilgan bosh zvenoni qonuniyatlariga karab yetaklanuvchi zvenoni berilgan harakat qonuniyatlarini topish  
 D. Berilgan bosh zvenoni harakat qonunini topish

#### 14-mavzu uchun

1. Bosh zveno shesternya bo'lganda reykali uzatmaning uzatish soni nimaga teng?

- A. 0  
 B. 1  
 C. 2  
 D.  $\infty$

2. Ichki ilashishdagi tishli g'ildirakni oyoqlari aylanasi radiusini topish formulasini ko'rsating?

- A.  $R = \frac{1}{2}m(z + 2,5)$   
 B.  $R = \frac{1}{2}m(z - 2,5)$   
 C.  $R = \frac{1}{2}m(z + 2)$   
 D.  $R = \frac{1}{2}m(z - 2)$

3. Qaysi ilashmada g'ildiraklarda tishlar soni va modul bir xil bo'lsa o'zaro almashuvchi bula oladi?

- A. Reykali  
 B. TSikloidali  
 C. Evolventali  
 D. Yulduzchali

4. Qaysi ilashmada profilning ishchi uchastkasi kabarik.

- A. TSikloidal  
 B. Novikov  
 C. Yulduzchali  
 D. Evolventali

5. Qaysi ilashmada o'qlar orasidagi masofani o'zgarishi tishlarni to'g'ri ilashishiga ta'sir kilmaydi?

- A. Evolventali  
 B. Yulduzchali  
 C. Reykali  
 D. TSikloidali

6. Qiya tishli uzatmaning quyidagi berilgan

$z_1 = 17, z_2 = 17, \beta = 17^{\circ}31' (\cos \beta = 0.9536) \cdot a_w = 367 \text{ mm}$  parametrlari orqali modulini toping?

- A. 5,5  
 B. 5  
 C. 4,5  
 D. 4

7. Kuchirish yuli bilan tishli g'ildirak profilini yasashda qanday uskana ishlatiladi?

- A. CHervyakli freza  
 B. Diskli freza  
 C. Grebenka  
 D. Dolbyak

8. Musbat tishli g'ildirakni bo'luvchi aylanasi buyicha tish qalinligini topish formulasini aniqlang?

- A.  $x_1 = \pi n$   
 B.  $x_2 = \frac{\pi n}{2}$   
 C.  $x_3 = \frac{mz}{2}$   
 D.  $x_4 = \frac{\pi m}{2} + 2xtg\alpha$

9. Nisbiy harakatda qaysi tishli g'ildirakni aylanasi tsentroida bo'ladi?

- A. Asosiy  
 B. Boshlangich  
 C. Bo'luvchi  
 D. Kallagi buyicha

10. Normal tishli g'ildirakning bulish aylanasi buyicha tish qalinligi ifodasini toping?

- A.  $x_1 = \frac{\pi_2}{2} m$   
 B.  $x_2 = \frac{P}{\pi}$   
 C.  $x_3 = \frac{mz}{2}$   
 D.  $x_4 = 2,25m$

11. Nuqtaviy ilashish nazariyasini kim ishlab chiqqan?

- A. Assur  
B. Novikov

- C. Eyler  
D. Jukovskiy

12. *Siljish koeffitsientini topish formulasini toping?*

A.  $x_1 = \frac{P}{\pi}$

C.  $x_3 = \frac{l_{akm}}{P \cos \alpha \omega}$

B.  $x_2 = \frac{l_{unau}}{P}$

D.  $x_4 = \frac{17-7}{17}$

13. *Tish profilini qaysi uchastkasi kuprok ishqalanishga uchraydi?*

A. Evol'ventani kallagi uchastkasi

C. Polyus atrofi uchastkasi

B. Evolventani oyogi uchastkasi

D. Tish profilini evolventadan tashqari uchastkasi

14. *Uch zvenoli tishli mexanizm uchun keltirilgan uzatish soni ifodasidan xato ifodani toping?*

A.  $x_1 = \frac{n_2}{n_1}$

C.  $x_3 = \frac{r_2}{r_1}$

B.  $x_2 = \frac{z_2}{Z_1}$

D.  $x_4 = \frac{r_{b_2}}{r_{b_1}}$

15. *O'qlari bir-birini kesib utuvchi vallardagi harakatni uzatish uchun qanday mexanizm kullanadi?*

A. TSilindrik tishli

C. Konussimon tishli

B. Reykali tishli

D. CHervyakli

16. *O'qlari parallel bo'lgan uzatmalarda bir valdan ikkinchi valga harakatni uzatishda qanday uzatmalardan foydalaniladi?*

A. TSilindrik tishli uzatma

C. CHervyakli uzatma

B. Konussimon tishli uzatma

D. Gipoidli uzatma

17. *CHervyakli uzatmani kamchiligini ko'rsating?*

A. Katta uzatish soni bulish imkoniyati

C. Katta aylantiruvchi momentni uzatish imkoniyati

B. O'z-o'zidan tormozlanish imkoniyati

D. Tayyorlash va yig'ish qiyinligi

18. *Evol'venta profilni tishlar kim tomonidan ilmiy asoslangan?*

A. Assur

C. Eyler

B. Novikov

D. Jukovskiy

19. *Tishli gildirakda «evolventa» nimani bildiradi*

A. Tishning profili

C. Tishning balandligi

B. Tishning kalinligi

D. Gildirakning buluvchi aylanasi

20. *Tishli gildirakda «m» nimani bildiradi*

A. gildirak moduli

C. Gildirak ogirligi

B. Gildirak massasi

D. Gildirak diametri

21. *Tishli gildirak «moduli»ni birligi*

A. mm

C. N

B. kg

D. sek

22. *Tishli gildirakda  $P = \pi \cdot m$  nimani bildiradi*

A. tishning kadami

C. Tishning balandligi

B. Tishning kalinligi

D. Galtel radiusi

23. *Tishli gildirakda  $d = m \cdot z$  formuladagi «z» nimani bildiradi*

A. Tishlar soni

C. Podshipniklar soni

B. gildiraklar soni

D. Uklar soni

24. *Buluvchi aylana buyicha tish kalinligi kaysi formula orkali topoladi*

A.  $s = \frac{P}{2}$

C.  $s = P$

D.  $s = 2P$

B.  $s = \frac{P}{4}$

25. *Evol'ventali gildiraklarda koplanish koeffitsienti qiymati*

A.  $1 < \varepsilon < 2$

C.  $\varepsilon = 2.5$

B.  $\varepsilon = 0.5$

D.  $\varepsilon = 3$

26.  *$b = x \cdot m$  formulada «x» nimani bildiradi*

A. korreksiyalash koeffitsienti

C. Balandlik koeffitsienti

B. Siljish koeffitsienti

D. Tirkish koeffitsienti

27. *Tish asosining uyilib kesilishi kachon sodir buladi*

A. Tishlar soni 17 dan kam bulganda

C. Xardoim

B. Tishlar soni 17 dan kup bulganda

D. Xech kachon

28. *Kirkuvchi «instrumental reyka» kanday gildiraklarni tayorlash uchun ishlatiladi*

A. Obkatka usuli

C. Kuyma usuli

B. Nusxa olish usuli

D. SHtamplash usuli

29. *Barmokli frezada tishli gildiraklarni tayorlash kaysi usulga kiradi*

A. Nusxa olish usuli

C. Kuyma usuli

B. Obkatka usuli

D. SHtamplash usuli

30. *Buluvchi aylana radusi kaysi formula buyicha aniklanadi*

A.  $r = \frac{m \cdot z}{2}$

C.  $r = m \cdot z$

B.  $r = 2m \cdot z$

D.  $r = \frac{2m}{z}$

31. *Nolaviy tishli gildiraklar uchun profil burchagi*

A.  $\alpha = 20^\circ$

C.  $\alpha = 30^\circ$

B.  $\alpha = 15^\circ$

D.  $\alpha = 0^\circ$

32. *Uzatishlar nisbati kaysi formula buyicha aniklanadi*

A.  $U_{12} = \frac{w_1}{w_2}$

C.  $U_{12} = \frac{w_2}{w_1}$

B.  $U_{12} = w_1 \cdot w_2$

D.  $U_{12} = 0$

33. *CHervyakli (aykash) uzatmalarda «K» nimani belgilaydi  $U = \frac{Z_k}{K}$*

A. Kirim sonini

C. Gildirak sonini

B. Tishlar sonini

D. Karobka (kuti) sonini

34. *Katorli tishli mexanizmni uzatish sonini qiymatini va ishorasini aniklang  $Z_1 = 20; Z_2 = 30;$*

$Z_3 = 50; Z_4 = 100.$

A.  $U_{14} = +5$

C.  $U_{14} = +10$

B.  $U_{14} = -5$

D.  $U_{14} = -10$

35. *Ilashish moduli «m» oshishi natijasida tishli gildiraklarning geometrik parametri kanday*

*uzgaradi*

- A. oshadi  
B. kamayadi

- C. uzgarmaydi  
D. ogirlashadi

36. *Tish balandlik koeffitsienti  $h^* = 1$  bo'lganda, no'laviy tishli gildirakning tish osti kirkilmasligini ta'minlaydigan eng kam tishlar soni, bu:*

- A. 17.  
B. 14.

- C. 15.  
D. 16.

37. *Nolaviy tishli gildiraklar tayyorlanganda, uning bo'luvchi aylana diametri kiruvchi reykaning o'rta chizigiga nisbatan:*

- A. urinma bo'ladi.  
B. tepada bo'ladi.

- C. ostida bo'ladi.  
D. chap tomonida bo'ladi

38. *Bo'luvchi diametr va modul o'zgarmagan xolda, musbat tishli gildirakning tish kallagi diametri nolaviy tishli gildiraknikiga nisbatan kanday bo'ladi?*

- A. Kattarok.  
B. O'zgarmaydi.

- C. Kichikrok.  
D. Korrektsiya koeffitsientiga bog'lik bo'ladi

39. *Koplanish koeffitsientining formulasi*

- A.  $\varepsilon = (n_1 \cdot n_2) / p_\alpha$   
B.  $\varepsilon = (n_1 \cdot n_2) / p$

- C.  $\varepsilon = 1 / p_\alpha$   
D.  $\varepsilon = (n_1 \cdot n_2) / 2$

40. *Agar xar bir o'kka bittadan tishli gildirak o'rnatilsa, bu uzatma kanday bo'ladi?*

- A. Oddiy.  
B. Pogonali.

- C. Planetar.  
D. Diferentsial

41. *Agar katorli uzatmada tishlar soni:  $z_1 = 20$ ,  $z_2 = 60$ .  $z_3 = 50$ .  $z_4 = 20$ .  $z_5 = 60$ , uning uzatish toping :*

- A.  $U_{15} = 3$   
B.  $U_{15} = -3$

- C.  $U_{15} = 1/3$   
D.  $U_{15} = -1/3$

42. *Tishlar oralik bushligi koeffitsienti  $C^*$  teng*

- A. 0,25  
B. 0,15

- C. 0,12  
D. 0,2

43. *Tishli uzatmani asosiy geometrik o'lchamlarini ko'rsating.*

- A.  $D:D_i:D_e : t : m : z : h ;$   
B.  $D:D_i:D_e : R : P : g ;$

- C.  $t:m:g : R : S ;$   
D.  $D:D_i:D_e : P : S : h ;$

44. *Tishli gildirak boshlang'ich aylanasi diametri qanday aniqlanadi.*

- A.  $\overline{D}_e = \overline{D} + 2h ;$   
B.  $\overline{D}_i = \overline{D} - 2h ;$

- C.  $\overline{D} = \overline{D}_e - \overline{D}_2 ;$   
D.  $\overline{D} = mz$

45. *Tish qadami qanday aniqlanadi.*

- A.  $S = \frac{t}{z} ;$   
B.  $t = \pi m ;$

- C.  $\overline{D} = mz ;$   
D.  $i = \frac{\overline{D}_2}{\overline{D}_1}$

46. *Normal ilashishdagi tishli g'ildirakda ilashish burchagi  $\alpha$  kanday olinadi*



6. «parazitli» gildiraklar nima uchun xizmat kiladi

- A. Aylanish yunalishini uzgartirish  
B. Etaklovchi gildirak tezligini uzgartirish  
C. CHiroyli bulishi  
D. Mexanizm ulchamini kattalashtirish

7. Planetar mexanizmidagi ko'shnicilik sharti, bu:

- A.  $\sin\left(\frac{180}{K}\right) > \frac{(z_2 + 2h^*)}{z_1 + z_2}$   
B.  $\left(\frac{z_1 U}{K}\right) \cdot (1 + pk) = b$   
C.  $z_1 + 2z_2 = zL_3$   
D.  $U = z_1/z_2$

8. Planetar mexanizmni loyixalash nimadan boshlanadi?

- A. Mexanizmning sxemasini tanlashdan.  
B. Mexanizmdagi kuchlarni xisoblashdan.  
C. Gildirakdagi chizikli va burchak tezliklarini xisoblashdan.  
D. Tishlar sonini aniqlashdan.

9. Differentsial mexanizm yarim ukalaridan biri aylanmaganda, unda:

- A.  $\omega_1 = 2\omega_2$   
B.  $\omega_1 = -\omega_2$   
C.  $\omega_1 = \omega_2$   
D.  $\omega_1 = 1/2\omega_2$

10. Mashina to'g'ri xarakatlanganda uning differentsial mexanizmida:

- A. yarim o'kka o'rnatilgan markaziy tishli gildiraklarning burchak tezliklari  $\omega_1 = \omega_2$   
B. vodiloning aylanishlar soni  $\omega_H = 0$   
C. yarim o'kka o'rnatilgan markaziy tishli gildiraklarning burchak tezliklaridan biri nolga teng.  
D. satelitlar burchak tezliklari nolga teng bo'ladi

11. Planetar mexanizmida kuzgaluvchanlik darajasi nechaga teng buladi?

- A.  $\omega = 2$ ;  
B.  $\omega = 1$ ;  
C.  $\omega = 3$ ;  
D.  $\omega = 4$

12. Differentsial mexanizmida qo'zg'aluvchanlik daraja nechaga teng bo'ladi.

- A.  $\omega = 4$ ;  
B.  $\omega = 1$ ;  
C.  $\omega = 2$ ;  
D.  $\omega = 3$ ;

13. Epitsiklik mexanizm qanday usulda tekshiriladi.

- A. analitik va grafik usul;  
B. grafoanalitik va trigonometrik ;  
C. trigonometrik va analitik;  
D. analitik va grafoanalitik;

14. Villis formulasini kursating.

- A.  $n_k = \frac{n_1}{i_{1k}} + n_h \left(1 - \frac{1}{i_{1k}}\right)$ ;  
B.  $i_{12} = \frac{n_1 - n_h}{n_2 - n_h}$ ;  
C.  $\omega = 3n - 2P_5 - P_4$ ;  
D.  $\pi I = tz$ ;

15. Planetar mexanizmidagi qo'shnicilik sharti, bu:

- A.  $\sin(180/K) > (z_2/z_1) \cdot (z_1/z_2)$ .  
B.  $[(z_1 \cdot U_{1n})/K] \cdot (1Rk) = V$ .  
C.  $z_1 z_2 = z_3$ .  
D.  $U = z_1/z_2 - 1$ .

16. Planetar mexanizmni loyixalash nimadan boshlanadi?

- A. Mexanizmning sxemasini tanlashdan.  
B. Mexanizmdagi kuchlarni xisoblashdan.  
C. Gildirakdagi chizikli va burchak tezliklarini xisoblashdan.  
D. Tishlar sonini aniqlashdan.

**17. Avtomobil to'g'ri xarakatlanganda uning differentsial mexanizmida:**

- A. yarim o'kka o'rnatilgan markaziy tishli gildiraklarning burchak tezliklari  $\omega_1 = \omega_2$ .
- B. vodiloning aylanishlar soni  $\omega_N = 0$ .
- C. yarim o'kka o'rnatilgan markaziy tishli gildiraklarning burchak tezliklaridan biri nolga teng.
- D. satelitlar burchak tezliklari nolga teng bo'ladi.

**16-mavzu uchun**

**1. Bu qanday mexanizm? Agarda tarkibida oliy kinematik juft bo'lib aylanma harakatni ilgariylanma-qaytarilanma harakat qiluvchi turtkichi bo'lsa.**

- A. Xrapovikli
- B. Tishli
- C. Maltik-krestli
- D. Kulachokli

**2. Ilgarilanma qaytarilanma harakat qiluvchi rolikli tolkatelli kulachokli mexanizmida ruxsat etilgan maksimal bosim burchagi qancha?**

- A.  $\delta = 60^0$
- B.  $\delta = 30^0$
- C.  $\delta = 0^0$
- D.  $\delta = 40^0$

**3. Kulachokli mexanizmni analiz masalasi nimadan iborat?**

- A. Berilgan qonunga karab kulachokni profilini topish
- B. Etaklanuvchi zvenoni berilgan harakat qonuni buyicha o'lchamlarini aniqlash
- C. Kulachokli mexanizmni berilgan o'lchamlari buyicha talkatel'ni harakat konunini topish
- D. Kulachokni harakat qonuniga karab tolkatel'ni harakat qonunini topish

**4. Kulachokli mexanizmida qaysi tolkatelni harakat qonunida qattiq urilish hosil bo'ladi?**

- A. O'zgarmas tezlanish qonuniyatida
- B. Sinussimon tezlanish qonuniyatida
- C. Kosinussimon tezlanish qonuniyatida
- D. O'zgarmas tezlik qonuniyatida

**5. Kulachokli mexanizmlar tarkibida qanday kinematik juft bo'lishi shart?**

- A. Quyi
- B. Oliy
- C. SHarnirli
- D. Barmoqli-sharnir

**6. Kulachokli mexanizmlarni afzallik xususiyatlari nimadan iborat?**

- A. Etaklovchi zvenoni kerakli harakat qonuniyatlarini olish imkoniyatini borligi
- B. Kulachokni murakkab profillini yasash qiyinligi
- C. Kulachok pro-fillini yeyilishi hisobiga harakat qonunini aniqlik darajasini pasayishi
- D. Sintez qilishni soddaligi

**7. Kulachokli mexanizmni analizi masalasiga nimalar kiradi?**

- A. Turtkichni berilgan harakat qonuni bo'yicha kulachokni profilini hosil qilish
- B. Etaklanuvchi zvenoni harakat qonunini chiqarish
- C. Kulachokli mexanizmni berilgan o'lchamlari bo'yicha turtkichni harakat qonunini topish
- D. Hamma javob to'g'ri

**8. Kulachokli mexanizmni ijobiy xususiyatlariga nimalar kiradi?**

- A. Etaklanuvchi zvenoning kerakli harakat qonunini olish mumkinligi
- B. Kulachok profilini tayyorlash kiyinligi
- C. Kulachokni profilini yemirilishi harakat konunini uzatishda xatolikka olib kelishi
- D. Sintez qilishni soddaligi

**9. Tebranma harakat kiluvchi kulisali mexanizmdagi tosh qanday harakat kiladi?**

- A. Aylanma
- B. Ilgarilanma-kaytarillanma
- C. Tekis parallel
- D. Oddiy tekis

**10. Kulachokli mexanizmida  $\gamma_{\min}$  nimani bildiradi**

- A. xarakatni min uzatish burchagi
- B. Bosim burchagi
- C. Uzoq faza burchagi
- D. Kulachokni min radiusi



11. Kulachokli mexanizm  $\alpha_6$  nimani bildiradi

- A. Ruxsat etilgan bosim burchagi  
B. Xarakatni minimal uzatish burchagi  
C. Uzokdagi burchak  
D. Yakindagi buryaagi

12. Kulachokli mexanizm  $h_{\max}$  nimani bildiradi

- A. turtkichning maksimal bosib utgan yuli  
B. Turtkich uzunligi  
C. Koromislo uzunligi  
D. Turtkich uzunligi

13. Mashinalarning gaz taksimlash tizimida kaday mexanizm ko'llangan?

- A. Kulachokli.  
B. Tishli.  
C. Friksion  
D. Richagli

14. Qanday kulachokli mexanizmlar mavjud.

- A. tekislik va fazoda xarakatlanuvchi  
B. aktsiol va fazoda xarakatlanuvchi  
C. dezaktsiol va tekislikda xarakatlanuvchi  
D. aktsial va dezoktsial xarakatlanuvchi.

15. Tekislikka nisbatan xarakatiga karab kulachokli mexanizmlar kaday turga bulinadi..

- A. // va tekis kulachokli mexanizmlar  
B. fazoviy va / kulochokli mexanizmlar  
C. fazoviy va tekis kulachokli mexanizmlar  
D. // va fazoviy kulvchokli mexanizmlar

16. Kulachokli mexanizm kinematik analizida qaysi parametrlar aniqlanadi.

- A. kuch, tezlik, quvvat;  
B. ish, kuch, quvvat;  
C. masofa, quvvat, tezlanish;  
D. masofa, tezlik, tezlanish;

17. Kulachokli mexanizm kinematik analizida qanday usul qo'llanadi.

- A. grafik usul;  
B. analitik usul;  
C. trigonometrik usul;  
D. grafoanalitik usul;

### 17-18-mavzu uchun

1. Grafik integrallanganda qaysi formuladan tezlik masshtabini topiladi?

- A.  $\mu_1 = \mu_v \mu_t h_1$   
B.  $\mu_2 = \mu_a \mu_t h$   
C.  $\mu_3 = \mu_l \omega$   
D.  $\mu_4 = \mu_l \omega^2$

2. Koromisli tolkatelli tebranma harakat kiluvchi kulachokli mexanizmni ruxsat etilgan minimal uzatuvchi burchagi qancha?

- A.  $\gamma = 40^0$   
B.  $\gamma = 30^0$   
C.  $\gamma = 60^0$   
D.  $\gamma = 90^0$

3. Kulachokli mexanizmni sintez kilish masalasiga nimalar kiradi.

- A.  $S = S(t)$  funktsiya-sini ko'rish  
B.  $V = V(t)$  funk-tsiyasini aniqlash  
C.  $a = a(t)$  funktsiyasini aniqlash  
D. Berilgan hara-kat qonuni va boshqa berilgan o'lchamlarga aso-san kulachok pro-filini ko'rish

4. Kulachokli mexanizmni sintez masalasiga nimalar kiradi?

1.  $S = S(t)$  funktsiyasini grafigi; 2.  $V = V(t)$  funktsiyasini grafigi; 3.  $a = a(t)$  funktsiyasini grafigi;

4. Turtkichni berilgan harakat qonuniga asosan kulachokli mexanizmni profillini chiqarish

- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4

5.  $a^i = a^i(t)$  funktsiya grafigini grafik integrallaganda qaysi funktsiya grafigi kelib chiqadi? 1.

$S = S(t)$  siljish grafigi; 2.  $V = V(t)$  tezlik grafigi; 3.  $\varphi = \varphi(t)$  burilish burchagi grafigi; 4.

$\omega = \omega(t)$  burchak tezlik grafigi.

- A. 1  
B. 2
- C. 3  
D. 4

6. Kulachokli mexanizmda  $\varphi_y$  nimani bildiradi

- A. uzoklashish fazasi  
B. Uzokda turish fazasi
- C. Kaytish fazasi  
D. Balandlik fazasi

7. Kulachokli mexanizmda  $\varphi_\kappa$  nimani bildiradi

- A. kaytish fazasi  
B. Uzoklashish fazasi
- C. Yakinda turish fazasi  
D. Uzokda turishfazasi

8. Kulachokli mexanizmda  $\tau_{0\min}$  nimani bildiradi

- A. Kulachokni min radiusi  
B. Kulachokni urtacha radiusi
- C. Kulachokni maksimal radiusi  
D. Rolik radiusi

9. Kulachokli mexanizmlar necha xil loyixalanadi.

- A. aktsial va kinematik;  
B. dezaktsiol va statik;
- C. kinematik va dezoktsial;  
D. kinematik va dinamik;

10. Kulachokli mexanizm dinamik loyixalanganda qaysi parametrga e'tibor beriladi.

- A. turtkich yo'liga;  
B. kulachok profiliga;  
C. bog'lanish nuqtasi va urinma chiziq orasidagi burchakka;  
D. bog'lanish nuqtasi va turtkich yo'liga;

## FOYDALANILADIGAN ASOSIY DARSLIKLAR VA O'QUV QO'LLANMALAR RO'YXATI

1. Artobolevskiy I.I. "Teoriya mexanizmov i mashin". M.: "Nauka", 1988 g.
2. Usmanxodjaev X.X. "Mexanizm va mashinalar nazariyasi". T.: "O'qituvchi", 1981 y.
3. Frolov K.V. va bosh. "Mashina va mexanizmlar nazariyasi". T.: "O'qituvchi", 1987 y. (tarjima).
4. Izzatov Z.X. "Mexanizm va mashinalar nazariyasidan kursaviy loyixalash". T.: "O'qituvchi", 1979 y.
5. Muxamedov J. "Mexanizm va mashinalar nazariyasi". O'quv qo'llanma. Namangan – 2003 y.
6. Yudin V.A., Petrokas L.V. "Teoriya mexanizmov i mashin". M.: "Vysshaya shkola", 1977 g.
7. Popov S. A. "Kursovoe proektirovanie po teorii mexanizmov i mashin". M.: "Mashinastorenie", 1986 g.
8. Levitskaya O. N., Levitskiy N. I. "Kurs teorii mexanizmov mashin". M.: "Nauka", 1985 g.
9. Farberman L. B., Musina R. G. va bosh. "Oliy o'quv yurtlarida o'qitishning zamonaviy usullari". O'quv – uslubiy qo'llanma. T.: OO'MMMI, 2002 y., 192 b.
10. Ishmatov Q. "Pedagogik texnologiya". O'quv qo'llanma. NamMPI, 2004 y., 95b.

