

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

NAMANGAN MUHANDISLIK-QIRILISH INSTITUTI

J. MUXAMEDOV, V.M.TURDALIYEV, A.A. QOSIMOV

MASHINA VA MEXANIZMLAR NAZARIYASI

(o‘quv qo‘llanma)

(5320200-Mashinasozlik texnologiyasi va mashinasozlik ishlab chiqarishni avtomatlashtirish, 5320200-Texnologik mashinalar va jixozlar (tarmoqlar bo‘yicha), 5310600- Erusti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi(transport turlari bo‘yicha), 5610100-Xizmatlar sohasi (avtomobil transporti), 5310600 - Erusti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (traktorlar va qishloq xo‘jalik mashinalari))”

NAMANGAN 2020 yil

Kirish

Mexanizm va mashinalar nazariyasi fani umumiy mashinasozlikda ishlatiladigan mexanizm va mashinalarni o'rganadi. SHuning uchun birinchi navbatda, ular haqidagi tushunchalarga to'xtalib o'tamiz.

Mexanizm – bir yoki bir nechta qattiq jismlarning tartibli harakatini boshqa qattiq jismlarning kerakli harakatiga aylantirib beradigan suniy yaratilgan tizim. Bu yerda qattiq jism absolyut qattiq emas, balki deformatsiyalanadigan bo'lishi ham mumkin.

Mexanizmlarning asosiy vazifalari esa, bir turdagi harakatni uzatish yoki harakatni boshqa turga aylantirishdir. Masalan, aylanma harakatni ilgarilanma harakatga yoki aksincha.

Zamonaviy mashinalarda texnologik jarayonni bajarilishini ta'minlaydigan, turli xil harakat qonuniga ega bo'lgan mexanizmlar qo'llaniladi. Mexanizmlar mashinalarning asosini tashkil etadi.

Mashinani umumiy holda quyidagicha ta'riflash mumkin.

Mashina bu mexanik qurilma bo'lib, mexanik foydali ish bajarishga hamda bir turdagi energiyani boshqa tur energiyaga aylantirishga mo'ljallangan mexanizm yoki mexanizmlar majmuasidir. Mashina so'zi frantsuzcha **machine** va lotincha **machina** so'zlaridan olingan bo'lib, inshoot degan ma'noni bildiradi.

Mashinalarni taraqqiy etishi natijasida juda katta sifat o'zgarishlari sodir bo'lmoqda. Ilgarilari mashina insonning mehnat unumdorligini oshiradigan va qo'lda bajaradigan ishlarini yengillashtiradigan mexanik tizim sifatida qaralgan. Hozirgi kunda insonni ishlab chiqarish jarayoni bilan bog'liq bo'lmagan, aqliy faoliyatdagi ishlarini ham bajaradigan hamda qisman fiziologik vazifalarini bajarishga hizmat qilmoqda.

Akademik X.X.Usmonxo'jaev o'zining adabiyotlarida akademik I.I.Artobolevskiyning mashinalar taraqqiyoti to'g'risidagi quyidagi so'zlarini yozgan.

“Haqiqatan, shu kungacha barcha mashinalarni asosan energetik, transport va texnologik guruhlariga bo'lib o'qitilgan bo'lsa, endilikda esa bu yetarli bo'lmay

qoldi. Hozirgi nazorat-boshqaruvchi (informatsion) mashinalar hamda qurilmalar, matematik va kibernetik mashinalar hayotimizga kirib bormoqda. Nazorat – boshqaruvchi (informatsion) mashinalar – mashinalar tizimi majmuasida mahsulot ishlab chiqarishda qatnashayotgan ob’ektlarni nazorat qilish va boshqarish ishlarini, matematik mashinalar esa turli logik operatsiyalarni bajaradi, ammo kibernetik mashinalar insonning ba’zi organlarining ishini ham bajaradi, ya’ni protez moslamalar, sun’iy yurak, sun’iy buyrak vazifasini bajaradigan va obrazlarni payqab oladigan mashinalar shular jumlasidandir”.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, mashinaga quyidagicha ta’rif beramiz.

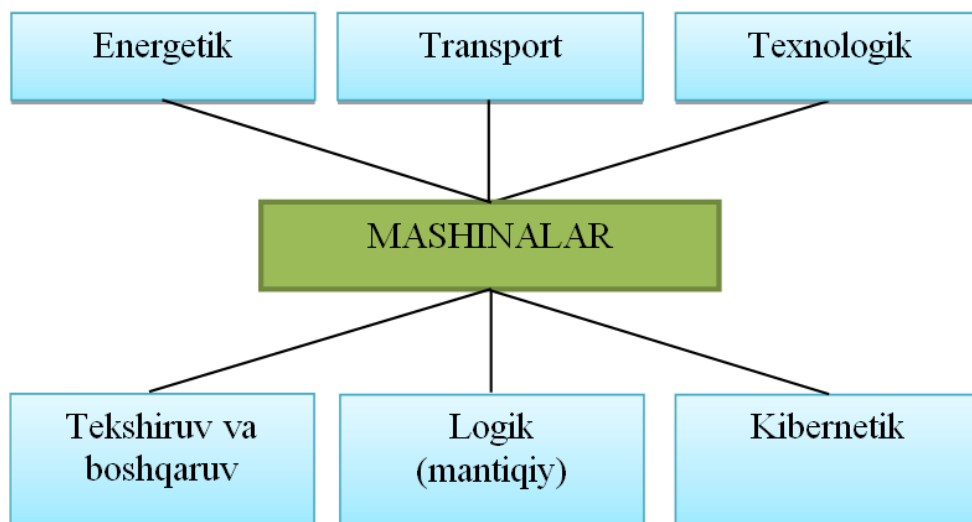
Mashina – inson tomonidan yaratilgan, tabiat qonunlari asosida qo‘l mehnatini va aqliy mehnatini yengillashtirish va odamni to‘la yoki qisman fiziologik hamda mehnat qilish funksiyasini bajaradigan qurilmadir.

Bu ta’rifdagi material o‘zgartirish sifatida maxsulotlarga ishlov berish, qayta ishlash, yuk tashish va boshqalar tushiniladi. Axborot o‘zgartirish esa, ma’lumotlarni saqlash, ishlov berish, uzatish va hakoazolardir.

Hozirgi kunda mashinalarni 1-rasmda keltirilgan guruhlariga ajratish mumkin.

Energetik mashinalar – har qanday turdagi energiyani mexanik energiyaga yoki aksincha o‘zgartirishga xizmat qiladi. Bu turdagi mashinalarga quyidagilar kiradi, ya’ni elektrodvigatellar, trubinalar, ichki yonuv dvigatellari, bug’ mashinalari va elektrogeneratorlar.

Texnologik mashinalar – qattiq, suyuq va gazsimon materiallarga ishlov berish va qayta ishlash uchun xizmat qiladi. Bunda materiallarning o‘lchamlari, shakllari va xossalari o‘zgartiriladi. Bu turdagi mashinalarga, metallarga ishlov beradigan stanoklar, to‘quv mashinalari, qadoqlash mashinalari, qishloq xo‘jalik mashinalari va shunga o‘xshash mashinalar kiradi.



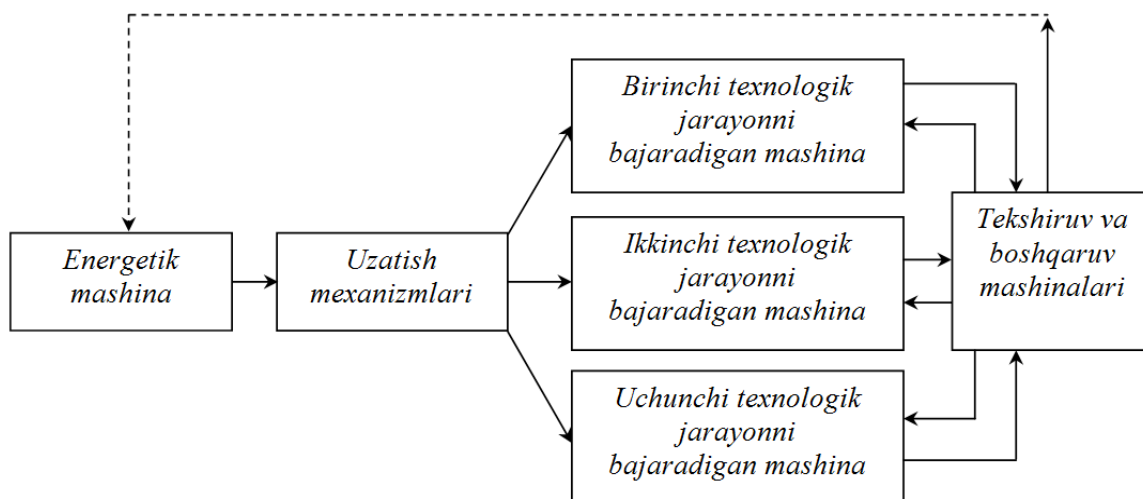
1-rasm.

Transport mashinalari – turli xil yuklar va insonlarni tashish uchun xizmat qiladi. Bu turdagi mashinalarga, avtomobil, poezdlar, samolyot, vertolyot, ko‘tarish kranlari va transportyorlar kiradi.

Informatsion mashinalar – har xil turdagi (sonli, matnli, grafikli, ovozli va boshq.) axborot va ma’lumotlarni o‘zgartirish, ishlov berish, uzatish, nazorat qilish va boshqarish uchun xizmat qiladi. Bu turdagi mashinalarga, hisoblash mashinalari, komp’yuterlar, uyali aloqa vositalari, datchiklar va hakoza kiradi.

Kibernetik mashinalar – insonning fiziologik vazifalarini qisman yoki to‘liq bajarishga xizmat qiladi. Bu turdagi mashinalarga, manipulyatorlar, robotlar, sun’iy yurak hamda buyraklar va shunga o‘xshashlar kiradi.

Mashina agregati - bitta yoki bir nechta mashinalarni ketma-ket yoki parallel biriktirish orqali hosil qilingan va ma’lum bir vazifalarni bajaradigan mexanik sistemadir. Odatda, mashina agregati energiya manbai (dvigatel), uzatish mexanizmi va ishchi qismdan iborat bo‘ladi. Hozirgi kunda mashina agregati tarkibiga informatsion va kibernetik mashinalar ham kiritilmoqda (2-rasm). Chunki, texnologik jarayonlarni bajarilishida inson ishtiroki kamaytirilmoqda va jarayonlar avtomatlashtirilmoqda.



2-rasm.

Mexanizmlar mashinada energiyani bir turdan boshqa turga o‘zgartirishda, masulotlar va axborotlarga ishlov berishda energiya manбайдan uzatilayotgan harakatni ishchi qismlarga uzatish uchun xizmat qiladi. Mashina bilan mexanizmni aralashtirib yubormaslik lozim, chunki birinchidan mashinada mexanizm va ishchi qismlarni boshqarish qurilmalari mavjud bo‘ladi. Ikkinchidan, shunday mashinalar borki ularda mexanizm bo‘lmaydi. Ularda, energiya manbai to‘g‘ridan-to‘g‘ri ishchi qismlarga ulangan bo‘ladi.

Har qanday mexanizm qo‘zg‘almas va qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlardan tashkil topadi. *Bo‘g‘in (zveno)* – bir yoki bir nechta detallarning qo‘zg‘almas birikmasidir. Masalan, avtomobil g‘ildiragi, val, o‘q, shatun, tishli g‘ildirak va boshqalar.

Qo‘zg‘almas bo‘g‘in mexanizm mahkamlangan asosdir. Qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inlar esa *yetakchi (kirish)* va *yetaklanuvchi (chiqish)*ga bo‘linadi. *Yetakchi bo‘g‘in* harakatni mexanizmning boshqa bo‘g‘inlari talab etgan harakatga aylantirib beradi. *Yetaklanuvchi bo‘g‘in*, aynan mexanizm mo‘ljallangan harakatni amalga oshiradi.

Kinematik juftlik – ikkita bo‘g‘inning bir-biriga nisbatan qo‘zg‘aluvchan birikmasidir. Masalan, ichki yonuv dvigatelining tirsakli vali bilan qo‘zg‘almas podshipnikning birikishi yoki porshen bilan tsilindrning birikishi. Har ikkala bo‘g‘inlarning bir-biriga uringan sirtlari, chiziqlari yoki nuqtalari kinematik juftning *elementlaridir*. Kinematik juftning elementlari doimo urinib turishi uchun,

ular doimo geometrik (bo'g'inlarni shakli hisobiga) tarzda yoki dinamik (og'irlik kuchi hisobiga, prujina kuchi hisobiga va hokazo) ta'sir ostida bo'lishi lozim.

Kinematik zanjir – bir nechta bo'g'inning kinematik juftlar vositasida birikishidan hosil bo'ladigan qo'zg'aluvchan sistemadir. Yuqorida ta'kidlanganidek, ichki yonuv dvigatelining tirsakli vali qo'zg'almas podshipnik bilan bitta kinematik juft hosil qiladi. SHatun tirsakli val bilan ikkinchi kinematik juftni, porshen shatun bilan uchinchi kinematik juftni, porshen bilan tsilindr esa to'rtinchi kinematik juftni hosil qiladi. Bu kinematik juftlarning to'plami esa kinematik zanjirni tashkil etadi. Demak, mexanizm asosini kinematik zanjir tashkil etar ekan. Lekin, hamma kinematik zanjirlar ham mexanizm bo'lavermaydi.

Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi fanini asosan uchta qismdan iboratdir:

- mexanizmlar strukturasi va klassifikatsiyasi;
- mexanizmlar kinematikasi;
- mexanizmlar dinamikasi.

Mexanizmlar strukturasi va klassifikatsiya qismida har qanday mexanizmlarni tuzilishi mumkin bo'lgan asosiy elementlari, mexanizmlarni klassifikatsiyasi va yangi mexanizmlarni hosil qilish qonuniyatlari o'rganiladi. Bu qismda mexanizmlarni strukturaviy analizi va sintezi beriladi.

Strukturaviy analizida mexanizmlarni strukturaviy sxemalari, ya'ni bo'g'inlar va kinematik juftlarni shartli belgilanishlari yordamida, ularni geometrik o'lchamlarini inobatga olmagan holda grafik ko'rinishlari o'rganiladi.

Strukturaviy sintezda esa mexanizmlarning strukturaviy sxemalari strukturaviy shartlarni inobatga olgan holda loyihalanaadi.

Ikkinchi qism, ya'ni *mexanizmlar kinematikasida* - mexanizm bo'g'inlarining harakati ta'sir etuvchi kuchlarni hisobga olmasdan vaqtga bog'liq holda o'rganiladi. Bu qismda mexanizmlarning kinematik analizi va sintezi amalga oshiriladi.

Mexanizmlar analizi yetaklanuvchi bo'g'inlarning harakat qonunlarini aniqlash bilan shug'ullanadi. Kinematik sintezda esa mexanizmlarning kinematik

sxemalari kinematik shartlarni va ularning geometrik o'lchamlarini inobatga olgan holda loyihalanadi.

Mexanizmlar dinamikasi qismida mexanizm bo'g'inlarining harakati ta'sir etuvchi kuchlarni hisobga olgan holda o'rganiladi. Bu qismda mexanizmlarning dinamik analizi va sintezi amalga oshiriladi.

Mexanizmlarning dinamik analizi bo'g'inlarning haqiqiy harakat qonunlarini aniqlash bilan shug'ullanadi. Dinamik sintezda esa mexanizmlarning dinamik sxemalari dinamik shartlarni inobatga olgan holda loyihalanadi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib aytish mumkinki mexanizmlar va mashinalar nazariyasi asosan quyidagi ikki masala bilan shug'ullanadi:

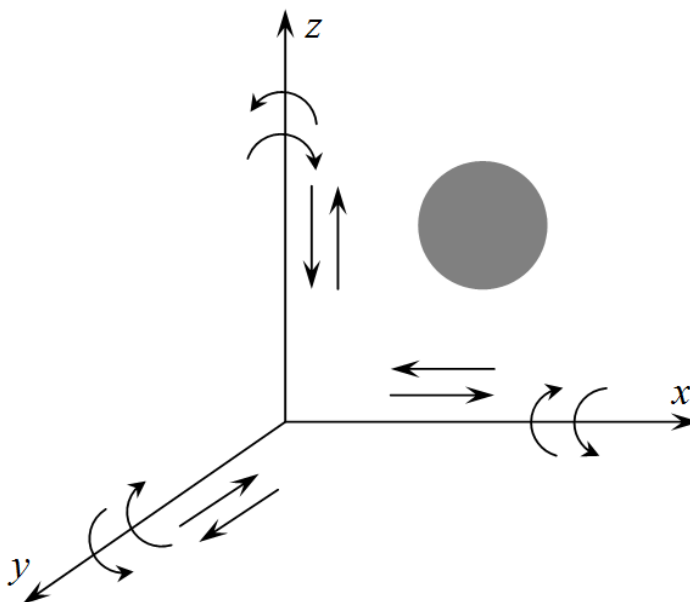
1. *Mexanizmlar analizi* – mavjud mashina va mexanizmlarni strukturaviy, kinematik hamda dinamik jihatdan tekshirish.

2. *Mexanizmlar sintezi* – biror-bir texnologik jarayonni bajarish uchun mo'ljallangan mexanizm zvenolarining harakat qonunlaridan kelib chiqib, berilgan harakat qonunlarini amalga oshiradigan mexanizm yaratish.

I-BOB. KINEMATIK JUFTLAR VA ZANJIRLAR, MEXANIZM TURLARI

1.1. Kinematik juftlar va ularning klassifikatsiyasi

Jismlarning harakatini va istalgan paytda ularning fazodagi vaziyatini tasvirlashda erkinlik darajalari soni degan tushuncha kiritiladi. Jismning fazodagi holatini aniqlashga imkon beruvchi bir-biriga bog'liq bo'lmagan kattaliklar soni uning ekinlik darajalari soni deyiladi. Jismning fazodagi vaziyati uning uchta koordinata, ya'ni x (*abtsissa*), y (*ordinata*) va z (*applikata*) o'qlari orqali aniqlanadi. Erkin jism fazoda 6 ta harakatga ega bo'lib, ulardan uchta x , y va z o'qlari bo'ylab ilgarilanma, uchta esa aylanish shu o'qlar atrofida aylanma harakatdir (1.1-rasm)



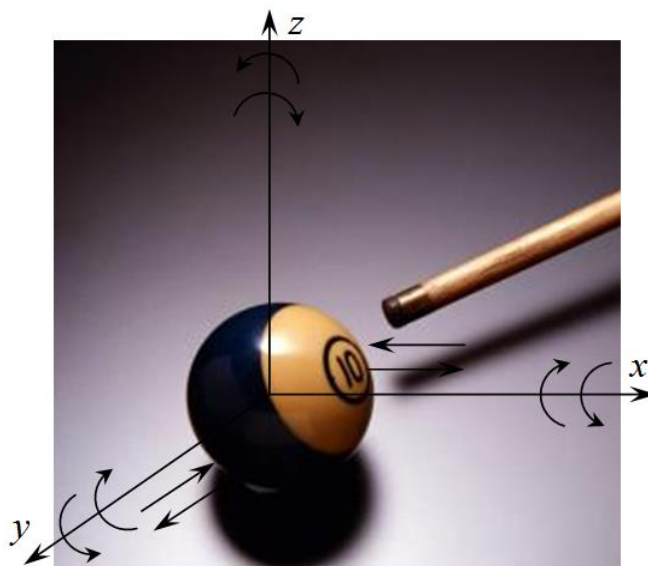
1.1-rasm.

Muayyan sharoitda erkin jismning harakati cheklangan bo'lishi ham mumkin. Masalan, bilyard sharinining harakatini olib qarasaq, u faqat bilyart stoli ustida harakat qiladi va uning istalgan paytdagi vaziyati ikkita koordinata o'qi x va u orqali ifodalanadi (1.2-rasm).

SHunday qilib, bilyard toshi z o'qi bo'ylab faqat aylanma harakatni amalga oshira oladi.

Demak, obsolyut qattiq jism harakatiga hech qanday to'sqinlik yoki cheklanish bo'lmasa bu jism x , y va z o'qlari bo'ylab oltita harakatni amalga

oshirar ekan. Agar shu erkin jism boshqa biror-bir jism bilan kinematik juftlik hosil qilsa, uning nisbiy harakatiga ma'lum darajada chek qo'yiladi va bu cheklar bog'lanish shartlari deyiladi. Kinematik juftlik hosil bo'lishi uchun cheklar soni oltitadan oshmasligi kerak. Agar cheklar soni oltida bo'lsa, u holda kinematik juftlik xususiyati yo'qolib, qo'zg'almas jismga aylanib qoladi.



1.2-rasm.

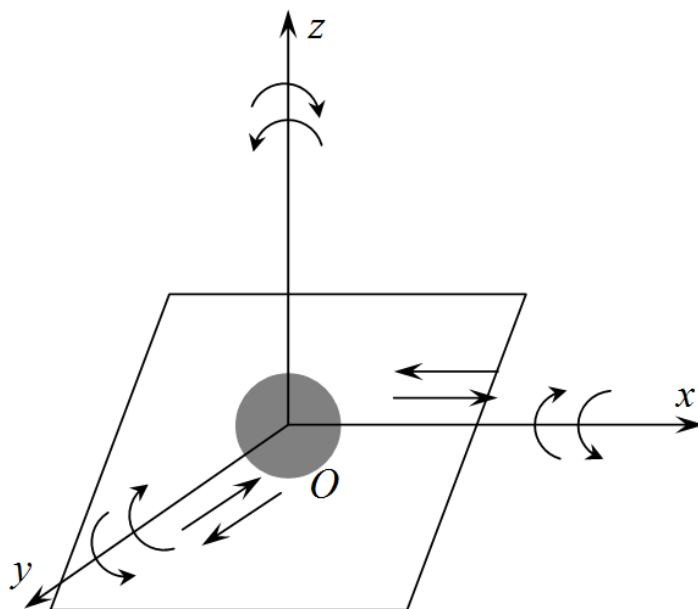
Agar erkinlik darajasi N , bog'lanish shartlari sonini S bilan belgilasak, quyidagi tenglikni hosil qilamiz

$$S+N=6 \quad (1.1)$$

(1.1) tenglikdan ko'rinadiki kinematik juftlik tarkibidagi bo'g'inlarni nisbiy harakatining bog'lanish shartlari bilan erkinlik darajasi 1 dan 5 gacha bo'lgan oraliqda o'zgarishi mumkin ekan.

SHunday qilib, kinematik juftliklarning turlari bilan tanishib chiqamiz. Kinematik juftliklarning klassifikatsiyasi tarkibidagi bo'g'inlarning nisbiy harakatining bog'lanish shartlari soni bilan belgilanadi.

Tekislik ustida shar turgan bo'lsin, unda tekislik bilan shar birgalikda kinematik juft hosil qiladi (1.3-rasm).



1.3-rasm.

SHar tekislikda 3 x , y va z o‘qlari atrofida 3 ta aylanma harakat, x va y o‘qlari bo‘ylab 2 ta ilgarilanma harakat qilishi mumkin.

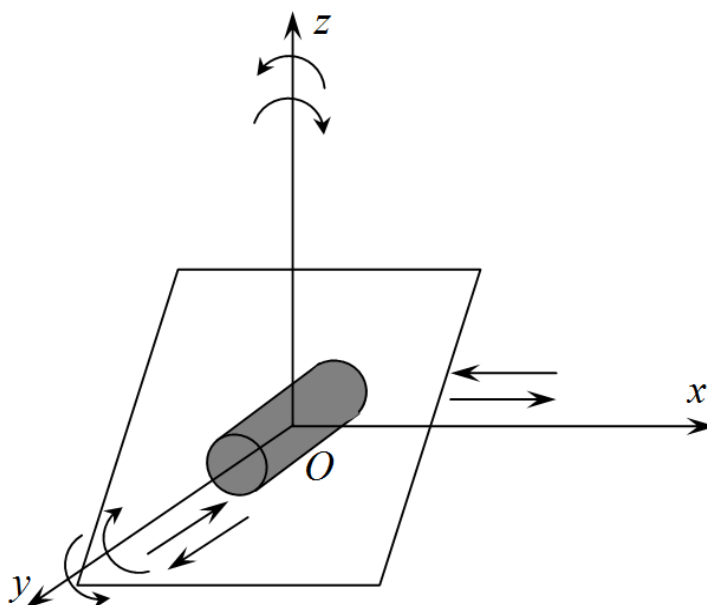
SHar z o‘q bo‘ylab pastga harakat qilolmaydi, chunki uning harakatiga tekislik to‘sqinlik qiladi. SHarni z o‘q bo‘ylab yuqoriga ko‘tarish yaramaydi, aks holda shar bilan tekislik orasida bog‘lanish buziladi va kinematik juftlik bo‘lmay qoladi. Natijada, shar beshta harakatni amalga oshiradi. Bu kinematik juftlikning bog‘lanish shartlari sonini quyidagicha aniqlaymiz

$$S=6-N=6-5=1.$$

Demak, shar bilan tekislik I -sinf kinematik juftlik hosil qiladi.

Agarda tekislik bilan tsilindr kinematik juftlik hosil qilsa (1.4-rasm), bunda tsilindr z va x o‘qlari atrofida aylanma harakat, x va u o‘qlari bo‘ylab ilgarilanma harakatni amalga oshira oladi. TSilindrning x o‘qi bo‘ylab aylanma va z o‘qi bo‘ylab ilgarilanma harakatni amalga oshirsa kinematik juftlik yo‘qoladi, shu sababli bu harakatlarga cheklar qo‘yilagan. Natijada, tsilindr to‘rtta harakatni amalga oshiradi. Bu kinematik juftlikning bog‘lanish shartlari sonini quyidagicha aniqlaymiz

$$S=6-N=6-4=2.$$

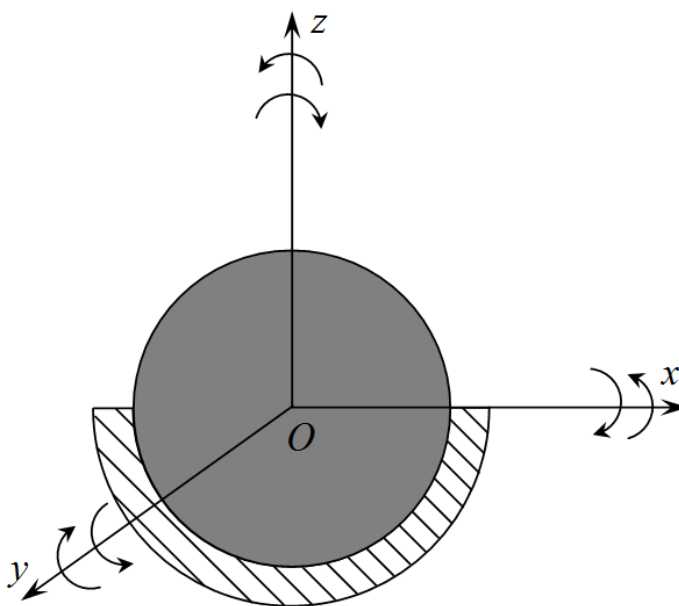


1.4-rasm.

Ko‘rib chiqilgan kinematik juftlik *II*-sinf kinematik juftlikka kiradi.

Sferik qobiq bilan shar kinematik juftlik hosil qilsa (1.5-rasm), bunda shar sferik qobiq ichida x , u va z o‘qlari atrofida aylanma harakatni amalga oshiradi. SHarning x , u va z o‘qlari bo‘yilab ilgarilanma harakatiga chek qo‘yilgan. Natijada, shar uchta aylanma harakatni amalga oshiradi. Bu kinematik juftlikning bog‘lanish shartlari sonini quyidagicha aniqlaymiz

$$S=6-N=6-3=3.$$

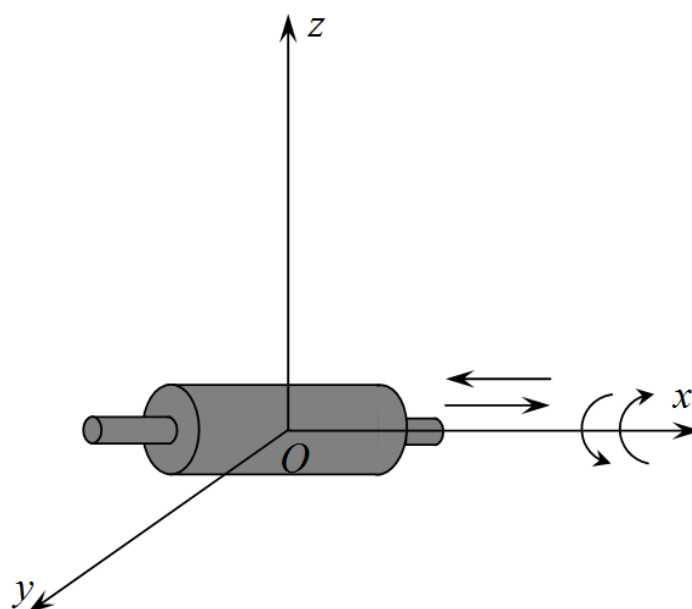


1.5-rasm.

Demak, sferik qobiq bilan shar *III*-sinf kinematik juftlik hosil qiladi.

G'ovak tsilindr bilan o'zak tsilindr kinematik juftlik hosil qilsa (1.6-rasm), bunda g'ovak tsilindr ichida tsilindr x o'qlari atrofida aylanma va ilgarilanma harakati amalga oshiradi. u va z o'qlari bo'yicha harakatlanishiga chek qo'yilgan. Natijada, tsilindr ikkita harakatni amalga oshiradi. Bu kinematik juftlikning bog'lanish shartlari sonini quyidagicha aniqlaymiz

$$S=6-N=6-2=4.$$



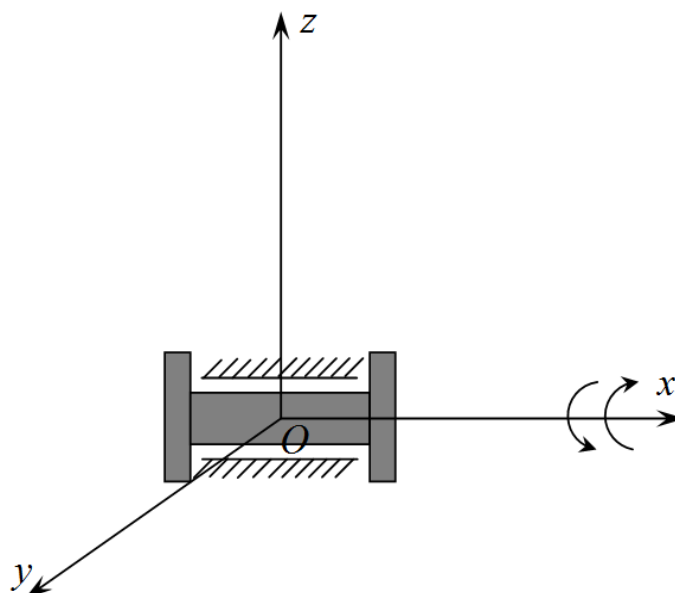
1.6-rasm.

G'ovak tsilindr bilan o'zak tsilindr *IV*-sinf kinematik juftlikni hosil qiladi.

Hozirgi zamon mexanizm va mashinalarida juda ko'p uchraydigan kinematik juftliklar, bu *V*-sinf kinematik juftliklardir. *V*-sinf kinematik juftliklarga faqat ilgarilanma yoki aylanma harakat qila oladigan kinematik juftlar kiradi (1.7-rasm).

Bunda kinematik juftlik tarkibidagi bo'g'inlar bir-biriga nisbatan x o'qi bo'ylab aylanma harakatni amalga oshiradi. x , u va z o'qlari bo'yicha ilgarilanma hamda u va z o'qlari bo'ylab aylanma harkatlanishiga chek qo'yilgan. Natijada, tsilindr bitta harakatni amalga oshiradi. Bu kinematik juftlikning bog'lanish shartlari sonini quyidagicha aniqlaymiz

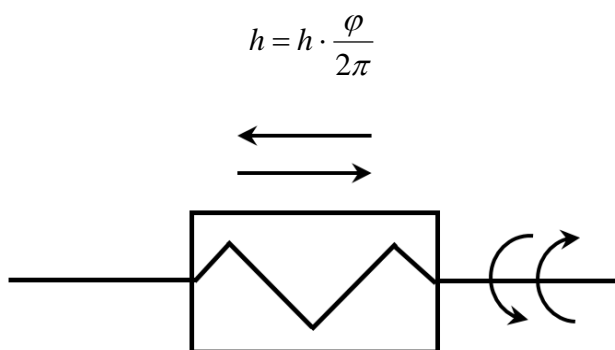
$$S=6-N=6-1=5.$$



1.7-rasm.

Demak, bu kinematik juftlik V-sinf kinematik juftlikka kiradi.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan kinematik juftlik bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan nisbiy harakatlarni amalga oshirishi mumkin. Lekin mashina va mexanizmlarda shunday kinematik juftliklar borki, ular tarkibiga kiruvchi bo‘g‘inlarning nisbiy harakatlari bir-biriga bog‘liq bo‘ladi. Masalan, vintli uzatmalarda bir vaqtning o‘zida ham aylanma harakat va ixtiyoriy ilgariylanma harakat mavjud (1.8-rasm), 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

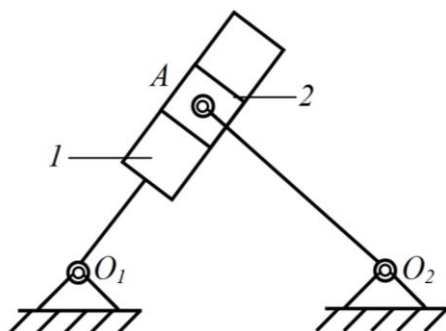


1.8-rasm.

Yuqorida Siz bilan kinematik juftliklar tarkibiga kiruvchi bo‘g‘inlarning nisbiy harakatiga qo‘yilgan cheklar (bog‘lanish shartlari) va erkinlik darajasiga ko‘ra klassifikatsiyalanishi bilan tanishib chiqdik. Bundan tashqari, kinematik

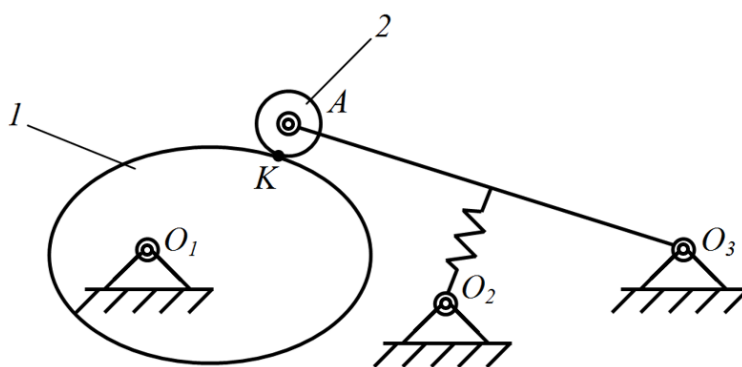
juftliklar bo‘g‘inlarning o‘zaro bog‘lanishi bo‘yicha quyi va oliy kinematik juftliklarga bo‘linadi.

Agar kinematik juftlik elementlari bir-biri bilan tekislik yoki sirt orqali bog‘lansa, bunday juftlik *quyi* kinematik juftlik deyiladi. Masalan, 1.9-rasmda 1-bo‘g‘in bilan 2-bo‘g‘in tekislikda bir-biri bilan bog‘langan.



1.9-rasm.

Agar kinematik juftlik elementlari bir-biri bilan nuqta yoki chiziq orqali bog‘lansa, bunday juftlik *oliy* kinematik juftlik deyiladi. Masalan, 1.10-rasmda 1-bo‘g‘in bilan 2-bo‘g‘in K nuqtada bir-biri bilan bog‘langan.

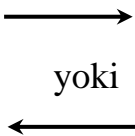




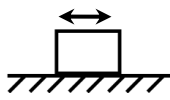
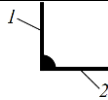
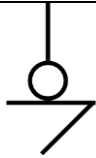

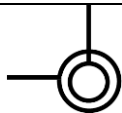
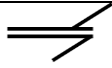





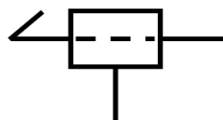

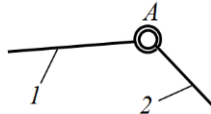
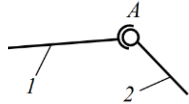
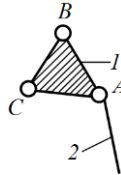
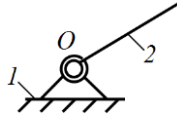
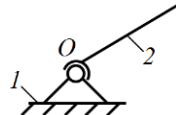
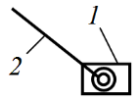
1.10-rasm.

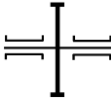
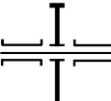
Kinematik juftlik tarkibidagi bo‘g‘inlar doimo bog‘lanishda bo‘lishi uchun ularning elementlari bir-biriga tegib turishi lozim. Kinematik juftliklar elementlarini doimiy tegib turishini ikki yo‘l bilan ta‘minlanadi, ya‘ni kinematik (1.9-rasm) va kuch yordamida (1.10-rasm) Kinematik juftlik elementlarini doimiy tegib turishini kinematik yo‘l bilan ta‘minlashda konstruktsiyasi orqali kinematik juft yopiladi. Tegib turishini kuch yordamida ta‘minlashda esa, og‘irlik kuchi, prujina va boshqa vositalar orqali amalga oshiriladi. Kinematik bog‘langan juftliklar kuch bilan bog‘langan juftliklardan afzalroqdir.

1.1-jadvalda kinematik juftliklarga tegishli bo'lgan shartli belgilanishlar keltirilgan.

1.1-jadval

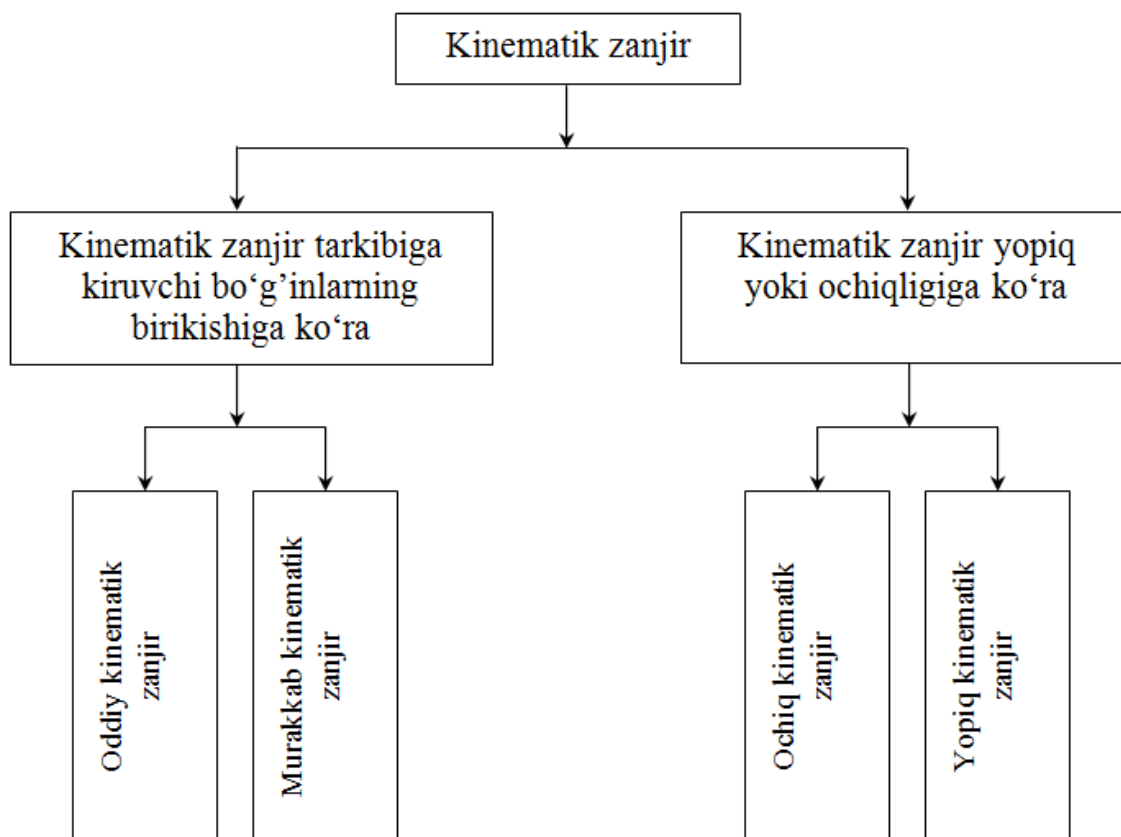
T/r	Belgilarning nomlari	SHartli belgilar
1	2	3
1	Bir tomonga to'g'ri chiziqli ilgarilamna harkat	 yoki
2	To'g'ri chiziqli ilgarilanma-qaytma harakat	
3	O'q atrofida bir tomonga bo'ladigan aylanma harakat	 yoki
4	O'q atrofida bo'ladigan tebranma harakat	
5	Tayanchlar	 yoki
6	Polzunni qo'zg'almas yo'naltiruvchidagi harakati	
7	Ikki bo'g'inning qo'zg'almas birikishi	
8	<i>I</i> -sinf oliy aylanma kinematik juftlik	
9	<i>II</i> -sinf quyi aylanma kinematik juftlik	
10	<i>III</i> -sinf quyi aylanma kinematik juftlik	
11	<i>III</i> -sinf quyi aylanma va ilgarilanma kinematik juftlik	

1	2	3
12	IV-sinf quyi aylanma kinematik juftlik	
13	IV-sinf quyi aylanma va ilgarilanma kinematik juftlik	
14	V-sinf quyi aylanma kinematik juftlik	
15	V-sinf quyi ilgarilanma kinematik juftlik	
16	V-sinf vintli kinematik juftlik	
17	Ikki bo'g'inni V-sinf aylanma kinematik juftlik orqali birikishi (sharnirli)	
18	Ikki bo'g'inni sharli sharnir orqali birikishi	
19	Bazisli bo'g'inning V-sinf aylanma kinematik juftlik orqali birikishi	
20	Krivoship 2 ni qo'zg'almas bo'g'in 1 bilan V-sinf aylanma kinematik juftlik orqali birikishi	
21	Qo'zg'aluvchi bo'g'in 2 ni qo'zg'almas bo'g'in 1 bilan sharli sharnir orqali birikishi	
22	SHatun 2 bilan polzun 1 ni V-sinf aylanma kinematik juftlik orqali birikishi	

1	2	3
23	G'ildirakni val yoki o'qqa qo'zg'almas birikishi	
24	G'ildirakni val yoki o'qqa qo'zg'aluvchan birikishi	

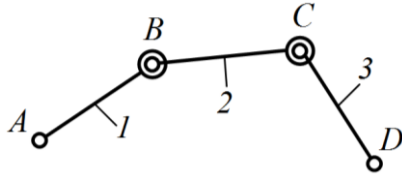
1.2. Kinematik zanjir va uning turlari. Assur guruhlari.

Bir nechta bo'g'inlarning kinematik juftliklar vositasida birikishidan kinematik zanjir hosil bo'lishini yuqorida aytib o'tgan edik. Kinematik zanjirlarni tuzilishi va bo'g'inlarni kinematik juftliklarga birikishiga ko'ra 1.11-rasmda keltirilgan klafikatsiyani tuzish mumkin.

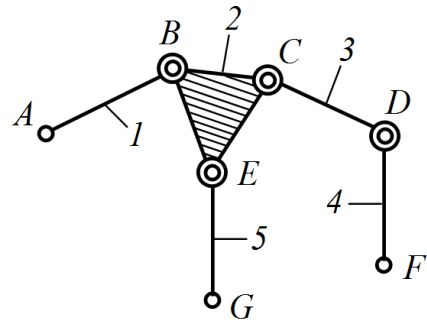


1.11-rasm.

Agar kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi bo'g'inlarning biri faqat ikkitadan kinematik juftga kirsam, bunday zanjir oddiy deb (1.12-rasm), kinematik zanjir tarkibidagi bo'g'inlarning biri ikkitadan ortiq kinematik juftga qo'shilsa, bunday zanjir murakkab zanjir deb ataladi (1.13-rasm).



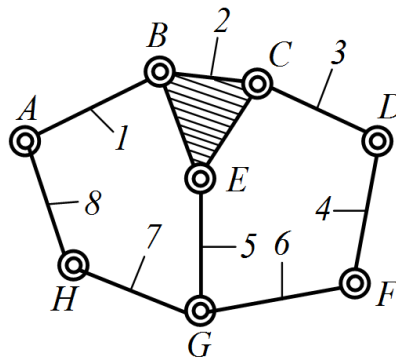
1.12-rasm.



1.13-rasm.

1.12-rasmda oddiy kinematik zanjir ko'rsatilgan bo'lib, uning 1 va 3-bo'g'inlarning A va D elementlari erkin elementlardir. 1.13-rasmda esa murakkab kinematik zanjir ko'rsatilgan bo'lib, uning 1, 4 va 5-bo'g'inlarning A, F va G elementlari erkin elementlardir. Sxemadan ko'rinadiki murakkab kinematik zanjir tarkibida bazisli bo'g'in bo'ladi hamda u uchta yeridan kinematik juftlikka birikishi mumkin.

1.11-rasmdagi klassifikatsiyadan ko'rinadiki kinematik zanjirlar ochiq va yopiq kinematik zanjirlarga bo'linadi. 1.12 va 1.13-rasmda oddiy va murakkab ochiq kinematik zanjirlar keltirilgan. Agar kinematik zanjir tarkibiga kiradigan har bir bo'g'in eng kamida ikkitadan kinematik juftga biriksa, bunday zanjir yopiq kinematik zanjir bo'ladi (1.14-rasm).



1.14-rasm

Yopiq kinematik zanjirda bo'g'inlar bir-biriga nisbatan harakatlanadigan o'zgaruvchan yopiq kontur hosil bo'ladi. Ochiq kinematik zanjirda esa bunday kontur bo'lmaydi.

Kinematik zanjirlarining strukturaviy nazariyasiga rus olimi professor P.I.Somov asos solgan. Uning fikricha, kinematik zanjirning qo'zg'aluvchanlik darajasi N va kinematik zanjir tarkibidagi bo'g'inlar soni K deb qabul qilib hamda

turli sinfdagi kinematik juftlari orasidagi bog'lanishlarni aniqlash mumkin. Ma'lumki, kinematik zanjir tarkibika kirishi lozim bo'lgan bo'g'inlar erkin bo'lganda ularning har birining erkinlik darajasi oltiga teng bo'ladi. Demak, K ta bo'g'in kinematik juftliklarga birikishidan avval umumiy erkinlik darajasi $6K$ ga teng bo'ladi. Agar K ta bo'g'indan tuzilgan kinematik zanjir tarkibida I, II, III, IV va V sinf kinematik juftlar bo'lsa va ularning sonini mos ravishda P_1, P_2, P_3, P_4 va P_5 belgilab olsak, u holda, kinematik zanjirning umumiy erkinlik darajasi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi

$$H=6K-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1, \quad (1.2)$$

bunda K -kinematik zanjir tarkibidagi bo'g'inlarning umumiy soni; P_5 -kinematik zanjirdagi V -sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri bittadan erkinlik darajasiga ega); P_4 -kinematik zanjirdagi IV -sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri ikkitadan erkinlik darajasiga ega); P_3 -kinematik zanjirdagi III -sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri uchtdan erkinlik darajasiga ega); P_2 -kinematik zanjirdagi II -sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri to'rttdan erkinlik darajasiga ega); P_1 -kinematik zanjirdagi I -sinf kinematik juftliklar soni (ularning har biri beshtadan erkinlik darajasiga ega).

Kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi biror-bir qo'zg'almas bo'g'inga nisbatan bir yoki bir necha bo'g'in muayn tartibda harakatlangan vaqtda zanjirning qolgan bo'g'inlari ham ma'lum tartibda harakat qilsa, bunday kinematik zanjir *mexanizm* deyiladi. Bu ta'rifdan kelib chiqib, kinematik zanjir tarkibidagi bo'g'inlarning birini qo'zg'almas deb qaralsa, u holda qo'zg'aluvchan bo'g'inlar umumiy sonini $K-1$ deb qarab, (1.2) ifodani quyidagicha yozamiz

$$W=6(K-1)-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1, \quad (1.3)$$

bunda W -bitta bo'g'ini qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirning erkinlik darajasi va u $W=N-6$ ga teng.

Agar $K-1=n$ deb qabul qilinsa, u holda (1.3) ifodani quyidagicha yozamiz

$$W=6n-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1, \quad (1.4)$$

bunda n -bitta bo'g'ini qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirdagi qo'zg'aluvchan bo'g'inlar soni.

(1.4) ifoda bitta bo‘g‘ini qo‘zg‘almas bo‘lgan kinematik zanjirning umumiy holdagi strukturaviy formulasi bo‘lib, Somov-Malishev formulasi deyiladi.

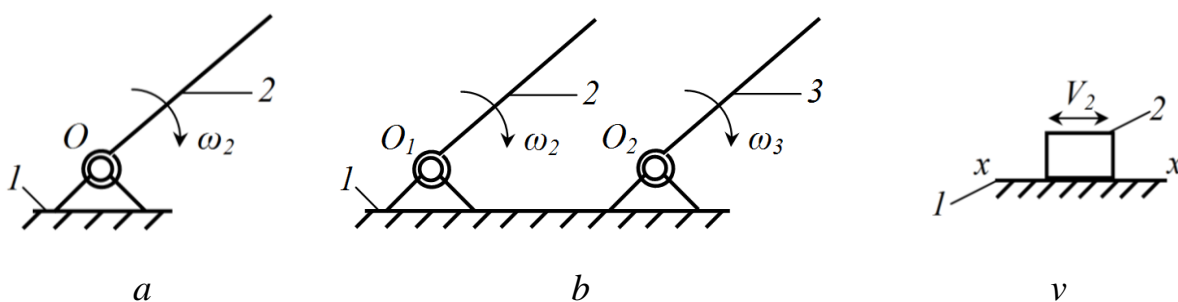
Kinematik zanjirlardan mexanizmlar hosil qilishni birinchi marta L.V.Assur quyidagicha ta’riflagan.

Har qanday mexanizm yetakchi bo‘g‘in yoki bo‘g‘inlar bilan qo‘zg‘almas bo‘g‘inga qo‘zg‘aluvchanlik darajasi nolga teng bo‘lgan kinematik zanjirlarni ketma-ket qo‘shilishi orqali hosil qilish mumkin deb ta’rif bergan.

Agar mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi birga teng ($W=1$) bo‘lsa, u holda uning yetakchi bo‘g‘ini ham bitta bo‘ladi, agar ikkita ($W=2$) bo‘lsa, uning yetakchi bo‘g‘inlari ham ikkita bo‘ladi va hakoza.

L.V.Assur o‘zining ta’limotida kinematik zanjirlarni sinf va guruhlarga bo‘lib chiqdi.

Agar yetakchi bo‘g‘in bilan qo‘zg‘almas bo‘g‘in birikib V-sinf kinematik juftlik hosil qilgan bo‘lsa, u buni shartli ravishda I-sinf I-tartibli mexanizm deb atadi (1.15-rasm, a, b, v).



1.15-rasm

1.15-rasm, a da 2-bo‘g‘in qo‘zg‘almas bo‘g‘in I-bilan V-sinf aylanma kinematik juftlik hosil qilgan. Bu yerda qo‘zg‘aluvchi 2-bo‘g‘in qo‘zg‘almas I-bo‘g‘inga nisbatan ω_2 burchak tezlik bilan aylanma harakatni amalga oshiradi. (1.4) ifodaga asosan, bu kinematik juftlikning strukturasi tekshirib chiqamiz. U holda, bu kinematik juftlikda I, II, III va IV-sinf kinematik juftliklar mavjud emas, shu sababli $P_1=0$, $P_2=0$, $P_3=0$ va $P_4=0$ bo‘ladi. Kinematik juftlikda faqatgina bitta V-sinf aylanma kinematik juftlik mavjud bo‘lib, $P_5=1$ bo‘ladi. SHu bilan birga

ikkita bo‘g‘in mavjud bo‘lib, ulardan biri qo‘zg‘almasdir. Demak, qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni $n=1$. Yuqoridagilarni inobatga olgan holda

$$W=6-1-5-1-4-0-3-0-2-0-0=6-5=1.$$

Demak, bu kinematik juftlikning erkinlik darajasi 1 ga teng va u bitta yetakchi bo‘g‘inga ega.

1.15-rasm, b da 2 va 3-bo‘g‘inlar qo‘zg‘almas bo‘g‘in 1-bilan V-sinf aylanma kinematik juftliklar hosil qilgan. Bu yerda qo‘zg‘aluvchi 2 va 3-bo‘g‘inlar qo‘zg‘almas 1-bo‘g‘inga nisbatan mos ravishda ω_2 va ω_3 burchak tezliklar bilan aylanma harakatni amalga oshiradi. Bu kinematik juftlikning strukturasi tekshirib chiqamiz. U holda, bu kinematik juftlikda ham I, II, III va IV-sinf kinematik juftliklar mavjud emas, shu sababli $P_1=0$, $P_2=0$, $P_3=0$ va $P_4=0$ bo‘ladi. Kinematik juftlikda ikkita V-sinf aylanma kinematik juftlik mavjud bo‘lib, $P_5=2$ hamda uchta bo‘g‘in mavjud bo‘lib, ulardan biri qo‘zg‘almasdir. Demak, qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni $n=2$. Yuqoridagilarni inobatga olgan holda

$$W=6-2-5-2-4-0-3-0-2-0-0=6-5=2.$$

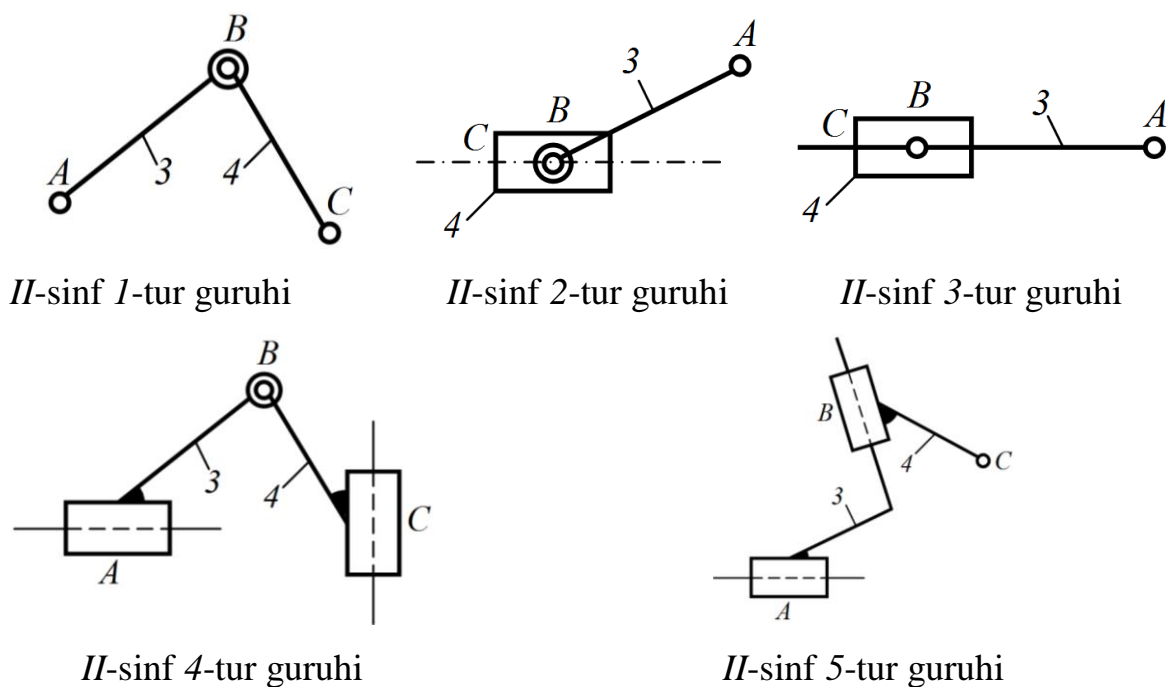
Demak, bu kinematik juftlikning erkinlik darajasi 2 ga teng va u ikkita yetakchi bo‘g‘inga ega.

1.15-rasm, v da esa 2-bo‘g‘in qo‘zg‘almas bo‘g‘in 1-bo‘g‘in bilan V-sinf ilgarilanma kinematik juftlik hosil qilgan. Bu yerda qo‘zg‘aluvchi 2-bo‘g‘in qo‘zg‘almas 1-bo‘g‘inga nisbatan V_2 chiziqli tezlik bilan ilgarilanma-qaytma harakatni amalga oshiradi. Kinematik juftlikning strukturasi tekshirib chiqamiz. Ushbu kinematik juftlikda V-sinf ilgarilanma kinematik juftlikdan boshqa kinematik juftliklar mavjud emas, shu sababli $P_5=1$ bo‘ladi. SHu bilan birga ikkita bo‘g‘in mavjud bo‘lib, ulardan biri qo‘zg‘almasdir. Demak, qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni $n=1$. Yuqoridagilarni inobatga olgan holda

$$W=6-1-5-1-4-0-3-0-2-0-0=6-5=1.$$

Demak, bu kinematik juftlikning erkinlik darajasi 1 ga teng va u bitta yetakchi bo‘g‘inga ega. L.V.Assurning mexanizmlarni hosil qilish ta‘rifiga ko‘ra, 1.16-rasmda keltirilgan guruhlar qo‘g‘aluvchanlik darajasi nolga teng bo‘lgan

kinematik zanjirlarni ketma-ket qo‘shish orqali mexanizm hosil qilish mumkin ekan.

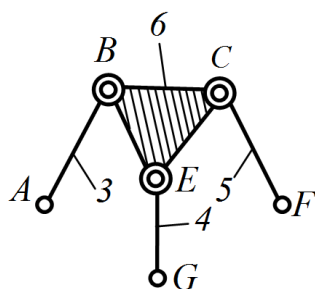


1.16-rasm.

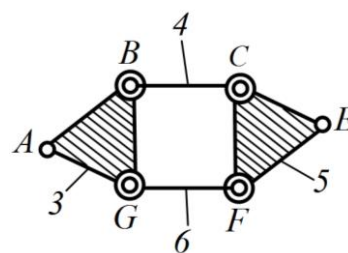
1.16-rasmda keltirilgan *II*-sinf Assur guruhlarining *A* va *C* elementlari bo‘sh sanalib, shu elementlarni boshqa elementlarga biriktirish orqali mexanizmlar hosil qilish mumkin. Bu kinematik zanjirlar ikki povodokli Assur guruhlarini deb ham ataladi.

1.17-rasmdagi bo‘sh elementlari uchta, ya’ni *A*, *F* va *G* bo‘lgan kinematik zanjir *III*-sinf Assur guruhidir. Bu kinematik zanjir uch povodokli Assur guruhi deb ham ataladi.

To‘rtta bo‘g‘ini va *V*-sinf kinematik juftliklari bo‘lgan yopiq konturli kinematik zanjir Assur ta’limoti bo‘yicha *IV*-sinf guruhi hisoblanadi. Bu kinematik zanjirda *A* va *E* lar bo‘sh elementlar sanaladi (1.18-rasm).



1.17-rasm.



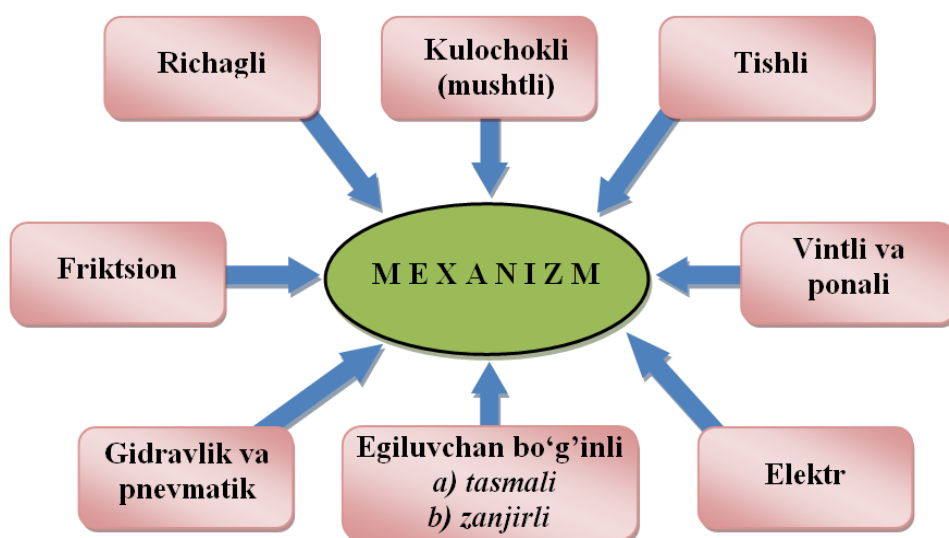
1.18-rasm.

SHunday qilib, Assur guruhlarini bir-biriga biriktirish yo‘li bilan turli sinfdagi guruhlarini hosil qilish mumkin ekan. Bu guruhlarini boshlang‘ich mexanizmlarga biriktirish yo‘li bilan turli sinfdagi mexanizmlarni hosil qilinadi. Agar hosil qilingan mexanizm tarkibida *I*, *II*, *III* va *IV*-sinf guruhlarini bo‘lsa, bu mexanizm sinfi tarkibidagi eng yuqori sinfli guruh soni bilan nomlanadi.

1.3. Tekis va fazoviy mexanizmlarni strukturaviy tahlili. Mexanizmlarning klassifikatsiyasi

Mashinalarni ishlash jarayonlarida asosiy vazifalarni, ularning ishchi qismlari bajaradi. Masalan, generator yordamida mexanik energiya elektr energiyasiga aylantiriladi va bu energiya ishchi qismlarga uzatish mexanizmlar orqali uzatiladi. Ishchi qismlarga masalan, tikuv mashinasi ignasi, paxta terish mashinasi shpindeli, yer qazish mashinasini kovushi (kuragi) va boshqalardir.

Bizga ma‘lumki, mexanizmlarni hosil qilishda birinchi sinf birinchi tartibli mexanizmga qo‘zg‘aluvchanlik darajasi nolga teng bo‘lgan Assur guruhlarini qo‘shiladi. Mashinasozlikda ishlatilayotgan barcha mexanizmlarning konstruktsiyasiga qarab asosan, quyidagi turlarga bo‘lish mumkin (1.19-rasm).



1.19-rasm.

Yuqorida keltirilgan mexanizmlarning bo‘g‘inlarini turli tekisliklarda harakatlanishiga ko‘ra, ikki turga tekis va fazoviy mexanizmlarga bo‘linadi.

Mexanizm tarkibidagi barcha bo‘g‘inlar bir tekislikda yoki bir-biriga parallel tekisliklarda harakat qilsa, bunday mexanizm tekislikda harakatlanuvchi *tekis mexanizm* deyiladi. Agar mexanizm tarkibidagi bo‘g‘inlarning nuqtalari tekis bo‘lmagan traektoriyalar chizib yoki o‘zaro parallel bo‘lmagan qesishuvchi tekisliklarda joylashuvchi traektoriyalar chizib harakatlansa, bunday mexanizm *fazoviy mexanizm* deyiladi.

Barcha mexanizmlar ma’lum tarkibdagi qismlardan ya’ni, bo‘g‘inlardan tuzilgan bo‘ladi. Bo‘g‘inlarni quyidagilarga bo‘lish mumkin:

1) tuzilishiga ko‘ra:

- *qattiq bo‘g‘in* – mexanizm ishlash davrida har qanday elastik deformatsiya inobatga olinmaydi;

- *qayishqoq bo‘g‘in*– mexanizm ishlash davrida elastik deformatsiya inobatga olinadi, ya’ni prujina yoki reszor;

- *egiluvchan bo‘g‘in* – mexanizm o‘z vazifasini bajarishida bo‘g‘inlar shakl va o‘lchamini o‘zgartira oladi, ya’ni tasma va zanjir;

- *suyuq bo‘g‘in* – oquvchanlik xususiyatiga ega, suv yoki moylar;

- *gaz ko‘rishidagi bo‘g‘in* – uchuvchanlik xususiyatiga ega, gaz yoki xavo.

2) konstruksiyasiga ko‘ra:

- *oddiy bo‘g‘in* (1.20 a, b, v-rasm);

- *murakkab bo‘g‘in* (1.20 g, d-rasm).

3) bajaradigan vazifasiga ko‘ra:

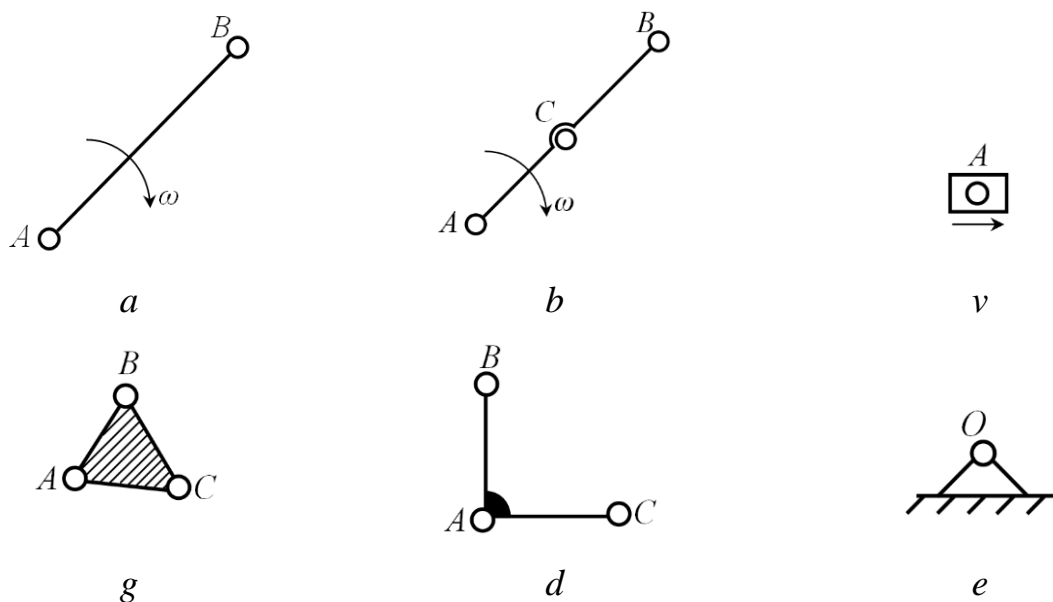
- *bosh (etakchi) bo‘g‘in* (1.20 a, b-rasm);

- *yetaklanuvchi bo‘g‘in* (1.20 v, g, d-rasm).

4) kinematik holatiga ko‘ra:

- *qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘in* (1.20 a, b, v, g, d-rasm);

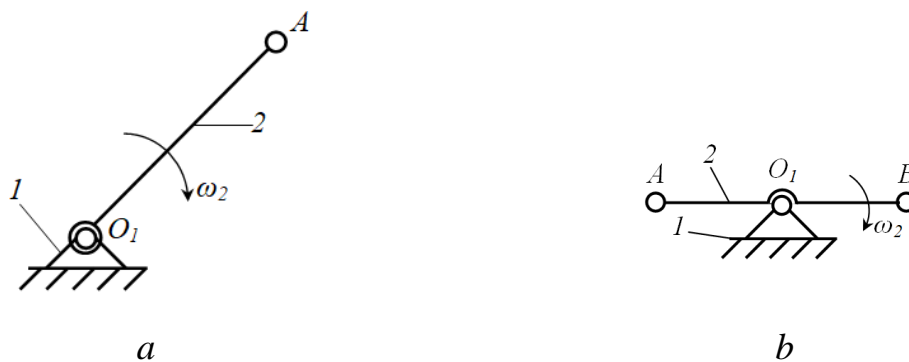
- *qo‘zg‘almas bo‘g‘in* (1.20 ye-rasm).



1.20-rasm

Richagli mexanizmlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko‘p ishlatiladi. Masalan, to‘quv stanoklarida, suv nasoslarida, hamir qorish mashinasi tarkibida va ikkita krivoshipi bo‘lgan mexanizmlar suv nasoslarida ishlatiladi.

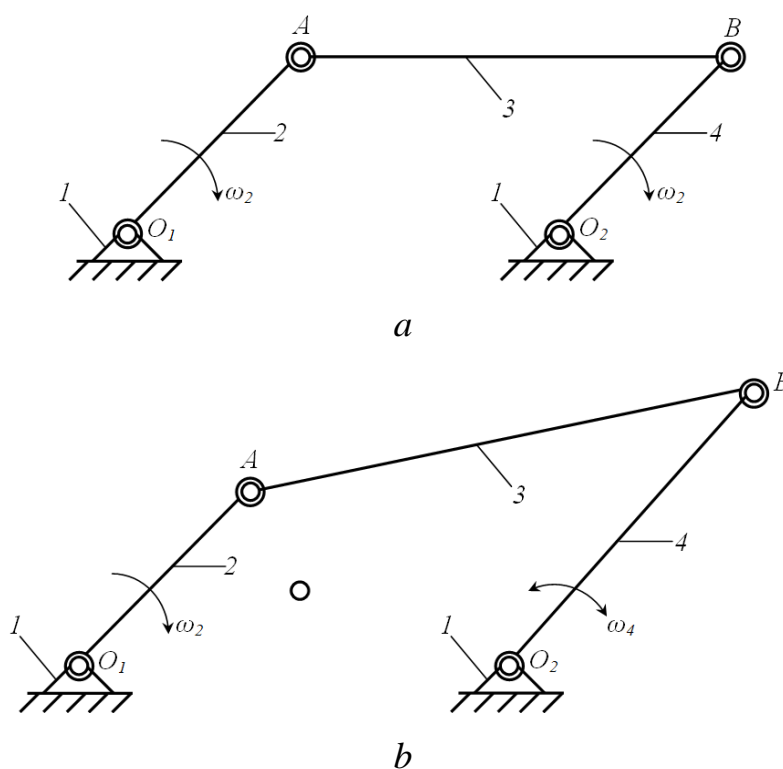
Richagli mexanizmlarning eng oddiy ko‘rinishlari 1.21-rasmda keltirilgan. Bu mexanizm ikkita bo‘g‘indan iboratdir. 1.21 *a*-rasmdagi mexanizm qo‘zg‘almas bo‘g‘in 1 va bir yelkali richag 2 dan iborat bo‘lsa, 1.21 *b*-rasmdagi mexanizm esa qo‘zg‘almas bo‘g‘in 1 va ikki yelkali richag 2 dan iboratdir.



1.21-rasm.

Richagli mexanizmlarning bundan ham murakkabroq ayrim turlari bilan tanishib chiqamiz. Bu mexanizmlar bo‘g‘inlari bir-biri bilan beshinchi sinf aylanma kinematik juftlik (sharnir)lar yordamida bog‘langan. Mexanizmning sharnirlari xarflar bilan, bo‘g‘inlar esa raqamlar bilan belgilangan. 1.22 *a*-rasmda to‘rt bo‘g‘inli ikki krivoshipli richagli (parallelogramm) mexanizm keltirilgan. Bu

mexanizmda 1-bo‘g‘in qo‘zg‘almas bo‘g‘in, 2 va 4-bo‘g‘inlar krivoship (360° ga to‘liq aylana oladigan bo‘g‘in), 3-bo‘g‘in esa shatun (murakkab harakat qiladigan bo‘g‘in) deb nomlanadi. 1.22 b-rasmda keltirilgan to‘rt bo‘g‘inli mexanixanizm krivoship koromisloli mexanizm deb nomlanadi. Chunki, mexanizm tarkibida bitta krivoship va bitta koromislo mavjud. Bu mexanizmda 1-bo‘g‘in qo‘zg‘almas bo‘g‘in, 2-bo‘g‘in krivoship, 3-bo‘g‘in esa shatun va 4-bo‘g‘in koromislo (ma‘lum burchak ostida tebranma harakat qiladigan bo‘g‘in)dir. Koromisloli mexanizmlar pichan ag‘darish mashinasida, mato to‘qish mashinalarida, ko‘tarish kranlarida va boshqa sohalardagi mashinalarda ishlatiladi.

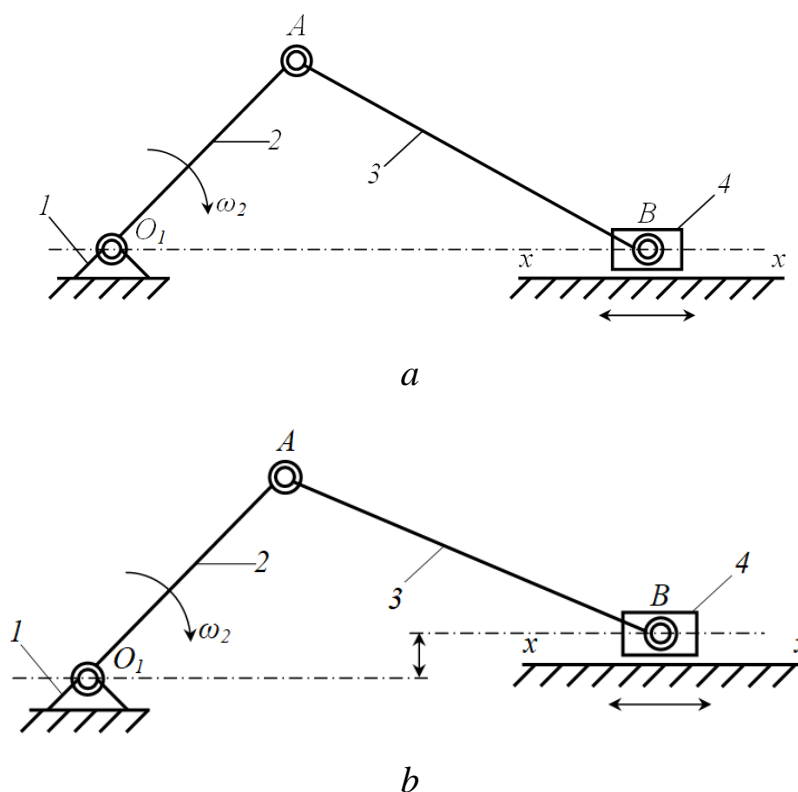


1.22-rasm.

Ma‘lumki, mexanizm tarkibidagi bo‘g‘inlar uchta harakatni amalga oshirishi mumkin, ya‘ni aylanma, ilgarilanma-qaytma va murakkab (bir vaqtning o‘zida aylanma va ilgarilanma-qaytma) harakatlardir. Yuqorida bo‘g‘inlari aylanma va murakkab harakat qiladigan mexanizmlarni ko‘rib chiqdik. 1.22-rasmdagi 4-bo‘g‘in (krivoship (a) yoki koromislo (b)) ni qo‘zg‘almas bo‘g‘in bo‘ylab harakatlana oladigan polzun bilan almashtirsak, u holda krivoship polzunli mexaniz hosil bo‘ladi (1.23-rasm).

Krivoship polzunli mexanizmlar hozirgi kundagi mashinalarda juda ko'p uchraydigan mexanizmlar sanaladi. Masalan, ichki yonuv dvigatellari, kompressorlar, presslar, nasoslar va boshqa mashinalarda.

1.23-rasmda krivoship polzunli mexanizmning ikki ko'rinishi keltirilgan bo'lib, ular aksial (*a*) va dezaksial (*b*) mexanizmlardir. Mexanizm tarkibidagi polzun yo'naltiruvchisining *xx* chizig'i krivoshipning aylanish o'qi O_1 dan o'tsa, u holda bunday mexanizm aksial krivoship polzunli mexanizm deyiladi (1.23 *a*-rasm). Agar mexanizm tarkibidagi polzun yo'naltiruvchisining *xx* chizig'i krivoshipning aylanish o'qi O_1 dan o'tmasa, u holda bunday mexanizm dezaksial krivoship polzunli mexanizm deyiladi (1.23 *b*-rasm).

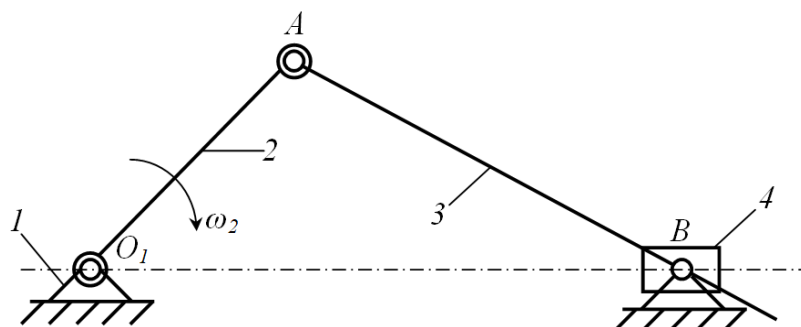


1.23-rasm.

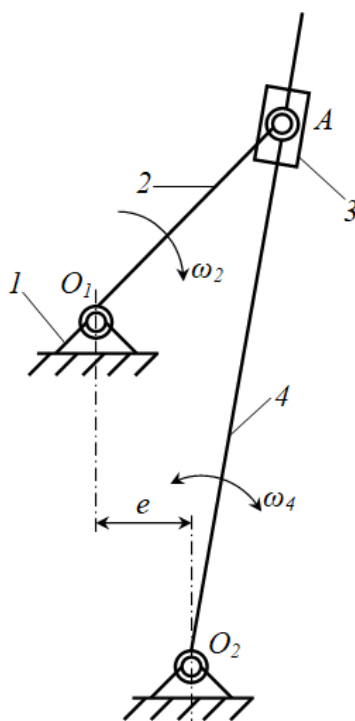
Agar mexanizm tarkibidagi shatun yo'naltiruvchi vazifasini bajarsa, u holda bunday mexanizm kulisali mexanizm deyiladi (1.24 *a*, *b*-rasm). Kulisali mexanizmlar rotor nasoslarida, tikuv mashinalarida, poligraf mashinalarida, tikuv mashinalarida, randalash mashinalarida va boshqa sohalarda ko'p qo'llaniladi.

Kulachokli (mushtli) mexanizmlar tarkibida o'zgaruvchan egri chiziqli yuza (tekislik) ko'rinishidagi oliy kinematik juftlik elementlari bo'lgan mexanizmlardir.

Kulachokli mexanizmlar odatda kulachok va turtkichdan iborat bo‘ladi. 1.25 *a*-rasmda tekis kulachokli mexanizm sxemasi keltirilgan. Bu kulachokli mexanizm tarkibiga o‘zgaruvchan egri yuzali kulachok 1 hamda u bilan oliy kinematik juftlik hosil qilgan rolik 2 kiradi. SHu bilan birga, oliy kinematik juftlik elementlarini doimo bog‘lanishda bo‘lishi uchun turtkich 3 bilan qo‘zg‘almas bo‘g‘in orasiga prujina o‘rnatilgan. Bu prujina kuch yordamida kulachok 1 bilan rolik 2 ni doimiy bog‘lanishini ta‘minlaydi.



a

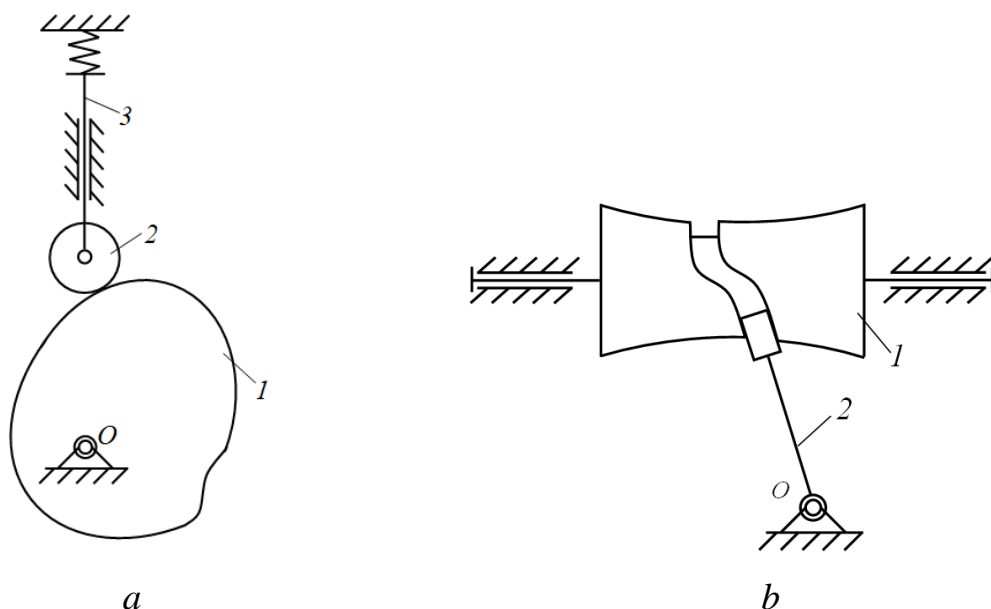


b

1.24-rasm.

Kulachokli mexanizmlar tekis emas balki fazoviy ham bo‘lishi mumkin. 1.25 *b*-rasmda fazoviy kulachokli mexanizmning sxemasi keltirilgan.

Bu turdagi mexanizmlar yordamida yetaklanuvchi bo‘g‘inning istalgan harakat qonunini olish mumkin. SHuning uchun bu mexanizmlar metall kesish stanoklarida, avtomat mashinalarda, nusha olish qurilmalarida, avtomobillarning gaz taqsimlash mexanizmlarida, turli elektrik apparatlarda, tikuvchilik va to‘qimachilik mashinalarida hamda asbobsozlik sanoatining turli mashina va mexanizmlarida keng qo‘llaniladi.

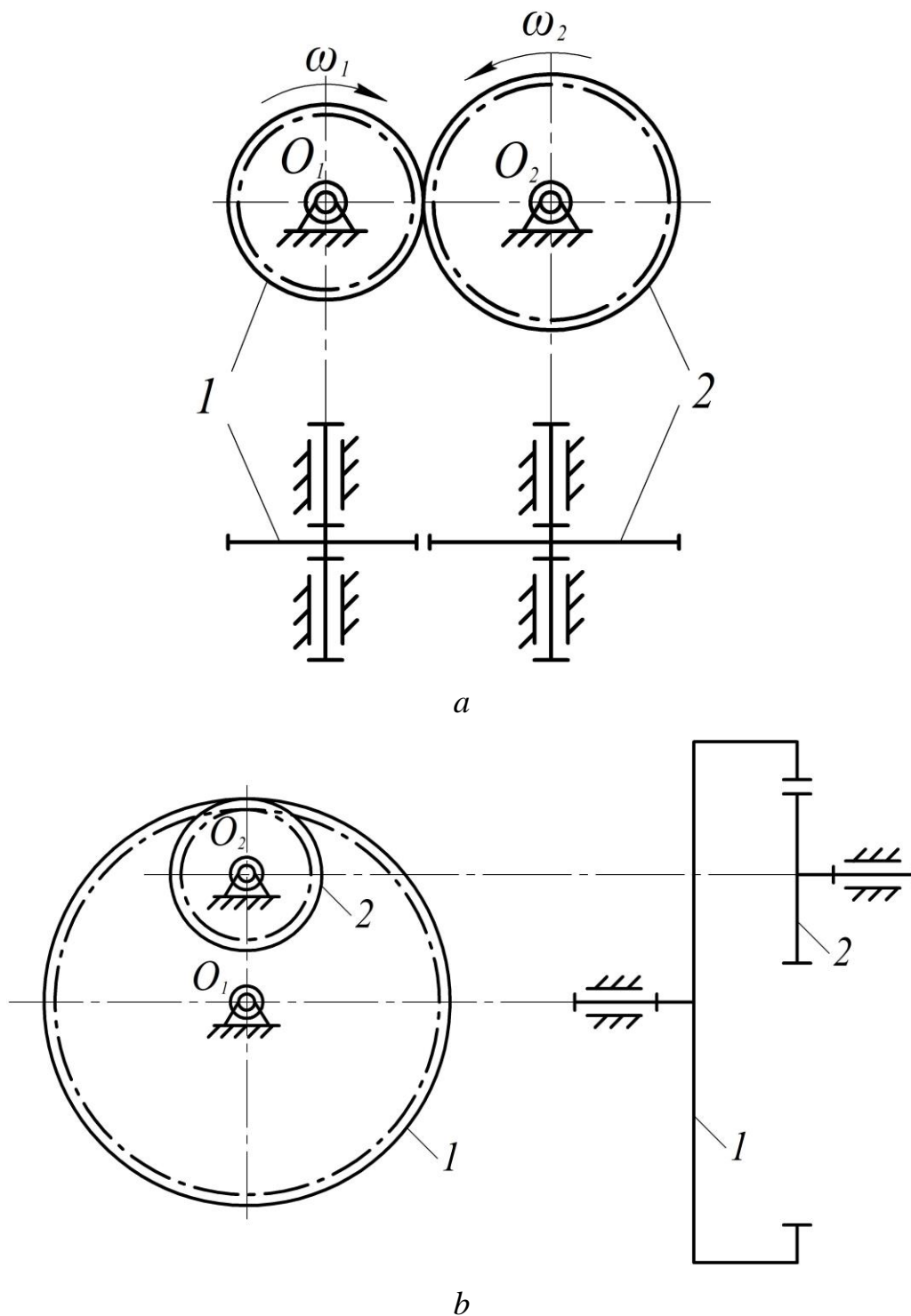


1.25-rasm.

Kulachokli mexanizmlar hozirda rivojlanayotgan avtomat va yarim avtomatlashgan mashinalarda turli funksiyalarni boshqarish, ishchi qismlarni ishga tushirish, to‘xtatish, oldindan belgilab qo‘yilgan vazifalarni inson ishtirokisiz bajarish imkonini beradi. Kulachokli mexanizm, asosan yetaklanuvchi bo‘g‘inlarining siljish masofasi kichik bo‘lgan harakatlarni amalga oshirishda qo‘llaniladi.

Tishli mexanizmlar harakatni yetakchi bo‘g‘indan yetaklanuvchi bo‘g‘ingga ilashish hisobiga uzatadi (1.26-rasm). Tishli mexanizmlardagi ilashuvchi bo‘g‘inlar tishli g‘ildiraklar deyiladi. Tishli mexanizmlar tarkibidagi tishli g‘ildiraklar bir-biri bilan oliy kinematik juftliklar hosil qilsa, qo‘zg‘almas bo‘g‘in (tayanch) bilan esa asosan ko‘yi aylanma yoki ilgarilanma kinematik juftliklarni hosil qiladi. Tishli mexanizmlar tishli g‘ildiraklarni ilashish turiga ko‘ra tashqi ilashmali (1.26 a-rasm) yoki ichki ilashmali bo‘ladi (1.26 b-rasm).

1.26-rasmda tishli mexanizmlarning eng sodda ko‘rinishlari keltirilgan bo‘lib, ikkita 1 va 2 tishli g‘ildiraklar hamda qo‘zg‘almas bo‘g‘indan iborat.

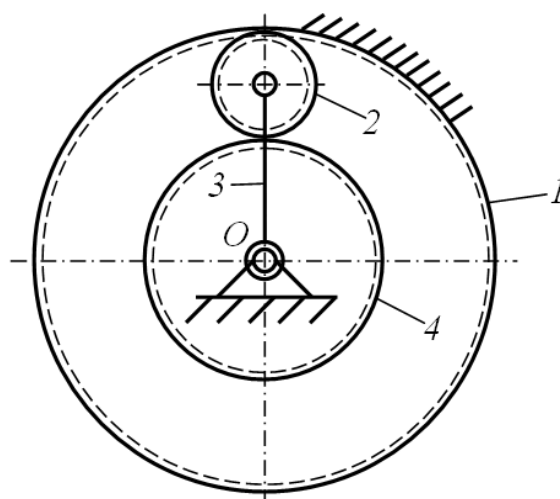


1.26-rasm.

Tishli mexanizmlar hozirgi mashina va mexanizmlarda keng ko‘lamda qo‘llaniladigan mexanizm sanaladi. Bu mexanizmlar asosan mashina agregatlarida uzatish mexanizmlari sifatida qo‘llaniladi. Mexanizmning asosiy bo‘g‘ini

hisoblangan tishli g'ildiraklar bo'rtib chiqqan tishlar va ular orasidagi chuqurchalardan iborat bo'ladi. Ikkita tishli g'ildirak ilashma hosil qiladi. Bunda bitta tishli g'ildirakning tishi ikkinchi tishli g'ildirakning ikkita tishining orasiga kirib, yon tomonlari bilan ta'sirlashadi va harakatga keltiradi. Agar ilashmadagi tishli g'ildiraklardan birining radiusi cheksizlikka intilsa, u holda bunday mexanizm *reykali tishli mexanizm* deyiladi.

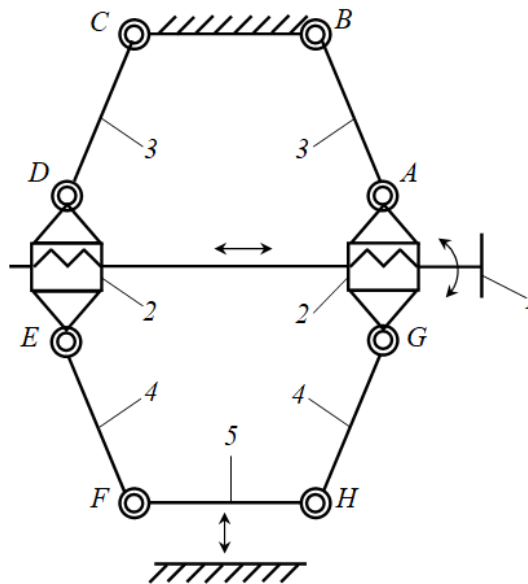
Tishli mexanizmlarda bir paytning o'zida ichki va tashqi ilashmalar ham bo'lishi mumkin (1.27-rasm).



1.27-rasm.

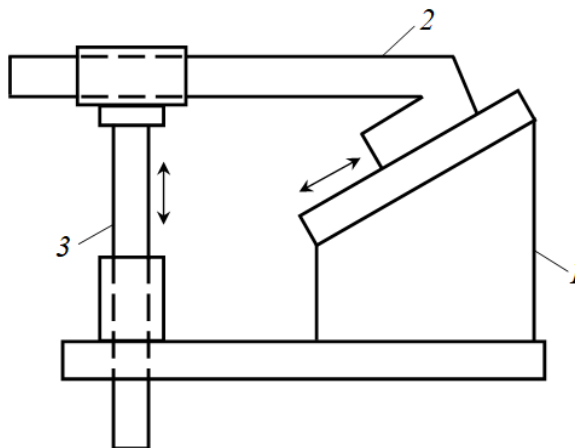
Texnikaning taraqqiy etishi turli mashina va mexanizmlarni qo'llanilishiga olib keladi. SHu qatori vintli va ponali mexanizmlarni ham.

Mexanizm tarkibiga kiruvchi ayrim bo'g'inlari vintsimon harakat qilsa, bunday mexanizmlar *vintli mexanizm* deyiladi. Vintli mexanizm tarkibiga kiruvchi bo'g'inlar vintli kinematik juftliklar yordamida bog'lanadi. 1.28-rasmda vintli presslash qurilmasining sxemasi keltirilgan. Bu qurilmadagi vintlarning biri chap, ikkinchisi esa o'ng rezbalidir. Agar 1-bo'g'in aylanma harakatni amalga oshirsa, vint 2 lar o'zaro bir-biriga nisbatan ilgariylanma harakatni amalga oshiradi. Bunda 2-bo'g'inlar bir-biriga yaqinlashsa 5-bo'g'in qo'zg'almas bo'g'inga yaqinlashib presslash jarayonini amalga oshiradi.



1.28-rasm.

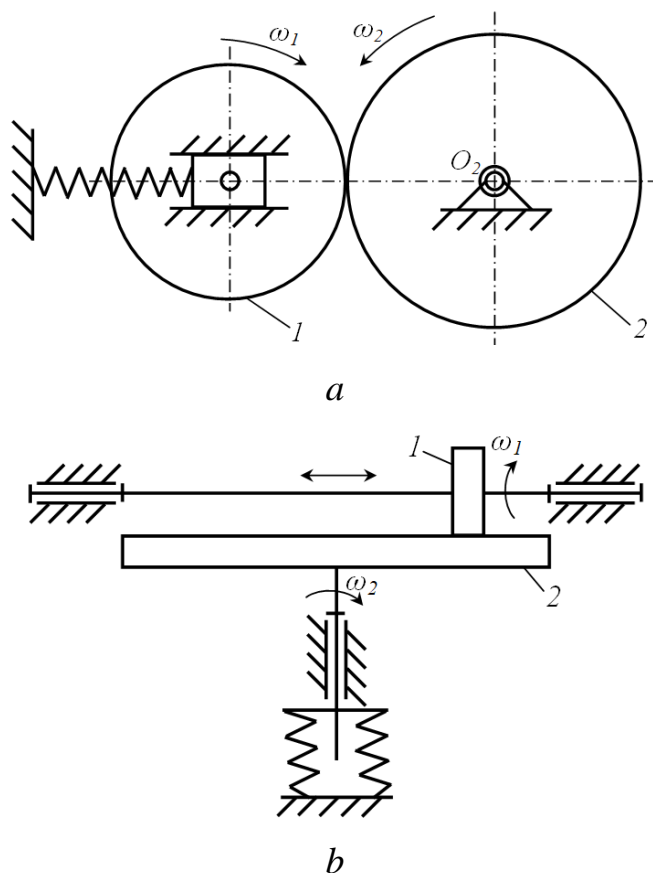
Bo'g'inlari faqat ilgariylanma (to'g'ri chiziqli) harakat qiluvchi mexanizmlar *ponali mexanizm* deyiladi. 1.29-rasmda ponali mexanizm keltirilgan bo'lib, bunda qiya tekislik 1 bo'ylab qo'zg'aluvchan bo'g'in 2 ilgariylanma-qaytma harakat qilsa, keyingi qo'zg'aluvchan bo'g'in 3 ham vertikal o'q bo'ylab ilgariylanma-qaytma harakatni amalga oshiradi.



1.29-rasm.

Mashinalarda shunday mexanizmlar borki, ular ishqalanish hisobiga ish bajaradi. Ishqalanish kuchlari yordami bilan harakatga keluvchi yoki to'xtatiluvchi mexanizmlar *friktsion mexanizmlar* deyiladi (1.30-rasm). Masalan, 1.30 a-rasmdagi ikkita siliq yuzali tsilindrsimon g'ildirak 1 va 2 lar bir-biriga o'zgarmas burchak tezlikdagi aylanma harakatni tegib turgan (o'zaro ta'sirdagi) yuzalarida hosil bo'ladigan ishqalanish kuchi hisobiga uzatadi.

Friktsion mexanizmlar yordamida yetaklanuvchi bo'g'inning burchak tezligini pog'onasiz sozlash mumkin, bunday mexanizmlar tezlik *variatorlari* deyiladi. Masalan, 1.30 *b*-rasmda keltirilgan friktsion mexanizmda yetaklanuvchi bo'g'in 1 ning burchak tezligini o'zgarimas deb qabul qilib, uni aylanish o'qi bo'ylab siljitsa yetaklanuvchi bo'g'in 2 ning burchak tezligini pog'onasiz sozlash yoki o'zgartirishga erishish mumkin.

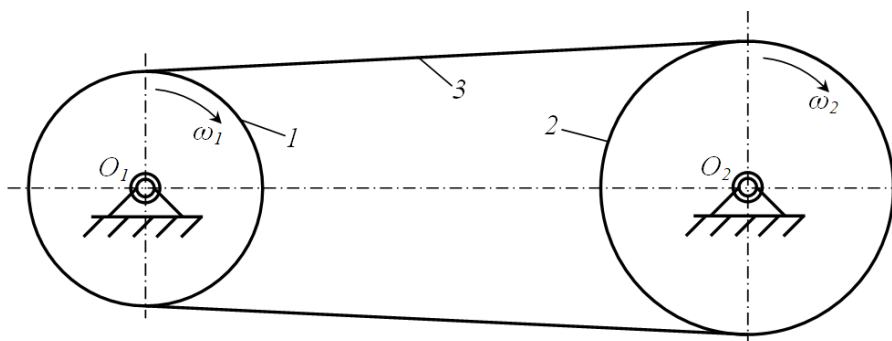


1.30-rasm.

Tarkibida ikki yoki undan ko'p bo'g'inlarni o'zaro harakatlarini ta'minlaydigan egiluvchan bo'g'in (arqonlar, tasmalar, zanjirlar, troslar va boshqa)lar bo'lgan mexanizmlar *egiluvchan bo'g'inli mexanizmlar* deyiladi. Hozirgi zamon texnikasida egiluvchan bo'g'inli mexanizmlar keng ko'lamda ishlatiladi.

1.31-rasmda egiluvchan bo'g'inli mexanizmning eng sodda ko'rinishi keltirilgan. Bu mexanizm tishli va friktsion mexanizmlardan farqli o'laroq, 1-bo'g'indan 2-bo'g'inga aylanma harakatni O_1 va O_2 lar orasidagi masofa, ya'ni

o‘qlararo masofa katta bo‘lgan holda uzatish imkoniga ega. Bunday mexanizmlar egiluvchan bo‘g‘in 3 ning turiga ko‘ra tasmali yoki zanjirli uzatmalarga bo‘linadi.

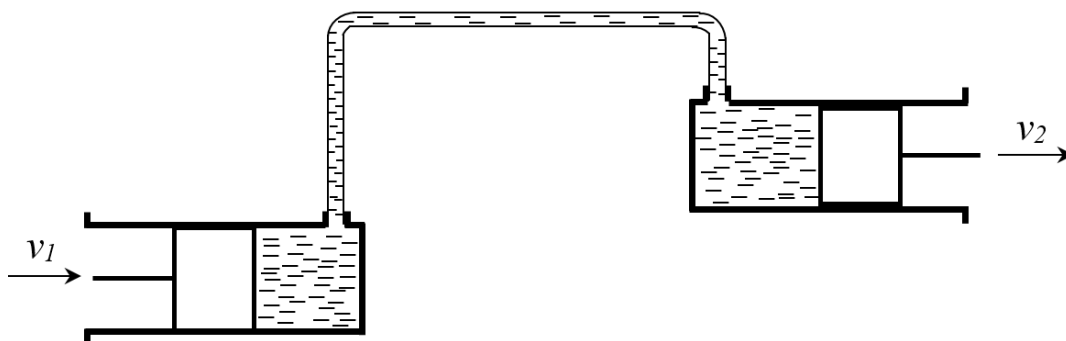


1.31-rasm.

Egiluvchan bo‘g‘inli mexanizmlar avtomobil, to‘qimachilik, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi, og‘ir industrial sanoati mashinalarining uzatish mexanizmlarida qo‘llaniladi.

Agar mexanizmda harakat uzatish qattiq jism va suq yoki gazsimon vositalarning o‘zaro ta‘siri natijasida amalga oshirilsa, bunda mexanizmlar *gidravlik yoki pnevmatik mexanizmlar* deyiladi.

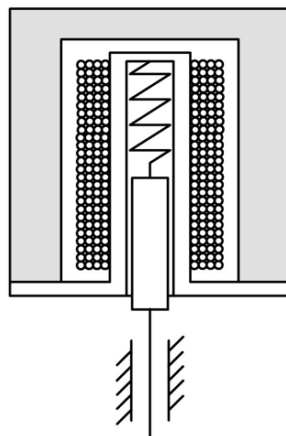
Gidravlik yoki pnevmatik mexanizmlar avtomobillarda, traktorlarda, bug‘ qozonlarida va boshqalarda qo‘llaniladi.



1.32-rasm.

Avtomatlashgan tizimlarning rivojlanishi bilan mashinalarni elektrik qurilmalar yordamida boshqarilmoqda yoki sozlanmoqda. Elektrik qurilmalarning ishchi qismlarini qattiq, suyuq va egiluvchan muhitlar tashkil etadi. Harakatni magnit yoki elektr maydoni yordamida uzatadigan mexanizmlar *elektrik mexanizmlar* deyiladi. Elektrik mexanizmlari orqali jarayonlarni tez to‘xtatib yoki

tez yurgizish mumkin. Elektrik mexanizmlari nazorat ishlarida va turli jarayonlarni yozib olish ishlarida samarali natijalar beradi.



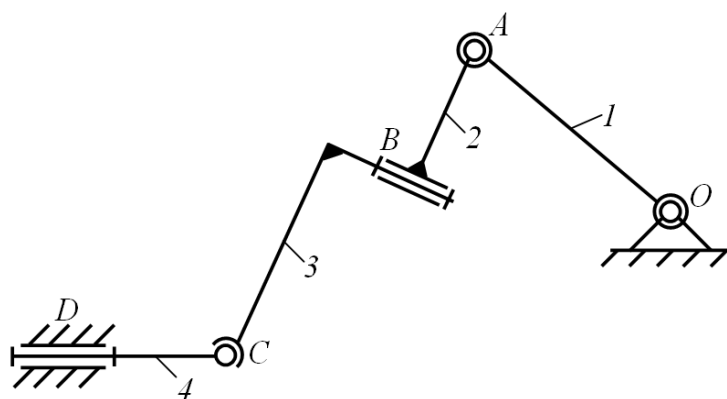
1.33-rasm.

Kinematik zanjirning strukturaviy formulasi bo'lgan quyidagi Somov-Malishev formulasi bilan tanishgan edik

$$W=6n-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1.$$

Bu formula yordamida fazoviy mexanizmlarni strukturaviy tahlil etiladi.

Misol. Besh bo'g'inli fazoviy richagli mexanizmning erkinlik darajasi aniqlansin (1.34-rasm.)



1.34-rasm.

Bu mexanizm tarkibida beshta bo'g'in mavjud bo'lib, ularni to'rttasi qo'zg'aluvchandir, ya'ni $n=4$. Qo'zg'almas bo'g'in bilan 1-bo'g'in, 1-bo'g'in bilan 2-bo'g'in, 2-bo'g'in bilan 3-bo'g'in va 4-bo'g'in bilan qo'zg'almas bo'g'in beshinchi sinf aylanma kinematik juftliklar hamda 3-bo'g'in bilan 4-bo'g'in esa uchinchi sinf aylanma kinematik juftlik yordamida bog'langan, shuning uchun mexanizmda $P_5=4$ va $P_3=1$ bo'ladi.

Mexanizmning erkinlik darajasi quyidagiga teng

$$W=6n-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1=6\cdot 4-5\cdot 4-3\cdot 1=1.$$

Tekis mexanizmlarni strukturaviy tahlil etishda, ularning tarkibidagi bo‘g‘inlar soni, kinematik juftliklar soni va turi hamda qo‘zg‘aluvchanlik darajalari aniqlanadi.

Tekis mexanizmlarning qo‘zg‘aluvchanlik darajasini aniqlash uchun birinchi bo‘lib 1869 yilda akademik P.L.CHEbishev strukturaviy formulani taklif etgan.

CHEbishev formulasi bo‘yicha quyidagi tassavurlarni aytish mumkin. Ya‘ni, tekis mexanizm tarkibida k ta bo‘g‘in hamda P_5 bitta erkinlik darajasiga va P_4 ikkita erkinlik darajasiga ega bo‘lgan kinematik juftliklar mavjud bo‘lsin. Bo‘g‘inlar kinematik juftliklarga kirishidan oldin, har biri tekislikda uchtdan erkinlik darajasiga ega bo‘lsa, u holda k ta bo‘g‘inlarning umumiy erkinlik darajasi $3k$ ga teng bo‘ladi. Har bitta beshinchi sinf (P_5) kinematik juftlik ikkitadan, to‘rtinchi sinf (P_4) bittadan erkinlik darajasini yo‘qotadi. Qo‘zg‘almas bo‘g‘in esa uchta erkinlik darajasini yo‘qotadi. U holda, mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi quyidagicha aniqlanadi

$$W=3k-2P_5-P_4-3=3(k-1)-2P_5-P_4 \quad (1.6)$$

yoki

$$W=3n-2P_5-P_4, \quad (1.7)$$

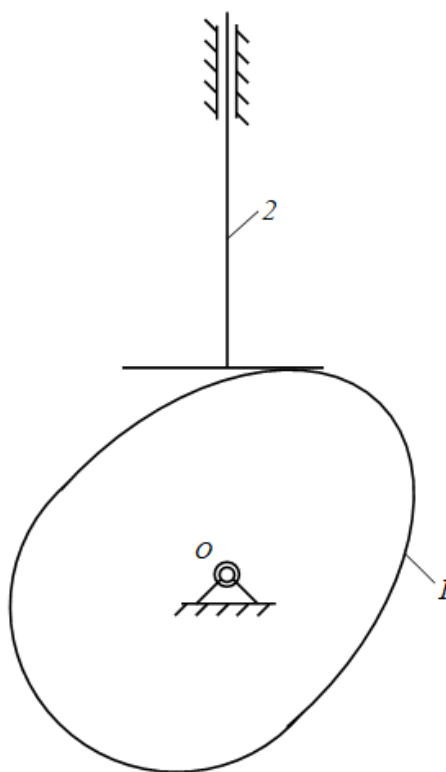
bunda $k-1=n$ -qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni.

Misol. Tekis tarelkali kulachokli mexanizmning strukturasi o‘rganish (1.35-rasm).

Qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni ikkita ($n=2$), 1-bo‘g‘in (kulachok) aylanma harakatni amalga oshiradi, 2-bo‘g‘in (turkich) esa ilgariylanma-qaytma harakatni amalga oshiradi. Bu mexanizmدا uchta kinematik juftlik mavjud bo‘lib, ulardan ikkitasi qo‘yi kinematik juftlik, ya‘ni birinchisi kulachok bilan qo‘zg‘almas bo‘g‘in sharnir yordamida bog‘langan, ikkinchisi esa turkich bilan qo‘zg‘almas bo‘g‘in ilgariylanma kinematik juft yordamida bog‘langan. SHu bilan birga, turkich kulachok bilan oliy kinematik juft hosil qilgan. Qo‘yi kinematik juftliklar bittadan, oliy kinematik juftlik esa ikkita erkinlik darajasiga ega. U holda, $P_5=2$ va $P_4=1$

bo‘ladi. Yuqoridagi qiymatlarni Chebishev formulasi (1.7) ga qo‘yib, quyidagini aniqlaymiz

$$W=3n-2P_5-P_4=3\cdot 2-2\cdot 2-1=1.$$



1.35-rasm.

Mexanizm tarkibida bitta yetakchi bo‘g‘in mavjud bo‘lib, bu ham bo‘lsa kulachokdir.

Misol. Turtkichida roligi bo‘lgan kulachokli mexanizmning strukturasi o‘rganish (1.25 a-rasm).

Qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni ikkita ($n=3$), 1-bo‘g‘in (kulachok) aylanma harakatni amalga oshiradi, 2-bo‘g‘in (rolig) tekis parallel (o‘z o‘qi atrofida aylanma va turtkich bilan birgalikda ilgarilanma-qaytma) harakatni amalga oshiradi, 3-bo‘g‘in esa ilgarilanma-qaytma harakatni amalga oshiradi. Bu mexanizmda to‘rtta kinematik juftlik mavjud bo‘lib, ulardan uchasi qo‘yi kinematik juftlik, ya‘ni birinchisi kulachok bilan qo‘zg‘almas bo‘g‘in sharnir yordamida bog‘langan, ikkinchisi rolik bilan turtkich aylanma kinematik juftlik, uchinchisi esa turtkich bilan qo‘zg‘almas bo‘g‘in ilgarilanma kinematik juft yordamida bog‘langan. SHu bilan birga, rolik kulachok bilan oliy kinematik juft

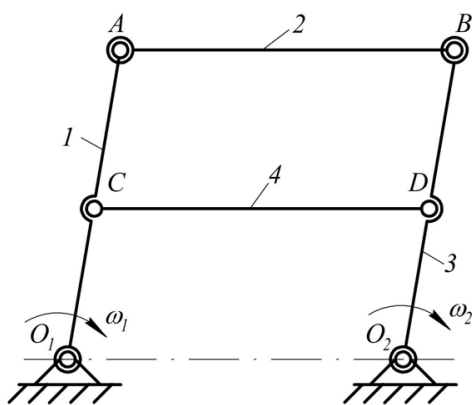
hosil qilgan. Bu yerda oliy kinematik juftlik ham bitta erkinlik darajasiga ega (to'la dumalash jarayoni). U holda, $P_5=4$ va $P_4=0$ bo'ladi. Yuqoridagi qiymatlarni CHEbishev formulasi (1.7) ga qo'yib, quyidagini aniqlaymiz

$$W=3n-2P_5-P_4=3\cdot 3-2\cdot 4-0=1.$$

Mexanizm tarkibida bitta yetakchi bo'g'in mavjud bo'lib, bu ham bo'lsa kulachokdir.

Mexanizmlar strukturasi o'rganishda, ularning harakatlarini xarakteriga ta'sir etmaydigan erkinlik darajasi va bog'lanish shartlariga duch kelish mumkin. Bunday erkinlik darajasi – *ortiqcha erkinlik darajasi*, bog'lanish sharti esa – *passiv bog'lanish shartlari* deyiladi.

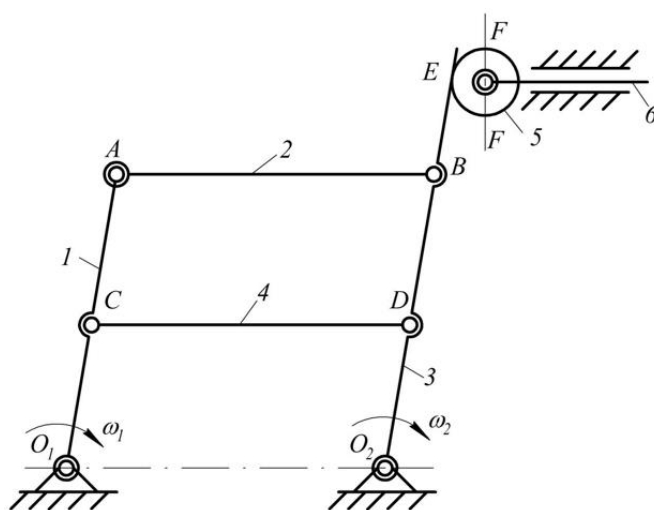
Misol tariqasida quyidagi 1.36-rasmda keltirilgan tekis richagli mexanizmni ko'rib chiqamiz. Mexanizm bo'g'inlarini o'lchamlari quyidagi shartlar bilan berilgan. $O_1A=O_2B$, $AD=CD=O_1O_2$, $O_1C=AC$ va $O_2D=BD$. Bundan ko'rinib turibdiki, O_1ABO_2 shakl doim parallelogramm hamda C va D nuqtalarni orasidagi masofa doim bir xil bo'lib qoladi va O_1O_2 yoki AB masofalarga teng bo'ladi. Unda harakat harakterini o'zgartirmagan holda bo'g'in CD (yoki AB) ni olib tashlash mumkin, chunki C va D kinematik juftliklar bilan bog'langan, bu bo'g'in harakatga qo'shimcha bog'lanish shartini qo'ymoqda va uni *passiv bog'lanish* deb atash mumkin.



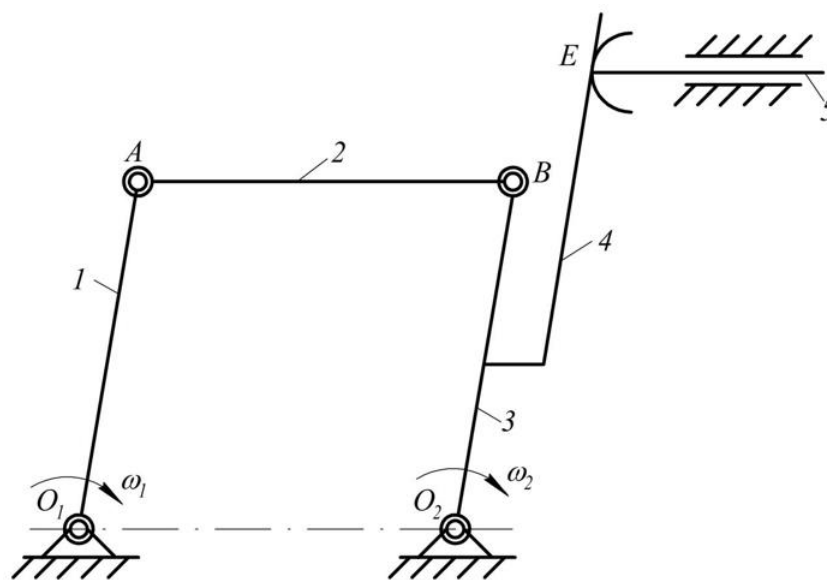
1.36-rasm.

Xuddi shu mexanizmning 4-bo'g'inini davom ettirib, biror-bir E nuqtasida rolikli shtok bilan kinematik juftlik hosil qiladi (1.37-rasm, ortiqcha erkinlik

darajali va passiv bog'lanish sharti mavjud bo'lgan mexanizm). Rolik 5 o'z o'q atrofida erkin aylanma harakat qilsa va bo'g'in 4 bilan E nuqtada IV-sinf kinematik juftlik orqali bog'langan xolda, rolikni o'z o'q atrofida erkin aylanma harakati ortiqcha erkinlik darajasini keltirib chiqarmoqda. SHuning uchun, harakatni xarakterini o'zgartirmagan holda rolikni olib tashlash mumkin va 4-bo'g'inni 6-bo'g'in bilan to'g'ridan-to'g'ri V-sinf kinematik juftlik orqali bog'lash mumkin (1.38-rasm, ortiqcha erkinlik va passiv bog'lanish shartidan holi bo'lgan mexanizm). SHu yo'l bilan mexanizmni yetakchi bo'g'inining harakat qonunini oldingi mexanizmning harakat qonunidan farqi bo'lmaydi.



1.37-rasm.



1.38-rasm.

Mexanizmlardagi ortiqcha erkinlik darajasini, ularning qo‘zg‘aluvchanlik darajalarini hisoblashda inobatga olish lozimdir. U holda Somov-Malishev va CHEbishev formulalari quyidagicha ko‘rinish oladi

$$W=6n-5P_5-4P_4-3P_3-2P_2-P_1+q \quad (1.8)$$

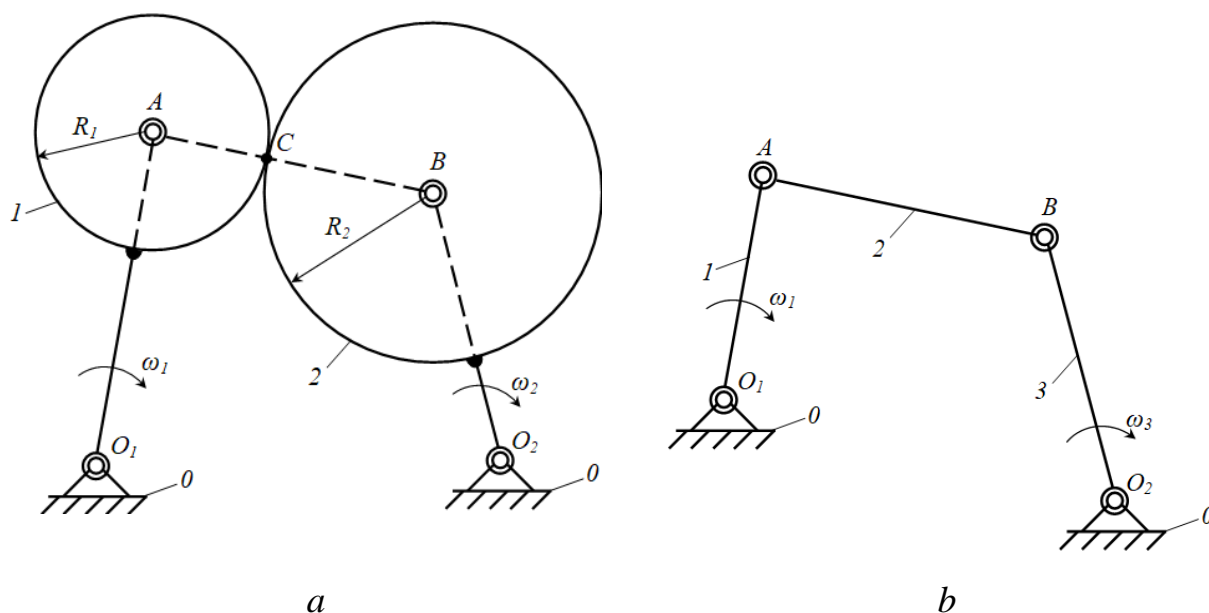
va

$$W=3n-2P_5-P_4+q, \quad (1.9)$$

bunda q -ortiqcha bog‘lanishlar soni.

Oliy kinematik juftli tekis mexanizmlarni strukturaviy va kinematik jihatdan o‘rganishda, ularning tarkibidagi oliy kinematik juftliklarni quyi kinematik juftliklarga almashtirish maqsadga muvofiq sanaladi. Bunda strukturaviy ekvivalentlik sharti buzilmasligi lozim, ya‘ni mexanizmning oldingi qo‘zg‘aluvchanlik darajasi saqlanib qolishi va bo‘g‘inlarning oniy nisbiy harakati xarakterlari o‘zgarmasligi lozim. Masalan: 1.39 *a*-rasm^{da} ikki aymanma kinematik juftli *A* va *B* hamda bitta oliy kinematik juftli (*I-2*) uch bo‘g‘inli tekis mexanizm keltirilgan. Oliy kinematik juftlik hosil qiladigan bo‘g‘inlarning profil elementlari markazlari *A* va *V* bo‘lgan aylanadan iborat. 2 va 3-bo‘g‘inlarning o‘zaro tegishib turgan nuqtasi *S* mexanizmning harakati vaqtida xuddi qo‘zg‘almas tekislikdagi singari element profilida o‘z holatini o‘zgartirib turadi. Lekin markazlararo masofa

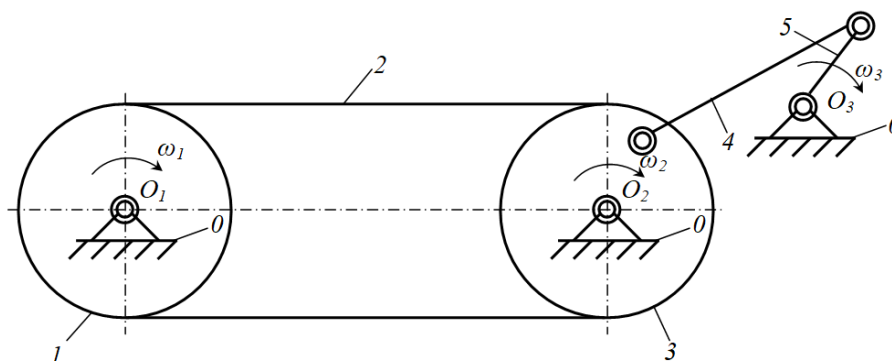
$$AB=R_1+R_2=const.$$



1.39-rasm.

SHu sababli, bu mexanizm O_1A , AB va BO_2 uzunliklari 1.39 *a*-rasmda keltirilgan mexanizmdagi, xuddi shu o'lchamlarga teng bo'lgan to'rt bo'g'inli sharnirli mexanizmga ekvivalent bo'ladi (1.39 *b*-rasm).

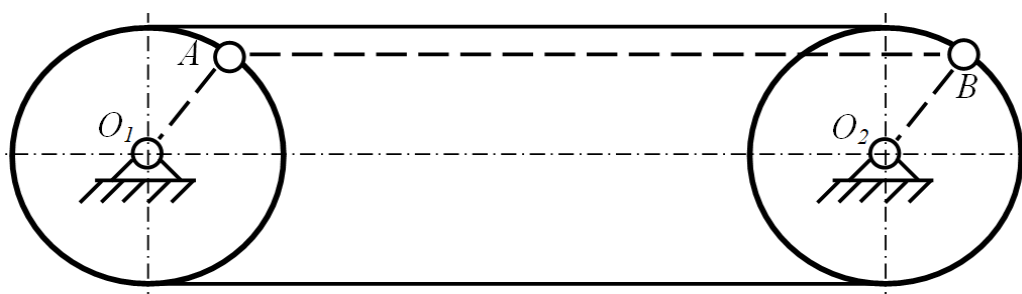
Misol. Egiluvchan bo'g'inli richagli mexanizm berilgan bo'lsin (1.40-rasm), uni ekvivalent sharnirli mexanizmga almashtirilsin va strukturaviy jihatdan tahlil etilsin.



1.40-rasm.

Agar egiluvchan bo'g'in cho'zilmasa hamda A va B nuqtalar orasidagi masofa o'zgarmas bo'lsa, u holda egiluvchan bo'g'inni shatun, shkivlarni esa krivoship sifatida qarash mumkin (1.41-rasm). Bu mexanizmnı tekis mexanizm deb qarab, uning qo'zg'aluvchanlik darajasini P.L.CHEbishev formulasi yordamida aniqlaymiz

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 .$$

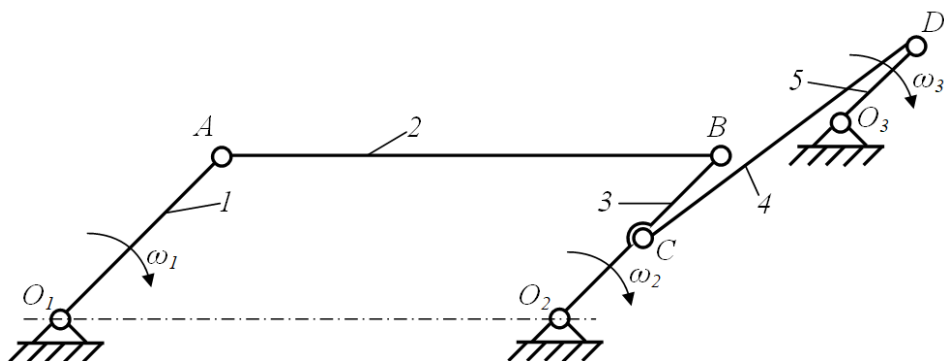


1.41-rasm.

1.41-rasmda keltirilgan mexanizmnı richagli mexanizm deb qarajak, u holda bo'g'inlar bir-biri bilan O_1 , O_2 , A va B nuqtalarda beshinchi sinf aylanma kinematik juftliklar yordamida bog'langan. SHu sababli, bu mexanizmda $n=3$, $P_5=4$ va $P_4=0$ bo'lib, uning qo'zg'aluvchanlik darajasi quyidagicha teng

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1 .$$

Yuqorida keltirilganlarni inobatga olib, tavsiya etilgan tishli-richagli tasmali uzatmaning almashtirilgan mexanizm sxemasini quyidagicha tuzamiz. Bunda, taranglash roliklarini inobatga olmagan holda, egiluvchan bo‘g‘inni shatun va shkiylarni krivoship deb qabul qilamiz (1.42-rasm).



1.42-rasm.

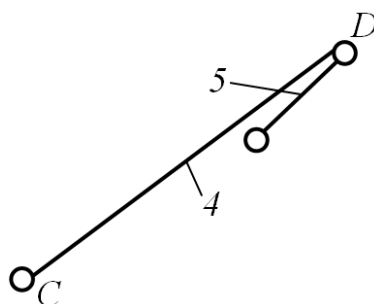
1.42-rasmda keltirilgan olti bo‘g‘inli richagli mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasini P.L.Chebisev formulasi yordamida aniqlaymiz. Bunda, qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni $n=5$, beshinchi sinf kinematik juftliklar soni $P_5=7$ va $P_4=0$ bo‘lib, uning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi quyidagicha teng

$$W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1.$$

1.42-rasmda keltirilgan mexanizmni Assur guruhlarga ajratamiz. L.V.Assur ta‘limotiga ko‘ra, har qanday mexanizm qo‘zg‘almas bo‘g‘in bilan bog‘langan yetakchi bo‘g‘inga qo‘zg‘aluvchanlik darajasi nolga teng bo‘lgan kinematik zanjirlarni ketma-ket qo‘sha borish bilan hosil qilinadi. SHu sababli yetakchi bo‘g‘indan eng uzoqda joylashgan 4 va 5-bo‘g‘inlardan iborat bo‘lgan kinematik juftlikdan boshlaymiz (1.43-rasm). Bu kinematik juftlik Assur ta‘limoti bo‘yicha 2-sinf 1-tartibli guruh sanaladi.

1.43-rasmda keltirilgan kinematik juftlikning qo‘zg‘aluvchanlik darajasini aniqlaymiz. Bunda, qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar soni $n=2$, beshinchi sinf kinematik juftliklar soni $P_5=3$ va $P_4=0$ bo‘lib, uning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi quyidagicha teng

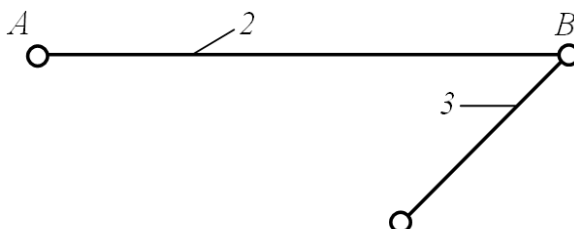
$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 - 0 = 0.$$



1.43-rasm.

Keyingi o'rinda 2 va 3-bo'g'inlardan iborat bo'lgan kinematik juftlikni ajratib olamiz (1.44-rasm). Bu kinematik juftlik ham Assur ta'limoti bo'yicha 2-sinf *I*-tartibli guruh sanaladi. 1.44-rasmda keltirilgan kinematik juftlikning qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlaymiz. Bu yerda ham qo'zg'aluvchi bo'g'inlar soni $n=2$, beshinchi sinf kinematik juftliklar soni $P_5=3$ va $P_4=0$ bo'lib, uning qo'zg'aluvchanlik darajasi quyidagiga teng

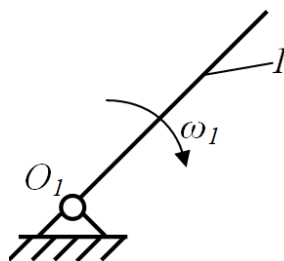
$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 - 0 = 0.$$



1.44-rasm.

Yuqorida ajratilgan Assur guruhlarining ikkisini ham qo'zg'aluvchanlik darajasi nolga tengdir. Ta'rifga ko'ra, mexanizmda qolgan kinematik juftlikning qo'zg'aluvchanlik darajasi birga teng bo'lishi lozim (1.45-rasm). Chunki, 1.42-rasmda keltirilgan olti bo'g'inli richagli mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi birga tengdir. Qolgan qo'zg'almas va qo'zg'aluvchi bo'g'inlardan iborat bo'lgan kinematik juftlik Assur ta'limoti bo'yicha *I*-sinf *I*-tartibli mexanizm sanaladi. 1.45-rasmda keltirilgan kinematik juftlikning qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlaymiz. Bu yerda ham qo'zg'aluvchi bo'g'inlar soni $n=1$, beshinchi sinf kinematik juftliklar soni $P_5=1$ va $P_4=0$ bo'lib, uning qo'zg'aluvchanlik darajasi quyidagicha teng

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 - 0 = 1.$$



1.45-rasm.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, barcha mexanizmlar quyidagicha klassifikatsiyalanishi mumkin:

1) qoʻllanilish sohasi va bajaradigan vazifasiga koʻra:

- uchish apparatlari mexanizmlari;
- stanoklar mexanizmlari;
- presslash va temirchilik (bolgʻalash) mashinalarining mexanizmlari;
- ichki yonuv dvigatellari mexanizmlari;
- robotlarning mexanizmlari (manipulyatorlar);
- kompressorlarning mexanizmlari;
- nasoslarning mexanizmlari;
- kombinatsiyalashgan mexanizmlar.

2) uzatish funksiyasiga koʻra:

- doimiy (oʻzgarmas) uzatish funktsiyali mexanizmlar;
- oʻzgaruvchan uzatish funktsiyali mexanizmlar.

3) tuzilishiga koʻra:

- tuzilishi oʻzgarmaydigan mexanizmlar;
- tuzilishi oʻzgaruvchan mexanizmlar.

4) boʻgʻinlarining tekisliklarda joylashishiga koʻra;

- tekis mexanizmlar;
- fazoviy mexanizmlar.

5) harakat uzatish turiga koʻra:

- yetakchi boʻgʻinning aylanma harakatini yetaklanuvchi boʻgʻinga aylanma harakat tarzida uzatiladi;

- yetakchi bo'g'inning aylanma harakatini yetaklanuvchi bo'g'inga ilgarilanma harakat tarzida uzatiladi;

- yetakchi bo'g'inning ilgarilanma harakatini yetaklanuvchi bo'g'inga aylanma harakat tarzida uzatiladi;

- yetakchi bo'g'inning ilgarilanma harakatini yetaklanuvchi bo'g'inga ilgarilanma harakat tarzida uzatiladi.

6) qo'zg'aluvchanlik darajasi ko'ra:

- qo'zg'aluvchanlik darajasi birga teng bo'lgan mexanizmlar;

- qo'zg'aluvchanlik darajasi birdan katta bo'lgan mexanizmlar.

7) kinematik juftliklarning turiga ko'ra:

- oliy kinematik juftli mexanizmlar;

- qo'yi kinematik juftli mexanizmlar.

II-BOB. MEXANIZMLAR KINEMATIKASI

2.1. Mexanizmlarni kinematik tahlili. Masshtab koeffitsienti. Mexanizmlar kinematikasini grafik usulda tekshirish

Mexanizmlarni kinematik tahlil qilishdan maqsad – mexanizmlar kinematik parametrlarining qiymatlari, yo‘nalishlari va o‘zgarish qonunlarini aniqlashdan iboratdir.

Mexanizmlarning kinematik tahlili vazifalariga quyidagilar kiradi:

1) Mexanizm bo‘g‘inlarining berilgan vaqt ichidagi holatlari (chiziqli va burchak siljishlari) traektoriyalarini aniqlash;

2) Mexanizm bo‘g‘inlarining xarakterli nuqtalarining chiziqli va nisbiy tezliklarini hamda zvenolarning burchak tezliklarini qiymatlarini va yo‘nalishlarini aniqlash;

3) Mexanizm bo‘g‘inlarining xarakterli nuqtalarining chiziqli va nisbiy tezlanishlarini hamda zvenolarning burchak tezlanishlarini qiymatlarini va yo‘nalishlarini aniqlash.

Mexanizmlarning kinematik tahlili usullari:

Grafik usul - bu usul ancha sodda bo‘lib, aniq ma’lumotlar olib bo‘lmaydi. Mexanizmlar kinematikasini bu usulda tahlil qilinganda o‘rtacha qiymatlar olinadi.

Grafo-analitik usul - (tezlik va tezlanishlar rejalari usuli) bu usulda, grafik usulga nisbatan aniqroq ma’lumotlar olinadi. Tezlik, tezlanish, burchak tezlik va tezlanishlarning qiymatlari bilan birgalikda ularning yo‘nalishlari ham ma’lum bo‘ladi.

Analitik usul - bu usul formulalar yordamida amalga oshiriladi. Usul ancha murakkab bo‘lib, aniq ma’lumotlar olish mumkin. Komp’yuterni qo‘llab tahlilni amalga oshiriladi.

Mexanizm tarkibiga kiruvchi bo‘g‘inlar uch xil turdagi harakatni amalga oshiradi, ya’ni:

1. O'q atrofida aylanma harakat (krivoship, koromislo, tishli va friktsion g'ildiraklar).

2. Ilgarilanma-qaytarma harakat (polzun, kulisa va boshqalar).

3. Murakkab harakat (shatun, tosh va boshqalar).

Harakatni o'rganar ekanmiz, uning absolyut yoki nisbiy ekanligiga e'tibor berishimiz kerak.

Tabiatda absolyut harakat mavjud emas, lekin mexanizmlarning qo'zg'almas nuqtasiga nisbatan olingan harakatni absolyut, qo'zg'aluvchi bo'g'inga nisbatan olingan harakatni nisbiy deb qabul qilamiz. Masalan: to'rt bo'g'inli sharnirli mexanizmdagi absolyut va nisbiy oniy markazlarini tekshirib chiqamiz.

Klassik mexanikadan ma'lumki, qattiq jism nuqtalarining traektoriyalari ma'lum tekislikka parallel tekislikda yotsa, bunday harakat *tekis parallel* yoki *tekis harakat* deyiladi. SHuning uchun, qattiq jismning tekis harakatini tekshirishda, uning qo'zg'almas tekislikka parallel qilib olingan biror qirqim yuzasining harakatini tekshirish kifoya. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi qattiq jism (bo'g'in)ning harakati tekis harakatning xususiy holdir. SHu sababli, mashina va mexanizmlar bo'g'inlari tekis harakat qilganligi uchun, tekis harakat kinematikada muhim o'rin tutadi.

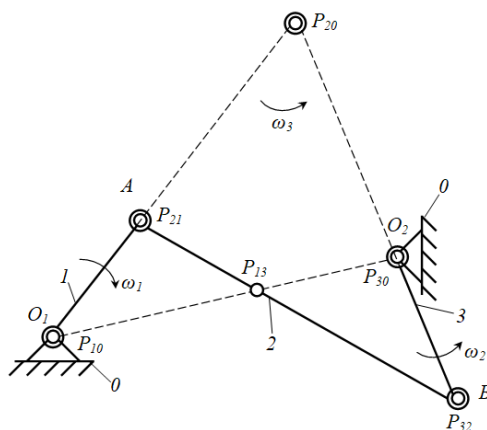
Tekis harakatdagi qattiq jism bir holatda boshqa holatga ko'chganda, uning aylanish markazi, biror R nuqta bo'ladi. Jism ketma-ket bir holatdan ikkinchi holatga ko'chishida aylanish markazlari ham tegishlicha o'z holatlarini o'zgartiradi. Aylanish markazi har onda boshqa bo'lganligi uchun, u *oniy aylanish markazi* R_0 deyiladi. Bu markazga mos kelgan burchak tezlik esa *oniy burchak tezlik* ω deb ataladi.

Tekis mexanizmlarning bo'g'inlarining oniy aylanish markazlarini aniqlashda uchta oniy markazlar teoremasidan foydalanish qulay hisoblanadi.

Teorema. Mexanizm tarkibidagi uchta bo'g'inning nisbiy harakatdagi oniy aylanish markazlari bir to'g'ri chiziqda yotadi.

Tekis mexanizmlarda nisbiy aylanma harakatdagi oniy markaz kinematik juftliklarning sharnirlari sanaladi. Yuqoridagi teoreмага asosan, 2.1-rasmda

keltirilgan to‘rt bo‘g‘inli richagli mexanizmni tekshirib chiqamiz. Bu mexanizm quyidagi bo‘g‘inlardan tarkib topgan: O_1O_2 -qo‘zg‘almas bo‘g‘in (0), O_1A -krivoship (1), AV -shatun (2), BO_2 -koromislo (3). Krivoship 1 ning oniy aylanish markazi O_1 bo‘lib, R_{10} bilan belgilangan. Bunda krivoship 1 O_1 nuqtada qo‘zg‘almas bo‘g‘in 0 atrofida aylanma harakat qilganligi uchun P_{10} ni absolyut harakatdagi oniy aylanish markazi deb ataladi. Xuddi shunday, koromislo 2 ham O_2 nuqtada qo‘zg‘almas bo‘g‘in 0 atrofida tebranma harakat qilganligi uchun R_{30} ni absolyut harakatdagi oniy aylanish markazi deb ataladi. Demak, krivoship 1 ham koromislo 3 ham qo‘zg‘almas bo‘g‘in 0 ga nisbatan harakat qilmoqda ekan. Lekin, shatun 2 qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlarga, ya‘ni krivoship 1 va koromislo 3 ga nisbatan harakatlanadi. SHatunning nisbiy harakatdagi oniy aylanish markazlari mos ravishda A va B nuqtalar bo‘lib P_{21} va P_{32} lar bilan belgilangan. Teoremaga ko‘ra, shatun 2 ning qo‘zg‘almas bo‘g‘inga nisbatan absolyut oniy markazini topish uchun, O_1A va BO_2 kesmalarni A va B nuqtalarning traektoriyalariga o‘tkazilgan normal chiziqlar deb qabul qilib, ularni o‘zaro kesishgunicha davom ettirsak, qandaydir C nuqtada kesishadi. SHu ikki normal chiziqni kesishgan nuqtasini P_{20} belgilaymiz va bu nuqta shatunning absolyut harakatdagi oniy aylanish markazi bo‘ladi.



2.1-rasm.

Oniy markazlarga mos ravishda absolyut harakatdagi oniy aylanishda uchta ω_{10} , ω_{20} va ω_{30} burchak tezliklar va nisbiy harakatdagi oniy aylanishda uchta ω_{21} , ω_{13} va ω_{32} burchak tezliklar bo‘ladi. Ikkita bo‘g‘inning burchak tezliklari orasida bog‘liqlikni *uzatishlar nisbati* deb ataladi. Masalan, krivoship 1 va koromislo 2

larning, qo‘zg‘almas bo‘g‘in O ga tegishli bo‘lgan P_{20} va P_{30} aylanish markazlariga nisbatan ω_{10} va ω_{30} burchak tezliklari nisbatlarini ko‘rib chiqamiz. Krivoship I va koromislo 3 larning nisbiy harakatdagi oniy aylanish markazi, absolyut harakatdagi oniy aylanish markazlari P_{10} va P_{30} larni tutashtiruvchi kesma O_1O_2 bilan nisbiy harakatdagi oniy aylanish markazlari P_{21} va P_{32} larni tutashtiruvchi kesma AB ning kesishgan nuqtasi P_{13} da bo‘ladi. Mexanizmning har bir holati uchun nisbiy oniy markazi har xil nuqtada bo‘ladi. Agar shu oniy markazlarni tutashtirsak, oniy markaz traektoriyasi hosil bo‘ladi. Bu traektoriya esa, *tsentroida* deb ataladi. R_{13} nuqtada P_{10} va P_{30} nuqtalar aylanish markazlari bo‘lgan 1 va 2 -bo‘g‘inlarning tsentroidalari kesishadi. Bu tsentroidalar bir-biriga nisbatan sirpanmasdan dumalab harakat qilsa, ularning tezliklari P_{13} nuqtada bir qiymatga ega bo‘ladi, ya’ni

$$v_{P_{13}} = \omega_{10}(P_{10}P_{13}) = \omega_{30}(P_{30}P_{13}),$$

bu yerdan

$$\frac{\omega_{10}}{\omega_{30}} = \frac{P_{30}P_{13}}{P_{10}P_{13}}. \quad (2.1)$$

(2.1) ifodadan aytish mumkinki, 1 va 3 -bo‘g‘inlarning burchak tezliklari nisbiy harakatdagi oniy aylanish markazi P_{13} dan absolyut harakatdagi oniy aylanish markazlari P_{10} va P_{30} largacha bo‘lgan masofalarga teskari proportsional ekan.

Yuqorida ta’kidlaganimizdek, mexanizmlarni kinematik tahlilining asosiy vazifalari etib, bo‘g‘inlarining xarakterli nuqtalarining berilgan vaqt ichidagi holatlari va traektoriyalari, tezlik va tezlanishlarini aniqlashdan iborat deb belgilangan edi.

Mexanizm tarkibidagi bo‘g‘inlarning xarakterli nuqtalarining berilgan vaqt ichidagi holatlari va traektoriyalari aniqlashdan avval, uni berilgan masshtabda chizish kerak. Buning uchun mexanizmning kinematik sxemasi va bo‘g‘inlarning o‘lchamlari aniq bo‘lishi shart. Mashinalar tarkibida shunday katta yoki kichik geometrik o‘lchamli mexanizmlar borki, ularni berilgan o‘lchamlarida chizishda va loyihalashda noqulayliklar tug‘iladi. SHuning uchun, ma’lum belgilangan masshtablarda chizishga to‘g‘ri keladi.

Quriladigan mexanizmni kinematik tahlil etishda masshtab (masshtab ko'effitsientini) tanlash bilan tanishib chiqamiz. Masshtab ko'effitsienti deb, fizik kattalikning sonli (haqiqiy) qiymatini chizmadagi kesma uzunligining qiymati nisbatiga aytiladi. Masshtab ko'effitsienti μ harfi bilan belgilanadi va u quyidagi ifoda orqali aniqlanadi

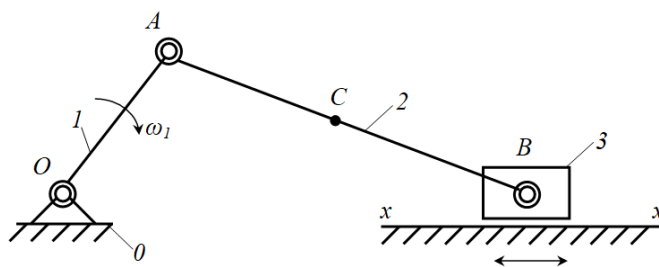
$$\mu = \frac{\text{haqiqiy o'lcham}}{\text{kesmadagi o'lcham}} \quad (2.2)$$

Masshtab ko'effitsientining indeksidagi harf kesmada qaysi parametr tasvirlanganligini anglatadi. Masalan, uzunlik, tezlik va tezlanish masshtab ko'effitsientlari quyidagicha belgilanadi

$$\mu_l \left(\frac{M}{MM} \right), \mu_v \left(\frac{M/c}{MM} \right), \mu_a \left(\frac{M/c^2}{MM} \right).$$

Mexanizm bo'g'inlarining holatini chizish uchun kinematik juftliklarning qo'zg'almas elementlarining chizmada berilgan koordinatalar bo'yicha joylashish vaziyatlari belgilanadi. Yetakchi bo'g'inning berilgan vaziyati ko'rsatiladi. Masalan, krivoship, korimislo, kulisa, kulachok yoki boshqa bir bo'g'in qo'zg'almas o'q atrofida aylanma yoki tebranma harakat qilsa, uning istalgan nuqtasining traektoriyasi aylana yoki yoydan iborat bo'ladi. Agar bo'g'in qo'zg'almas yo'naltiruvchi bo'ylab harakat qilsa, uning traektoriyasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi. Murakkab harakat qiluvchi bo'g'inlarning nuqtalari esa murakkab traektoriya hosil qiladi.

Misol. To'rt bo'g'inli aksial krivoship-polzunli mexanizm berilgan bo'lsin (2.2-rasm). Uning bo'g'inlarining uzunlik o'lchamlari quyidagicha: krivoshipning haqiqiy uzunligi $l_{OA}=100 \text{ mm}=0,1 \text{ m}$; shatunning haqiqiy uzunligi $l_{AB}=400 \text{ mm}=0,4 \text{ m}$; shatunning og'irlik markazi C nuqtadan B nuqttagacha bo'lgan masofa $l_{CB}=250 \text{ mm}=0,25 \text{ m}$. Mexanizm bo'g'inlarining A , B va C nuqtalarini traektoriyalari aniqlansin.



2.2-rasm.

Traektoriyalarni chizish tartibi:

1. Mexanizmni sxemasining uzunlik masshtabi koeffitsienti μ_l tanlanadi

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA},$$

bunda OA – krivoshipning qog'ozga chizilishi lozim bo'lgan uzunligi bo'lib, qog'oz o'lchamiga qarab tanlanadi. Biz bu o'lchamni $OA=25 \text{ mm}$ tanlab olib, uzunlik masshtabi koeffitsientini aniqlaymiz

$$\mu_l = \frac{0,1}{25} = 0,004 \frac{\text{m}}{\text{mm}}.$$

Demak, qog'ozdagi har bir mm uzunlikka $0,004 \text{ m}$ haqiqiy uzunlik to'g'ri keladi.

2. Nuqtalar harakatining ma'lum traektoriyalari chiziladi. Krivoship 1 O nuqta atrofida to'liq aylanma harakat qilganligi sababli aylana chiziladi. Mexanizm aksial bo'lganligi va polzun 3 ilgarilanma harakat qilganligi uchun B nuqta va O nuqtadan o'tuvchi to'g'ri chiziq o'tkazamiz. O'tkazilgan to'g'ri chiziqda $x-x$ yo'naltiruvchi ko'rsatiladi.

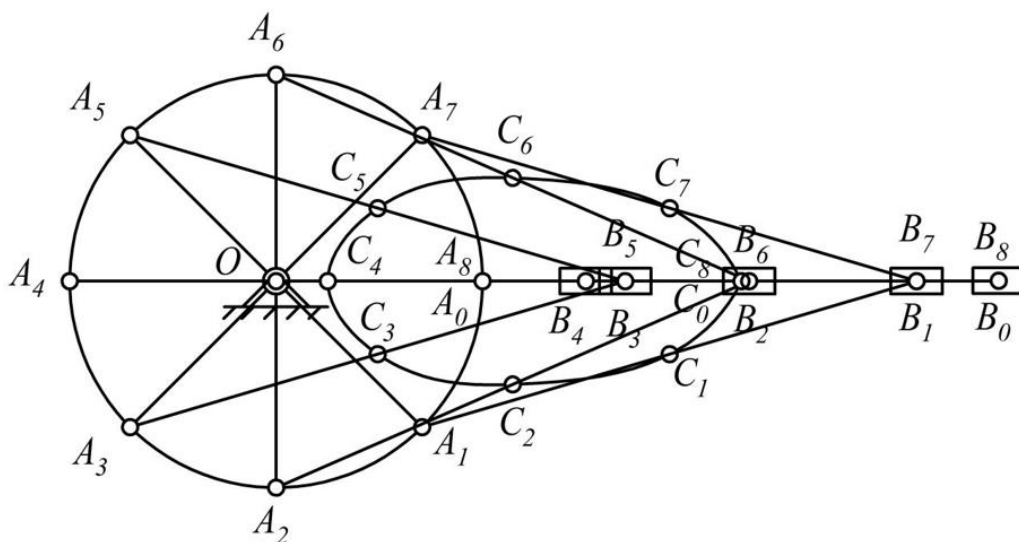
3. Aylanada cheksiz nuqtalar bo'lganligi uchun A nuqtaning aylanasini teng bo'laklarga bo'linadi. Bo'lingan bo'laklardan krivoshipning bir holati boshlang'ich holat deb belgilab olinadi. Masalani soddalashtirish maqsadida, boshlang'ich holat sifatida polzunning eng chetki holatini tanlab olamiz. U holda, O nuqtadan B nuqtagacha bo'lgan uzunlik quyidagiga teng

$$OB = OA + AB = 25 + 100 = 125 \text{ mm}.$$

4. B nuqtaning boshlang'ich holati aniqlangandan so'ng, AB uzunlikka teng bo'lgan radius bilan A nuqtaning qolgan holatlaridan $x-x$ to'g'ri chiziqda kesishtirish usuli bilan yo'ylar chizilib, B nuqtaning qolgan holatlarini belgilaymiz.

SHundan so'ng, aniqlangan A va B nuqtalarning holatlarini mos ravishda birlashtiramiz.

5. SHundan so'ng B nuqtadan BC uzunlikka teng bo'lgan radius bilan AB kesmalardan C nuqtaning holatlarini belgilab chiqamiz. AB kesmalarda aniqlangan C nuqtaning holatlarini ketma-ketlikda birlashtirib, ularning harakat traektoriyasini hosil qilamiz (2.3-rasm).



2.3-rasm.

Yuqorida mexanizmlar kinematik tahlilining uchta usulini sanab o'tgan edik. Ular grafik, grafo-analitik va analitik usullardir. Sizlar bilan grafik usul bilan tanishib chiqamiz.

Mexanizm kinematikasini tekshirishda asosiy shartlardan biri yetakchi bo'g'inining aylanish soni o'zgarmas kattalikdir, ya'ni $n = \text{sonst}$, $\omega = \pi n / 30$.

Masalan: mexanizmning yetakchi bo'g'inini har minutda n marta aylansa, uning bir aylanishi uchun ketgan T vaqt (mexanizm davri) quyidagicha bo'ladi, ya'ni

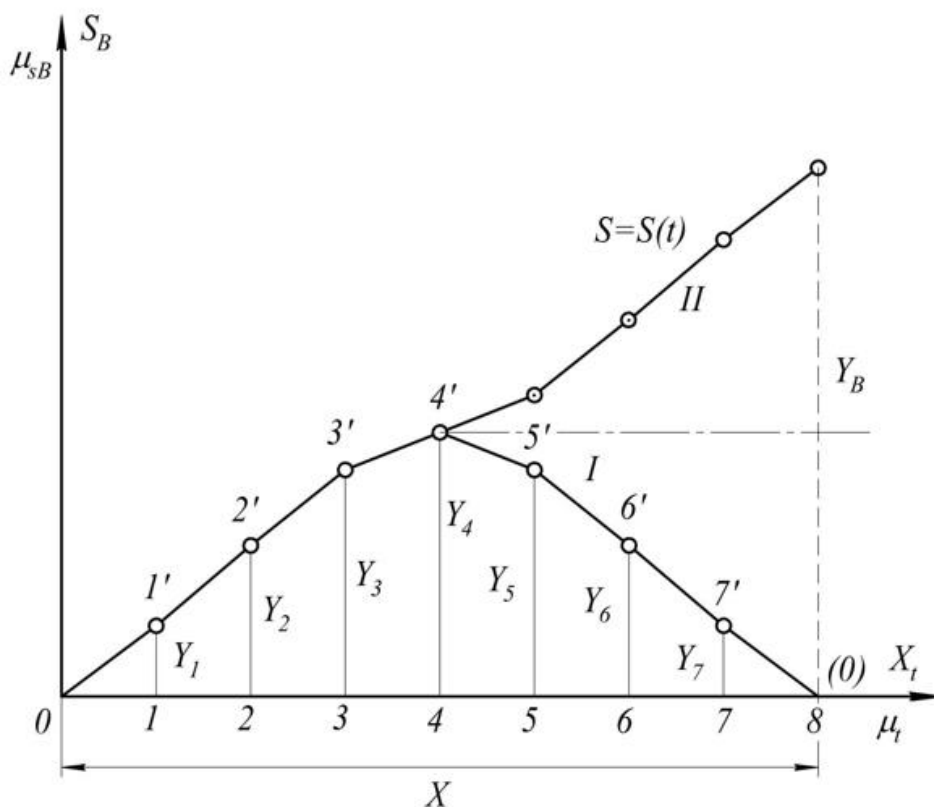
$$T = \frac{60}{n}.$$

Demak, mexanizm tebranma harakat qilsa, uning (T) tebranish davri topiladi. SHuning uchun ham bir marta to'la aylanishida ayrim bo'g'in 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 grafigidir (2.4-rasm). Yo'l garfigi davr ichida ko'tarilab boruvchi grafik bo'lib, ikkinchisi ma'lum vaqtdan so'ng o'z vaziyatiga qaytuvchi grafikdir. Bunday grafiklarni chizish uchun deкарd koordinatalar o'qini ordinasiga mexanizm bo'g'inlari ayrim nuqtalarning o'tgan yo'llari abtissalar o'qiga esa yetakchi bo'g'inning bir marta to'la aylanishi uchun ketgan vaqt qo'yiladi. Ikkala kattalik ham ma'lum masshtabda olinadi.

2.2-rasmda keltirilgan aksial krivoship-shatunli mexanizm polzuni B sharnir markazining traektoriyasi to'g'ri chiziqdan, AB shatundagi biror C nuqtaning traektoriyasi esa $C_0C_4C_8$ yopiq egri chiziqdan iboratdir. Bu ikkila traektoriya OA krivoshipning A_0 vaziyatidan boshlab, bir marta to'la aylanganda hosil bo'lgan (2.3-rasm).

B va C nuqtalarning shu mexanizm davri ichidagi harakat qonunini bilish (yo'l yoki oraliq grafigini hosil qilish) uchun, yetakchi bo'g'in OA_0 vaziyatda deb qabul qilamiz, (T) vaqt o'tgach yana o'z holatiga qaytib keladi.



2.4-rasm.

SHu davr ichida yetakchi bo‘g‘in OA krivoship cheksiz vaziyatlarini bosib o‘tadi. Harakat qonunini topish uchun krivoshipning A nuqtasi hosil qilgan aylanani teng bo‘laklarga bo‘linsa va shu nuqtalarni boshqa bo‘g‘inlarini holatlarini topib chiqilsa, nuqtalarning traektoriyasi kelib chiqadi.

Grafik usulni tushuntirish uchun biz aylanani teng sakkizga bo‘laylik. Demak, krivoship bir davr ichida OA_0 vaziyatidan boshlab OA_1, OA_2, \dots, OA_8 vaziyatlarini o‘tgach, yana OA_8 yoki OA_0 vaziyatiga qaytib keladi. Krivoshipning A nuqtasi A_0 vaziyatidan A_1 vaziyatga o‘tsa, krivoship 45° ga burilgan bo‘ladi: $t_1 = T/x$ (bu yerda $x=8$).

SHu vaqt ichida polzundagi B nuqta o‘zining B_0 vaziyatidan B_1 vaziyatiga o‘tib, B_0B_1 masofani bosib o‘tadi. Bu B_0B_1 oraliqning haqiqiy kattaligini S_{B1} bilan belgilasak, bu kattalik shakldagi B_0B_1 ning mexanizm masshtabiga ko‘paytirilganiga teng bo‘ladi, ya’ni $S_{B1} = \mu_1 B_0B_1$. Agar krivoshipning A nuqtasi A_1 vaziyatdan A_2 vaziyatga o‘tsa, u holda B_1 nuqta B_2 ga ko‘chadi va B_1B_2 oraliqni bosib o‘tadi. Oraliqni B_0 vaziyatdan hisoblasak, $B_0B_2 = B_0B_1 + B_1B_2$ bo‘ladi. B_0B_2 ning haqiqiy kattaligini S_{B2} deb belgilasak, $S_{B2} = \mu_1(B_0B_1 + B_1B_2)$ bo‘ladi.

Krivoship shu tarzda aylanishni davom ettirib, uning A nuqtasi A_3 vaziyatiga o‘tsa, B nuqta $S_{B3} = \mu_1 B_0B_3$ yoki $\mu_1(B_0B_1 + B_1B_2 + B_2B_3)$ va A nuqta A_4 ga kelganda B nuqta $S_{B4} = \mu_1 B_0B_4 = \mu_1(B_0B_1 + B_1B_2 + B_2B_3 + B_3B_4)$ maksimal oraliqni bosib o‘tadi. Demak, krivoship OA_0 vaziyatdan boshlab 180° ga aylansa, B nuqta B_0 vaziyatdan B_4 ga ko‘chib, maksimal oraliqni bosib o‘tar ekan. Buholatda mexanizmning OA_0B_0 vaziyati sokin vaziyat deb, B_0, B_4 vaziyatlar mexanizm B nuqtasining chekka vaziyatlari deb ataladi.

Krivoshipning OA_4 vaziyatdan boshlab aylanishda davom ettirsak, mexanizmning B nuqtasi B_4 vaziyatdan o‘ng tomonga yura boshlaydi. SHu tarzda mulohazani davom ettirib

$$S_{B5} = \mu_1 B_0B_5 = \mu_1(B_0B_4 - B_4B_5),$$

$$S_{B6} = \mu_1 B_0B_6 = \mu_1(B_0B_4 - B_4B_6 - B_5B_6),$$

$$S_{B7} = \mu_1 B_0B_7 = \mu_1(B_0B_4 - B_4B_5 - B_5B_6 - B_6B_7),$$

$$S_{B8} = \mu_l B_0 B_8 = \mu_l (B_0 B_4 - B_4 B_8).$$

ekanligini ko'rish qiyin emas, ya'ni $S_{B0}=S_{B8}=0$ bo'ladi (2.3-rasm).

Demak, krivoship bir marta to'la aylanishida nuqta $S_{B1}, S_{B2}, \dots S_{B8}$ oraliqlarini bosib o'tar ekan. Agar bu oraliq juda katta yoki juda kichik bo'lsa, yoxud chizma qog'oziga sig'masa, ular μ_{SB} masshtab kichik yoki katta qilib chiziladi. Nihoyat, koordinatalar sistemasining ordinatalar o'qiga μ_{SB} masshtabda B nuqtaning oralig'ini, abstsissalar o'qiga esa μ_t masshtabda davrni qo'ysak, oraliq grafigi deb ataluvchi S_B-t grafigi hosil bo'ladi.

Masshtabni quyidagicha tanlaymiz

$$\mu_{SB} = \frac{\mu_l B_0 B_4}{y_{\max}}. \quad (2.3)$$

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. Oraliq grafigi O dan boshlab, 4-vaziyatda uning ordinatasi maksimal qiymatiga erishadi. Keyingi vaziyatlarda ordinatalari pasayib, 8-vaziyatda yana nolga tushadi.

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

S_t-t grafigini differentsiallasak tezlik va tezlanish grafiglari hosil bo'ladi.

Buning uchun quyidagi uch uslubdan foydalanish mumkin:

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

Urinmalar metodi bilan S_B-t grafigini differentsiallashtirish uchun (2.5-rasm), grafigidagi tegishli $1', 2', \dots 7'$ nuqtalarga urinmalar o'tkazamiz. Funktsiya hosilasining geometrik va fizik ma'nosi bor. Funktsiya hosilasini geometrik ma'nosi shu egri chiziq nuqtasiga o'tkazilgan urinmalarning abtsissalar o'qi bilan hosil qilgan burchagi tangensini ifoda qilsa, fizikaviy ma'nosi tezlikdan iboratdir.

Yo'ldan vaqtga nisbatan olingan hosila tezlik bo'lganidan

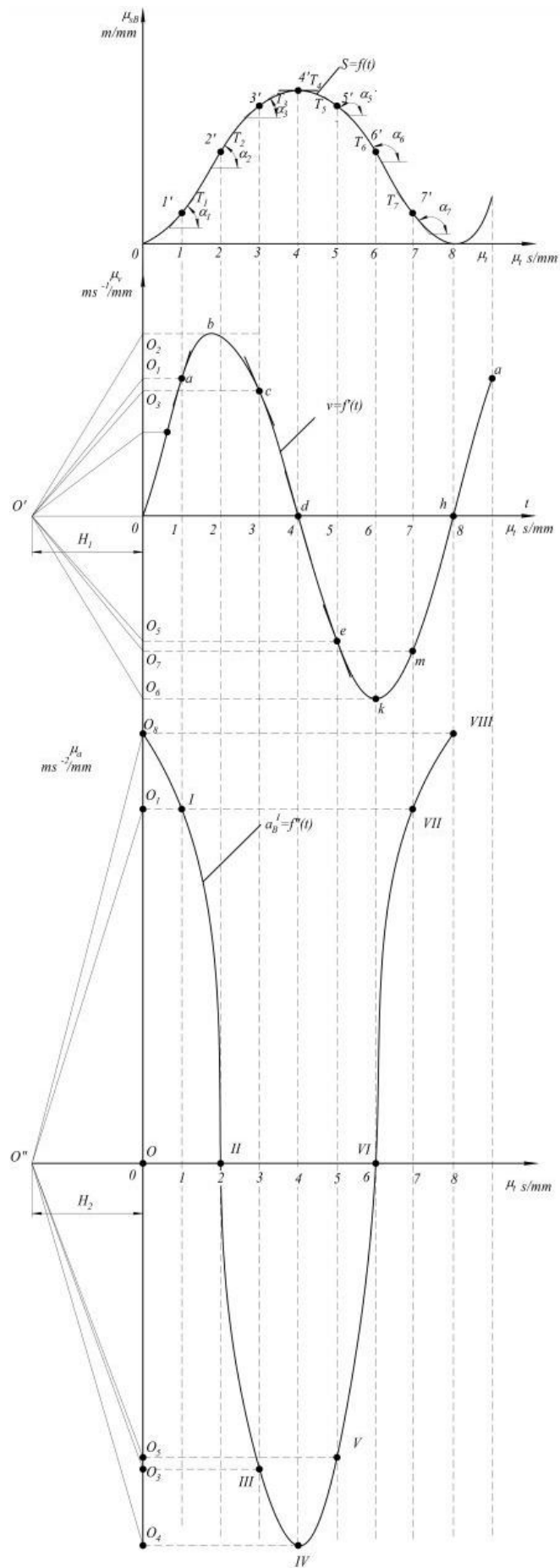
$$v_{Bi} = \frac{dS_{Bi}}{dt}, \quad S_{B1} = \mu_{SB} y_{Si}, \quad t = \mu_t x_i$$

ekanligi e'tiborga olsak,

$$v_{Bi} = \frac{\mu_{SB} dy_{Si}}{\mu_t dx_i} = \frac{\mu_{SB} tg\alpha}{\mu_t} \quad (2.4)$$

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 $H_1=OO'$ masofani olamiz. O' nuqtadan S_B-t grafigidagi T_1, T_2, \dots, T_7 urinmalarga parallel chiziqlar o'tkazib, ularning ordinalar o'qi bilan kesishgan nuqtalari O_1, O_2, \dots, O_7 larni olamiz (2.5-rasm).



2.5-rasm.

SHu ordinatalarni N_I bilan uchrashtirsak $tg\alpha_1, tg\alpha_2, \dots, tg\alpha_7$ lar kelib chiqishini ko‘rish qiyin emas. SHunday qilib, ixtiyoriy I nuqta uchun $tg\alpha_i = OO_i/N_I$ bo‘ladi.

Demak,

$$v_{Bi} = \frac{\mu_{SB} OO_i}{\mu_t H_1} = \mu_v y_{vi}. \quad (2.5)$$

Xuddi shu yo‘l bilan v_{B-t} grafigidan tezlanishlar grafigini hosil qilamiz. Buning uchun yuqoridagi ko‘rsatilganidek, tezlik grafigidagi tegishli nuqtalarga urinmalar o‘tkazilib, ularni tanlab olingan $H_2 = OO''$ masofadagi OO'' nuqtalarga parallel ko‘chirib, ordinata o‘qi bilan kesishgan nuqtalarini olamiz. Bu bilan urinma usulida differentsiallashtirish grafigini hosil qilamiz. Bu tezlanish urinma tezlanish bo‘ladi.

$$a^t_{Bi} = \frac{dv_{Bi}}{dt} = \frac{\mu_v dy_{vi}}{\mu_t dx_t} = \frac{\mu_v \cdot tg\alpha_i}{\mu_t}, \quad (2.6)$$

$$tg\alpha_i = \frac{OO_i}{H_2}. \quad (2.7)$$

(2.7) ifodani inobatga olsak, u holda urinma tezlanishni quyidagicha ifodalaymiz

$$a^t_{Bi} = \frac{\mu_v OO_i}{\mu_t H_2} = \mu_a OO_i. \quad (2.8)$$

Demak, tezlanish grafigining masshtab koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi

$$\mu_a = \frac{\mu_v}{\mu_t H_2}. \quad (2.9)$$

(2.8) ifodadan ko‘rinib turibdiki, OO_i ordinata biror-bir μ_a masshtabda a_{Bi}^t tezlanishning qiymatini anglatadi.

Demak, S_{B-t} oraliq grafigidan hosil qilingan v_{B-t} va a_{B-t} grafiklardan V nuqtaning tezlik va tezlanishlari tegishli ordinatalarni mos ravishda masshtablarga ko‘paytirish yo‘li bilan aniqlanadi.

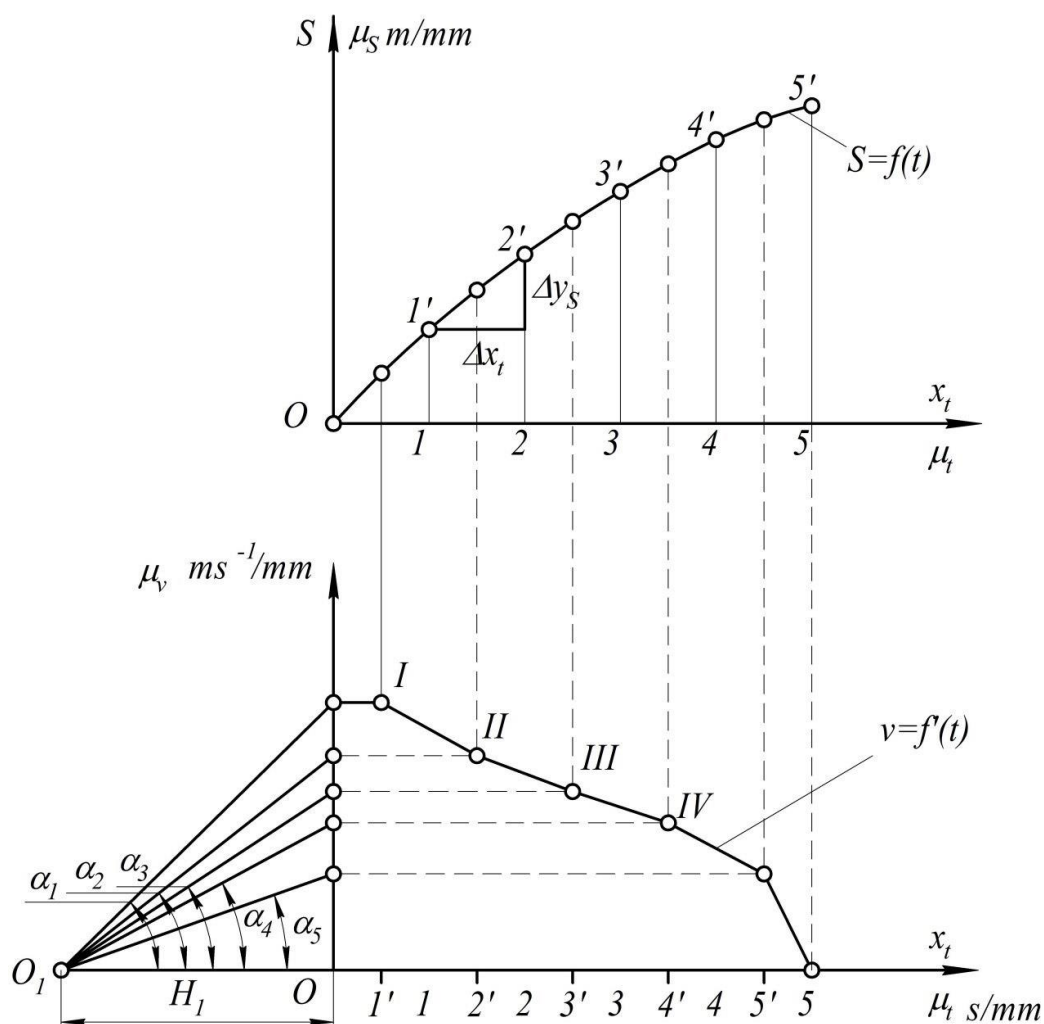
Vatarlar yordami bilan differentsiallashtirish usulida grafikdagi kichik egri chiziqlar to'g'ri chiziq-vatar bilan almashtiriladi. $01'$, $1'2'$, ... egri chiziqlarni vatarlar bilan almashtiramiz. Absissadagi oraliqlar qancha ko'p bo'lsa aniqlik shuncha oshadi, chunki oraliq kichraygan sari yoy vatarga yaqinlashib boradi. Bu esa tezliklarni aniqlashdagi xatoliklarni kamaytiradi (2.6-rasm). Vatarlar yordamida o'rtacha tezlik yoki tezlanishlarni olamiz

$$v_{\dot{y}p} = \frac{\Delta S_i}{dt} = \frac{\mu_s \Delta y_{Si}}{\mu_t \Delta x_i} = \frac{\mu_s}{\mu_t} \operatorname{tg} \alpha_i. \quad (2.10)$$

Agar $\operatorname{tg} \alpha_i$ ning qiymatini (2.10) ifodaga qo'ysak, u holda

$$v_{\dot{y}p} = \frac{\mu_s OO_i}{\mu_t H_1} = \mu_v OO_i$$

ni hosil qilamiz.



2.6-rasm

CHizmada ko'rsatish uchun koordinatalar o'qining chap tomonidan H_I masofani ixtiyoriy tanlab olamiz va O_I nuqtadan $OI', I'2', \dots$ vatarlardan parallel nurlar o'tkazamiz. Bu nurlarni ordinatalar o'qi bilan kesishgan nuqtasidan gorizontaal chiziqlar o'tkazib, ularning tegishli oraliqlar o'rtasidan tushirilgan vertikalalar bilan kesishuv nuqtalarini I, II, \dots bilan belgilaymiz hamda bu nuqtalarni bir-biri bilan birlashtirish orqali tezlik grafigini hosil qilamiz.

Vatarlar usulida differentsiyallash bilan urinmalar usulida differentsiyallash orasida farq yo'q, chunki egri chiziqlar ustidagi nuqtalar orasidagi masofa cheksiz yaqinlashtirilsa, ikki nuqtani tutashtiruvchi vatarni urinma sifatida qabul qilish mumkin.

Ordinatalarni ortirish usuli bilan differentsiyallash yordamida ham o'rtacha tezlikni topish mumkin. Biror $S-t$ grafigi μ_S va μ_t masshtablardan berilgan bo'lsin (2.7-rasm). Bu grafikni teng bo'laklarga bo'lib chiqamiz ($1, 2, 3, \dots, 7$) o'rtacha tezlik

$$v_{\dot{y}p} = \frac{\Delta S_i}{\Delta t} = \frac{\mu_S \Delta y_i}{\mu_t \Delta x_t} = \frac{\mu_S}{\mu_t \Delta x_t} \Delta y_i,$$

$$v_{\dot{y}p} = \mu_v y_{vi}$$

ekanligini e'tiborga olib

$$y_{vi} = \frac{\mu_S}{\mu_t \Delta x_t \mu_v} \Delta y_i \quad (2.11)$$

ni hosil qilamiz.

Demak, tezlik ordinatasi y_{vi} ni oraliq yoki yo'l grafigidagi ortirma (Δy_i) orqali topish mumkin ekan. Bu ordinata orttirmalarini aniq o'lchab olish ham juda oson.

Ko'pincha, $S-t$ grafigining tuzilishiga qarab, grafik differentsiyallash usullaridan biri tanlanadi. Hamma vaqt, orttirmalar usuli bilan differentsiyallashda masala aniqroq yechiladi.

(2.11) tenglamadagi μ_S , μ_t , Δx_t , va μ_v o'zgarmas kattalik bo'lganligidan, ularni C bilan belgilaymiz, u holda (2.11) ifoda quyidagicha yoziladi.

$$y_{vi} = C\Delta y_i. \quad (2.12)$$

Bunda

$$C = \frac{\mu_s}{\mu_t \Delta x_t \mu_v}.$$

Demak, $S-t$ grafikdagi ordinatalar ortirmasini biror o'zgarmas S kattalikga ko'paytirsak, o'rtacha tezlikning μ_v masshtabdagi ordinatasi chiqar ekan. Masala ordinatalar kattaligini aniqlashda qoladi, xolos.

Orttirmalar kattaligiga qarab, o'zgarmas S koeffitsientni tanlab olamiz. Agar $S=1$ bo'lsa, $y_{vi}=\Delta y_{vi}$ bo'ladi. O'zgarmas S koeffitsient o'lchovsiz kattalik hisoblanadi.

Tezlik grafigining masshtabdagi ordinatalari quyidagicha topiladi (2.7-rasm)

$$y_{v0} = c(y_1 - y_0) = c\Delta y_1,$$

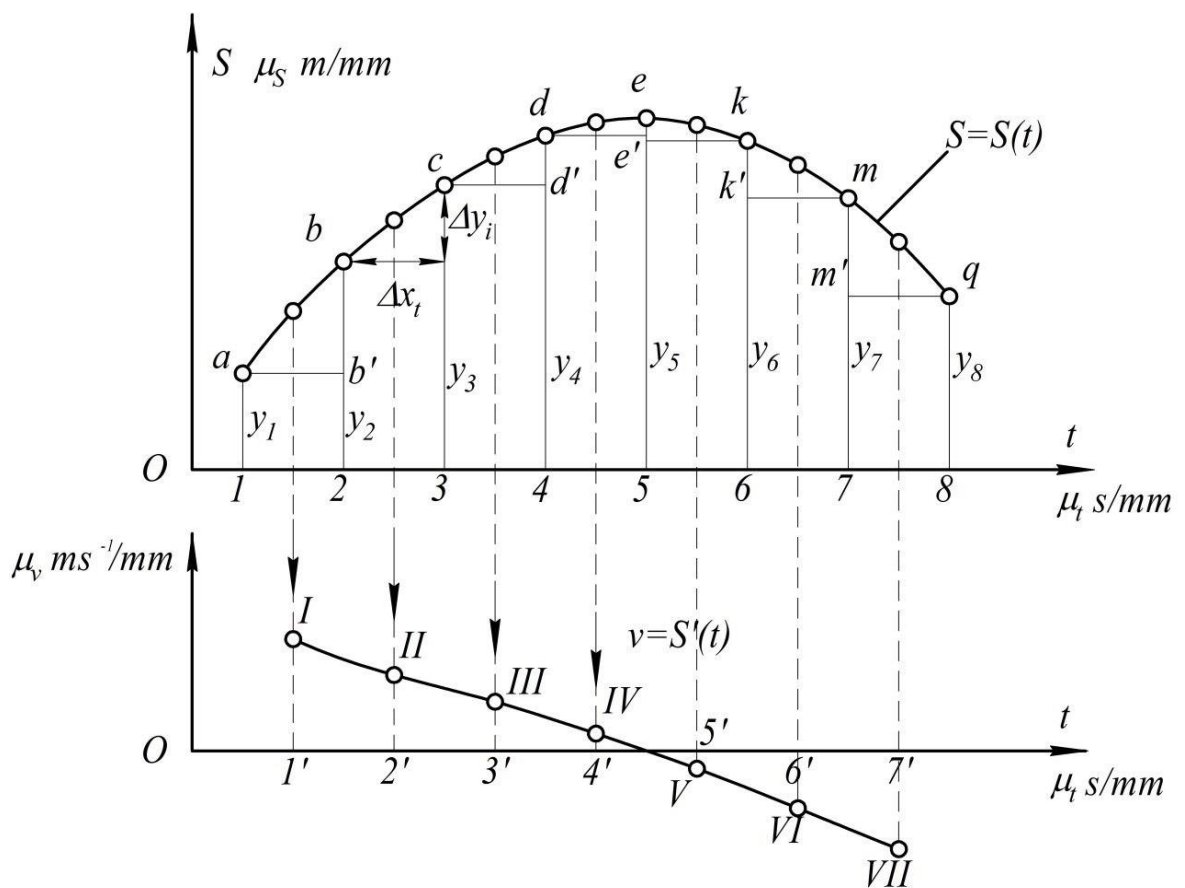
$$y_{v1} = c(y_2 - y_1) = c\Delta y_2,$$

· · · · ·

· · · · ·

· · · · ·

$$y_{v7} = c(y_8 - y_7) = -c\Delta y_7.$$



2.7-rasm.

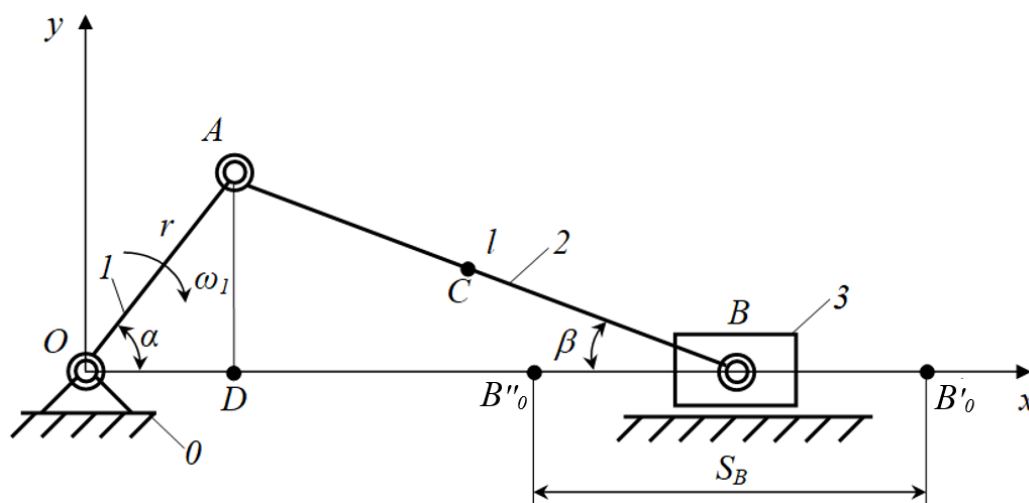
Orttirmalar hisoblab chiqilgach, ularning o'zgarmas C koeffitsientga ko'paytiramizda tegishli oraliqlar o'rtasiga qo'yib chiqaramiz (2.7-rasm). Agar ordinatalar ortirmasi musbat bo'lsa y_{vi} ni v - t koordinatasidagi absitsissalar o'qining yuqorisiga, orttirmalar manfiy bo'lsa, absitsissalar o'qining pastiga qo'yamiz. S - t grafigining maksimal va minimal nuqtalarida tezlik nolga teng bo'ladi. Masalan, S - t funktsiyasi a dan boshlanib ye gacha o'sib boradi, ye nuqtadan boshlab, funktsiyaning kamayib borishi shakldan ko'rinib turibdi. SHuning uchun nuqtaning ye vaziyatidagi tezligi nolga teng bo'ladi. Bu nuqta funktsiyaning maksimumdan kamayish nuqtasi bo'lib, funktsiyaning minimum nuqtasidan o'tkazilgan urinma burchagi nol bo'ladi. Bunday nuqtada ham tezlik noldir.

Agar tezlik grafigidan differentsiallash yo'li bilan tezlanish grafigi olish talab etilsa, u holda, yuqorida keltirilgan usullar analogiya yo'li bilan tadbiiq etiladi.

2.2. Mexanizmlar kinematikasini analitik usul bilan o'rganish

Mexanizmlarni kinematik tahlil etishning grafik usullari sodda va qulayligi uchun har xil murakkablikdagi masalalarni yechishda juda qo'l keladi. Lekin, bu usulda olingan natijalarning aniqlik darajasi nisbatan past bo'ladi. Aniqlik darajasi yuqori bo'lishi talab etilgan masalalarni yechishda, analitik usuldan foydalanish talab etiladi. Kinematik tahlil etishning analitik usuli yordamida mexanizmning xarakterli nuqtalarining harakat tenglamalari tuziladi, so'ngra esa bu tenglamalar ikki marta differentsiallanib, bu nuqtalarning tezlik va tezlanishlarini aniqlash imkonini beradigan ifodalar olinadi. Bu usul ko'p bo'g'inli mexanizmlar uchun anchagina noqulay bo'ladi, ammo kam bo'g'inli mexanizmlar uchun juda yaxshi natijalar beradi.

Misol tariqasida, krivoship-polzunli mexanizmning kinematik tahlilini amalga oshiramiz (2.8-rasm).



2.8-rasm.

B nuqta bilan shatunning og'irlik markazida joylashgan C nuqtaning harakatini ko'rib chiqamiz. Polzun 3 ilgarilanma-qaytma harakat qilganligi uchun, uning harakati B nuqtaning harakatida ifoda etiladi. Bu ikki B va C nuqta orqali butun mexanizmning kinematik holatini aniqlash mumkin. Yetakchi bo'g'in hisoblangan krivoship I ning harakat qonuni bizga ma'lum. Chunki, krivoship o'zgarmas ω_1 burchak tezlik bilan aylanma harakatni amalga oshiradi.

Polzun 3 ning chetki nuqtalarini grafik usulda aniqlash mumkin, ya'ni markaziy O nuqta polzun 3 ning harakat chizig'idan belgilashlar kiritsak, u holda B'_0 nuqtada $r+l$, B''_0 nuqtada esa $l-r$ bo'ladi. Bu yerda r -krivoship l ning uzunligi (OA), l -shatunning uzunligi (AB).

Demak, polzun 3 ning yo'li S_B quyidagiga teng

$$\begin{aligned} S_B = B'_0 B''_0 &= OB'_0 - OB''_0 = r + l - (r \cos \alpha + l \cos \beta) = \\ &= r(1 - \cos \alpha) + l(1 - \cos \beta). \end{aligned} \quad (2.14)$$

OAD va ADB uchburchaklar orqali β burchakni α burchak orqali ifodalaymiz

$$AD = l \sin \beta = r \sin \alpha,$$

bundan

$$\sin \beta = \frac{r}{l} \sin \alpha.$$

Belgilash kiritib olamiz

$$\frac{r}{l} = \lambda.$$

U holda

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \lambda \sin \alpha, \\ \cos \beta &= \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha}. \end{aligned} \quad (2.15)$$

(2.15) ifodadagi $\cos \beta$ ning qiymatini (2.14) ifodaga qo'yib quyidagini olamiz

$$S_B = r(1 - \cos \alpha) + l \left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha} \right). \quad (2.16)$$

Krivoship l ning burilish burchagi α ga bog'liq ravishda (2.16) ifoda yordamida B nuqtani yo'lining aniq qiymatini topish mumkin. SHu bilan birga, (2.16) ifodani vaqt bo'yicha differentsiallab B nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniq qiymatlarini topishning imkonini beradigan ifodalar olinadi.

(2.15) ifodadagi ildizni yo'qotish maqsadida Nyuton binomidan foydalanamiz

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha} = \left(1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha\right)^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \alpha - \frac{1}{8} \lambda^4 \sin^4 \alpha - \frac{1}{16} \lambda^6 \sin^6 \alpha - \dots \quad (2.17)$$

Qulaylik uchun belgilashlar kiritib olamiz

$$\frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \alpha = A_1; \quad \frac{1}{8} \lambda^4 \sin^4 \alpha = A_2; \quad \frac{1}{16} \lambda^6 \sin^6 \alpha = A_3.$$

U holda

$$\cos \beta = 1 - A_1 - A_2 - A_3 - \dots \quad (2.18)$$

(2.18) ifoda, shu bilan birga (2.17) ifoda ham cheksiz hadlarga ega bo'lib, birinchi haddan tashqari barcha hadlari birdan kichik son hisoblanadi. Nechta hadni qoldirish kerakligini baholash uchun, hadlarni hisoblab chiqamiz.

Hisoblashlarda krivoship 1 bilan shatun 2 ning uzunliklari nisbatini $\lambda = \frac{1}{4}$ va $\sin \alpha$

ni esa eng katta qiymatiga – birga teng deb qabul qilib olamiz. U holda

$$A_1 = \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \alpha = \frac{1}{2^5} = \frac{1}{32}$$

birning 3 % ni tashkil etadi;

$$A_2 = \frac{1}{2^3} \lambda^4 \sin^4 \alpha = \frac{1}{2^{11}} = \frac{1}{2048}$$

birning 0,05 % ni tashkil etadi;

$$A_3 = \frac{1}{2^4} \lambda^6 \sin^6 \alpha = \frac{1}{2^{16}} = \frac{1}{64000}$$

birning 0,002 % ni tashkil etadi.

Odatda texnik hisoblarning aniqlik darajasi 1 %ni tashkil etadi, shu sababli (2.17) ifodada ikkita hadni qoldiramiz

$$\cos \beta = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \alpha. \quad (2.19)$$

$\lambda^2 = r\lambda$ ni inobatga olib, (2.19) ifodadagi $\cos \beta$ ning qiymatini (2.14) ifodaga qo'ysak, quydagini hosil qilamiz

$$S_B = r \left(1 - \cos \alpha + \frac{1}{2} \lambda \sin^2 \alpha \right). \quad (2.20)$$

V nuqtaning tezligini aniqlash uchun (2.20) ifodani vaqt bo'yicha differentsiallaymiz

$$v_B = \frac{dS_B}{dt} = r \left(\sin \alpha \frac{d\alpha}{dt} + \frac{1}{2} \lambda 2 \sin \alpha \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt} \right), \quad (2.21)$$

bu yerda

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega_1.$$

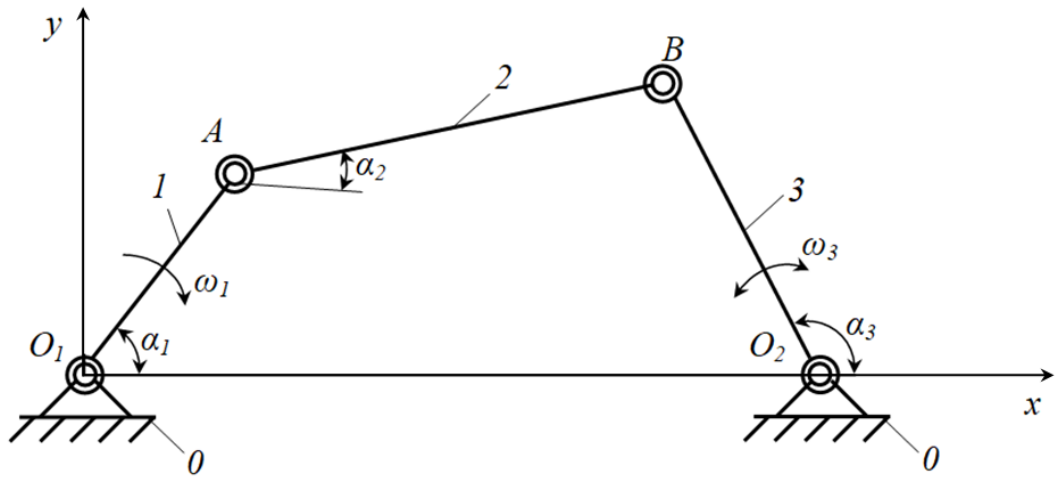
U holda

$$v_B = r \omega_1 \left(\sin \alpha + \frac{1}{2} \lambda \sin 2\alpha \right). \quad (2.22)$$

V nuqtaning tezlanishini aniqlash uchun (2.22) ifodani vaqt bo'yicha differentsiallaymiz

$$a_B = \frac{dv_B}{dt} = r \omega_1^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha). \quad (2.23)$$

Krivoship-koromisloli mexanizmni ko'ramiz (2.9-rasm). Krivoship *I* berilgan o'zgarmas ω_1 burchak tezlik bilan aylanma harakatni amalga oshiradi. Krivoship *I* ning holati qo'zg'almas bo'g'in *O* ning O_1O_2 kesma bilan hosil qiladigan α_1 burchak bilan aniqlanadi. SHatun 2 va koromislo 3 larning holatlari esa, mos ravishda O_1O_2 kesma bilan hosil qiladigan α_2 va α_3 burchaklar orqali aniqlanadi. O_1O_2 kesma x o'qiga mos tushadi va u bilan α_4 burchak hosil qiladi. Bo'g'inlarning uzunliklarini belgilaymiz, ya'ni $O_1A=l_1$, $AB=l_2$, $BO_2=l_3$ va $O_1O_2=l_4$.



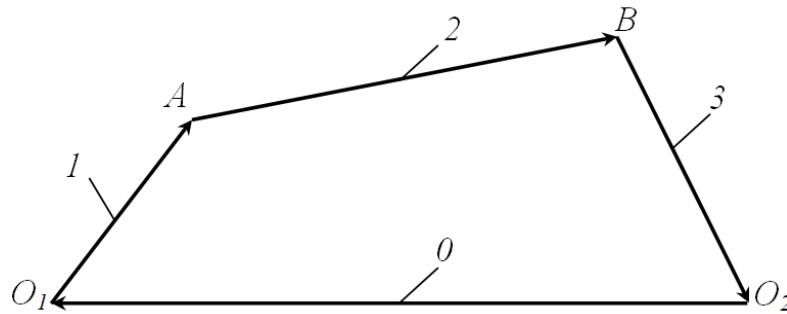
2.9-rasm.

Bu mexanizmni O_1ABO_2 yopiq kontur deb qarab (2.10-rasm), shu onda vektorlar muvozanatda bo'lsa, u holda vektorlar yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$\overline{O_1A} + \overline{AB} + \overline{BO_2} + \overline{O_1O_2} = 0$$

yoki

$$\bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_3 + \bar{l}_4 = 0. \quad (2.24)$$



2.10-rasm.

(2.24) vektor tenglamani x va u o'qlariga proektsiyalaymiz

$$\begin{cases} l_1 \cos \alpha_1 + l_2 \cos \alpha_2 + l_3 \cos \alpha_3 + l_4 \cos \alpha_4 = 0 \\ l_1 \sin \alpha_1 + l_2 \sin \alpha_2 + l_3 \sin \alpha_3 + l_4 \sin \alpha_4 = 0. \end{cases} \quad (2.25)$$

O_1O_2 kesma bilan x o'qi orasidagi burchak $\alpha_4 = 180^\circ$ bo'lganligi uchun, $\sin \alpha_4 = 0$ va $\cos \alpha_4 = -1$ bo'ladi. SHuning uchun, (2.25) tenglamalar sistemasi quyidagicha ko'rinish oladi

$$\begin{cases} l_2 \cos \alpha_2 = l_4 - l_1 \cos \alpha_1 - l_3 \cos \alpha_3 \\ l_2 \sin \alpha_2 = -l_1 \sin \alpha_1 - l_3 \sin \alpha_3. \end{cases} \quad (2.26)$$

Qiymati aniq bo'lgan kattaliklarga belgilashlar kirib olamiz

$$\begin{cases} Q = l_4 - l_1 \cos \alpha_1 \\ U = l_1 \sin \alpha_1. \end{cases} \quad (2.27)$$

U holda (2.26) tenglamalar sistemasi quyidagicha ko‘rinish oladi

$$\begin{cases} l_2 \cos \alpha_2 = Q - l_3 \cos \alpha_3 \\ l_2 \sin \alpha_2 = -U - l_3 \sin \alpha_3. \end{cases} \quad (2.28)$$

(2.28) tenglamalar sistemasining ikkala tenglamasini ham kvadratga ko‘tarib, qo‘shib yuboramiz. U holda

$$l_2^2 = Q^2 - 2Ql_3 \cos \alpha_3 + U^2 + 2Ul_3 \sin \alpha_3 + l_3^2. \quad (2.29)$$

(2.29) ifoda ustida amallar bajarib, quyidagi holatga keltirib olamiz

$$\frac{U}{Q} \sin \alpha_3 - \cos \alpha_3 = \frac{l_2^2 - Q^2 - U^2 - l_3^2}{2Ql_3}. \quad (2.30)$$

Krivoship 1 ning burilish burchagi α_1 ni berilgan qiymatini (2.30) ifodaga qo‘yib koromislo 3 ning burilish burchagi α_3 ni aniqlash mumkin. Yuqorida bajarilgan amallar yordamida (2.28) tenglamalar sistemasidan α_3 yo‘qotib α_2 ni aniqlaymiz. U holda

$$l_3^2 = Q^2 - 2Ql_2 \cos \alpha_2 + U^2 + 2Ul_2 \sin \alpha_2 + l_2^2. \quad (2.31)$$

(2.31) ifoda ustida amallar bajarib, quyidagi holatga keltirib olamiz

$$\frac{U}{Q} \sin \alpha_2 - \cos \alpha_2 = \frac{l_3^2 - Q^2 - U^2 - l_2^2}{2Ql_2}. \quad (2.32)$$

Bu ifodadan α_2 ni aniqlash mumkin.

SHatun 2 va koromislo 3 ning burchak tezliklari ω_2 va ω_3 ni aniqlash uchun (2.26) tenglamalar sistemasining tenglamalarini vaqt t bo‘yicha differentsiallaymiz

$$\begin{cases} -l_2 \sin \alpha_2 \frac{d\alpha_2}{dt} = l_1 \sin \alpha_1 \frac{d\alpha_1}{dt} + l_3 \sin \alpha_3 \frac{d\alpha_3}{dt} \\ l_2 \cos \alpha_2 \frac{d\alpha_2}{dt} = -l_1 \cos \alpha_1 \frac{d\alpha_1}{dt} - l_3 \cos \alpha_3 \frac{d\alpha_3}{dt}. \end{cases} \quad (2.33)$$

Agar $\frac{d\alpha_1}{dt} = \omega_1$, $\frac{d\alpha_2}{dt} = \omega_2$, $\frac{d\alpha_3}{dt} = \omega_3$ ekanligini inobatga olsak, (2.33)

tenglamalar sistemasi quyidagicha ko‘rinish oladi

$$\begin{cases} -l_2\omega_2 \sin \alpha_2 = l_1\omega_1 \sin \alpha_1 + l_3\omega_3 \sin \alpha_3 \\ l_2\omega_2 \cos \alpha_2 = -l_1\omega_1 \cos \alpha_1 - l_3\omega_3 \cos \alpha_3. \end{cases} \quad (2.34)$$

(2.34) tenglamalar sistemasidagi birinchi ikkinchi tenglamaga bo‘lib yuborib, quyidagini hosil qilamiz

$$\frac{\sin \alpha_2}{\cos \alpha_2} = \frac{l_1\omega_1 \sin \alpha_1 + l_3\omega_3 \sin \alpha_3}{l_1\omega_1 \cos \alpha_1 + l_3\omega_3 \cos \alpha_3}$$

yoki

$$l_1\omega_1 \sin(\alpha_2 - \alpha_1) = l_3\omega_3(\sin \alpha_3 - \alpha_2),$$

bu yerdan

$$\omega_3 = \frac{l_1\omega_1 \sin(\alpha_2 - \alpha_1)}{l_3(\sin \alpha_3 - \alpha_2)}. \quad (2.35)$$

(2.34) tenglamalar sistemasidan ω_3 yo‘qotib ω_2 ni aniqlaymiz. U holda

$$\omega_2 = \frac{l_1\omega_1 \sin(\alpha_1 - \alpha_3)}{l_2(\sin \alpha_3 - \alpha_2)}. \quad (2.36)$$

SHatun 2 va koromislo 3 ning burchak tezlanishlari ε_2 va ε_3 ni aniqlash uchun (2.34) tenglamalar sistemasining tenglamalarini vaqt t bo‘yicha differentsiallaymiz. Bunda $\omega_1 = const$ bo‘lganda $\frac{d\omega_1}{dt} = \varepsilon_1 = 0$ ekanligini inobatga olamiz

$$\begin{cases} -l_2\omega_2^2 \cos \alpha_2 - l_2\varepsilon_2 \sin \alpha_2 = l_1\omega_1^2 \cos \alpha_1 + l_3\omega_3^2 \cos \alpha_3 + l_3\varepsilon_3 \sin \alpha_3 \\ l_2\omega_2^2 \sin \alpha_2 - l_2\varepsilon_2 \cos \alpha_2 = -l_1\omega_1^2 \sin \alpha_1 - l_3\omega_3^2 \sin \alpha_3 + l_3\varepsilon_3 \cos \alpha_3, \end{cases} \quad (2.37)$$

bu yerda $\frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2$ va $\frac{d\omega_3}{dt} = \varepsilon_3$.

(2.37) tenglamalar sistemasining birinchi tenglamasini ikki tomonini $\cos \alpha_2$ ga, ikkinchi tenglamasini ikki tomonini esa $(-\sin \alpha_2)$ ga ko‘paytirib, so‘ngra qo‘shib yuborib, quyidagini hosil qilamiz

$$l_3\varepsilon_3 \sin(\alpha_2 - \alpha_3) = l_2\omega_2^2 + l_1\omega_1^2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + l_3\omega_3^2 \cos(\alpha_3 - \alpha_2). \quad (2.38)$$

(2.38) ifodadan koromislarning burchak tezlanishini aniqlaymiz

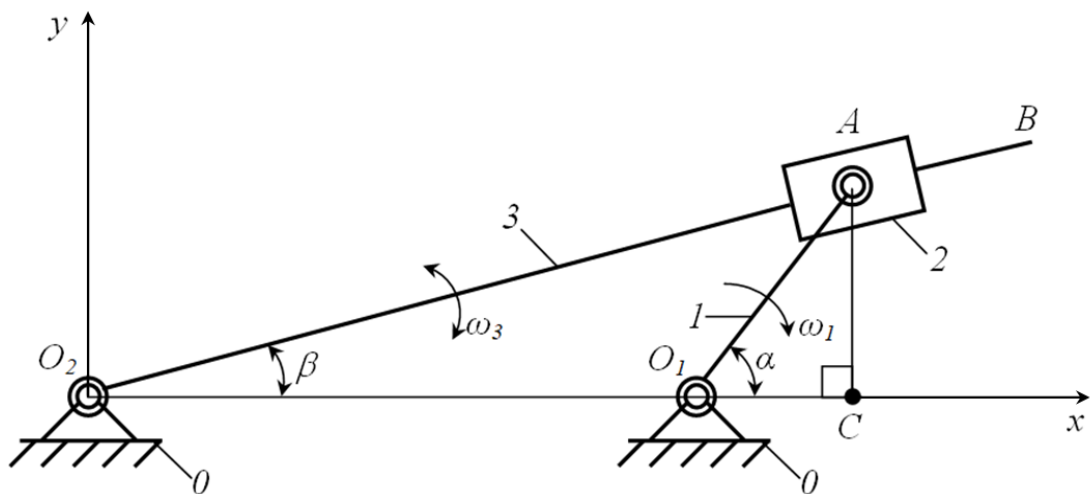
$$\varepsilon_3 = \frac{l_2 \omega_2^2 + l_1 \omega_1^2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + l_3 \omega_3^2 \cos(\alpha_3 - \alpha_2)}{l_3 \sin(\alpha_2 - \alpha_3)}. \quad (2.39)$$

(2.37) tenglamalar sistemasidan ε_3 yo‘qotib ε_2 ni aniqlaymiz. U holda

$$\varepsilon_3 = \frac{l_1 \omega_1^2 \cos(\alpha_1 - \alpha_3) + l_3 \omega_3^2 + l_2 \omega_2^2 \cos(\alpha_2 - \alpha_3)}{l_2 \sin(\alpha_3 - \alpha_2)}. \quad (2.40)$$

Kulisali mexanizmni ko‘ramiz (2.11-rasm). Krivoship *I* berilgan o‘zgarmas ω_1 burchak tezlik bilan aylanma harakatni amalga oshiradi. Krivoship *I* ning holati qo‘zg‘almas bo‘g‘in θ ning O_1O_2 kesma bilan hosil qiladigan α burchak bilan, kulisaning holatini esa β bilan aniqlanadi. Bo‘g‘inlarning uzunliklarini belgilaymiz, ya‘ni $O_1A=r$, $O_2B=l$ va $O_1O_2=a$. Birinchi navbatda kulisa 3 ning siljish burchagini aniqlaymiz, ya‘ni quyidagicha

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{AC}{O_2C} = \frac{r \sin \alpha}{a + r \cos \alpha} \quad (2.41)$$



2.11-rasm.

Kulisaning burchak tezligini aniqlash uchun (2.41) ifodani vaqt t bo‘yicha differentsiallaymiz

$$\frac{\frac{d\beta}{dt}}{\cos^2 \beta} = \frac{(a + r \cos \alpha) \cos \alpha \frac{d\alpha}{dt} + r^2 \sin^2 \alpha \frac{d\alpha}{dt}}{(a + r \cos \alpha)^2}. \quad (2.42)$$

Agar $\frac{d\alpha}{dt} = \omega_1$ va $\frac{d\beta}{dt} = \omega_3$ ekanligini inobatga olsak, u holda kulisaning

burchak tezligi quyidagiga teng bo‘ladi

$$\omega_3 = \omega_1 r \frac{r + a \cos \alpha}{(a + r \cos \alpha)^2} \cos^2 \beta. \quad (2.43)$$

(2.43) ifodada bitta o'zgaruvchi parametr qolishini ta'minlash uchun $\cos^2 \beta$ ni α orqali ifodalaymiz. Buning uchun, (2.41) ifodani inobatga olib, quyidagini hosil qilamiz

$$\cos^2 \beta = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta} = \frac{(r + a \cos \alpha)^2}{a^2 + 2ar \cos \alpha + r^2}. \quad (2.44)$$

$\cos^2 \beta$ ning (2.44) ifodadagi qiymatini (2.43) ifodaga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz

$$\omega_3 = \omega_1 r \frac{r + a \cos \alpha}{a^2 + 2ar \cos \alpha + r^2}. \quad (2.45)$$

Kulisaning burchak tezlanishini aniqlash uchun (2.45) ifodani vaqt t bo'yicha differentsiallaymiz

$$\varepsilon_3 = \frac{d\omega_3}{dt} = \omega_1^2 r a \frac{(a^2 - r^2) \sin \alpha}{(a^2 + 2ar \cos \alpha + r^2)^2}. \quad (2.46)$$

Kulisadagi B nuqtaning chiziqli tezligini aniqlash uchun, kulisaning burchak tezligi ω_3 ni uning uzunligi l ga ko'paytirish kifoyadir, ya'ni

$$v_B = \omega_3 l = \omega_1 r l \frac{r + a \cos \alpha}{a^2 + 2ar \cos \alpha + r^2}. \quad (2.47)$$

B nuqtaning umumiy chiziqli tezlanishi quyidagiga teng:
tashkil etuvchilarining geometrik yig'indisi bo'yicha

$$\overline{a_B} = \overline{a_B^n} + \overline{a_B^t}, \quad (2.48)$$

tashkil etuvchilarining moduli bo'yicha

$$a_B = \sqrt{(a_B^n)^2 + (a_B^t)^2}. \quad (2.49)$$

B nuqtaning umumiy chiziqli tezlanishini tashkil etuvchilari quyidagiga teng:

normal tezlanish

$$a_B^n = \omega_3^2 l, \quad (2.50)$$

urinma tezlanish

$$a_B^t = \varepsilon_3 l. \quad (2.51)$$

2.3. Polyar planlar usulida mexanizmlar kinematikasini tekshirish

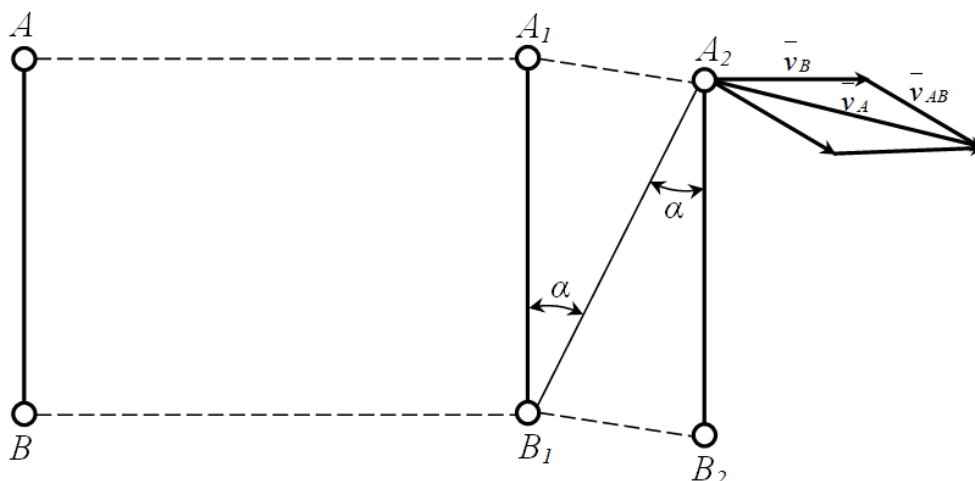
Mexanizmlar kinematikasini tekshirishining eng qulay usullardan biri bu *polyar planlar (rejalar)* usulidir.

Polyar planlar usuli tezlik va tezlanishlar planlarini tuzishga asoslangan boʻlib, kinematik analizning ikkinchi va uchinchi masalasini yechishga qaratilgan. Tezlik va tezlanishlar planlari masshtab koeffitsientiga mos ravishda quriladi va mexanizmning xarakterli nuqtalarini tezlik va tezlanishlarining vektor tenglamalarini grafik usulda yechishga asoslangan.

Maʼlumki, mashina va mexanizmlar tarkibidagi boʻgʻinlar uch turdagi tekis harakatni amalga oshiradi. Bular, qoʻzgʻalmas oʻq atrofida aylanma harakat, toʻgʻri chiziqli ilgariylanma-qaytma harakat va tekis murakkab harakatdir. Nazariy mexanika kursida tekis harakat toʻgʻrisida quyidagicha teorema keltirilgan.

Teorema. Qattiq jismning har qanday tekis harakatini bir ilgariylanma va qutb deb olingan biror ixtiyoriy nuqta atrofidagi harakatlardan iborat deb qarash mumkin (Dalamber teoremasi).

Bu teorema quyidagicha isbotlanadi. Qattiq jismning holati uning ikki nuqtasi yoki bu nuqtalarni tutashiruvchi kesma bilan aniqlanadi. Ana shu nuqtalar A va B boʻlsin (2.12-rasm).



2.12-rasm.

Qattiq jism avval AB holatdan A_1B_1 holatga ilgarilanma harakat qilib ko'chgan bo'lsin. Bu holatda A nuqtaning ko'chishida uni barcha holatlari AA_1 kesmada, B nuqtaning ko'chishida uni barcha holatlari esa BB_1 kesmada bo'ladi. Teorema muvofiq, qattiq jismning tanlab olingan A va nuqtalarning istalganini qutb (oniy aylanish markazi) deb qarash mumkin. A_1 nuqtani A_2 nuqtaga, B_1 nuqtani B_2 nuqtaga ko'chishi uch holatda bo'lishi mumkin. Birinchisi, A_1B_1 kesma ilgarilanma harakat qilib A_2B_2 holat qo'chadi. Ikkinchisi, A_1 nuqta B_1 (qutb) nuqta atrofida α bo'rchakka burilib A_2 holatga o'tadi, so'ngra B_1 nuqta A_1 (qutb) nuqta atrofida α bo'rchakka burilib B_2 holatga o'tadi. Uchinchisi, avval B_1 nuqta A_1 (qutb) nuqta atrofida α bo'rchakka burilib B_2 holatga o'tadi, so'ngra A_1 nuqta B_1 (qutb) nuqta atrofida α bo'rchakka burilib A_2 holatga o'tadi.

Oniy aylanish markazini, ya'ni qutb uchun qaysi nuqtani tanlamaylik, hamma vaqt burilish bir tomonga qarab amalga oshadi.

Teorema asosida AB qattiq jismni bo'g'in sifatida qarab, uning B nuqtasining ko'chishini aniqlashning imkonini beruvchi ifoda bilan tanishib chiqmiz. A_1 nuqtaning ilgarilanma harakatdagi ko'chish vektorini \vec{r}_A , B_1 nuqtaning A_1 nuqta atrofidagi aylanma ko'chishini \vec{r}_{BA} va B_1 nuqtaning umumiy ko'chishini \vec{r}_B bilan belgilasak, u holda

$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + \vec{r}_{BA}. \quad (2.52)$$

\vec{r}_A vektor bo'g'inining barcha nuqtalarining A bilan birga qilgan ilgarilanma harakatini va B nuqtaning ko'chirma harakatini tasvirlaydi. \vec{r}_{BA} B nuqtaning A ga nisbatan nisbiy harakatini va \vec{r}_B B nuqtaning murakkab harakatini tasvirlaydi deb qaraladi.

Agar bo'g'in to'g'ri chiziqli harakat qilsa, u holda har onda shunday nuqta topiladiki, uning tezligi nolga teng bo'ladi. Tezligi nolga teng bo'lgan mana shu nuqta oniy aylanish markazi deyiladi.

Oniy aylanish markazi ma'lum bo'lsa, (2.52) ifoda yordamida B nuqtaning tezligini topamiz. Buning uchun, tenglikni vaqt t bo'yicha differentsiallaymiz

$$\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \frac{d\bar{r}_A}{dt} + \frac{d\bar{r}_{BA}}{dt}, \quad (2.53)$$

bunda $\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \bar{v}_B$ - B nuqtaning tezligi, m/s; $\frac{d\bar{r}_A}{dt} = \bar{v}_A$ - bo'g'inning ilgarilanma harakatini ifodalovchi A nuqtaning tezligi, m/s; $\frac{d\bar{r}_{BA}}{dt} = \bar{v}_{BA}$ - B nuqtaning A nuqta atrofida aylinish tezligi, m/s.

U holda, quyidagi kelib chiqadi

$$\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}. \quad (2.54)$$

Tezliklarning ustidagi chiziqlar ularning vektor kattalik ekanliklarini anglatadi.

B nuqtaning aylinish tezligi \bar{v}_{BA} ning AB kesmaga tik (perpendikulyar) yo'nalganligini inobatga olsak, uni quyidagicha ifodalaymiz

$$\bar{v}_{BA} = \frac{d\bar{r}_{BA}}{dt} = \bar{\omega} r_{BA}. \quad (2.55)$$

A nuqtaning tezligi aniqlash uchun (2.54) tenglikdan foydalanib quyidagicha yozamiz

$$\bar{v}_A = \bar{v}_B + \bar{v}_{AB}. \quad (2.56)$$

A nuqtaning aylinish tezligi \bar{v}_{AB} ning AB kesmaga tik (perpendikulyar) yo'nalganligini inobatga olsak, uni ham quyidagicha ifodalaymiz

$$\bar{v}_{AB} = \frac{d\bar{r}_{AB}}{dt} = \bar{\omega} r_{AB}. \quad (2.57)$$

(2.54) va (2.56) tengliklardagi \bar{v}_{BA} va \bar{v}_{AB} tezliklar bir-biriga teng bo'lib, ular faqat qarama-qarshi tomonga yo'nalgan, ya'ni

$$\bar{v}_{AB} = -\bar{v}_{BA}.$$

SHuni ta'qidlash kerakki, B nuqtaning A nuqta atrofida aylanma tezligi bilan A nuqtaning B nuqta atrofida aylanma tezligi bir-biri modul bo'yicha teng bo'lib faqat ular antiparallel vektorlardir. Demak, $\omega_A AB = \omega_B BA$, bundan

$\omega = \omega_A = \omega_B$ bo'ladi. Agar (2.54) tenglikni AB ga proektsiyalasak, quyidagi kelib chiqadi

$$np_{AB}(\bar{v}_B) = np_{AB}(\bar{v}_A) + np_{AB}(\bar{v}_{BA}). \quad (2.58)$$

Bu yerda $\bar{v}_{BA} \perp AB$ bo'lganligi uchun

$$np_{AB}(\bar{v}_{BA}) = 0.$$

SHuning uchun

$$np_{AB}(\bar{v}_B) = np_{AB}(\bar{v}_A).$$

Demak, tekis harakat qilayotgan bo'g'inlarning ikki nuqtasining tezliklarini, shu nuqtalardan o'tuvchi to'g'ri chiziqdagi proektsiyalari bir-biriga teng bo'lar ekan.

SHuni yodda tutish kerakki, bo'g'indan A va B nuqtalar o'rniga boshqa ikki nuqtani olsak, ularning chiziqli tezlik vektorlari boshqacha bo'ladi. Lekin, qaysi nuqtani asosiy qilib olmaylik burchak tezliklari bir xilda bo'ladi.

Bizga ma'lumki, burchak tezlik burchakning o'zgarishiga bog'lik bo'lgan kattalik sanaladi. 2.13-rasmda A nuqtani B (qutb) nuqtaga nisbatna ma'lum burchakka burilishini ko'rsatuvchi sxema keltirilgan. Sxemaga ko'ra, BA_{03} bo'g'in BA_3 holatga o'tganda, A_{01} , A_{02} va A_{03} nuqtalar mos A_1 , A_2 va A_3 nuqtalarga α_1 , α_2 va α_3 burchaklar ostida ko'chadi (2.13 a -rasm). Bu yerda burchaklar orasidagi munosabat quyidagicha

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha.$$

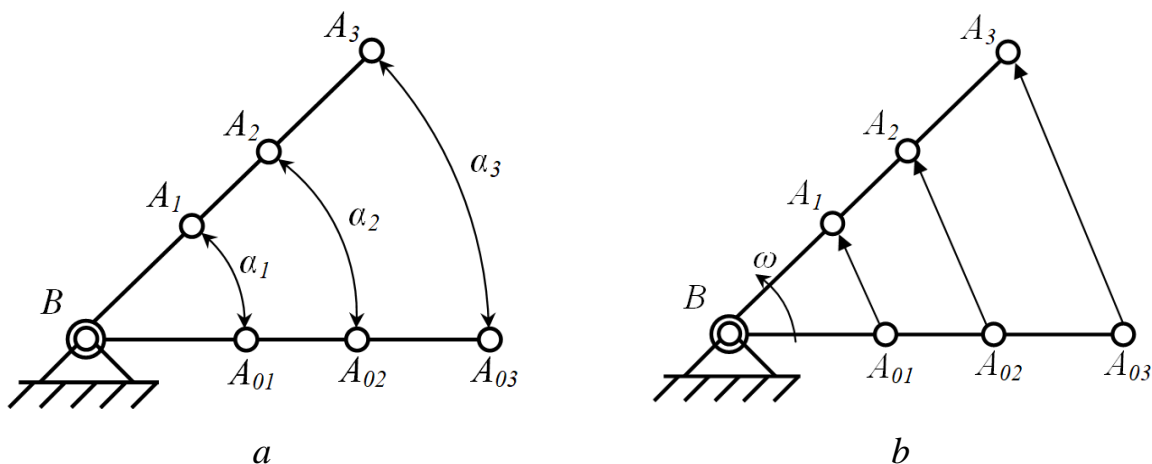
Bu tenglikdan kelib chiqadiki, demak, bo'g'indagi barcha nuqtalarni burchak tezliklari ham bir xil bo'lar ekan, ya'ni

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \omega.$$

Aylanma harakat qilayotgan bo'g'indagi har qanday nuqtaning chiziqli tezligi aylanish o'qidan shu nuqtagacha bo'lgan masofaga proporsional bo'ladi. Agar BA_{03} bo'g'in B nuqta atrofida o'zgarmas ω burchak tezlik bilan aylanma harakat qilib A_{01} , A_{02} va A_{03} nuqtalar mos A_1 , A_2 va A_3 nuqtalarga ko'chsa (2.13 b -

rasm), u holda A_{01} , A_{02} va A_{03} nuqtalarning chiziqli tezliklari quyidagicha ifodalanadi

$$v_{A_{01}} = \omega A_{01} A_1, \quad v_{A_{02}} = \omega A_{02} A_2, \quad v_{A_{03}} = \omega A_{03} A_3.$$



2.13-rasm.

Bu tezliklar qo‘zg‘almas B nuqta atrofidagi aylanma harakatdagi chiziqli tezliklar bulganligi sababli, ular absolyut tezliklar deb ataladi. Bu tezliklar orasidagi munosabat quyidagicha bo‘ladi

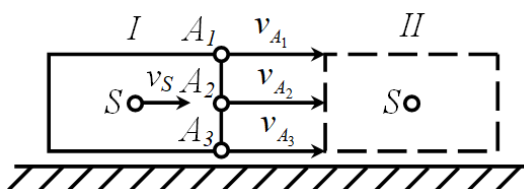
$$v_{A_{01}} \ll v_{A_{02}} \ll v_{A_{03}}.$$

Demak, aylanma harakat qiluvchi bo‘g‘inning burchak tezligi bilan burchak tezlanishi bo‘g‘inga, chiziqli tezlik esa bo‘g‘inning nuqtalariga tegishli ekan.

Mexanizmlar tarkibida shunday bo‘g‘inlar borki, ular faqat ilgari lanma-qaytma harakatni amalga oshiradi. Ilgari lanma-qaytma harakatni amalga oshiradigan bo‘g‘inning harakatini ko‘rib chiqamiz.

Agar biror-bir A bo‘g‘in qo‘zg‘almas yo‘naltiruvchi (tekislik) bo‘ylab ilgari lanma harakatni amalga oshirib I -holatdan II -holatga ko‘chsa (2.14-rasm), u holda A bo‘g‘inning har qanday nuqtasining tezligi qo‘zg‘almas yo‘naltiruvchiga parallel va bir-biriga teng bo‘ladi, ya’ni

$$v_{A_1} = v_{A_2} = v_{A_3} = v_S.$$



2.14-rasm.

Demak, ilgarilanma harakat qiluvchi bo'g'inni o'rganishda uning og'irlik markazining tezligini o'rganish kifoya, chunki bo'g'inning og'irlik markazi og'irlik qo'yilgan nuqta sanalib, shu bo'g'inga hosdir.

Vektor tenglamalarni hosil qilishni richagli mexanizmlar misolida ko'rib chiqamiz, bunda harakatlanish turiga ko'ra xarakterli nuqtalarni ikki guruhga bo'lib olamiz.

Harakatning birinchi ko'rinishi. Ikkita nuqta bitta bo'g'inga tegishli va bir-biridan qandaydir masofaga ajratilgan.

Bunday holatlar, krivoship-polzunli (2.15 *a*-rasm) va krivoship-koromisloli (2.15 *b*-rasm) mexanizmlar uchun xarakterli sanaladi.

A nuqta krivoship *I* larga tegishli bo'lib (2.15 *a*, *b*-rasm), uning tezlik vektori qo'zg'almas bo'g'in *O* ning O_1 nuqtasining tezlik vektori bilan *A* nuqtaning O_1 qo'zg'almas nuqtaga nisbatan aylanma harakatidagi tezlik vektorining geometrik yig'indisiga teng. O_1 nuqta qo'zg'almas bo'g'inga tegishli. U holda, uning vektor tenglamasi quyidagicha

$$\bar{v}_A = \bar{v}_{O_1} + \bar{v}_{AO_1} .$$

Bu yerda \bar{v}_{O_1} tezlik qo'zg'almas bo'g'in *O* ga tegishli bo'lganligi uchun, u nolga teng bo'ladi. SHuning uchun

$$\bar{v}_A = \bar{v}_{AO_1} .$$

A nuqtaning qo'zg'almas O_1 nuqtaga nisbatan aylanma harakatining traektoriyasi aylanadan iborat bo'lib, bu aylananing radiusi krivoship *I* ning uzunligiga teng.

“Nazariy mexanika” kursining “Kinematika” bo'limidan ma'lumki nuqtaning aylanma harakatdagi tezlik vektori uning traektoriyasiga urinma bo'ladi, “CHizma geometriya” kursidagi ma'lumotlarga ko'ra esa aylanaga o'tkazilga urinma uning radiusiga perpendikulyardir.

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, *A* nuqtaning nisbiy harakatdagi tezlik vektori krivoship *I* ga perpendikulyar bo'ladi (2.15 *a*, *b*-rasm), ya'ni

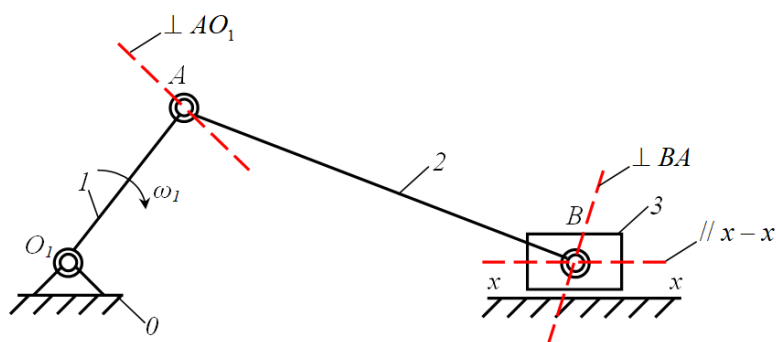
$$\vec{v}_{AO_1} \perp AO_1.$$

SHatun 2 ga tegishli bo‘lgan B nuqtaning tezlik vektori (2.15 a, b -rasm), A nuqtaning tezlik vektori bilan B nuqtaning A ga nisbatan aylanma harakatidagi tezlik vektorining geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni

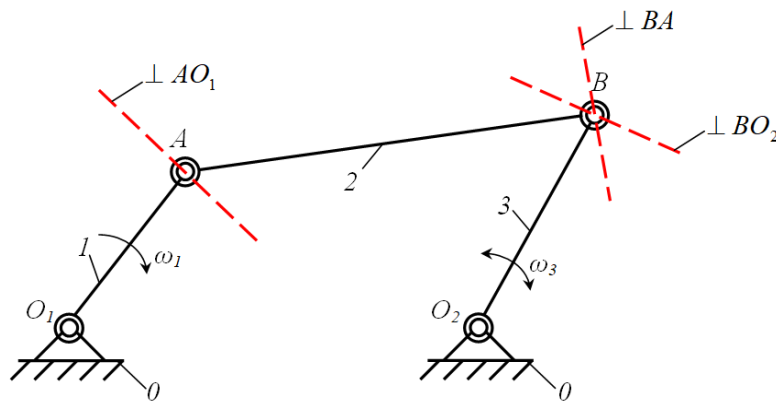
$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}.$$

Bunda A nuqta shartli ravishda qo‘zg‘almas deb qaraladi ($\vec{v}_A = 0$) va shatunga tegishli bo‘ladi. SHuning uchun

$$\vec{v}_B = \vec{v}_{BA}.$$



a



b

2.15-rasm.

B nuqtaning qo‘zg‘almas A nuqtaga nisbatan aylanma harakatining traektoriyasi aylanadan iborat bo‘lib, aylananing radiusi shatun 2 ning uzunligiga teng.

B nuqtaning nisbiy harakatdagi tezlik vektori shatun 2 ga perpendikulyar bo‘ladi (2.15 a, b -rasm), ya’ni

$$\vec{v}_{BA} \perp BA.$$

Polzun 3 ga tegishli bo‘lgan B nuqtaning tezlik vektori B_1 nuqtaning tezlik vektori bilan $x-x$ yo‘naltiruvchidagi ilgariylanma harakat tezligining geometrik yig‘indisiga teng, ya’ni

$$\bar{v}_B = \bar{v}_{B_1} + \bar{v}_{x-x}.$$

Bunda B_1 nuqta qo‘zg‘almas bo‘lganligi uchun ($\bar{v}_{B_1} = 0$)

$$\bar{v}_B = \bar{v}_{x-x}.$$

Polzun 3 ga tegishli bo‘lgan B nuqtaning nisbiy harakatdagi tezlik vektori $x-x$ yo‘naltiruvchiga parallel bo‘ladi (2.15 *a*-rasm), ya’ni

$$\bar{v}_{x-x} // x-x.$$

Koromislo 3 ga tegishli bo‘lgan B tezlik vektori qo‘zg‘almas bo‘g‘in O ning O_2 nuqtasining tezlik vektori bilan B nuqtaning O_2 qo‘zg‘almas nuqtaga nisbatan tebranma harakatidagi tezlik vektorining geometrik yig‘indisiga teng. O_2 nuqta qo‘zg‘almas bo‘g‘inga tegishli. U holda, uning vektor tenglamasi quyidagicha

$$\bar{v}_B = \bar{v}_{O_2} + \bar{v}_{BO_2}.$$

Bu yerda \bar{v}_{O_2} tezlik qo‘zg‘almas bo‘g‘in O ga tegishli bo‘lganligi uchun, u nolga teng bo‘ladi. SHuning uchun

$$\bar{v}_B = \bar{v}_{BO_2}.$$

B nuqtaning qo‘zg‘almas O_2 nuqtaga nisbatan tebranma harakatining traektoriyasi yoydan iborat bo‘lib, bu yoyning egrilik radiusi koromislo 3 ning uzunligiga teng. Uning nisbiy harakatdagi tezlik vektori koromislo 3 ga perpendikulyar bo‘ladi (2.15 *b*-rasm), ya’ni

$$\bar{v}_{BO_2} \perp BO_2.$$

Harakatning ikkinchi ko‘rinishi. Ikkita nuqta bitta turli ikki bo‘g‘inga tegishli va bir-biriga mos keladi. Bunday holatlar kulisali mexanizmlarga tegishlidir.

A nuqta krivoship I ga tegishli bo‘lib, uning tezlik vektori qo‘zg‘almas bo‘g‘in O ning O_1 nuqtasining tezlik vektori bilan A nuqtaning O_1 qo‘zg‘almas nuqtaga nisbatan aylanma harakatidagi tezlik vektorining geometrik yig‘indisiga

teng. O_1 nuqta qo'zg'almas zvenoga tegishli. U holda, uning vektor tenglamasi quyidagicha

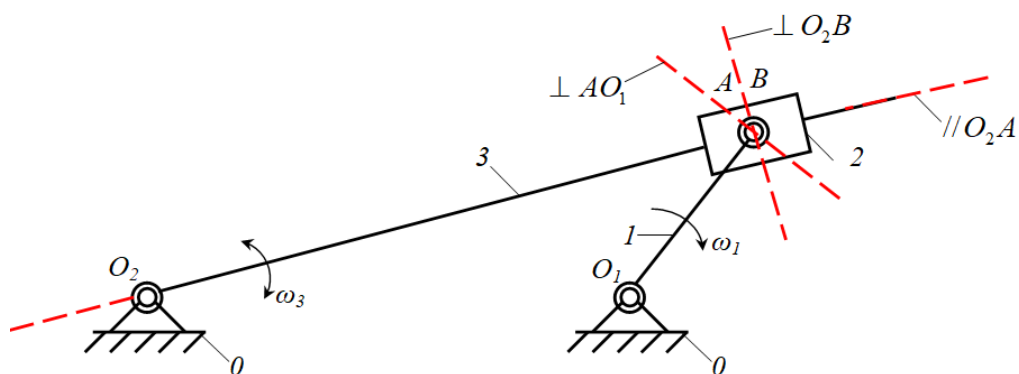
$$\vec{v}_A = \vec{v}_{O_1} + \vec{v}_{AO_1}.$$

Bu yerda ham \vec{v}_{O_1} tezlik qo'zg'almas bo'g'in O ga tegishli bo'lganligi uchun, u nolga teng bo'ladi. SHuning uchun

$$\vec{v}_A = \vec{v}_{AO_1}.$$

A nuqtaning qo'zg'almas O_1 nuqta nisbatan aylanma harakatidagi traektoriyasi aylanadan iborat bo'ladi. A nuqtaning nisbiy tezligi krivoship I ga perpendikulyardir (2.16-rasm), ya'ni

$$\vec{v}_{AO_1} \perp AO_1.$$



2.16-rasm.

Agar B nuqta polzun 2 ga tegishli bo'lsa, uning tezlik vektori A nuqtaning tezlik vektori bilan B nuqtaning A ga nisbatan harkatidagi tezlik vektorining geometrik yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni.

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

Bunda A nuqta shartli ravishda qo'zg'almas deb qaraladi ($\vec{v}_A = 0$) va krivoship I ga tegishli bo'ladi. SHuning uchun

$$\vec{v}_B = \vec{v}_{BA}.$$

Nisbiy harakatdagi tezlik vektori kulisa 3 ga parallel bo'ladi, ya'ni

$$\vec{v}_{BA} // O_2A.$$

Agar B nuqta kulisa 3 ga tegishli bo'lsa, uning tezlik vektori O_2 nuqtaning tezlik vektori bilan B nuqtaning O_2 qo'zg'almas nuqtaga nisbatan harakatidagi tezlik vektorining geometrik yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni.

$$\bar{v}_B = \bar{v}_{O_2} + \bar{v}_{O_2B}.$$

Bu yerda ham \bar{v}_{O_2} tezlik qo'zg'almas bo'g'in O ga tegishli bo'lganligi uchun, u nolga teng bo'ladi. SHuning uchun

$$\bar{v}_B = \bar{v}_{O_2B}.$$

B nuqtaning qo'zg'almas O_2 nuqta nisbatan tebranma harakatidagi traektoriyasi yoydan iborat bo'ladi. B nuqtaning nisbiy tezligi kulisa 3 ga perpendikulyardir (2.16-rasm), ya'ni

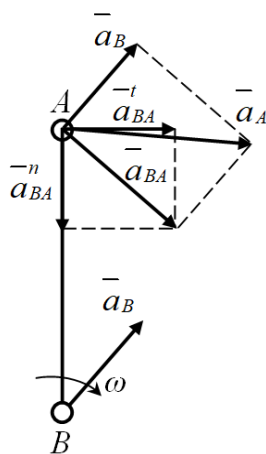
$$\bar{v}_{O_2B} \perp OB_2.$$

Ma'lumki, biror-bir jismning tezlanishini aniqlash uchun, uning tezligini vaqt bo'yicha differentsiallanadi. Biz ham tekis harakatdagi bo'g'inning xarakterli nuqtasining tezlanishini aniqlash uchun, shu nuqtaning tezlik vektorini vaqtga nisbatan differentsiallaymiz. Bunda (2.56) va (2.57) ifodalarni inobatga olib, 2.17-rasmda keltirilgan bo'g'inning A nuqtasi tezlik vektori tenglamasini quyidagicha yozamiz

$$\bar{v}_A = \bar{v}_B + \bar{\omega} \bar{r}_{AB}. \quad (2.59)$$

A nuqtaning tezlanish vektorini aniqlash uchun (2.59) ifodani differentsiallaymiz

$$\bar{a}_A = \frac{d\bar{v}_A}{dt} = \frac{d\bar{v}_B}{dt} + \frac{d\bar{\omega}}{dt} \bar{r}_{AB} + \bar{\omega} \frac{d\bar{r}_{AB}}{dt}. \quad (2.60)$$



2.17-rasm.

(2.60) ifodaning tomonidagi hadlarning har biri bilan alohda tanishib chiqamiz:

1-had $\frac{d\bar{v}_B}{dt} = \bar{a}_B - B$ (shartli ravishda qo‘zg‘almas) nuqtaning tezlanishi;

2-had $\frac{d\bar{\omega}}{dt} \bar{r}_{AB} = \bar{a}_{AB}^t - A$ nuqtaning B nuqta atrofidagi aylanma tezlanishi,

ya’ni urinma tezlanish deb ataladi. Bu yerda $\frac{d\bar{\omega}}{dt} = \bar{\varepsilon}$ -burchak tezlanish vektori.

Urinma tezlanish vektori $\bar{a}_{AB}^t \perp AB$ bo‘lib, agar harakat tezlanuvchan bo‘lsa \bar{v}_{AB} bilan bir xil yo‘nalishda, harakat sekinlanuvchan bo‘lsa qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘ladi. Umumiy holda, urinma tezlanish quyidagicha ifodalanadi

$$\bar{a}_{AB}^t = \varepsilon r_{AB} \sin(\hat{\varepsilon} \hat{r}_{AB}) = \varepsilon r_{AB}.$$

3-had $\bar{\omega} \frac{d\bar{r}_{AB}}{dt} = \bar{a}_{AB}^n$ -normal (markazga intilma) tezlanish deb ataladi.

Normal tezlanish vektori $\bar{a}_{AB}^n // AB$ bo‘lib, A nuqtadan B nuqtaga yo‘naladi. Umumiy holda, normal tezlanish quyidagicha ifodalanadi

$$\bar{a}_{AB}^n = \omega^2 r_{AB}.$$

SHunday qilib, tekis harakat qilayotgan bo‘g‘inning A nuqtasining tezlanishi quyidagi teng ekan

$$\bar{a}_A = \bar{a}_B + \bar{a}_{AB}^t + \bar{a}_{AB}^n.$$

Demak, tekis aylanma harakat qilayotgan bo'g'in nuqtasining tezlanishi qo'zg'almas deb olingan nuqta tezlanishiga teng bo'lgan ilgarilanma harakat tezlanishi, tekshirilayotgan nuqtaning qo'zg'almas nuqta atrofidagi aylanma va markazga intilma tezlanish vektorlarining yig'indisiga teng bo'lar ekan.

Nazariy mexanika kursidan ma'lumki, nuqtaning qandaydir ma'lum bir koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshiriladi. Biroq bu sistemaning o'zi ham boshqa biror bir koordinataga nisbatan qandaydir harakat qilishi mumkin. U holda nuqtaning harakati qo'zg'almas sistemaga nisbatan murakkab harakat bo'ladi. Nuqta, harakatlanayotgan sistemaning harakatida ishtirok etayotganligi uchun, u bu sistema bilan birga ko'chadi. SHuning uchun, nuqtaning bu harakati ko'chirma harakat deyiladi. Nuqtaning harakatlanayotgan sistemaga nisbatan harakati *nisbiy harakat* deyiladi.

Ko'chirma harakatda nuqtaning tezlanishi ikki xil bo'lishi mumkin.

Birinchisi, ko'chirma harakati ilgarilanma bo'lgan murakkab harakatdagi nuqtaning absolyut tezlanishi ko'chirma harakat tezlanishi bilan nisbiy harakat tezlanishining geometrik yig'indisiga teng, ya'ni

$$\bar{a}_A = \bar{a}_B + \bar{a}_{AB} = \bar{a}_B + \bar{a}_{AB}^t + \bar{a}_{AB}^n .$$

Ikkinchisi, ko'chirma harakati ilgarilanma bo'lmagan, murakkab harakatdagi nuqtaning absolyut tezlanishi ko'chirma, nisbiy va qo'shimcha tezlanishlarining geometrik yig'indisiga teng, ya'ni

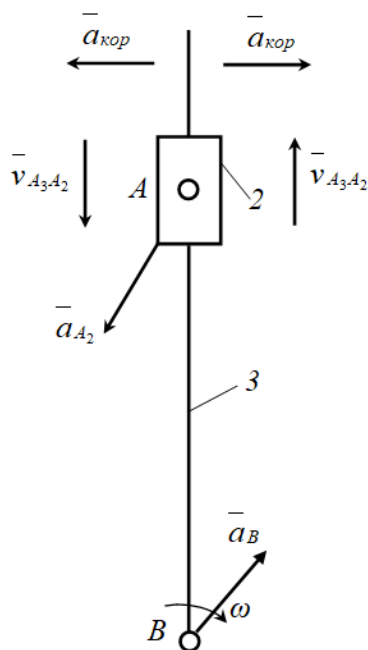
$$\bar{a}_A = \bar{a}_B + \bar{a}_{AB} + \bar{a}_{kop} .$$

Bu yerdagi qo'shimcha tezlanish koriolis tezlanishi bo'lib, u birinchi bo'lib frantsuz olimi Gaspar-Gyustav De Koriolis tomonidan aniqlangan. Koriolis tezlanishi quyidagicha ifodalanadi

$$\bar{a}_{kop} = 2\omega v \sin(\hat{\omega} \hat{v}) = 2\omega v .$$

Demak, koriolis tezlanishi ko'chirma harakat burchak tezligi bilan nisbiy harakat tezligining aylanish o'qiga tik tuzuvchisi ko'paytmalarining ikkilangan qiymatiga teng ekan.

Koriolis tezlanish haqidagi ma'lumotlarni yanada oydinlashtirish maqsadida kulisali guruh misolida ko'rib chiqamiz (2.18-rasm).



2.18-rasm.

Agar kulisa aylanma harakat qilsa, u holda, polzunning umumiy tezlanishi yuqorida ta'kidlanganidek, uchta tezlanish yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni polzunning kulisa bilan birga ko'chirma harakatdagi tezlanishi (\bar{a}_{A_3}), polzunning kulisaga nisbatan tezlanishi ($\bar{a}_{A_2A_3}$) va koriolis tezlanishi. U quyidagicha ifodalanadi

$$\bar{a}_{A_2} = \bar{a}_{A_3} + \bar{a}_{A_2A_3} + \bar{a}_{kop}.$$

Bu yerda koriolis tezlanishi quyidagiga teng

$$\bar{a}_{kop} = 2\omega v_{A_2A_3} \sin(\bar{\omega} \hat{v}_{A_2A_3}).$$

Tekis harakat qiladigan bo'g'inlarning nuqtalarining nisbiy tezlik vektorlari bilan bo'g'inning burchak tezligi vektori bir-biriga tik yo'nalganligi uchun, ular orasidagi burchak 90° tengdir. SHuning uchun, $\sin(\bar{\omega} \hat{v}_{A_2A_3}) = 1$ bo'ladi. U holda, koriolis tezlanish quyidagicha ifodalanadi

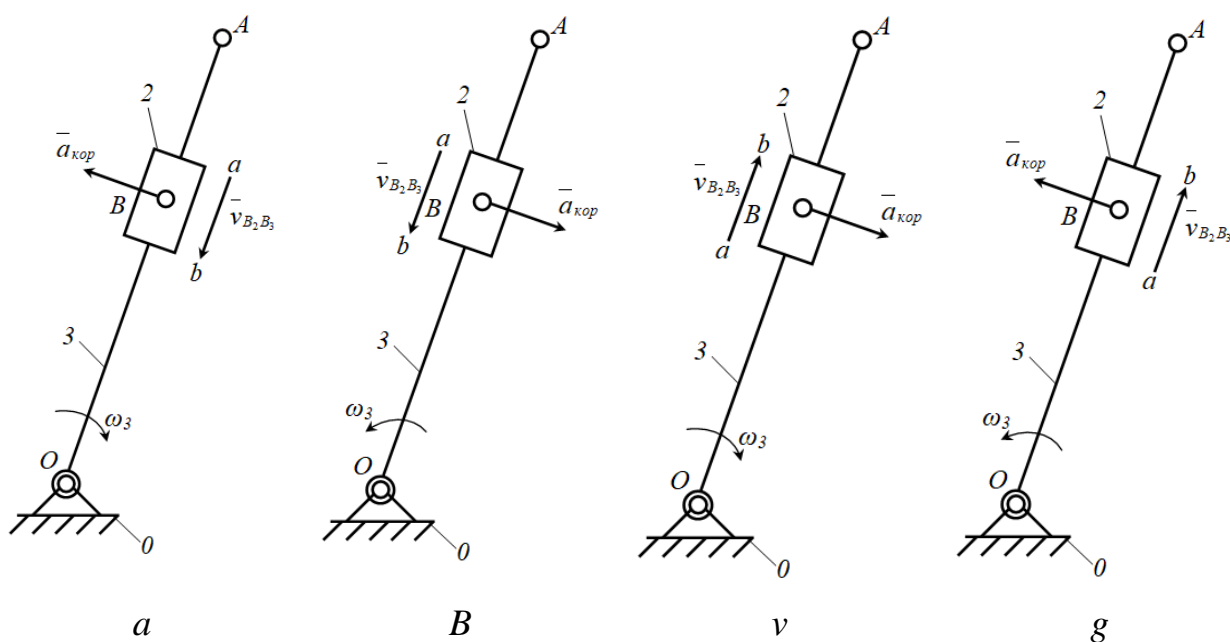
$$\bar{a}_{kop} = 2\omega v_{A_2A_3}.$$

Yuqorida ko‘rilgan harakatlardan tashqari kulisa, B nuqta bilan birga va uning atrofida aylanma harakatda bo‘lishi mumkin. U holda, kulisaning bu harakatdagi kulisaning tezlanishi quyidagicha ifodalanadi

$$\bar{a}_{A_3} = \bar{a}_B + \bar{a}_{A_3B}^t + \bar{a}_{A_3B}^n.$$

Koriolis tezlanishi qaysi tomonga yo‘nalganligini bilish uchun polzunning nisbiy tezlik vektorini, kulisaning burchak tezligi aylangan tomonga qaratib 90° aylantiriladi¹. Masalani yaxshiroq tushunish uchun quyidagi to‘rtta holatni qo‘rib chiqamiz (2.19-rasm).

Bu yerda kulisa 3 raqami bilan, uning burchak tezligi ω_3 bilan belgilangan. Tosh esa 2 raqami bilan, uning kulisa 3 ga nisbatan tezligi $\bar{v}_{B_2B_3}$ belgilangan.



2.19-rasm.

Birinchi vaziyat – nisbiy tezlik ($\bar{v}_{B_2B_3}$) A nuqtadan O nuqtaga tomonga, kulisaning burchak tezligi (ω_3) esa soat strelkasi yuradigan tomonga yo‘nalgan. Koriolis tezlanishining yo‘nalishi ab vektorni b uchini a atrofida ω_3 tomonga qarab 90° burchakkka aylantirish yo‘li bilan hosil qilinadi ($\bar{a}_{kop} \perp OA$ yoki $\bar{a}_{kop} \perp \bar{v}_{B_2B_3}$) (2.19 a-rasm).

¹ X.X.Усмонхўжаев. Механизм ва машиналар назарияси. –Т.: Ўқитувчи, 1981. – 520 б.

Ikkinchi vaziyat – nisbiy tezlik ($\bar{v}_{B_2B_3}$) A nuqtadan O nuqtaga tomonga, kulisaning burchak tezligi (ω_3) esa soat strelkasi yuradigan tomonga teskari yoʻnalgan (2.19 b-rasm).

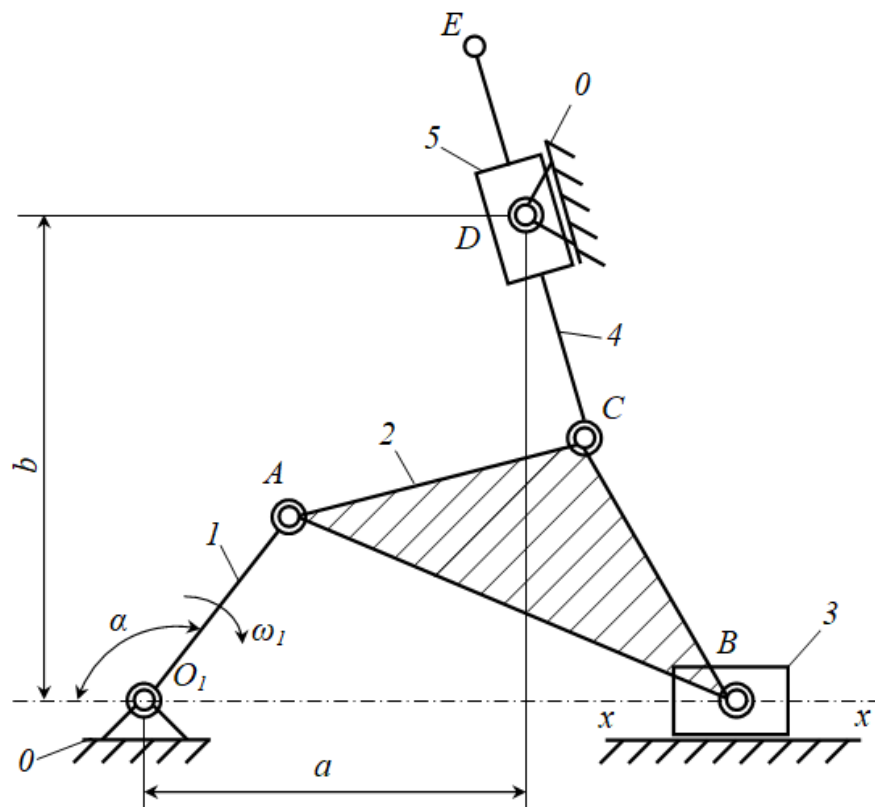
Uchinchi vaziyat – nisbiy tezlik ($\bar{v}_{B_2B_3}$) O nuqtadan A nuqtaga tomonga, kulisaning burchak tezligi (ω_3) esa soat strelkasi yuradigan tomonga yoʻnalgan (2.19 v-rasm).

Toʻrtinchi vaziyat – nisbiy tezlik ($\bar{v}_{B_2B_3}$) O nuqtadan A nuqtaga tomonga, kulisaning burchak tezligi (ω_3) esa soat strelkasi yuradigan tomonga teskari yoʻnalgan (2.19 g-rasm).

Ayrim mexanizmlarni grafo-analitik usulda kinematik tahlil qilishni misollarda oʻrganib chiqamiz.

Misol. 2.20-rasmda tarkibida bazisli boʻgʻini boʻlgan richagli mexanizmning berilgan holati uchun tezlik va tezlanishlar plani tuzilsin.

Berilgan: $O_1A=0,25$ m, $\alpha=120^\circ$, $p_1=50$ ayl/min, $a=3 \cdot O_1A=0,75$ m, $b=3,5 \cdot O_1A=0,875$ m, $AB=5 \cdot O_1A=1,25$ m, $CE=4 \cdot O_1A=1,0$ m, $AC=BC=2,6 \cdot O_1A=0,65$ m.



2.20-rasm.

Echish. Berilgan mexanizm μ_l masshtabda chizilgan deb qabul qilib (2.21 a-rasm), O_1A krivoshipning burchak tezligi ω_1 ni aniqlaymiz

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 50}{30} = 5,23 \frac{pad}{cek}.$$

Aniqlangan ω_1 inobatga olib, krivoshipning A nuqtasining tezligini quyidagicha aniqlaymiz

$$v_A = \omega_1 \cdot O_1A = 5,23 \cdot 0,25 = 1,30 \frac{M}{c}.$$

Mexanizmning berilgan holati uchun tezliklar planini tuzish uchun, tezliklar plani uchun masshtab koefitsieti μ_v ni aniqlaymiz

$$\mu_v = \frac{v_A}{pa} = \frac{1,308}{30} = 0,0436 \frac{m/s}{mm}.$$

Bu koefitsient tuzilgan tezliklar planida har bir mm da qancha m/s haqiqiy tezlik borligini bildiradi.

Tezliklar planini tuzishda, ixtiyoriy biror-bir nuqtani qutb nuqta deb olib, uni r bilan belgilaymiz. r nuqtadan O_1A krivoshipga tik qilib va uning burchak tezligi yoʻnalgan tomonga qarab $30 mm$ uzunlikdagi ra kesmani chizamiz ($pa \perp O_1A$).

B nuqta bazisli boʻgʻin bilan tekis parallel va polzun bilan $x-x$ yoʻnaltiruvchi boʻylab ilgari lanma-qaytma harakatda qatnashadi. SHuning uchun B nuqtaning tezligini aniqlashda quyidagicha vektor tenglamalar sistemasini tuzamiz

$$\begin{cases} \bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA} \\ \bar{v}_B = \bar{v}_{x-x} + \bar{v}_{Bx-x}, \end{cases}$$

bunda \bar{v}_A -krivoship A nuqtasining tezligi (shu onda qoʻzgʻalmas); \bar{v}_{BA} - bazisli boʻgʻindagi B nuqtaning A nuqtaga nisbatan harakatidagi tezligi ($ab \perp AB$); \bar{v}_{x-x} - $x-x$ yoʻnaltiruvchining tezligi ($\bar{v}_{x-x} = 0$); \bar{v}_{Bx-x} -polzundagi B nuqtaning $x-x$ yoʻnaltiruvchiga nisbatan ilgari lanma harakatidagi tezligi ($pb // x-x$).

Tezliklar planidagi ra kesmaning a nuqtasidan AB boʻgʻinga nisbatan tik (perpendikulyar) toʻgʻri chiziq va r nuqtasidan esa $x-x$ yoʻnaltiruvchiga nisbatan

parallel to'g'ri chiziq o'tkazamiz. Bu chizilgan ikki to'g'ri chiziqlarning kesishgan nuqtasida b hosil bo'ladi.

S nuqtaning tezligini aniqlash uchun quyidagi vektor tenglamalar sistemasini tuzamiz

$$\begin{cases} \bar{v}_C = \bar{v}_A + \bar{v}_{CA} \\ \bar{v}_C = \bar{v}_B + \bar{v}_{CB}, \end{cases}$$

bunda \bar{v}_{CA} - bazisli bo'g'indagi S nuqtaning A nuqtaga nisbatan harakatidagi tezligi ($ca \perp CA$); \bar{v}_{CB} - bazisli bo'g'indagi C nuqtaning B nuqtaga nisbatan harakatidagi tezligi ($cb \perp CB$).

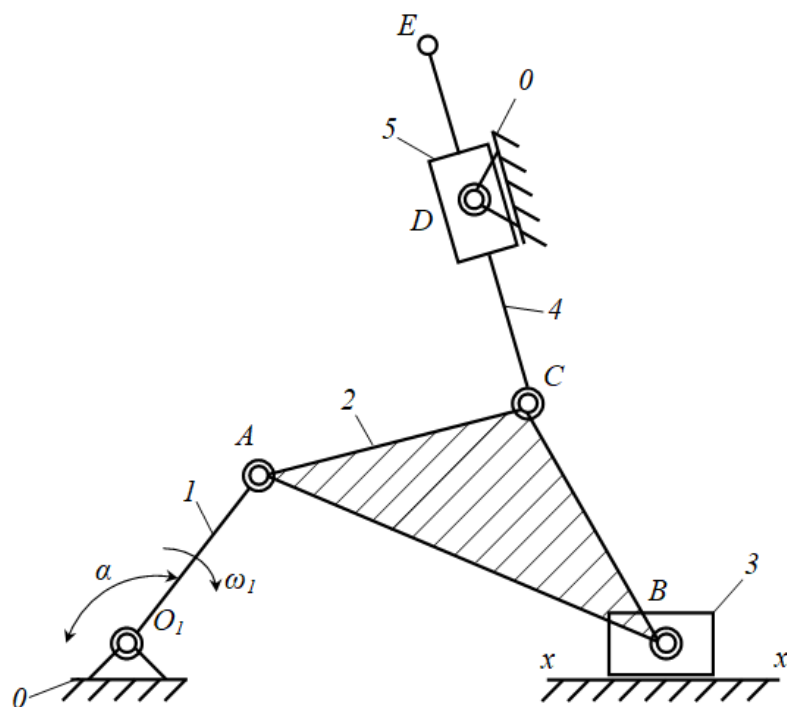
Tezliklar planida A va B nuqtalarning tezliklari ra va rb lar topilgan. SHu ra va rb kesmalarning a va b nuqtalaridan mos ravishda AC va BC larga nisbatan tik to'g'ri chiziqlar o'tkazamiz. Bu chizilgan ikki to'g'ri chiziqlarning kesishishidan s nuqta hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan s nuqtani qutb nuqta r bilash tutashtirib rs kesmani hosil qilamiz.

D nuqtaning tezligini aniqlash uchun quyidagi vektor tenglamalar sistemasini tuzamiz

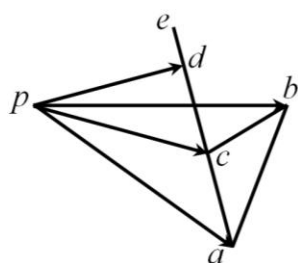
$$\begin{cases} \bar{v}_D = \bar{v}_C + \bar{v}_{DC} \\ \bar{v}_D = \bar{v}_{D_0} + \bar{v}_{DD_0} \end{cases}$$

bunda \bar{v}_{DC} - kulisadagi D nuqtaning S nuqtaga nisbatan harakatidagi tezligi ($dc \perp DC$); \bar{v}_{DD_0} - kulisadagi D polzun 5 ga nisbatan ilgarilanma harakatidagi tezligi ($dd_0 // DC$).

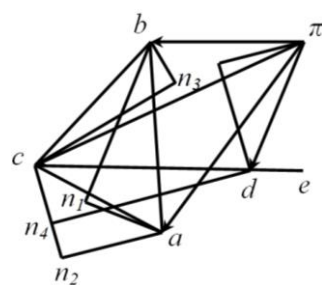
Tezliklar planida C nuqtaning tezligi rs topilgan. SHu rs kesmaning s nuqtasidan DC nisbatan tik va parallel to'g'ri chiziqlar o'tkazamiz. Bu chizilgan ikki to'g'ri chiziqlarning kesishishidan d nuqta hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan d nuqtani qutb nuqta r bilash tutashtirib rd kesmani hosil qilamiz.



A



b



v

2.21-rasm.

Kulisaga tegishli bo‘lgan Ye nuqtaning tezligini o‘xshashlik teoremasiga binoan proporsiya tuzish yo‘li bilan aniqlaymiz

$$\frac{dc}{DC} = \frac{ce}{CE} \quad \text{yoki} \quad ce = \frac{dc \cdot CE}{DC}$$

ce uzunlikdagi kesmani tezliklar planidagi *dc* vektori yo‘nalishida o‘lchab qo‘yamiz va *ye* nuqtani aniqlaymiz. Natijada, 2.21 *b*-rasmida keltirilgan tezliklar plani hosil bo‘ladi.

Tezliklarning haqiqiy qiymatlarini tezliklar planidagi tezlik vektorlarining uzunliklarini o‘lchab tezliklar masshtabi koeffitsientiga ko‘paytirib aniqlaymiz.

Ya'ni: $\bar{v}_A = pa \cdot \mu_V$; $\bar{v}_B = pb \cdot \mu_V$; $\bar{v}_C = pc \cdot \mu_V$; $\bar{v}_D = pd \cdot \mu_V$; $\bar{v}_{AB} = ab \cdot \mu_V$;
 $\bar{v}_{AC} = ac \cdot \mu_V$; $\bar{v}_{BC} = bc \cdot \mu_V$; $\bar{v}_{DC} = dc \cdot \mu_V$; $\bar{v}_{CE} = ce \cdot \mu_V$

Tezlanishlar planini tuzishdan oldin 2 va 4-bo'g'inlarning burchak tezliklarini aniqlab olamiz

$$\omega_2 = \frac{V_{AB}}{AB} \quad \text{va} \quad \omega_4 = \frac{V_{CD}}{CD}.$$

Endi, 2.21-rasmda keltirilgan mexanizmning berilgan holati uchun tezlanishlar planini quramiz. Krivoshipning aylanma harakat qilganligi uchun, A nuqtaning tezlanishi normal va urinma tezlanishlardan iborat bo'ladi.

Krivoship 1 ga tegishli bo'lgan A nuqtaning normal tezlanishini quyidagicha aniqlaymiz

$$\bar{a}_{O_1A}^n = \bar{\omega}_1^2 \cdot O_1A = 6,84 \text{ m/s}^2.$$

Krivoship 1 ning normal tezlanishi A nuqtadan O_1 nuqtaga qarab yo'naladi, tangentsial tezlanishi esa krivoship 1 ga tik bo'ladi.

Krivoship o'zgarmas burchak tezlik ($\omega_1 = const$) bilan harakatlanganligi uchun uning burchak tezlanishi nolga teng, ya'ni

$$\bar{\varepsilon}_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = 0$$

va

$$\bar{a}_{O_1A}^t = \bar{\varepsilon}_1 \cdot O_1A = 0.$$

SHuning uchun A nuqtaning tezlanishi faqat normal tezlanishdan iboratdir. Tezlanishlar plani uchun masshtab koeffitsieti μ_a ni aniqlaymiz

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi_a} = \frac{6,84}{30} = 0,228 \frac{\text{m/s}^2}{\text{mm}}$$

Tezliklar planini tuzishda, ixtiyoriy biror-bir nuqtani qutb nuqta deb olib, uni π bilan belgilaymiz. π nuqtadan O_1A krivoshipga parallel qilib va A nuqtadan O_1 nuqtaga qarab 30 mm uzunlikdagi πa kesmani chizamiz ($\pi a // O_1A$).

Bazisli bo‘g‘in va shatunga tegishli bo‘lgan B nuqtaning tezlanishini topish uchun, B nuqtani tezlanishini A nuqta va $x-x$ yo‘naltiruvchining tezlanishlariga bog‘laydigan quyidagi vektor tenglamalar sistemasini tuzamiz

$$\begin{cases} \bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA} + \bar{a}_{BA} \\ \bar{a}_B = \bar{a}_{x-x} + \bar{a}_{Bx-x} + \bar{a}_{Bx-x} \end{cases}$$

B nuqtaning A nuqtaga nisbatan normal tezlanishi \bar{a}_{BA}^n ni aniqlaymiz

$$\bar{a}_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot AB.$$

Bu tezlanishning chizmadagi uzunligi quyidagicha aniqlanadi

$$an_1 = \frac{a_{AB}^n}{\mu_a}$$

Tezlanishlar planidagi πa kesmaning a nuqtasidan AB bo‘g‘inga nisbatan parallel qilib, B nuqtadan A nuqta tomon ap_1 kesmani chizamiz. Bu kesmaning uchidan AB ga tik urinma to‘g‘ri chiziq (\bar{a}_{BA}^t) o‘tkazamiz. Yuqoridagi tenglamalar sistemasining ikkinchi tenglamadagi $\bar{a}_{x-x} = 0$ va $\bar{a}_{Bx-x}^k = 0$ bo‘lganligi uchun, qutb π nuqtadan $x-x$ yo‘naltiruvchiga parallel qilib to‘g‘ri chiziq (\bar{a}_{Bx-x}^r) o‘tkazamiz. Bu to‘g‘ri chiziq (\bar{a}_{Bx-x}^r)ni urinma to‘g‘ri chiziq (\bar{a}_{BA}^t) bilan kesishgan nuqtasini b bilan belgilaymiz.

Bazisli bo‘g‘inga tegishli bo‘lgan C nuqtaning tezlanishini topish uchun, S nuqtani tezlanishini A va B nuqtalarning tezlanishlariga bog‘laydigan quyidagi vektor tenglamalar sistemasini tuzamiz

$$\begin{cases} \bar{a}_C = \bar{a}_A + \bar{a}_{CA} + \bar{a}_{CA} \\ \bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}_{CB} + \bar{a}_{CB} \end{cases}$$

C nuqtaning A nuqtaga nisbatan normal tezlanishi \bar{a}_{CA}^n ni aniqlaymiz

$$\bar{a}_{CA}^n = \frac{V_{CA}^2}{CA}$$

Bu tezlanishning chizmadagi uzunligi quyidagicha aniqlanadi

$$an_2 = \frac{\bar{a}_{CA}^{-n}}{\mu_a}.$$

C nuqtaning B nuqtaga nisbatan normal tezlanishi \bar{a}_{CB}^{-n} ni aniqlaymiz

$$\bar{a}_{CB}^{-n} = \frac{V_{CB}^2}{CB}.$$

Bu tezlanishning chizmadagi uzunligi quyidagicha aniqlanadi

$$bn_2 = \frac{\bar{a}_{CB}^{-n}}{\mu_a}.$$

Tezlanishlar planidagi πa kesmaning a nuqtasidan CA ga nisbatan parallel qilib, C nuqtadan A nuqta tomon ap_2 kesmani chizamiz. Bu kesmaning uchidan CA ga tik urinma to'g'ri chiziq (\bar{a}_{CA}^{-t}) o'tkazamiz. SHundan so'ng, tezlanishlar planidagi πb kesmaning b nuqtasidan CB ga nisbatan parallel qilib, C nuqtadan B nuqta tomon bp_3 kesmani chizamiz. Bu kesmaning uchidan CB ga tik urinma to'g'ri chiziq (\bar{a}_{CB}^{-t}) o'tkazamiz. ap_2 va bp_3 kesmalarning uchlariga o'tkazilgan urinma to'g'ri chiziqlarni kesishgan nuqtasini s bilan belgilaymiz. Hosil bo'lgan s nuqtani qutb nuqta π bilan tutashtirib πs kesmani hosil qilamiz.

D nuqtaning tezlanishini aniqlash uchun quyidagi vektor tenglamalar sistemasini tuzamiz

$$\begin{cases} \bar{a}_D = \bar{a}_C + \bar{a}_{DC}^{-n} + \bar{a}_{DC}^{-t} \\ \bar{a}_D = \bar{a}_{D_o} + \bar{a}_{DD_o}^{-k} + \bar{a}_{DD_o}^{-r} \end{cases}$$

D nuqtaning C nuqtaga nisbatan normal tezlanishi \bar{a}_{BA}^{-n} ni aniqlaymiz

$$\bar{a}_{DC}^{-n} = \omega_2^2 \cdot DC.$$

Bu tezlanishning chizmadagi uzunligi quyidagicha aniqlanadi

$$cn_4 = \frac{\bar{a}_{DC}^{-n}}{\mu_a}.$$

Koriolis tezlanishining qiymatini quyidagicha aniqlaymiz

$$\bar{a}_{DD_o}^{-k} = 2\bar{\omega}_4 \cdot \bar{v}_D.$$

Koriolis tezlanishining chizmadagi uzunligi quyidagicha aniqlanadi

$$\pi\kappa = \frac{a_{DD_0}^k}{\mu_a}$$

Tezlanishlar planidagi πc kesmaning c nuqtasidan DC bo‘g‘inga nisbatan parallel qilib, D nuqtadan C nuqta tomon cp_4 kesmani chizamiz. Bu kesmaning uchidan DC ga tik urinma to‘g‘ri chiziq (\bar{a}_{DC}^t) o‘tkazamiz. Tenglamalar sistemasining ikkinchi tenglamadagi $\bar{a}_{D_0} = 0$ bo‘ladi, chunki u qo‘zg‘almas bo‘g‘inga tegishli. Koriolis tezlanishi vektorining yo‘nalishini aniqlash uchun relyativ tezlik vektori \bar{v}_D ni kulisaning burchak tezligi $\bar{\omega}_4$ yo‘nalishi bo‘yicha 90° ga burib topiladi. $\bar{a}_{DD_0}^r$ relyativ tezlanish vektori kulisaga parallel yo‘naladi, qiymati esa tezlanishlar planini chizish yo‘li bilan topiladi. SHundan so‘ng, qutb nuqta π dan $\pi\kappa$ kesmani, ya‘ni koriolis tezlanishini aniqlangan yo‘nalishida DC ga tik qilib chizamiz. Bu kesmaning uchidan DC ga parallel qilib to‘g‘ri chiziq ($\bar{a}_{DD_0}^r$) o‘tkazamiz. O‘tkazilgan to‘g‘ri chiziq (\bar{a}_{Bx-x}^r)ni urinma to‘g‘ri chiziq (\bar{a}_{DC}^t) bilan kesishgan nuqtasini d bilan belgilaymiz. Hosil bo‘lgan d nuqtani qutb nuqta π bilash tutashtirib πd kesmani hosil qilamiz.

Kulisaga tegishli bo‘lgan Ye nuqtaning tezlanishini o‘xshashlik teoremasiga binoan proporsiya tuzish yo‘li bilan aniqlaymiz

$$\frac{dc}{DC} = \frac{ce}{CE} \quad \text{yoki} \quad ce = \frac{dc \cdot CE}{DC}$$

ce uzunlikdagi kesmani tezlanishlar planidagi dc vektori yo‘nalishida o‘lchab qo‘yamiz va ye nuqtani aniqlaymiz. Natijada, 2.21 v-rasmda keltirilgan tezlanishlar plani hosil bo‘ladi.

Tezlanishlarning haqiqiy qiymatlarini tezlanishlar planidagi tezlanish vektorlarining uzunliklarini o‘lchab tezlanishlar masshtabi koeffitsientiga ko‘paytirib aniqlaymiz. Ya‘ni: $\bar{a}_A = \pi a \cdot \mu_a$; $\bar{a}_B = \pi b \cdot \mu_a$; $\bar{a}_C = \pi c \cdot \mu_a$; $\bar{a}_D = \pi d \cdot \mu_a$; $\bar{a}_{AB} = ab \cdot \mu_a$; $\bar{a}_{AC} = ac \cdot \mu_a$; $\bar{a}_{BC} = bc \cdot \mu_a$; $\bar{a}_{DC} = dc \cdot \mu_a$; $\bar{a}_{CE} = ce \cdot \mu_a$.

Xulosa o‘rnida shuni aytish mumkinki, mexanizm tarkibidagi tezlik va tezlanishlari nolga teng nuqtalar kutb deb tanlab olingan nuqta (r va π)da yotadi. Har doim qutbdan chiqib tashqariga qarab yo‘nalgan vektorlar absolyut tezlik va

tezlanishlardir. Qutbdan chiqmasdan, absolyut tezlik va tezlanishlarni uchlarini birlashtiruvchi vektorlar nisbiy tezlik va tezlanishlardir.

III-BOB. MEXANIZMLAR DINAMIKASI

3.1. Mexanizmlar dinamikasi. Mexanizm bo'g'inariga ta'sir etuvchi kuchlar.

Inertsia kuchlari va momentlari

Kinematika bo'limida mexanizmlarning harakatini ta'sir etuvchi kuchlarni inobatga olmasdan, uni geometrik nuqtai nazardan o'rgangan edik. Mexanizmlar dinamikasida kuchlar ta'siridagi mexanizmlar harakatiga doir qator masalalar o'rganiladi. Ya'ni, mexanizmlar bo'g'inariga ta'sir etadigan kuchlarni to'g'ri taqsimlash hisobiga, mashinalar uchun dolzarb bo'lgan maqbul ish rejimlarini, energiya va resurstejamkorlikni ta'minlash, yuqori ish unumdorlikka erishish yo'llari o'rganiladi.

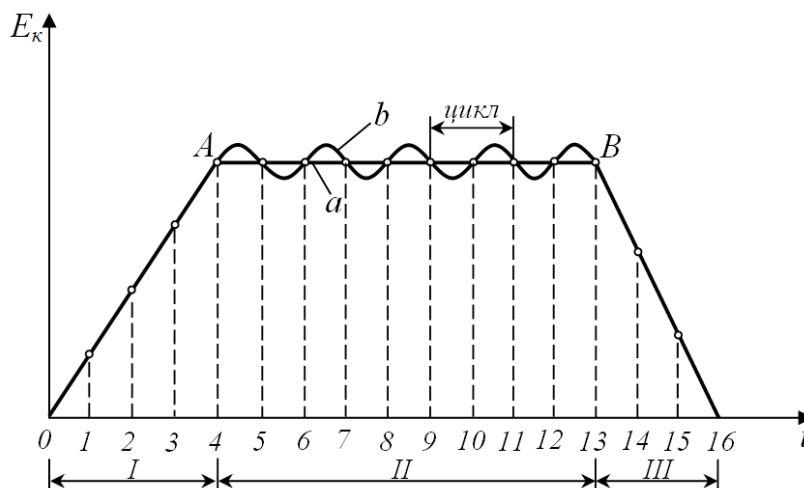
Demak, mexanizmlar dinamikasi ham harakatni o'rganar ekan. Bizga ma'lumki, mashinalar mexanizmlardan tuzilgan bo'ladi. Umuman olganda, mashinalarning harakati ikki turgan bo'linadi: barqarorlashmagan va barqaror.

Barqarorlashmagan harakatning asosiy xususiyati shundaki, unda kinetik energiyaning ortib ketishi yoki kamayib ketishi kuzatiladi. Barqarorlashmagan harakat muvozanatlashmagan kuchlar ta'sirida paydo bo'lib, bunda harakat davrining barcha qismlari (3.1-rasm, 0-4, 13-16)da bajarilgan ishlarning yig'indisi nolga teng bo'la olmaydi.

Har qanday mashinaning ishlash davrini uch davrga bo'lish mumkin: 1- yurgizish davri (3.1-rasm, I); 2-barqaror yurish davri (3.1-rasm, II); 3-to'xtash davri (3.1-rasm, III).

Mashinani yurgizish va to'xtatish davrlarida hamda yuklanishlarni o'zgarishi va mashinani rostlash (sozlash) vaqtida muvozanatlashmagan kuchlar ta'sir etadi. SHularning hisobiga mashina barqarorlashmagan harakatni amalga oshiradi. Masalan, mashinaning yurgizish davrida, agar aylanma harakat qilsa, yetakchi bo'g'inning burchak tezligi noldan maksimum qiymatigacha ortib boradi. Burchak tezlik maksimum qiymatiga yetganidan so'ng o'sishdan to'xtaydi va mashinaning kinetik energiyasining ortishi ham barham topadi. SHundan so'ng,

mashinaning barqarorlashmagan harakat davri tugaydi va barqarorlashgan harakatda bo‘ladi.



3.1-rasm.

Barqaror harakatning asosiy xususiyati shundan iboratki, unda kinetik energiyaning ortib ketishi yoki kamayib ketishi kuzatilmaydi.

Barqaror harakat ham ikki turga bo‘linadi: muvozanatlashgan va muvozanatlashmagan.

Mashinaning muvozanatlashgan barqaror harakatida, uning yetakchi bo‘g‘inining burchak tezligi o‘zgarmas (doimiy) bo‘ladi. Bunday harakat muvozanatlashgan kuchlar ta‘sirida paydo bo‘lib, harakat davrining barcha qismlari (3.1-rasm, 4-13 (a))da bajarilgan ishlarning yig‘indisi nolga teng bo‘ladi.

Mashinaning muvozanatlashmagan barqaror harakatida, uning yetakchi bo‘g‘ining burchak tezligi, o‘zining o‘rtacha qiymati oralig‘ida tebranadi va tsikllar davomida o‘rtacha qiymat o‘zgarmay qoladi. Bunday harakat muvozanatlashmagan kuchlar ta‘sirida paydo bo‘ladi, lekin harakat davrining har bir tsikllarida bajarilgan ishlarning yig‘indisi nolga teng bo‘ladi. (3.1-rasm, 4-13 (b))

Mashinalar ish jarayonida taxminan shunday muvozanatlashmagan barqaror harakatni amalga oshiradi. SHu sababli, muvozanatlashmagan barqaror harakatni o‘rganish dinamikaning asosiy masalaridan hisoblanadi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, mashinalar va mexanizmlar dinamikasi, asosan quyidagi masalalar bilan shug‘ullanadi:

1. Mashina va mexanizmlar kinematik juftlaridagi reaksiya kuchlarni, inertsiya kuchlarni hisobga olgan holda aniqlash. Muvozanatlovchi kuch va momentlarini topish. Bu dinamikani kinetostatik qismiga kiradi;

2. Mashina va mexanizmlarda berilgan energiyaning tarqalish qonuni va foydali ish koeffitsientlarini topish;

3. Mashina va mexanizmlardagi ayrim bo'g'inlarning yoki bo'g'in nuqtalarining berilgan kuchlar ta'siridagi haqiqiy harakat qonunlarini topish;

4. Mashina va mexanizmlar harakatining bir tekisda bo'lishini ta'minlash.

Mashanalarning harakati davrida, uning har qanday bo'g'inida quyidagi tashqi kuchlar va momentlar bo'lishi mumkin:

- bo'g'inlarning og'irlik kuchi, bu kuch vektori hamma vaqt yer markazi tomon yo'nalgan;

- bo'g'in o'zgaruvchan tezlik bilan harakat qilsa inertsiya kuchi hosil bo'ladi;

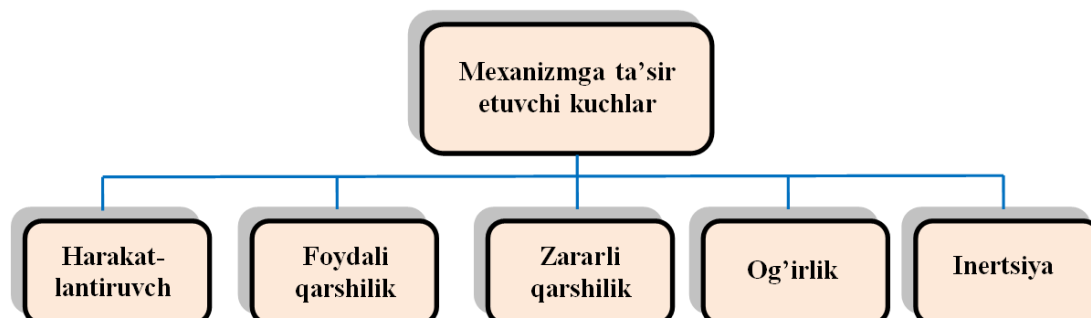
- bo'g'in o'zgaruvchan tezlik bilan murakkab harakat qilsa, inertsiya kuchidan tashqari inertsiya momenti ham hosil bo'ladi;

- mexanizm bo'g'inlari bir-biri bilan kinematik juftlar orqali bog'lanadi. SHuning uchun, mexanizmning harakat vaqtida shu kinematik juftlarda reaksiya kuchlari hosil bo'ladi;

- kinematik juftlarda hosil bo'ladigan ishqalanish kuchlari;

- tashqi muhitning qarshilik kuchi.

Mexanizmlarga ta'sir etayotgan barcha kuchlarni quyidagi beshta guruhlarga bo'lib o'rganish maqsadga muvofiqdir (3.2-rasm).



3.2-rasm.

Harakatlantiruvchi kuchlar. Mashinaning bosh bo‘g‘iniga ta’sir etib, uni harakatga keltiruvchi kuchlarga *harakatlantiruvchi kuchlar* deyiladi. Harakatlantiruvchi kuchlarning yo‘nalishi harakat yo‘nalishi bilan bir hil bo‘lib, ular harakat yo‘nalishi bilan o‘tkir burchak hosil qiladi, ya’ni

$$0^{\circ} \leq (P_x \wedge v) < 90^{\circ}.$$

SHu sababli, ularni elementar bajargan ishlari doimo musbat bo‘ladi, ya’ni

$$dA = P_x dS \cos(P_x \wedge v).$$

Foydali qarshilik kuchlar. Foydali ish bajarish uchun sarflanadigan kuchlarga *foydali qarshilik kuchlar* deyiladi. Bu kuchlar mashinaning ish jarayonida texnologik yoki boshqa sabablarga ko‘ra paydo bo‘ladi. Foydali qarshilik kuch hamma vaqt harakatga teskari yo‘nalgan bo‘lib, ular harakat yo‘nalishi bilan o‘tmas burchak hosil qiladi, ya’ni.

$$90^{\circ} < (P_{\phi} \wedge v) \leq 180^{\circ}.$$

SHu sababli, ularni elementar bajargan ishlari doimo manfiy bo‘ladi, ya’ni

$$dA = P_{\phi} dS \cos(P_{\phi} \wedge v).$$

Zararli qarshilik kuchlar. Mexanizmning kinematik juftlarida va tashqi muxit qarshiligi hisobiga hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchlaridir. Ishqalanish kuchlari ham asosan manfiy ish bajaradi, lekin hozirgi kunda to‘xtatkich (tormoz) tizimlarida ulardan samarali foydalanilmoqda.

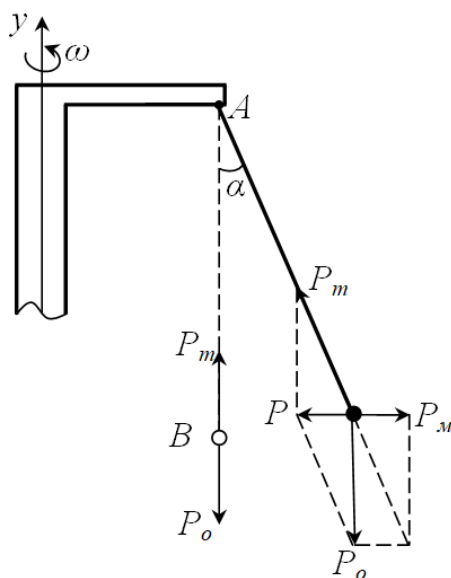
Og‘irlik kuchi. Og‘irlik kuchlari mashinaning harakati vaqtida harakatlantiruvchi kuch yoki zararli kuch bo‘lishi mumkin. Ya’ni, biror-bir yukni h masofaga ko‘tarishda zararli, tushirishda esa harakatlantiruvchi kuch bo‘ladi. SHuning uchun, uning bajargan ishi quyidagicha

$$A = \pm P_o h.$$

Inertsiya kuchi. Mashina va mexanizmning bo‘g‘inlarini egri chiziqli yoki o‘zgaruvchan harakatlari vaqtida inertsiya kuchi paydo bo‘ladi.

Inertsiya kuchi haqida aniqroq ma’lumotga ega bo‘lish maqsadida, quyidagicha soddaroq misolni ko‘rib chiqamiz. Tik o‘q atrofida aylanayotgan G simon jismning A uchiga ingichka ip orqali B metall sharcha osilgan (3.3-rasm).

Agar G simon shakldagi jism tinch holatda bo'lsa, B sharcha osilgan ip tik holatda, ya'ni u o'qqa parallel bo'ladi (ipni tik holati 3.3-rasmda uziq chiziqlar bilan ko'rsatilgan) va sharning og'irlik kuchi ipning taranglik kuchi bilan muvozanatlashgan. Endi G simon shakldagi jismning u o'qi atrofida ω burchak tezlik bilan aylanma harakatga keltiraylik. Tabiiyki, G simon shakldagi qattiq jism bilan B sharcha ham u o'qi atrofida aylanma harakatga keladi va natijada shar o'zi osilgan ip bilan birga biror-bir α burchakka og'adi.

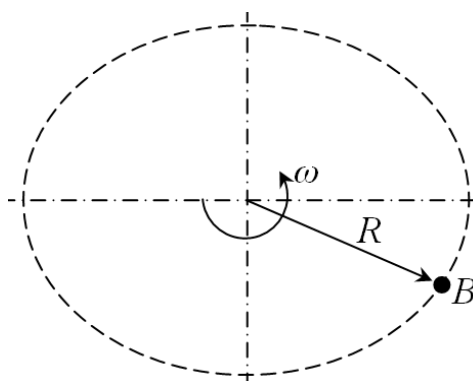


3.3-rasm.

3.3-rasmda keltirilgan qurilmani yonida turib kuzatadigan bo'lsak, B sharcha aylanish jarayonida R radiusli aylana bo'ylab harakat qiladi (3.4-rasm). Agar B sharchani o'zgarmas ω burchak tezlik bilan aylanma harakat qilmoqda deb qaralsa, u holda faqat markazga intilma tezlanish bilan harakatlanadi, ya'ni

$$a_n = \omega^2 R.$$

Bunda ω -sharchaning aylanma harakatdagi o'zgarmas burchak tezligi, 1/s; R -sharchaning aylanish radiusi, m.



3.4-rasm.

Demak, B sharchaga markazga intilma kuch ta'sir etadi va u quyidagiga teng

$$F = m\omega^2 R.$$

Bunda m -sharcha massasi, kg.

Bunda tashqari, ushbu kuch ipning taranglik kuchi R_t bilan B sharchaning og'irlik kuchi R_o ning teng ta'sir etuvchisidir, ya'ni

$$\bar{P} = \bar{P}_m + \bar{P}_o.$$

Agar 3.3-rasmda keltirilgan qurilma bilan aylanayotgan sharchani kuzatuvchi sifatida qarasaq, B sharchaga qandaydir kuch ta'sir etib, u qandaydir α burchakka og'adi. Ta'sir etadigan kuch aylanish o'qi u dan radius R bo'ylab tashqariga yo'nalganligi tufayli, uni markazdan qochma kuch yoki inertsiya kuchi deyiladi. Inertsiya kuchi son jihatdan markazga intilma kuchga teng bo'lib, yo'nalishi jihatdan unga qarama-qarshi bo'ladi, ya'ni

$$F = -m\omega^2 R = -ma_n.$$

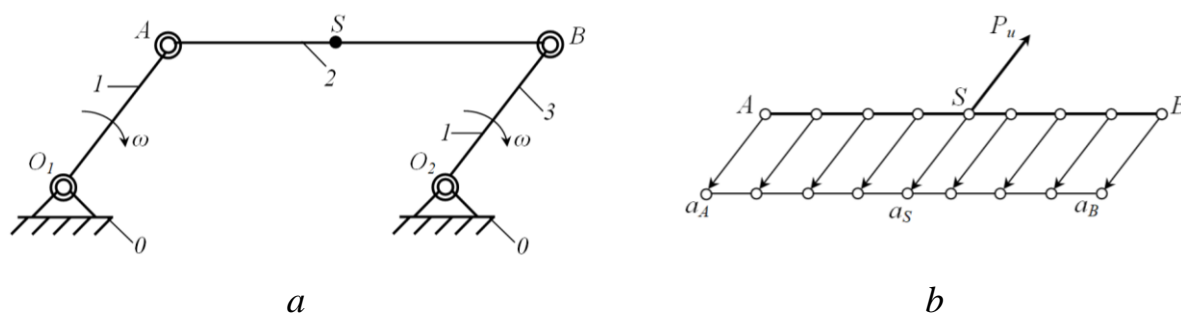
Demak, aylanma harakatdagi bo'g'inga tegishli bo'lgan barcha nuqtalar noinertsialdir.

Inertsiya kuchini mexanizmlarning ayrim bo'g'inlarida ko'rib chiqamiz.

Mexanizm harakati vaqtida bo'g'inlarida paydo bo'ladigan inertsiya kuchlari ko'rilayotgan harakatning xususiyatiga bog'liq. Kinematik nuqtai nazardan harkatlarning uch turga bo'lingan edi, ya'ni ilgariylanma, aylanma va murakkab tekis parallel.

Ilgarilanma harakat qiladigan bo‘g‘inlardagi inertsiya kuchlari. 3.5 a-rasmda keltirilgan ikki krivoshipli mexanizmni ko‘rib chiqamiz. Umumiy holda, egri chiziqli ilgarilanma harakat tekis ilgarilanma harakatning hususiy holi sanalib², unda bo‘g‘inning og‘irlik markazi qandaydir egri chiziqli egri chiziq bo‘ylab ko‘chadi (3.5 b-rasm). Bo‘g‘in esa o‘zining AB o‘qiga parallel ko‘chadi. Kinematikadan ma’lumki, bunday hollarda AB bo‘g‘innig har qanday nuqtasining tezlik va tezlanishlari geometrik nuqtai nazardan bir-biri teng bo‘ladi. SHuning uchun, elementar inertsiya kuchlari ham o‘zaro bir-biriga parallel bo‘lib, bo‘g‘inning inertsiya kuchi og‘irlik markazi S dan o‘tadi va u quyidagiga teng

$$P_u = -ma_s.$$



3.5-rasm.

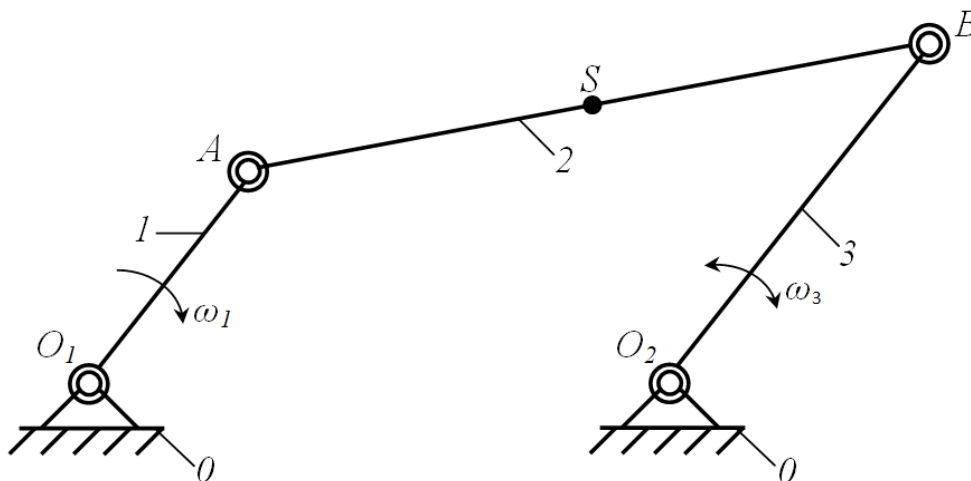
Amaliyotda to‘g‘ri chiziqli ilgarilanma harakat qiladigan bo‘g‘inlar juda ko‘p uchraydi, masalan dvigatellar va kompressorlardagi porshenlarning harakatlari. Ulardagi inertsiya kuchlarini topishda, tezlanishlarini aniqlab massalariga ko‘paytiramiz va uning yo‘nalishi tezlanishga qarama-qarshi bo‘ladi.

Aylanma va murakkab tekis parallel harakat qiladigan bo‘g‘inlardagi inertsiya kuchlari hamda momentlari. 3.6-rasmda keltirilgan krivoship-koromisloli mexanizmni ko‘rib chiqamiz.

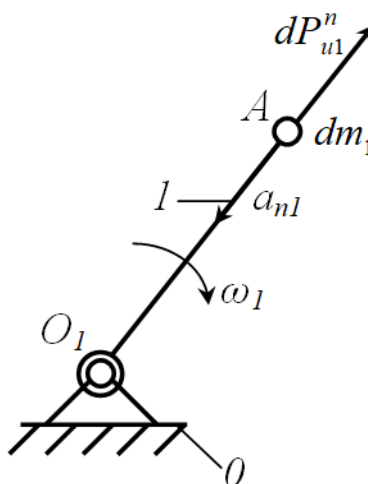
Krivoshipning inertsiya kuchini aniqlash. O_1A krivoship O_1 atrofida o‘zgarimas ω_1 burchak tezlik bilan aylanma harakat qiladi. O_1A bo‘g‘inda juda ko‘p nuqtalar bo‘lganligi sababli, biror-bir dm_1 massani ajratib olamiz. Bunday massalar ham bo‘g‘inda juda ko‘p. Kinematikadan ma’lumki, aylanma harakat qilayotgan bo‘g‘ining burchak tezligi shu bo‘g‘inga tegishli ekanligini inobatga olsak, ajratib

² В.А.Юдин, Л.В.Петрокас. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1977. – 527 б.

olingan dm_1 massa O_1 nuqta atrofida ω_1 burchak tezlik bilan aylanma harakat qiladi deb qarash mumkin (3.7-rasm).



3.6-rasm.



3.7-rasm.

Bu yerda, $\omega_1 = const$ va $\varepsilon_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = 0$ bo'lganli uchun, dm_1 massaning aylanish vaqtida quyidagi inertsiya kuchlari paydo bo'ladi

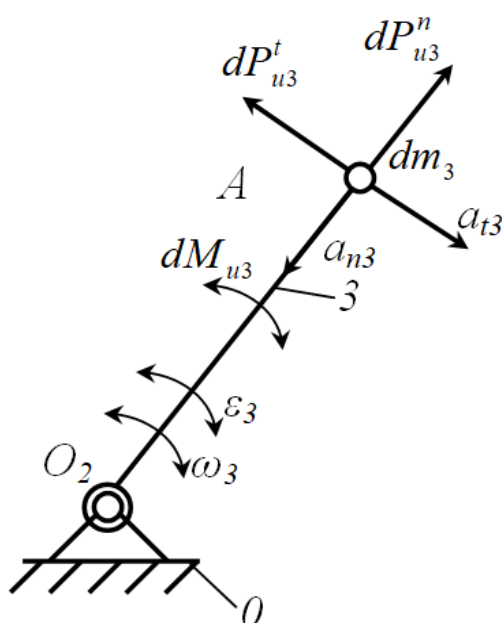
$$dP_{u1}^n = -a_{n1}dm_1 \quad \text{va} \quad dP_{u1}^t = 0,$$

bunda $dP_{u1}^n - dm_1$ massaning normal inertsiya kuchi bo'lib, normal tezlanishga qarama-qarshi yo'nalgan, $dP_{u1}^t - dm_1$ massaning urinma inertsiya kuchi bo'lib, u nolga teng, chunki, dm_1 massa urinma tezlanishga ega emas.

Krivoship massasi butun hajm bo'yicha bir xilda taqsimlangan deb qaralsa, u holda normal inertsia kuchi quyidagicha bo'ladi

$$P_{u1}^n = -m_1 a_{n1}.$$

Koromisloning inertsiya kuchini aniqlash. O_2B koromislo O_2 atrofida ω_3 burchak tezlik bilan tebranma harakat qiladi. O_2A bo‘g‘inda ham juda ko‘p nuqtalar bo‘lganligi sababli, biror-bir dm_3 massani ajratib olamiz. Bunday massalar ham bo‘g‘inda juda ko‘p. Kinematikadan ma‘lumki, aylanma harakat qilayotgan bo‘g‘ining burchak tezligi shu bo‘g‘inga tegishli ekanligini inobatga olsak, ya‘ni tebranma harakat aylanma harakatning xususiy holi bo‘lganligi uchun, ajratib olingan dm_3 massa O_2 nuqta atrofida ω_3 burchak tezlik bilan aylanma harakat qiladi deb qarash mumkin (3.8-rasm).



3.8-rasm.

Agar bo‘g‘in ma‘lum o‘q atrofida tebranma harakat qilsa va bu harakatda burchak tezligi ω_3 hamda burchak tezlanishi ϵ_3 bo‘lsa, u holda inertsiya kuchi va inertsiya kuchining momenti quyidagicha bo‘ladi, ya‘ni

$$dP_{u3}^n = -a_{n3} dm_3 = -\omega^2 O_2 B dm_3,$$

$$dP_{u3}^t = -a_{t3} dm_3 = -\epsilon_3 O_2 B dm_3,$$

$$dM_{u3} = dP_{u3}^t O_2 B = -\epsilon_3 O_2 B^2 dm_3.$$

Agar koromisloning massasi butun hajm bo‘yicha bir xilda taqsimlangan deb qaralsa, u holda normal va urinma inertsiya kuchlari hamda inertsiya kuchining momenti quyidagicha bo‘ladi

$$P_{u3}^n = -m_3 a_{n3} = -\omega^2 O_2 B m_3,$$

$$P_{u3}^t = -m_3 a_{t3} = -\varepsilon O_2 B m_3,$$

$$M_{u3} = P_{u3}^t O_2 B = -\varepsilon_3 O_2 B^2 m_3 = -\varepsilon_3 J_3.$$

Koromislarning to'liq tezlanishining skalyar miqdori

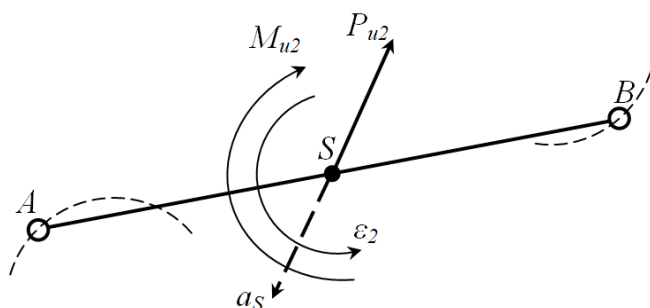
$$a_3 = \sqrt{(a_{n3})^2 + (a_{t3})^2} = O_2 B \sqrt{\omega_3^4 + \varepsilon_3^2}$$

bo'lganligi uchun, to'liq inertsia kuchining skalyar miqdori quyidagiga teng

$$P_{u3} = \sqrt{(P_{u3}^n)^2 + (P_{u3}^t)^2} = m_3 O_2 B \sqrt{\omega_3^4 + \varepsilon_3^2}.$$

SHatunning inertsia kuchini aniqlash. ASB shatun murakkab tekis parallel harakat qiladi (3.9-rasm.). SHatunning harakatini ikkita elementar harakatga bo'lish mumkin, ya'ni:

- 1) og'irlik markazi S bilan birgalikdagi ko'chirma ilgari lanma harakat;
- 2) og'irlik markazi atrofidagi nisbiy aylanma harakat.



3.9-rasm.

Birinchi harakat turiga ko'ra shatunning inertsia kuchi quyidagicha bo'ladi

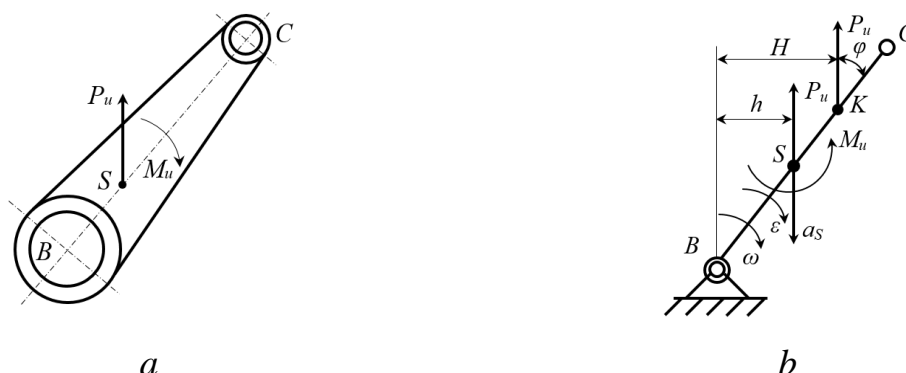
$$P_{u2} = -m_2 a_S.$$

Ikkinchi harakat turiga ko'ra inertsia kuchining momenti ham hosil bo'ladi, ya'ni

$$M_{u2} = -\varepsilon_2 J_S.$$

Bazi bir hollarda inertsia kuchi R_i va inertsia momenti M_i bir kuch bilan ifodalashga to'g'ri keladi. Buning uchun, $e = \frac{M_u}{P_u}$ shartdan kelib chiqib, inertsia kuchi R_i ga parallel va bir xil yo'nalishda bo'lgan kuchni ye ($e=H-h$) yelkaga teng

bo‘lgan masofaga ko‘chirish lozim. Aylanma harakatda bu kuch tebranish markazi K nuqtadan o‘tadi (3.10-rasm).



3.10-rasm.

Og‘irlik markazi va tebranish markazlari orasidagi masofa quyidagicha aniqlanadi, ya’ni

$$SK = \frac{J_S}{mBS}. \quad (3.1)$$

Kuchlar orasidagi munosabatlarni quyidagicha yozamiz

$$M_B(P_u) = P_u h + J_S \varepsilon, \quad (3.2)$$

Bunda h -inertsiya kuchining yelkasi ($h = BS \sin \varphi$); J_S -bo‘g‘inning og‘irlik markaziga nisbatan inertsiya momenti ($J_S = m\rho^2$); ε -bo‘g‘inning burchak tezlanishi ($\varepsilon = \frac{a^t}{BC} = \frac{a_S \sin \varphi}{BS}$).

Yuqoridagi parametrlarning (3.2) ifodaga qo‘ysak, u holda

$$M_B(P_u) = ma_S BS \sin \varphi + \frac{m\rho^2 a_S \sin \varphi}{BS} = P_u H.$$

Demak, bo‘g‘in murakkab harakat qilsa, undagi shunday bir K nuqtani topish kerak ekanki, shu nuqtadan R_i kuchning bosh vektori o‘tishi lozim.

3.2. Mexanizmlarni kinetostatik hisoblash. Jukovskiy richagi

Mexanizmning kinematik juftlaridagi reaksiya kuchlarini topish uchun avval mexanizmni Assur guruhlariga ajratamiz. Mexanizmlarni kinetostatikasini o‘rganishda, eng oxirgi Assur guruhlaridan boshlanib, bosh bo‘g‘in, ya’ni yetakchi

bo'g'inning kinetostatikasi o'rganish bilan yakunlanadi. Ya'ni, mexanizmning kinetostatik hisoblash kinematik hisoblashning teskari tartibida bajariladi.

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

Statik yo'l bilan hisoblash faqat sekin harakatlanuvchi mexanizmlar uchun tadbiq qilinsa, kinetostatik yo'l bilan esa tez harakatlanuvchi mexanizmlar hisoblanadi. Kinetostatik yo'l bilan hisoblashda, asosan D'alamber printsiptan foydalaniladi. Bu printsiptan quyidagicha ta'riflanadi: bo'g'inga ta'sir etuvchi faol kuch va bog'lanish reaksiya kuchi ta'sirida harakatlanuvchi nuqtaga har onda inertsiya kuchini qo'ysak, bu kuchlar o'zaro muvazanatda deb qarash mumkin, ya'ni

$$\sum_{i=1}^n P_i + P_u = 0.$$

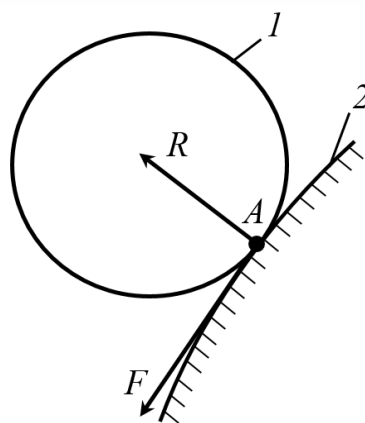
Agar erkin jism boshqa biror-bir jism bilan kinematik juftlik hosil qilsa, uning nisbiy harakatiga ma'lum darajada chek qo'yilishi va bu cheklar bog'lanish shartlari ekanligi biz ma'lum. Bu bog'lanish shartlarini bo'g'inga ko'rsatadigan ta'sirini almashtiruvchi kuch *reaksiya kuchi* deyiladi.

Kinematik juftlikdagi bo'g'inni erkin jism deb qarash uchun, bog'lanish ta'sirini reaksiya kuchi bilan almashtirish mumkin. Kinematik juftliklardagi reaksiya kuchlarining qiymati va yo'nalishini qo'yilgan faol kuch va bo'g'lanish tartibi bilan aniqlanadi. Bog'lanish reaksiya kuchlari haqida aniqroq tassavurga ega bo'lish uchun quyidagi ma'lumotlarni keltirib o'tamiz.

Agar 1-bo'g'in, biror-bir qo'zg'almas 2-bo'g'inga A nuqtada urinib tursa, 2-bo'g'inning 1-bo'g'inga reaksiyasi umumiy holda ikki qismdan iborat bo'ladi (3.11-rasm).

1-qism. Ikka bo'g'in sirtlarining urinib turgan A nuqtasi orqali o'tkazilgan normal bilan yo'nalgan R reaksiya kuchi paydo bo'ladi.

2-qism. Ikkila bo'g'in sirtlarining urinma tekisligida yotuvchi F reaksiya kuchi paydo bo'ladi va bu kuch *ishqalanish kuchi* deb ataladi.



3.11-rasm.

Kinematik juft elementlari sirti siliq qilib ishlangan bo'lsa, ishqalanish kuchini inobatga olmasa ham bo'ladi. U holda tayanch reyaksiya kuchi faqat bog'lanish reaksiya kuchidan iborat bo'ladi. Normal reaksiya kuchining yo'nalishini aniqlashda, kinematik juft elementlarining o'zaro geometrik joylashishini inobatga olgan holda, urinish nuqta yoki sirtlariga normal o'rkazish lozim. Normal reaksiya kuchi umumiy normal bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.

Dalamber printsipini ta'riflashda kiritilgan muvozanat tushunchasi shartli tushunchadir. Aslida, faol kuchlar va bog'lanish reaksiya kuchlari ta'sir etayotgan nuqtaga inertsiya kuchini quyishning imkoni bo'lmaydi. Dalamber printsiptining mohiyati shundan iboratki, har onda inertsiya kuchini nuqtaga qo'yilgan deb, muvozanatni tekshirishdan maqsad, dinamik masalani yechishda statik muvozanat tenglamalari foydalanishdir. Bunda, dinamik masalani yechishda shaklan statik masalalarni yechishga keltiriladi. SHuning uchun, bu usul kinetostatik (harakatdagi statika) usul deb yuritiladi.

Biror-bir kinematik zanjirni kinetostatik hisoblashda, u statik aniq masala bo'lishi shart. Statik aniq masalalar noma'lum parametrlar soni muvozanat tenglamalar soniga teng bo'ladi. Masalan, tekis kinematik zanjirlarda bo'g'inlarning soni n ta bo'lsa, muvozanat tenglamalarning soni $3n$, ya'ni

$$\sum x = 0, \quad \sum y = 0, \quad \sum M = 0.$$

Quyida kinematik juftliklar soni P_5 noma'lum reaksiyalar soni $2P_5$ - beshinchi sinf kinematik juftliklardagi reaksiya kuchlari ikki noma'lumga ega bo'ladi.

Bunda $2P_5=3n$ kinematik zanjirning statik aniqlik sharti hisoblanadi. SHuning uchun, Assur guruhining tuzilish tenglamasini quyidagicha yozamiz

$$P_5 = \frac{3}{2}n.$$

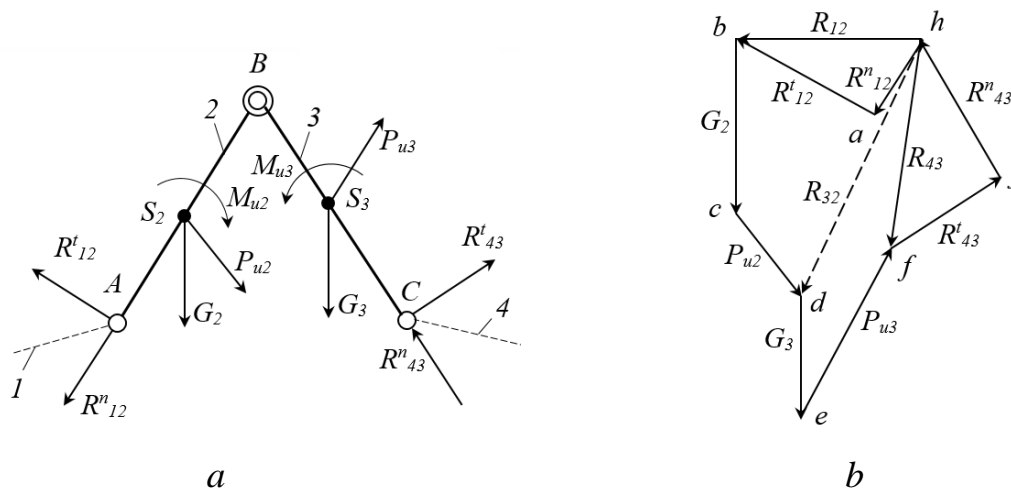
Demak, assur guruhlarini statik aniq kinematik zanjir deb qabul qilish mumkin ekan.

Assur guruhlarining kinetostatikasi bilan tanishib chiqamiz.

Texnikada asosan II-sinf ko'p uchraydi. SHuning uchun II-sinf mexanizmni tashkil etuvchi II-sinf Assur guruhlarining turlarini kinetostatik hisoblaymiz.

II-sinf I-tur Assur guruhining sxemasi (3.12 a-rasm) μ_l masshtabda chizilgan. Uning 2-bo'g'iniga G_2 , P_2 , M_2 hamda 3-bo'g'iniga G_3 , P_3 , M_3 kuchlar bilan moment ta'sir etadi. SHu kuch va momentlar ta'sirida bo'lgan A, B va C kinematik juftliklaridagi reaksiya kuchlarini topamiz (3.12 b-rasm).

I-bo'g'inning 2-bo'g'inga ta'sir kuchini R_{12} bilan, 2-bo'g'inning 3-bo'g'inga ta'sir kuchini R_{23} bilan hamda 4-bo'g'inning 3-bo'g'inga ta'sir kuchini esa R_{43} bilan belgilab olamiz.



3.12-rasm.

Kinematik juftliklardagi bog'lanish reaksiya kuchlari aks ta'sir kuchlariga tengligini inobatga olsak, u holda

$$R_{12} = -R_{21}, \quad R_{23} = -R_{32}, \quad R_{43} = -R_{34}.$$

Kinematik juftliklardagi bog'lanish reaksiya kuchlarini normal va urinma tashkil etuvchi kuchlarga ajratamiz, u holda

$$R_{12} = R_{12}^n + R_{12}^t \quad \text{va} \quad R_{43} = R_{43}^n + R_{43}^t.$$

Assur guruhidagi 2 va 3-bo'g'inlar kuchlar va momentlar ta'sirida, shu onda, muvozanatda deb qarasaq, guruh tarkibiga kirgan har bir bo'g'in ham muvozanatda bo'ladi. SHuning uchun, har bir bo'g'inni muvozanatda deb, B nuqtaga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz.

2-bo'g'in uchun momentlar tenglamasi quyidagicha bo'ladi

$$\begin{aligned} \sum M_B(R_{12}) &= 0, \\ R_{12}^t l_{AB} - M_B(G_2) - M_B(P_{u2}) + M_{u2} &= 0, \\ R_{12}^t &= \frac{M_B(G_2) + M_B(P_{u2}) - M_{u2}}{l_{AB}}. \end{aligned}$$

3-bo'g'in uchun momentlar tenglamasi quyidagicha bo'ladi

$$\begin{aligned} \sum M_B(R_{43}) &= 0, \\ R_{43}^t l_{BC} - M_B(G_3) + M_B(P_{u3}) - M_{u3} &= 0, \\ R_{43}^t &= \frac{M_B(G_3) - M_B(P_{u3}) + M_{u3}}{l_{BC}}. \end{aligned}$$

Kuchlarning muvozanat paytdagi shartiga binoan 2 va 3-bo'g'inlardan tashkil topgan guruh uchun quyidagi vektor tenglamasini yozish mumkin, ya'ni

$$\sum_{i=0}^n P = 0; \quad \bar{R}_{12}^t + \bar{R}_{12}^n + \bar{G}_2 + \bar{P}_{u2} + \bar{G}_3 + \bar{P}_{u3} + \bar{R}_{43}^t + \bar{R}_{43}^n = 0.$$

R_{12}^n va R_{43}^n kuchlarning ta'sir yo'nalishlari ma'lum, shu sababli ularning skalyar qiymatlarini aniqlash uchun kuchlar planini tuzamiz. Bunda kuchlarning ixtiyoriy masshtabi μ_R ni tanlab, har bir kuch kesma uzunligini aniqlaymiz. Kuch planini tuzishda, ixtiyoriy nuqtadan kinematik juftlikka ta'sir etayotgan kuchlarning har biriga parallel ravishda ko'chirib, barcha kuchlarning kesmalarini ketma-ket qo'shamiz.

R_{12}^t kuchning boshlanish nuqtasidan 2-bo'g'inga parallel qilib R_{12}^n kuch yo'nalishini, R_{43}^t kuchning boshlanish nuqtasidan esa 3-bo'g'inga parallel qilib

R_{43}^n kuch yo‘nalishini o‘tkazamiz. O‘tkazilgan bu to‘g‘ri chiziqlarning kesishishidan hosil bo‘lgan kesmalar R_{12}^n va R_{43}^n kuchlarning μ_R masshtabdagi miqdorini beradi. Kuchlar muvozanatda bo‘lishi uchun yopiq kontur hosil bo‘lishi kerak. SHuning uchun, R_{12}^n kuchning boshi bilan R_{12}^t kuchning uchini hamda R_{43}^t kuchning boshi bilan R_{43}^n kuchning uchini birlashtirib to‘la reaksiya kuch R_{12} va R_{43} larini aniqlaymiz.

3-bo‘g‘inni 2-bo‘g‘ingan ta‘sir reaksiya kuchini aniqlash uchun Assur guruhdagi 3-bo‘g‘inni fikran ajratib olamiz. SHundan so‘ng, 2-bo‘g‘inning B nuqtasida 3-bo‘g‘inning 2-bo‘g‘inga ta‘sir etuvchi reaksiya kuchi R_{43} ni qo‘yamiz. U holda, 2-bo‘g‘inning muvozanat shartiga muvofiq, barcha kuch vektorlarning yig‘indisi nolga teng bo‘lishi lozim, ya‘ni

$$\bar{R}_{12} + \bar{P}_{u2} + \bar{G}_2 + \bar{R}_{32} = 0.$$

Bu tenglamaga ko‘ra, kuchlar planidagi P_{u2} kuchning uchi bilan R_{12} kuchning boshini birlashtirib, R_{32} kuchning μ_R masshtabdagi miqdorini aniqlaymiz. SHundan so‘ng, hosil bo‘lgan 3.12 b -rasmda keltirilgan kuch ko‘pburchagidan foydalanib ularning skalyar miqdorlarini aniqlaymiz. Reaksiya kuchlarning skalyar miqdorlarini quyidagicha bo‘ladi

$$R_{12}^n = \mu_p(ha); R_{43}^n = \mu_p(jh); R_{12} = \mu_p(hb); R_{43} = \mu_p(hf); R_{23} = \mu_p(hd).$$

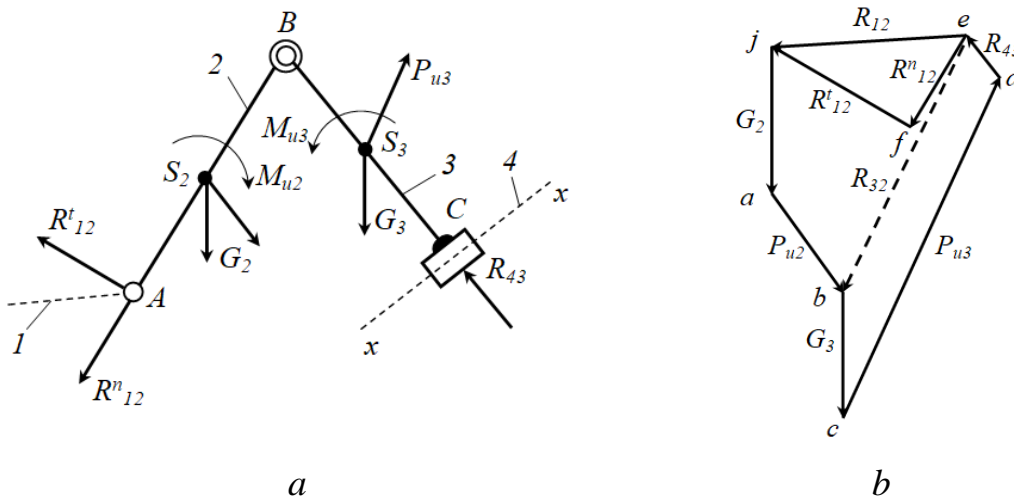
3.13 a -rasmda keltirilgan II-sinf 4-tur Assur guruhini ko‘rib chiqamiz. Ikkinchi ko‘rinishidagi Assur guruhining bo‘g‘inlariga P_{i2} va P_{i3} inertsiya hamda G_2 va G_3 og‘irlik kuchlari bilan M_{u2} va M_{u3} momentlar ta‘sir etayotgan bo‘lsin. Bu Assur guruhi μ_l masshtabda chizilgan (3.13 a -rasm). Kinematik juftliklardagi reaksiya kuchlarini quyidagi tartibda aniqlaymiz, ya‘ni 2-bo‘g‘inning A sharniriga ta‘sir etayotgan R_{12} reaksiya kuchini ikki tashkil etuvchi, normal R_{12}^n va urinma R_{12}^t larga ajratib olamiz. Bunda normal reaksiya kuchi R_{12}^n ni 2-bo‘g‘inga parallel, urinma reaksiya kuchi R_{12}^t ni esa 2-bo‘g‘inga tik qilib qo‘ymiz. 3-bo‘g‘inning $x-x$ yo‘naltiruvchiga tik qilib R_{43} reaksiya kuchini qo‘yamiz. Bu kuchning ta‘sir nuqtasi noma‘lum bo‘lganligi uchun, uni ixtiyoriy joyga qo‘yish mumkin. Barcha kuchlarni muvozanat shartiga ko‘ra quyidagini yozamiz.

2-bo‘g‘in uchun momentlar tenglamasi quyidagicha bo‘ladi

$$\sum M_B(R_{12}) = 0,$$

$$R'_{12}l_{AB} - M_B(G_2) - M_B(P_{u2}) + M_{u2} = 0,$$

$$R'_{12} = \frac{M_B(G_2) + M_B(P_{u2}) - M_{u2}}{l_{AB}}.$$



3.13-rasm.

Kuchlarning muvozanat paytdagi shartiga binoan 2 va 3-bo‘g‘inlardan tashkil topgan guruh uchun quyidagi vektor tenglamasini yozish mumkin, ya‘ni

$$\sum_{i=0}^n P = 0; \quad \bar{R}'_{12} + \bar{R}^n_{12} + \bar{G}_2 + \bar{P}_{u2} + \bar{G}_3 + \bar{P}_{u3} + \bar{R}_{43} = 0.$$

Bu tenglamadagi noma‘lum R^n_{12} va R_{43} kuchlarning qiymatlarini kuchallar planini tuzish yo‘li bilan anaqlaymiz. SHuning uchun 3.13 *b*-rasmda keltirilgan kuch ko‘pburchagidan foydalanib ularning skalyar miqdorlarini aniqlaymiz. Reaksiya kuchlarning skalyar miqdorlari quyidagicha bo‘ladi

$$R^n_{12} = \mu_p(e f); \quad R_{43} = \mu_p(d e); \quad R_{12} = \mu_p(e j); \quad R_{23} = \mu_p(e b).$$

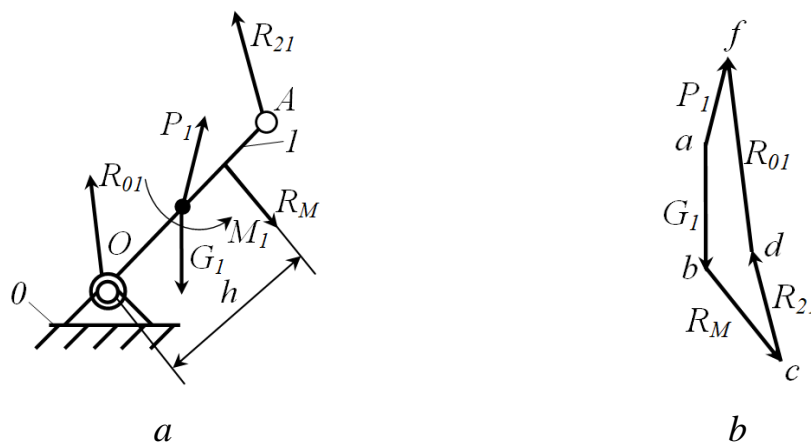
Etakchi bo‘g‘inning kinetostatikasi bilan tanishib chiqamiz. 3.14-rasmda keltirilgan krivoshipga R_{21} reaksiya kuchidan tashqari P_1 , G_1 kuchlar va M_1 moment ta‘sir qilsin. SHu kuchlar ta‘siri ostida va R_{01} reaksiya kuchi bilan krivoship muvozanat holatida bo‘lmaydi. Muvozanatda bo‘lishi uchun P_m kuch yoki M_m momentini qo‘yishimiz lozim (3.14-rasm). Muvozanatlovchi kuchning qo‘yilish nuqtasi va yo‘nalishi mashinani uzatish mexanizmining konstruktsiyasiga

bog'liqdir. Muvozanatlovchi P_m kuchning qiymatini aniqlash uchun krivoshipning O nuqtasiga nisbatan momentlar tenglamasini tuzamiz

$$P_M h + M_o(G_1) - M_o(P_1) - M_o(R_{21}) - M_1 = 0$$

bundan

$$P_M = \frac{M_o(P_1) + M_o(R_{21}) + M_1 - M_o(G_1)}{h}$$



3.14-rasm.

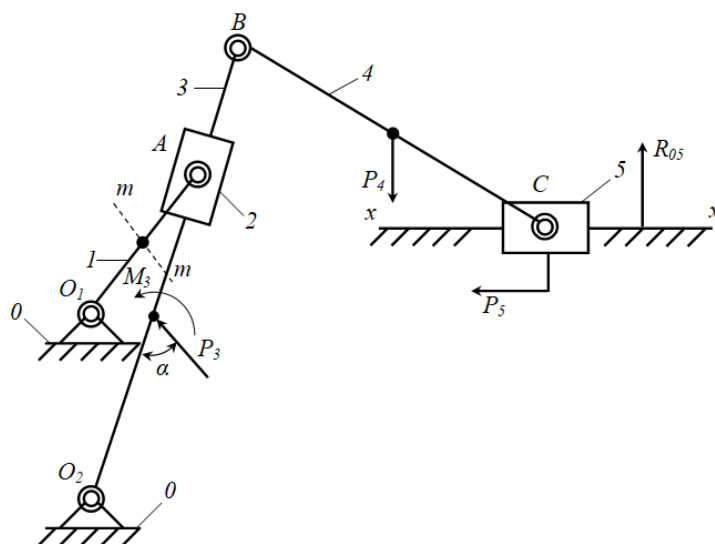
Noma'lum reaksiya kuchi R_{01} ni topish uchun muvozanat vektor tenglamasini tuzamiz

$$\sum_{i=0}^n P = 0; \quad \bar{R}_{21} + \bar{G}_1 + \bar{P}_1 + \bar{P}_M + \bar{R}_{01} = 0.$$

Ma'lum mashtabda kuchlar ko'p burchagi qurib (3.14 *b*-rasm)., u orqali noma'lum R_{01} reaksiya kuchini aniqlaymiz, u holda

$$R_{01} = \mu_P(df).$$

Misol: 3.15-rasmda keltirilgan 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.



3.15-rasm.

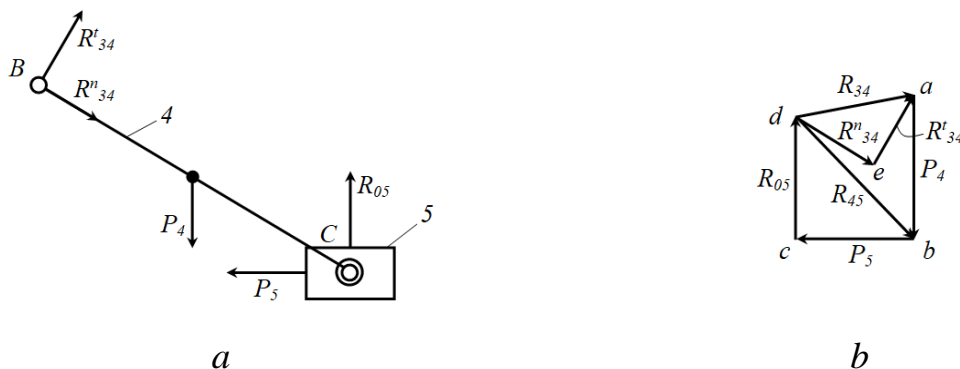
Kinematik juftliklardagi reaksiya kuchlarini topish uchun oxirgi Assur guruhidan boshlaymiz. Bu kinematik juftlik ikki povodokli II-sinf I-tur Assur guruhi bo‘lib (3.16 a-rasm), unga P_4 va P_5 kuchlar ta‘sir etmoqda. B va C kinematik juftliklardagi reaksiya kuchlari bilan R_{05} reaksiya kuchini aniqlaymiz. Kinematik juftlikdagi R_{34} reaksiya kuchini R_{34}^n va R_{34}^t tashkil etuvchilarga ajratib olib, 4-bo‘g‘inga ta‘sir etuvchi kuchlarning S nuqtaga nisbatan momentlarining yig‘indisini nolga tengligidan foydalanib tenglama tuzamiz

$$\sum M_C(P_i) = 0,$$

$$R_{34}^t l_{BC} - M_C(P_4) = 0,$$

$$R_{34}^t = \frac{M_C(P_4)}{l_{BC}}.$$

Agarda R_{34}^t ning qiymati manfiy bo‘lsa, uning yo‘nalishi o‘zgartiriladi, musbat chiqqana esa yo‘nalishi o‘z holicha qoldiriladi.



3.16-rasm.

Assur guruhini muvozanatda deb, muvozanat shartini quyidagicha yozamiz

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

P_4, P_5, R_{34}^t kuchlar bizga ma'lum, R_{34}^n va R_{05} kuchlarning esa faqatgina yo'nalishi ma'lum. Ularning skalyar miqdorlarini kuchlar ko'pburchagi orqali aniqlash mumkin.

Buning uchun μ_p masshtab qabul qilib, shu masshtabda hamma kuchlarni yo'nalishi bo'yicha parallel ravishda qo'yib chizamiz. SHundan so'ng $abcde$ yopiq konturli kuchlar plani hosil bo'ladi (3.16 b-rasm).

3.16 b-rasmda keltirilgan kuchlar planidan quyidagilarni aniqlaymiz

$$R_{34} = \mu_p(da), R_{05} = \mu_p(cd), R_{45} = \mu_p(db).$$

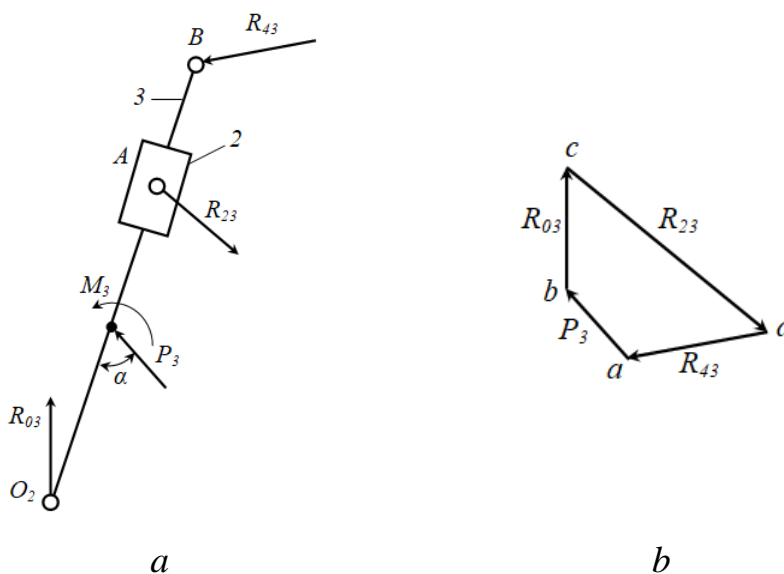
Endi 2 va 3-bo'g'inlardan tashkil topgan II-sinf 3-tur Assur guruhiga o'tamiz (3.17 a-rasm).

Bu guruhga R_3 kuch va M_3 moment ta'sir etmoqda. Bundan tashqari B nuqtada R_{43} kuch, O_2 nuqtada R_{03} kuch va C nuqtada R_{23} kuch mavjud. O_2 nuqtaga nisbatan hamma kuchlardan moment olib, R_{23} kuchni topamiz

$$\sum M_{O_2}(P_i) = 0,$$

$$R_{23}h_{R_{23}} - M_{O_2}(P_3) + M_{O_2}(R_{43}) + M_3 = 0,$$

$$R_{23} = \frac{M_{O_2}(P_3) - M_{O_2}(R_{43}) - M_3}{h_{R_{23}}}.$$



3.17-rasm.

Muvozanat shartiga asosan

$$\bar{R}_{43} + \bar{R}_{23} + \bar{P}_3 + \bar{R}_{03} = 0.$$

Bu tenglamani grafik usul bilan yechamiz, ya'ni μ_p masshtab qabul qilib, shu masshtabda hamma kuchlarni yo'nalishi bo'yicha parallel ravishda qo'yib chizamiz. SHundan so'ng $abcd$ yopiq konturli kuchlar plani hosil bo'ladi (3.17 b-rasm).

3.17 b-rasmda keltirilgan kuchlar planidan R_{03} kuchni quyidagicha aniqlaymiz

$$R_{03} = \mu_p(bc).$$

Etakchi bo'g'in 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 qo'zg'almas bo'g'in krivoshipga R_{01} reaksiya kuchi orqali ta'sir etadi. Uning qiymati ham, yo'nalishi ham noma'lum

$$R_{12} + R_{23} = 0 \text{ yoki } R_{12} = -R_{23}.$$

Bo'g'inning muvozanat shartining o'rganib chiqsak, unga R_{21} kuch va $m-m$ berilgan chiziq bo'ylab yo'nalgan P_m muvozanatlovchi kuch ta'sir etadi (3.18 a-rasm)

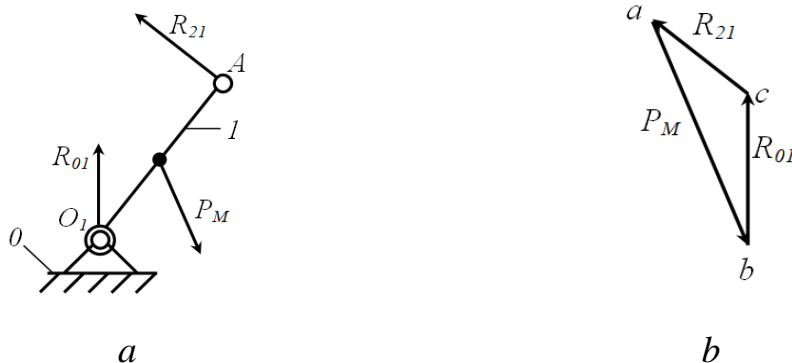
$$\sum M_{O_1}(P_i) = 0,$$

$$P_M h_M - M_{O_1}(R_{21}) = 0,$$

$$P_M = \frac{M_{O_1}(R_{21})}{h_M}.$$

R_{01} reaksiya kuchini topish uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz, u holda

$$R_{21} - P_M + R_{01} = 0.$$



3.18-rasm.

Bu tenglamani grafik usul bilan yechamiz, ya'ni μ_p masshtab qabul qilib, shu masshtabda hamma kuchlarni yo'nalishi bo'yicha parallel ravishda qo'yib chizamiz. SHundan so'ng abc yopiq konturli kuchlar plani hosil bo'ladi (3.18 b -rasm).

3.18 b -rasmda keltirilgan kuchlar planidan R_{0l} kuchni quyidagicha aniqlaymiz

$$R_{0l} = \mu_p(bc).$$

Prof. N.E.Jukovskiy teoremasi orqali muvozanatlovchi kuchlarni topish bilan tanishib chiqamiz. Mexanizmga qo'yilgan kuchlar orasidagi munosabatlarni Jukovskiyning yordamchi richagi yordamida aniqlash mumkin. *Jukovskiyning yordamchi richagi* deb, qo'zg'almas nuqtasi qutbda joylashgan va absolyut qattiq jism deb qabul qilingan, burilgan tezliklar planiga aytiladi. Jukovskiy teoremasini quyidagicha ta'riflash mumkin.

Agarda mexanizmga ta'sir etayotgan kuchlar ostida mexanizm muvozanatda bo'lsa, shu mexanizm uchun tuzilgan tezliklar planini istalgan tomonga 90° ga burib, qattiq jism deb qarab, unga hamma kuchlarni qo'yib chiqsak, ushbu tezliklarni ham muvozanatda bo'ladi. Bu usul mumkin bo'lgan ko'chish printsiptiga asoslanadi, ya'ni ideal bog'langan mexanizmga qo'yilgan kuchlardan tashqari, inertsiya kuchi ham qo'yilganda bu kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$\sum_{i=1}^n P_i dS_i \cos(P_i \wedge dS_i) = 0. \quad (3.3)$$

Agar (3.3) tenglamaning ikki tomonini dt ga bo'lib yuborsak, u holda

$$\sum_{i=1}^n P_i v_i \cos(P_i \wedge v_i) = \sum_{i=1}^n N_i = 0, \quad (3.4)$$

bunda P_i -qo'yilgan kuchlar; v_i -kuchlar qo'yilgan nuqtalarning tezliklari; N_i -qo'yilgan kuchlarning quvvati.

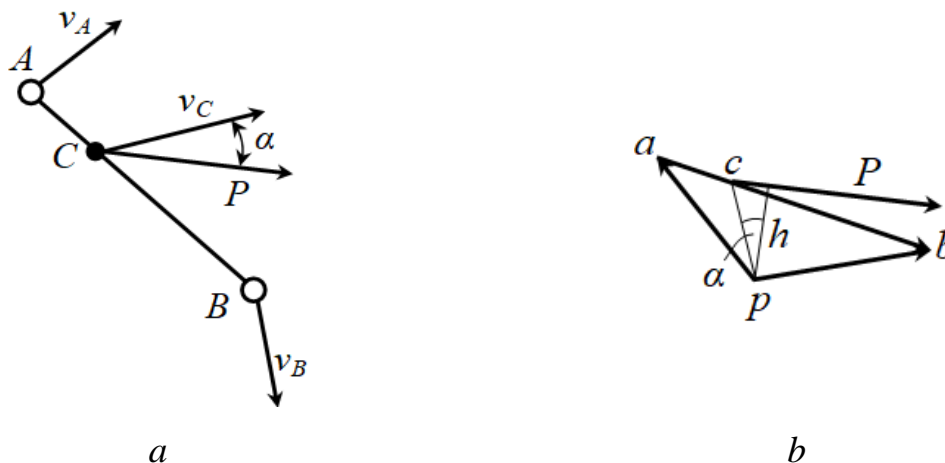
Misol tariqasida, biror-bir mexanizmning 3.19 a -rasmda keltirilgan AB bo'g'inini ko'rib chiqamiz. AB bo'g'inining S nuqtasiga R kuch qo'yilgan bo'lib va bu bo'g'in muvozanatda deb qaraymiz. U holda, AB bo'g'inining tezliklar planini

90° ga burib P kuchni c nuqtaga olib kelinsa, tezliklar plani ham muvozanatda bo‘ladi (3.19 b-rasm).

N quvvatni P kuch orqali quyidagicha ifodalaymiz

$$Pv_c \cos \alpha = Ppc\mu_v \cos \alpha = Ph\mu_v,$$

bunda h - r qutbdan R kuchning ta‘sir chizig‘iga tushirilgan perpendikulyar; α - rc va h orasidagi burchak.



3.19-rasm.

Agarda P kuchni bo‘g‘inga keltirilgan kuch deb qaraydigan bo‘lsak, u holda (3.4) tenglamani quyidagicha yozish mumkin

$$\sum_{i=1}^n N_i = \mu_v \sum_{i=1}^n P_i h_i = 0. \quad (3.5)$$

Bunda $\mu_v \neq 0$ inobatga olsak, u holda

$$\sum_{i=1}^n P_i h_i = 0. \quad (3.6)$$

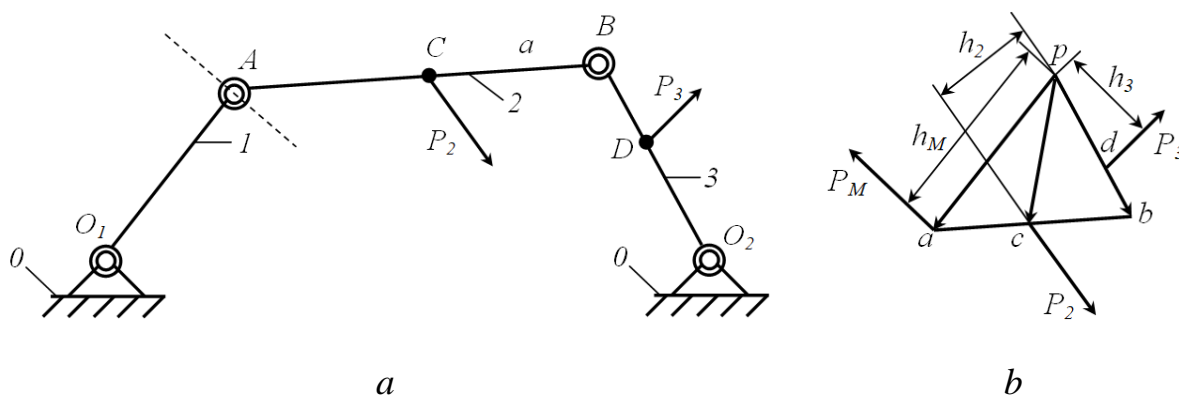
Agar mexanizm bo‘g‘inlariga ta‘sir etayotgan kuchlarning hamda aniqlanishi lozim bo‘lgan kuchning qo‘yilish nuqtalari va yo‘nalishlari berilgan bo‘lsa Jukovskiy usulini qo‘llash maqsadga muvofiq sanaladi. Dinamika nuqtai nazaridan qaraydigan bo‘lsak, mexanizm quyilgan kuchlar ta‘sirida muvozanatda bo‘lmaydi. SHuning uchun, mexanizm tarkibidagi bo‘g‘inlarning qaysidir nuqtasiga muvozanatlovchi kuch qo‘yish talab etiladi. Jukovskiy teoremasidan foydalanib, mexanizmning ixtiyoriy bo‘g‘iniga qo‘yilgan muvozanatlovchi kuchni topish mumkin. Odatda, mexanizmning yetakchi bo‘g‘iniga muvozanatlovchi kuch

qo'yiladi. Chunki, har qanday energiya yoki harakat yetakchi bo'g'in orqali uzatiladi. Mexanizmlarni dinamik tahlil etishda, masalani soddalashtirish maqsadida ta'sir etayotgan kuchlarni bitta bo'g'inga kelirilgan kuch bilan almashtirish mumkin. Keltirilgan kuch miqdor jihatda muvozanatlovchi kuchga teng va qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. U holda

$$\sum_{i=1}^n P_i h_i + P_M h_M = 0. \quad (3.7)$$

Masala yanada tushunarli bo'lishi uchun, 3.20-rasmda keltirilgan mexanizmni ko'rib chiqamiz.

Mexanizm C va D nuqtalariga mos ravishda qo'yilgan P_2 va P_3 kuchlar ta'sirida bo'lsin. P_2 va P_3 kuchlar 2 va 3-bo'g'inlarga ta'sir etayotgan kuchlar hamda inertsiya kuchlarining teng ta'sir etuvchisi sanaladi. Bu kuchlar ta'sirida mexanizmni muvozanat holatiga kelirish uchun mexanizmning qaysidir nuqtasiga muvozanatlovchi kuch P_M yoki kuch momenti M_M ni qo'yish lozim. Muvozanatlovchi kuch P_M qo'yilgan nuqta sifatida yetakchi bo'g'inning A nuqtasini tanlab, uning yo'nalishini O_1A ga perpendikulyar qo'yamiz.



3.20-rasm.

SHundan so'ng, mexanizmning berilgan vaziyati uchun tezliklar planining 90° ga bo'rilgan holatini quramiz. Qurilgan tezliklar planining c , d va a nuqtalariga mos ravishda mexanizmga tasvirlangan P_2 , P_3 va P_M kuchlarni ta'sir yo'nalishlariga parallel ko'chiramiz. Bunda tezliklar planini richag sifatida qabul qilib, P_2 , P_3 va P_M kuchlar ta'sirida muvozanatda deb qaraymiz. Tezliklar plani kuchlar ta'sirida muvozanatda bo'lsa, u holda qutb nuqtaga nisbatan momentlar

tenglamasini tuzamiz. Bunda momentlarning ishoralari harakat yoʻnalishiga bogʻliq boʻladi. U holda

$$-P_M h_M - P_2 h_2 + P_3 h_3 = 0.$$

Bu tenglamadan muvozanatlovchi kuchni quyidagicha ifodalaymiz

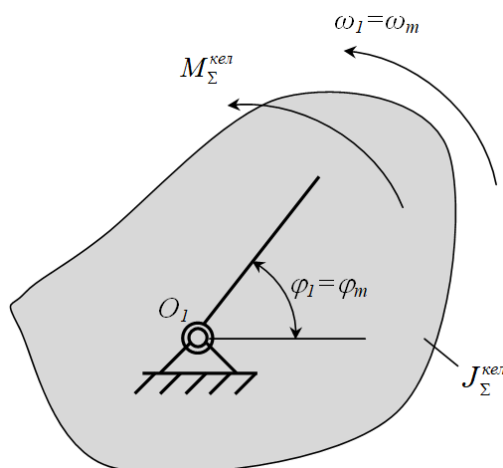
$$P_M = \frac{P_3 h_3 + P_2 h_2}{h_M}.$$

Agar muvozanatlovchi kuchni hisoblaganimizda uning qiymatini ishorasi manfiy chiqsa, yoʻnalishi notoʻgʻri tanlangan boʻladi. U holda yoʻnalishini qarama-qarshi tomonga almashtirish lozim. Ishorasi musbat boʻlsa, demak yoʻnalishi toʻgʻri tanlangan boʻladi.

3.3. Mexanizmlarni dinamik modeli. Keltirilgan kuchlar va massalar. Kinetik energiya va differentsial tenglama koʻrinishida mashinaning harakat tenglamasi

Qoʻzgʻaluvchanlik darajasi $W=1$ boʻlgan mexanizm vaziyatini bitta koordinata orqali aniqlanadi. Bu koordinata umumlashgan koordinatadir. Demak, umumlashgan koordinata deb, mexanizmning fazodagi vaziyatini aniqlaydigan va maqsadga muvofiq ravishda tanlab olingan, bir-biriga bogʻliq boʻlmagan kattaliklarga aytiladi. Umumlashgan koordinatalar $q_i(i, 1, 2, 3\dots)$ bilan belgilanadi. Koʻzgʻaluvchanlik darajasi n ta boʻlsa, bu mexanizmning vaziyati n ta umumlashgan koordinata orqali ifodalanadi. Umumlashgan koordinatalar sifatida ixtiyoriy fizik kattaliklar tanlanishi mumkin. Masalan, burchak, uzunlik, tezlik va boshqalar.

Aylanma harakatda, umumlashgan kordinata sifatida odatda boʻgʻining burilish burchagi olinadi. Bu holatda dinamik model 3.21-rasmda keltirilgan sxema koʻrinishida boʻladi.



3.21-rasm.

Sxemada keltirilgan belgilashlar quyidagilarni anglatadi: $\varphi_1 = \varphi_m$ -modelning umumlashgan burchagi; $\omega_1 = \omega_m$ -modelning umumlashgan burchak tezligi; M_{Σ}^{kel} - keltirilgan momentlarning yig'indisi (umumlashgan kuch-mexanizmga qo'yilgan barcha kuchlarga ekvivalent kuch); J_{Σ}^{kel} -mexanizmning inertiligi ekvivalent bo'lgan keltirilgan inertsiya momentlarning yig'indisi.

SHunga e'tibor qaratish lozimki, almashtirishlarda, mavjud kuch va momentlar ta'siridagi mexanizmning haqiqiy harakat qonuni o'zgarmay qolishi lozim.

Umumlashgan kuchni aniqlashda, shu kuchning bajargan ishini mexanizm bo'g'inlariga qo'yilgan haqiqiy kuch va momentlarning bajargan ishlariga tengligidan foydalaniladi. Ular orasidagi munosabat quyidagicha bo'ladi

$$PdS = \sum P_i dS_i \cos \alpha_i + \sum M_j d\varphi_j. \quad (3.8)$$

Mashina va mexanizmlar nazariyasi kursida umumlashgan kuch *keltirilgan kuch* deyiladi. Vaziyati umumlashgan koorditana orqali aniqlanadigan bo'g'in esa, *keltirilgan bo'g'in* deyiladi. Keltirilgan kuchni R^{kel} harfi bilan belgilab va (3.8) ifodani ikki tomonini dS ga bo'lish orqali aniqlaymiz

$$P^{kel} = \sum P_i \frac{dS_i}{dS} \cos \alpha_i + \sum M_j \frac{d\varphi_j}{dS}. \quad (3.9)$$

Bu yerda

$$\frac{dS_i}{dS} = \frac{dS_i}{dt} : \frac{dS}{dt} = \frac{v_i}{v} \quad \text{va} \quad \frac{d\varphi_j}{dS} = \frac{d\varphi_j}{dt} : \frac{dS}{dt} = \frac{\omega_j}{v}.$$

U holda, (3.9) tenglik quyidagicha ko‘rinish oladi

$$P^{kel} = \sum P_i \frac{v_i}{v} \cos \alpha_i + \sum M_j \frac{\omega_j}{v}, \quad (3.10)$$

bunda v -keltirilgan bo‘g‘inning tezligi.

Ayrim masalalarni yechishda keltirilgan kuch o‘rniga keltirilgan momentdan foydalanish qulay bo‘ladi. Keltirilgan momentning bajargan ishi quyidagiga teng

$$M^{kel} d\varphi = \sum P_i dS_i \cos \alpha_i + \sum M_j d\varphi_j. \quad (3.11)$$

Keltirilgan momentni (3.11) ifodani ikki tomonini $d\varphi$ ga bo‘lish orqali aniqlaymiz

$$M^{kel} = \sum P_i \frac{dS_i}{d\varphi} \cos \alpha_i + \sum M_j \frac{d\varphi_j}{d\varphi}. \quad (3.12)$$

Bu yerda

$$\frac{dS_i}{d\varphi} = \frac{dS_i}{dt} : \frac{d\varphi}{dt} = \frac{v_i}{\omega} \quad \text{va} \quad \frac{d\varphi_j}{d\varphi} = \frac{d\varphi_j}{dt} : \frac{d\varphi}{dt} = \frac{\omega_j}{\omega}.$$

U holda, (3.9) tenglik quyidagicha ko‘rinish oladi

$$M^{kel} = \sum P_i \frac{v_i}{\omega} \cos \alpha_i + \sum M_j \frac{\omega_j}{\omega}. \quad (3.13)$$

Ma’lumki, har qanday mashina foydali ish bajaradi. Foydali ishni bajarishi uchun esa mashina tarkibidagi mexanizmlar ma’lum tartibda harakatni amalga oshirishi lozimdir. Harakat esa energiya bilan bog‘liq bo‘lgan jarayondir. SHu sababli harakatdagi energiya, yani kinetik energiya bilan tanishib chiqamiz.

Bizga ma’lumki, mexanizm tarkibidagi bo‘g‘inlar uch turdagi harakatni amalga oshiradi, ya’ni ilgarilanma, aylanma va murakkab tekis parallel. Harakat turiga ko‘ra bo‘g‘inlarning kinetik energiyalari quyidagicha aniqlanadi:

- ilgarilanma harakat qiladigan bo‘g‘ining kinetik energiyasi quyidagicha ifodalanadi

$$E_{\kappa}^{ul} = \frac{mv^2}{2}; \quad (3.14)$$

- aylanma harakat qiladigan bo‘g‘ining kinetik energiyasi quyidagicha ifodalanadi

$$E_{\kappa}^{a\ddot{u}n} = \frac{J_0 \omega^2}{2}; \quad (3.15)$$

- murakkab tekis parallel harakat qiladigan bo‘g‘ining kinetik energiyasi quyidagicha ifodalanadi

$$E_{\kappa}^{m\ddot{y}p} = \frac{m_s v_s^2}{2} + \frac{J_0 \omega^2}{2}. \quad (3.16)$$

Mexanizmning umumiy kinetik energiyasi, mexanizm tarkibidagi bo‘g‘inlarning kinetik energiyalarining yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Kinetik energiyaning o‘zgarish qonunidan foydalanib mashinaning harakat tenglamasini tuzish mumkin. Kinetik energiyaning o‘zgarish qonuniyati quyidagicha ifodalanadi

$$E_{\kappa} - E_{\kappa 0} = \sum A, \quad (3.17)$$

bunda $E_{\kappa} = \sum \frac{m_i v^2}{2}$ - mashinaning so‘ngi vaziyatdagi kinetik energiyasi (m_i - mashinaning umumiy (keltirilgan) massasi; v - mashinaning so‘ngi vaziyatdagi tezligi); $E_{\kappa 0} = \sum \frac{m_i v_0^2}{2}$ - mashinaning boshlang‘ich vaziyatidagi kinetik energiyasi (v_0 - mashinaning boshlang‘ich vaziyatdagi tezligi); $\sum A = A_x - A_f - A_z$ - mashinaga qo‘yilgan kuch va momentlarning bajargan ishlarini algebraik yig‘indisi (A_x - harakatlantiruvchi kuchlarning bajargan ishlari; A_f - foydali qarshilik kuchlarning bajargan ishlari; A_z - zararli qarshilik kuchlarning bajargan ishlari).

Mashinaning harakat davrlari uchun kinetik energiyaning o‘zgarish qonuniyatlarini ko‘rib chiqamiz.

Mashinaning yurgizish davrida uning boshlang‘ich tezligi nolga teng ($v_0=0$) bo‘ladi. U holda

$$E_{\kappa 0} = 0.$$

SHuning uchun (3.17) tenglik quyidagicha ko‘rinish oladi

$$E_{\kappa} = A_x - A_f - A_z, \quad (3.18)$$

bundan

$$A_x = E_{\kappa} + A_f + A_z. \quad (3.19)$$

(3.19) tenglikdan ko‘rinadiki, mashinani yurgizish davrida harakatlantiruvchi kuchlarning bajargan ishlari foydali va zararli qarshilik kuchlarning bajargan ishlaridan katta bo‘lishi shart ekan, chunki qo‘shimcha ravishda mashinaning harakatlanuvchi qismlari kerakli tezlikka erishishlari uchun qo‘shimcha ish bajariladi.

Mashinaning barqaror yurish davrida, uning tarkibida ilgari lanma-qaytma harakat qiluvchi bo‘g‘inlar bo‘lmay, faqat aylanma harakat qiluvchi bo‘g‘inlar bo‘lsa, u holda tezlik o‘zgarmas ($v=v_I=v_0=0$) bo‘ladi. Kinetik energiyaning o‘zgarish quyidagicha

$$E_k - E_{k0} = 0. \quad (3.20)$$

U holda (3.17) tenglik quyidagicha ko‘rinish oladi

$$A_x - A_\phi - A_z = 0. \quad (3.21)$$

bundan

$$A_x = A_\phi + A_z. \quad (3.22)$$

(3.21) tenglikdan ko‘rinadiki, mashinani barqaror yurish davrida harakatlantiruvchi kuchlarning bajargan ishlari foydali va zararli qarshilik kuchlarning bajargan ishlarining yig‘indisiga teng bo‘lar ekan.

Mashinaning to‘xtash davrida, mashinaning oxirgi tezligi nolga teng ($v_I=0$) bo‘ladi

$$E_k = 0.$$

SHuning uchun (3.17) tenglik quyidagicha ko‘rinish oladi

$$-E_k = A_x - A_\phi - A_z, \quad (3.23)$$

bundan

$$A_x = A_\phi + A_z - E_{k0}. \quad (3.24)$$

Mashinaning to‘xtash davrida (3.24) tenglikdagi $A_x=0$ va $A_f=0$ bo‘ladi. SHuning uchun $A_z=E_{k0}$ bo‘ladi. Demak, to‘plangan energiya zararli qarshilik kuchini yengishga sarflanadi.

Mashinadagi foydali va zararli qarshilik kuchlarini birgalikda qarshilik kuchi sifatida qarab, ularning bajargan ishlarini yig‘indisini quyidagicha ifodalaymiz

$$A_k = A_\phi + A_3. \quad (3.25)$$

U holda, kinetik energiyaning o'zgarish qonuniyatini quyidagicha yozamiz

$$E_i - E_0 = \frac{mv_i^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A_x - A_k. \quad (3.26)$$

Agar kuchlar, momentlar va massalarni bitta nuqtaga keltirilsa, (3.26) tenglik quyidagicha ko'rinish oladi

$$\frac{m^{kel} v_i^2}{2} - \frac{m^{kel} v_0^2}{2} = \int_{S_0}^{S_i} P_x^{kel}(S) dS - \int_{S_0}^{S_i} P_k^{kel}(S) dS, \quad (3.27)$$

bunda m^{kel} -mexanizmning keltirilgan massasi; $P_x^{kel}(S)$ -keltirilgan harakatlantiruvchi kuch; $P_k^{kel}(S)$ -keltirilgan qarshilik kuchi; S -keltirish nuqtaning ko'chishi.

(3.27) ifoda mashinaning energiya ko'rinishidagi harakat tenglamasi hisoblanadi.

Agar kuch va massalar nuqtaga emas, balki bo'g'inga keltirilsa, u holda bu bo'g'in o'zgaruvchan keltirilgan inertsiya momenti J^{kel} hamda mexanizmga ta'sir etuvchi mavjud kuch va momentlarni almashtiruvchi keltirilgan moment M^{kel} lar ta'sirida bo'ladi.

Keltirilgan inertsiya momenti J^{kel} , harakatlantiruvchi kuchlarning keltirilgan momenti $M_x^{kel}(\varphi)$ va qarshilik kuchlarining keltirilgan momenti $M_k^{kel}(\varphi)$ keltirilgan bo'g'inning burilish burchagining funktsiyasi hisoblanadi.

Bunday hollarda, mashinaning energetik ko'rinishdagi harakat tenglamasi quyidagicha bo'ladi

$$\frac{J_i^{kel} \omega_i^2}{2} - \frac{J_0^{kel} \omega_0^2}{2} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} M_x^{kel}(\varphi) d\varphi - \int_{S_0}^{S_i} M_k^{kel}(\varphi) d\varphi, \quad (3.28)$$

bunda φ_0 -keltirilgan bo'g'inning boshlang'ich vaziyatdagi burilish burchagi; φ_i -keltirilgan bo'g'inning tanlangan boshlang'ich vaziyatdagi burilish burchagi; ω_0 -keltirilgan bo'g'inning boshlang'ich vaziyatdagi burchak tezligi; ω_i -keltirilgan bo'g'inning tanlangan boshlang'ich vaziyatdagi burchak tezligi.

Mashinaning differentsial tenglama ko‘rinishidagi harakat tenglamasini tuzishda, kinetik energiyani o‘zgarish qonuniyatiga asosan, massa kinetik energiyasining differentsiallangan qiymati unga ta’sir etuvchi kuchlarning bajargan elementar ishiga tengdir, ya’ni

$$dE = dA. \quad (3.29)$$

Bitta qo‘zg‘aluvchanlik darajasiga ega bo‘lgan mexanizmning keltirilgan bo‘g‘iniga kuch va massa keltirilganda quyidagi tengliklar o‘rinli bo‘ladi

$$E = \frac{J^{kei} \omega^2}{2}; \quad A = \int_{\varphi_0}^{\varphi} M^{kei} d\varphi. \quad (3.30)$$

(3.30) tenglikni inobatga olib (3.29) tenglikni quyidagicha yozamiz

$$d\left(\frac{J^{kei} \omega^2}{2}\right) = d \int_{\varphi_0}^{\varphi} M^{kei} d\varphi = M^{kei} d\varphi \quad (3.31)$$

yoki

$$\frac{d}{d\varphi} \left(\frac{J^{kei} \omega^2}{2} \right) = M^{kei}. \quad (3.32)$$

Yuqorida enegiyani o‘zgarish qonuniyati yordamida mashinalarning harakat tenglamalarini tuzish bilan tanishib chiqdik.

Agar sistema mashina agregati sifatida qaralsa, u holda mashina agregatining harakat tenglamasini differentsial tenglama ko‘rinishida ham yozsa bo‘ladi. Buning uchun, harakatlantiruvchi kuchni R_x va qarshilik kuchini R_q deb belgilab olib, quyidagini yozamiz

$$P = P_x - P_k. \quad (3.33)$$

Kinetik energiyani o‘zgarishini kuchni bajargan ish orqali quyidagicha ifodalaymiz

$$dA = PdS = dE. \quad (3.34)$$

U holda

$$P = \frac{dA}{dS} = \frac{dE}{dS}, \quad (3.35)$$

bunda dA -keltirilgan kuchning bajargan elementar ishi; dS -elementar siljish; dE -kinetik energiyaning elementar o‘zgarishi.

Yuqoridagilarni inobatga olib, keltirilgan kuchni quyidagicha ifodalaymiz

$$\begin{aligned}
 P = P_x - P_\kappa &= \frac{dE}{dS} = \frac{d\left(\frac{m^{kel} v^2}{2}\right)}{dS} = m^{kel} \frac{d\left(\frac{v^2}{2}\right)}{dS} + \frac{v^2}{2} \frac{dm^{kel}}{dS} = \\
 &= m^{kel} v \frac{dv}{dS} + \frac{v^2}{2} \frac{dm^{kel}}{dS} = m^{kel} \frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{2} \frac{dm^{kel}}{dS}. \quad (3.36)
 \end{aligned}$$

Agar keltirilgan bo'g'in aylanma harakat qilsa, u holda tenglamani moment orqali ifolalash mumkin, ya'ni

$$M = M_x - M_\kappa = J^{kel} \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ^{kel}}{d\varphi}. \quad (3.37)$$

Barqaror harakatda, $\omega = const$ va $\varepsilon = 0$ bo'lganligi uchun (3.37) ifodaning birinchi hadi nolga teng bo'ladi. Boshlang'ich harakatda $\omega_0 = 0$ va $\varepsilon \neq 0$ bo'lsa, u holda ifodaning ikkinchi hadi nolga teng bo'ladi.

Demak, boshlang'ich harakatda

$$M_{\delta_{ou}} = -J^{kel} \frac{d\omega}{dt},$$

barqaror harakatda

$$M_{\delta_{ap}} = -\frac{\omega^2}{2} \frac{dJ^{kel}}{d\varphi}.$$

Umumiy ko'rinishda quyidagicha yozamiz

$$M + M_{\delta_{ou}} + M_{\delta_{ap}} = 0.$$

Harakat tenglamani (3.32) ni inobatga olib, (3.37) ni quyidagicha yozish mumkin, ya'ni

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi_i} (M_x - M_\kappa) d\varphi = \frac{J^{kel} \omega_i^2}{2} - \frac{J^{kel} \omega_0^2}{2}. \quad (3.38)$$

(3.38) ifodadan burchak tezlikni aniqlaymiz

$$\omega_i = \sqrt{\frac{2}{J^{kel}} \int_{\varphi_0}^{\varphi_i} (M_x - M_\kappa) d\varphi + \omega_0^2}.$$

Agar keltirilgan moment o'rniga keltirilgan kuch ko'rinishida bo'lsa, u holda

$$v_i = \sqrt{\frac{2}{m^{kel}} \int_{S_0}^{S_i} (P_x - P_\kappa) dS + v_0^2}.$$

IV-BOB. TISHLI MEXANIZMLAR

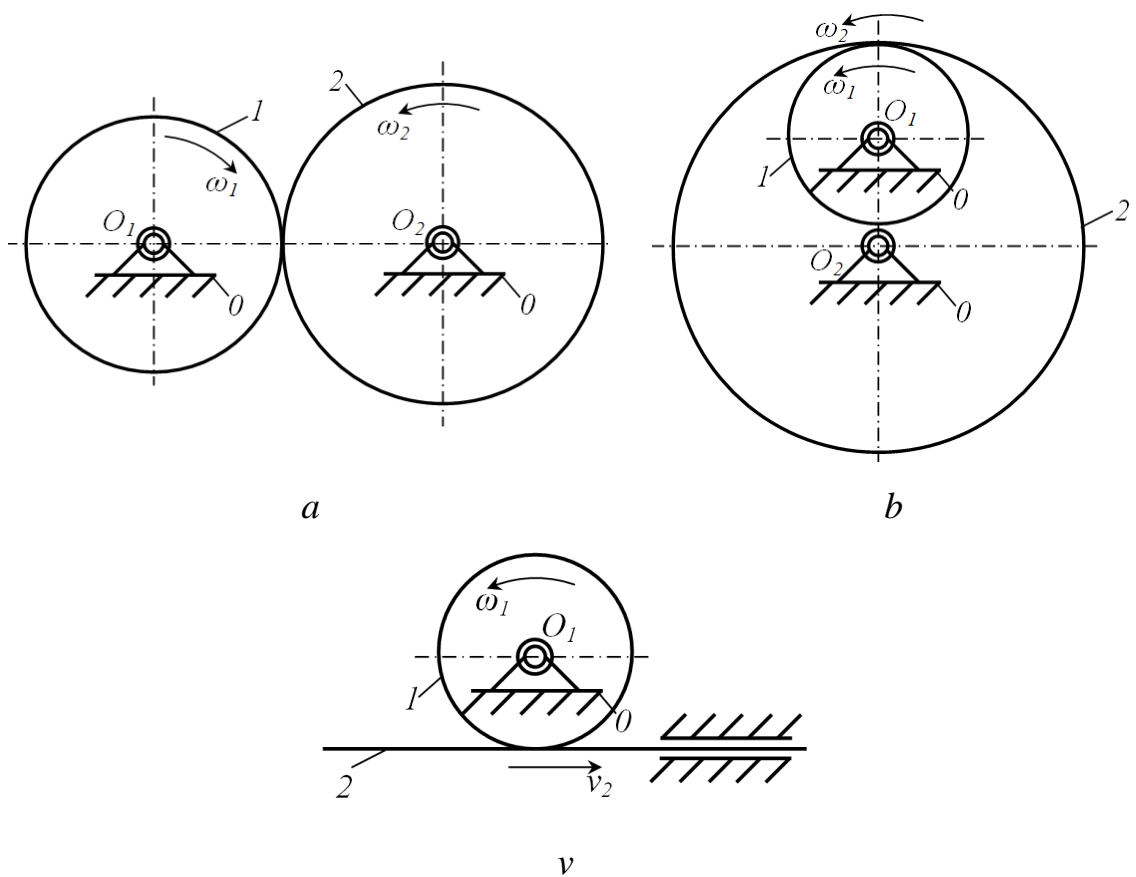
4.1. Tishli mexanizmlar va ularning turlari. Ilashmaning asosiy qonuni

Tishli mexanizmlar harakatni yetakchi bo‘g‘indan yetaklanuvchi bo‘g‘inga ilashish hisobiga uzatadi. Tishli mexanizmlardagi ilashuvchi bo‘g‘inlar tishli g‘ildiraklar deyiladi. Tishli mexanizmlar tarkibidagi tishli g‘ildiraklar bir-biri bilan oliy kinematik juftliklar hosil qilsa, qo‘zg‘almas bo‘g‘in (tayanch) bilan esa asosan ko‘yi aylanma yoki ilgarilanma kinematik juftliklarni hosil qiladi. Tishli mexanizmlar tishli g‘ildiraklarni ilashish turiga ko‘ra tashqi ilashmali yoki ichki alashmali bo‘ladi.

Tishli mexanizmlar tishli g‘ildiraklar o‘qlarining o‘zaro joylashishiga ko‘ra uch turga bo‘linadi, ya’ni: tsilindrsimon, konussimon va giberboloidli.

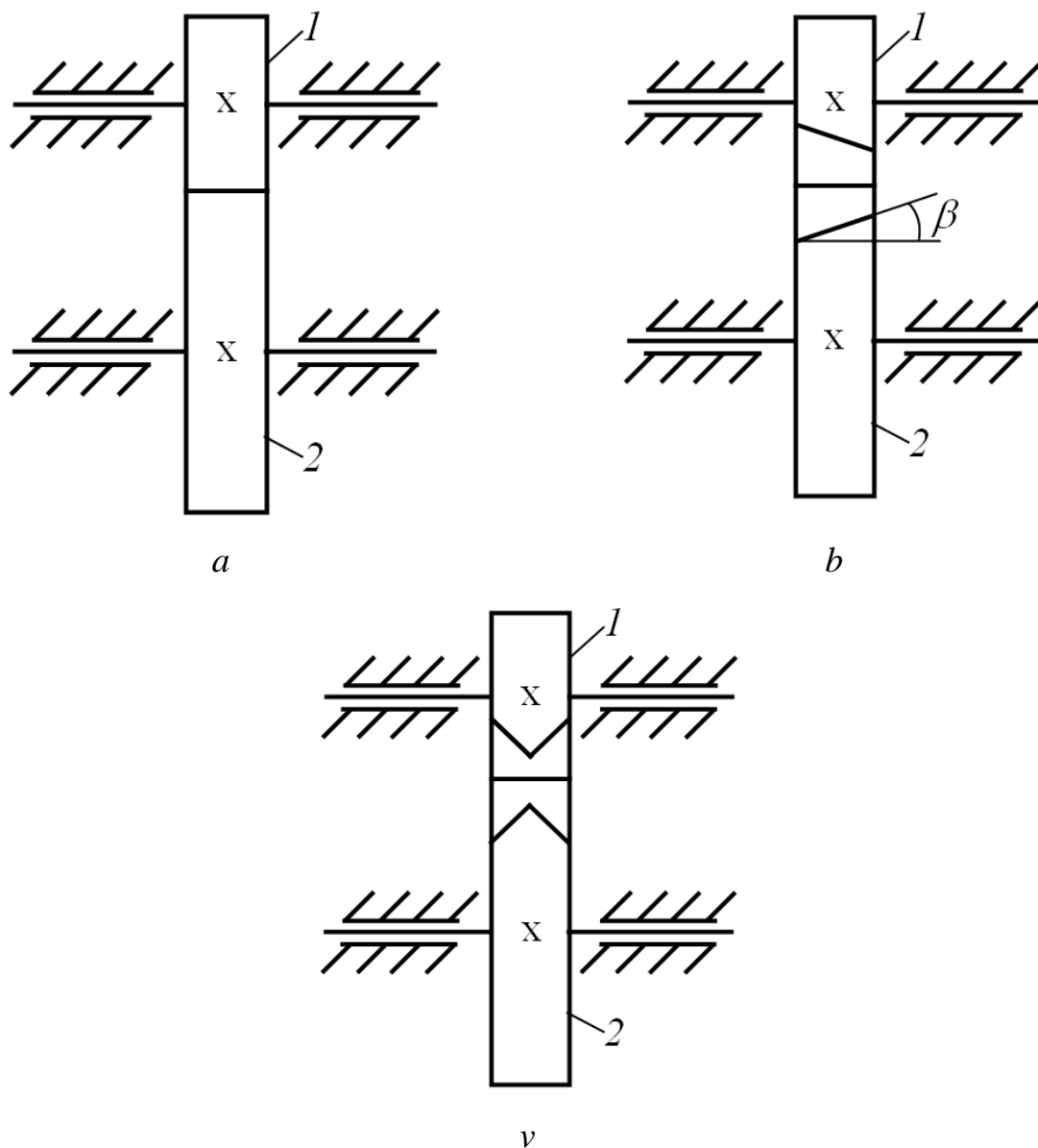
TSilindrsimon tishli mexanizmlar – tishli g‘ildiraklarining o‘qlari o‘zaro parallel tishli mexanizmlardir. Bunday mexanizmlarda tishli g‘ildirak tishlari tsilindr yasovchisi bo‘yicha joylashadi. SHuning uchun ularni *tsilindrsimon uzatmalar* deyiladi. TSilindrsimon tishli mexanizmlar ilashishi turiga ko‘ra tashqi, ichki va reykali ilashmali bo‘ladi (4.1-rasm).

Tashqi ilashmalarda tishli g‘ildiraklarning aylanma harakat yo‘nalishlari qarama-qarshi bo‘ladi (4.1 *a*-rasm). Ichki ilashmalarda tishli g‘ildiraklarning aylanma harakat yo‘nalishlari bir-biriga mos tushadi va bir xil yo‘nalishda bo‘ladi (4.1 *b*-rasm). Reykali ilashmalarda, ilashishdagi bitta bo‘g‘in aylanma harakat qilsa, ikkinchi bo‘g‘in ilgarilanma harakatni amalga oshiradi (4.1 *v*-rasm). Ilashmadagi tishli g‘ildiraklardan birining radiusi cheksizlikka intiladi.



4.1-rasm.

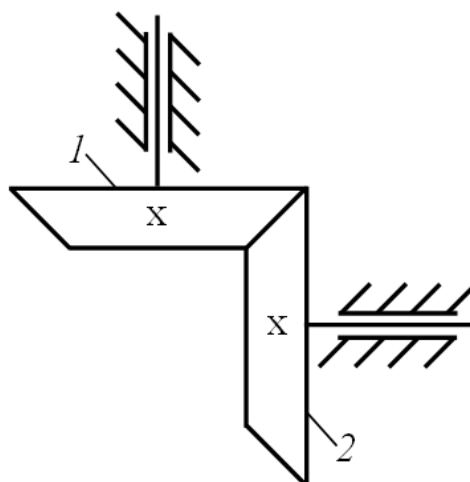
Tishli g'ildiraklar tishlarni joylashishiga ko'ra, to'g'ri tishli (4.2 a-rasm) , qiya tishli (4.2 b-rasm) va shevron tishli (4.2 v-rasm) bo'ladi. To'g'ri tishli g'ildirakning tishlari uning o'qiga parallel. Qiya tishli g'ildirakning tishlari tsilindrdagi vint chiziqlari buyicha joylashadi. G'ildirakning o'qiga nisbatan tishning qiyalik burchagi $\beta=(10\div 15)^\circ$ (11.2b-rasm). Qiya tishli uzatmalarda tishlar qiya joylashganligi sababli o'qlar bo'yicha yo'nalgan yuklama hosil bo'ladi. Og'ir yuklangan uzatmalarda qo'shimcha yuklanishdan qochish maqsadida ikkilangan qiya tishli uzatmalardan foydalaniladi, ularni shevron tishli uzatma deyiladi (4.2 v-rasm,). Bunday tishli g'ildiraklarni tayyorlash qiyin bo'lganligi sababli kam ishlatiladi. To'g'ri to'rt burchaklar ichidagi "x" belgilar tishli g'ildirakni valga qo'zg'almas mahkamlanganligini bildiradi.



4.2-rasm.

Konussimon tishli mexanizmlar – tishli g'ildiraklarining o'qlari o'zaro kesishuvchi tishli mexanizmlardir. Bunday uzatmalarda tishli g'ildirak tishlari kesik konus yasovchilari bo'yicha joylashadi, shuning uchun ularni konussimon uzatmalar deyiladi. G'ildirak o'qlarning kesishish burchagi har xil bo'lishi mumkin, ko'pincha bu burchak 90° ga teng bo'ladi. 4.3-rasmda ko'rsatilganidek konussimon uzatmalarni ko'pincha kesik konus ko'rinishida tasvirlanadi. Oldingi holatdagidek shaklidagi "x" belgilar g'ildirakni valga qo'zg'almas mahkamlanganini bildiradi. Konussimon uzatmalar to'g'ri tishli, qiya tishli va yumaloq tishli uzatmalarga bo'linadi. To'g'ri tishli g'ildirak tishlari kesik konus yasovchilari bo'yicha joylashadi, qiya tishli esa konusda vint chizig'i bo'yicha,

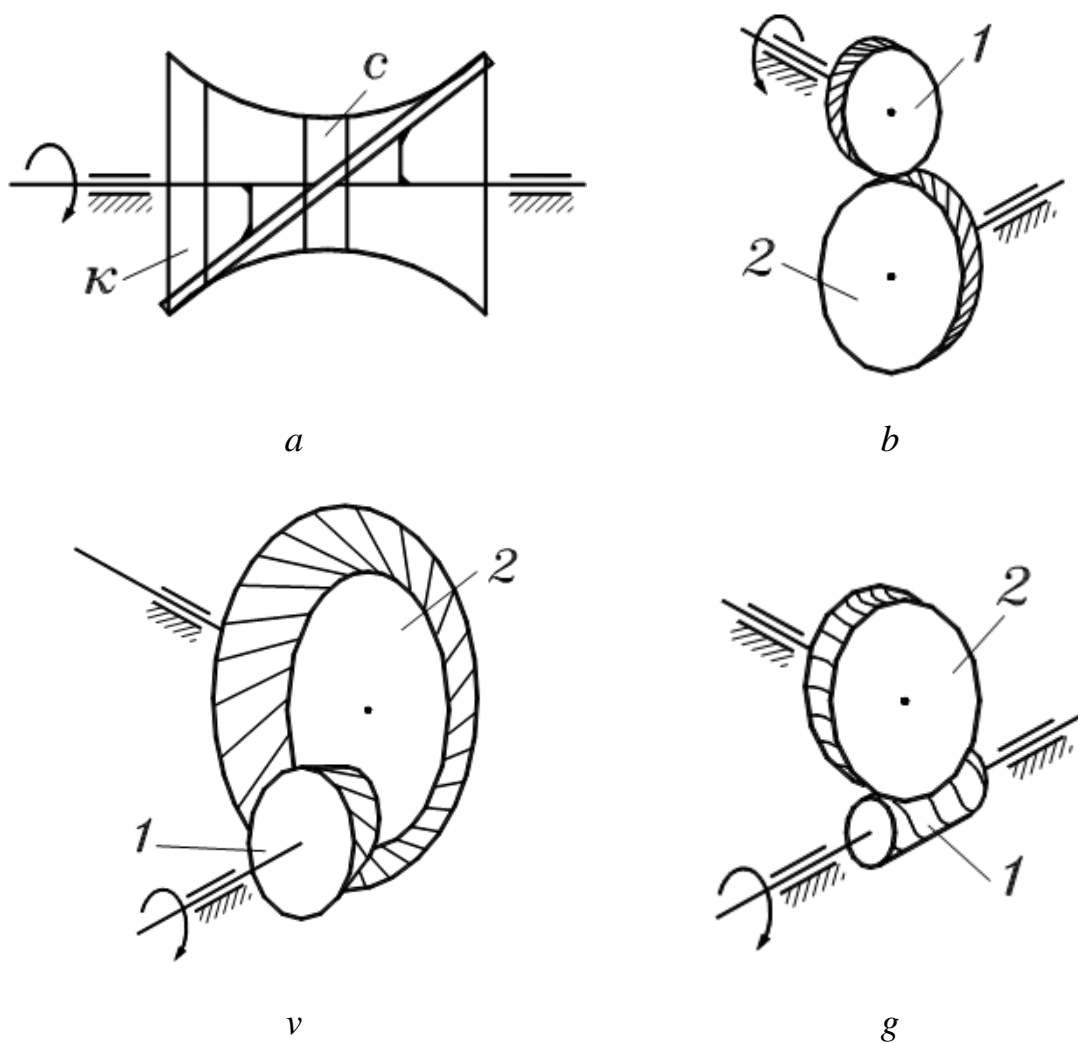
yumaloq tishlar rejada aylana bo'yicha chiziladi (tish yasashdagi texnologik jarayonni qisqartirish maqsadida, bunday tishlar yumaloq kesuvchi asbobda yasaladi).



4.3-rasm.

G'ildirak o'qlari ayqash (giperboloidli) mexanizmlar-bunday uzatmalarda g'ildirak tishlari giperbola aylanishidagi yasovchi buyicha joylashadi. Giperbola aylanish quyidagiga yasaladi. Agar podshipnikda joylashgan o'qqa (4.4 a -rasm) boshqa tekislikda joylashgan reykani qo'zg'almas mahkamlansa va bu qo'zg'almas 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 (4.4 a-rasm), u holda bu g'ildiraklar vintli uzatmani xosil kiladi (4.4 b-rasm). Ko'pincha bunday uzatmalarda valning ayqash burchagi 90° ga teng bo'lib, ko'tarish burchagi -45° ga teng tishlar vint chiziqlarida joylashadi. Bu g'ildiraklar qiya tishli qiyalik burchagi katta tsilindrik g'ildiraklarga o'xshash bo'ladi. G'ildirakning kichik enidan giperbola yuzasining egriligi bilinmaydi.

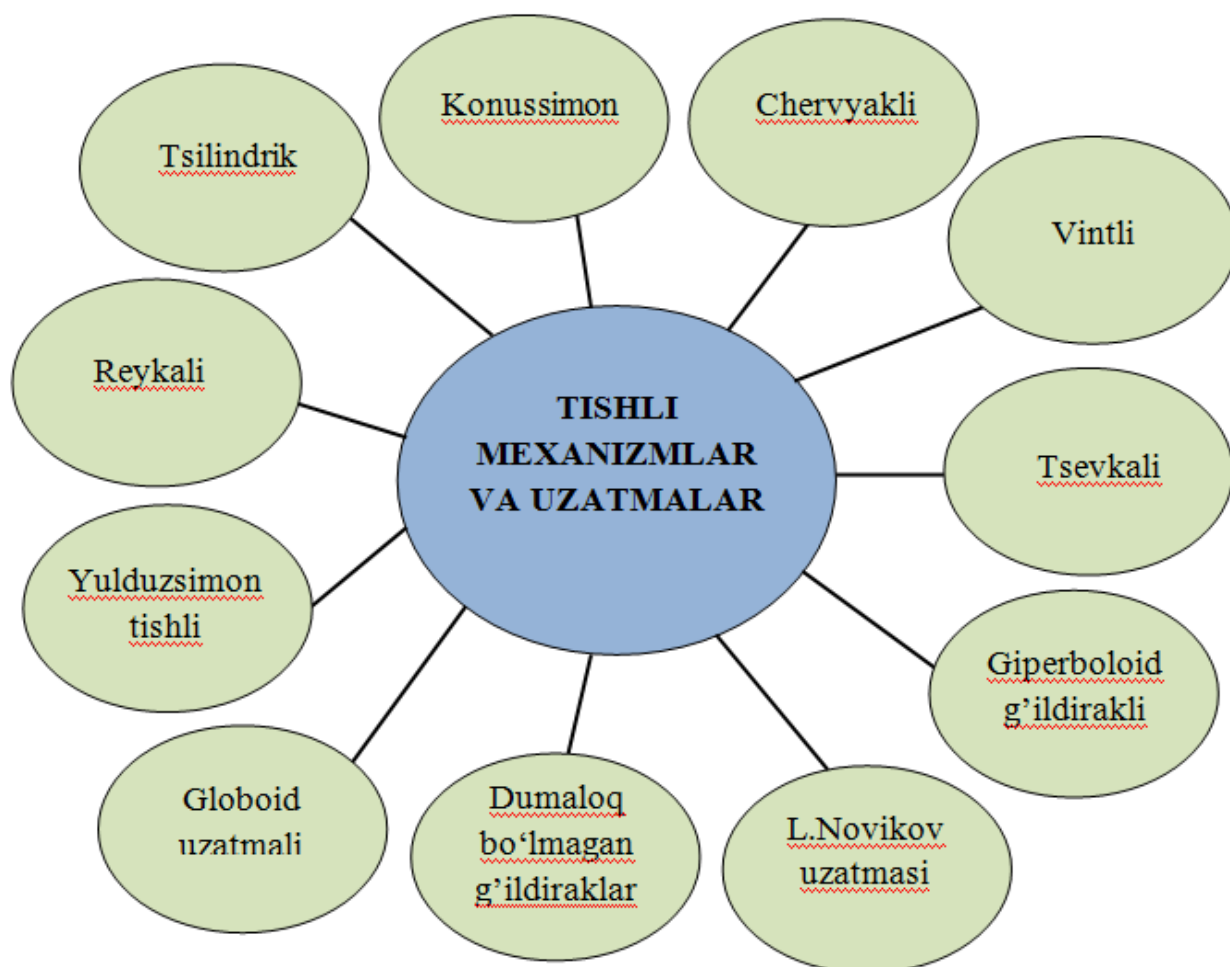


4.4-rasm.

Agar tishli g'ildirak uchun giperbolaning chetki qismi olinsa (4.4 *a*-rasm), u holda bu g'ildiraklar gipoidli uzatma hosil qiladi (4.4 *v* -rasm). Ko'pincha, bunday uzatmada, oldingi holatdagidek, ayqash burchaklar 90° 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 avtomobil 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 (4.4 *g* -rasm.). *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.

Tishli mexanizmlar o'qlarining qo'zg'aluvchanligiga ko'ra ikki turga ajratiladi: g'ildirak o'qlari qo'zg'almas va ba'zi bir g'ildirak o'qlari qo'zg'aluvchan. Birinchi ko'rinishdagi 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 qo'zg'aluvchan. Bunday mexanizmlarni *planetar mexanizm* 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). Umumiy holda, tishli uzatmalarning turlari 4.5-rasmda keltirilgan.



4.5-rasm.

Ilashmaning asosiy qonunini ifoda etuvchi Villis teoremesi³. Ikki tish profilining ilashgan nuqtasidan o'tkazilgan umumiy normal, o'qlarorasidagi masofaning ikkiga bo'ladiki, ular burchak tezliklarga teskari proportsional bo'ladi.

Teoremani isboti. O nuqtada o'zaro urinadigan ikkita richag berilgan bo'lsin. Richag 1 O_1 markaz atrofida soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha aylanma harakat qilib, richag 2 ni harakatga keltiradi. Bunda richag 2 O_2 markaz atrofida soat strelkasi yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga aylanma harakat qiladi. Urinish nuqtasi O dan umumiy normal chiziq o'tkazamiz va bu normal chiziq O_1O_2 markazlar kesmasini P nuqtada kesib o'tadi. Bu yerda O_1P va O_2P masofalar burchak tezliklarga teskari proportsional ekanligini isbotlash lozim, ya'ni

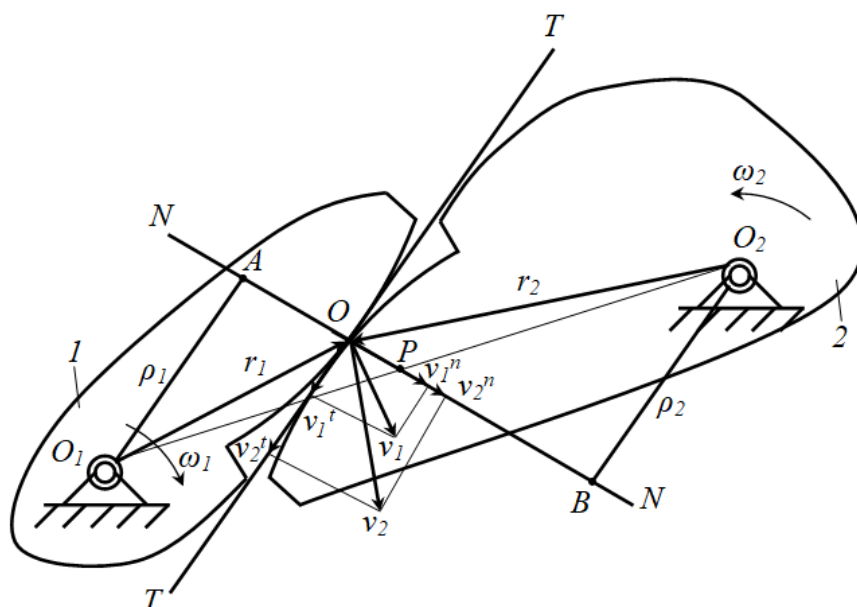
$$\frac{O_1P}{O_2P} = \frac{\omega_2}{\omega_1}. \quad (4.1)$$

Isbotlash uchun richaglarning urinish nuqtasi O ni aylanish markazlari O_1 va O_2 lar bilan tutashtiramiz. Bunda, O_1O ni r_1 bilan belgilaymiz, bu richag 1 ning urinish nuqtasining aylanish radiusi, O_2O ni r_2 bilan belgilaymiz, bu richag 2 ning urinish nuqtasining aylanish radiusi bo'ladi. Harakat yo'nalishi bo'yicha aylanish radiuslariga perpendikulyar ravishda v_1 va v_2 tezliklarni o'tkazamiz va bu tezliklarni umumiy normal NN va umumiy urinma TT chiziqlardagi tashkil etuvchilarga ajratamiz (4.6-rasm).

Tezliklarni umumiy normal chiziqdagi tashkil etuvchilarini v_1^n va v_2^n bilan, umumiy urinma chiziqdagi tashkil etuvchilarni v_1^t va v_2^t bilan belgilaymiz. Tezliklarning normal tashkil etuvchilari v_1^n va v_2^n lar bir-biriga teng bo'lishi lozim. Agar v_2^n , v_1^n dan katta bo'lsa, profil yoylarining ilashishda uzilish bo'ladi. Bu esa, tishli ilashmalarga xos emas. Aksincha v_1^n , v_2^n dan katta bo'lsa, richag 1 richag 2 ga botishi kerak, bu esa deformatsiya yoki buzilishga olib keladi. SHuning uchun, $v_1^n = v_2^n$ bo'lishi lozim.

Tezliklarning urinma tashkil etuvchilari v_1^t va v_2^t farq bo'lishi mumkin. Bu farqlar, ilashuvchi yoylar orasidagi sirpanish hodisasi bilan tushintiriladi.

³ А.А.Машков. Теория механизмов и машин. – Минск: Высшейшая школа, 1971. – 471 б.



4.6-rasm.

Aylanish markazlari O_1 va O_2 lardan umumiy normalga O_1A va O_2B perpendikulyarlar o'tkazamiz. Perpendikulyarlarning uzunliklarini $O_1A=\rho_1$ va $O_2B=\rho_2$ bilan belgilaymiz.

O_1OA va $Ov_1v_1^n$ uchburchaklarning o'xshashliklaridan foydalanib, quyidagini yozamiz

$$\frac{v_1^n}{v_1} = \frac{\rho_1}{r_1}. \quad (4.2)$$

SHu bilan birga, O_2OV va $Ov_2v_2^n$ uchburchaklarning o'xshashliklaridan foydalanib, quyidagini yozamiz

$$\frac{v_2^n}{v_2} = \frac{\rho_2}{r_2}. \quad (4.3)$$

(4.2) va (4.3) ifodalardan quyidagilarni aniqlaymiz

$$v_1^n = \frac{v_1\rho_1}{r_1} \text{ va } v_2^n = \frac{v_2\rho_2}{r_2}. \quad (4.4)$$

Yuqorida ta'kidlanganidek, tezliklarning normal tashkil etuvchilari bir-biriga teng bo'lishi kerak degan shartga ko'ra

$$\frac{v_1\rho_1}{r_1} = \frac{v_2\rho_2}{r_2}. \quad (4.5)$$

CHiziqli tezliklarni burchak tezliklar orqali ifodalaymiz

$$v_1 = \omega_1 r_1 \quad \text{va} \quad v_2 = \omega_2 r_2. \quad (4.6)$$

(4.6) ifodani inobatga olib, (4.5) ifodani quyidagicha yozamiz

$$\omega_1 \rho_1 = \omega_2 \rho_2. \quad (4.7)$$

(4.7) tenglikni proportsiya ko‘rinishda yozamiz

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}. \quad (4.8)$$

O_1AP va O_2BP uchburchaklarning o‘xshashliklaridan foydalanib, quyidagini yozamiz

$$\frac{\rho_1}{O_1P} = \frac{\rho_2}{O_2P}$$

yoki

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{O_1P}{O_2P}. \quad (4.9)$$

(4.8) va (4.9) ifodalarni inobatga olib holda quyidagini keltirib chiqaramiz

$$\frac{O_1P}{O_2P} = \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

SHu bilan teorema isbotlandi.

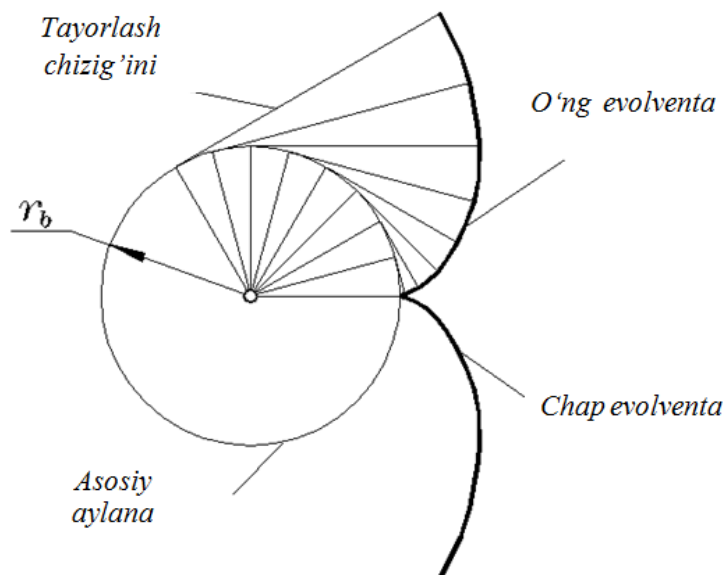
Villis teoremasi asosida shuni hulosa qilish mumkinki, uzatish nisbatini o‘zgarmas bo‘lishi uchun urinish nuqtasiga o‘tkazilgan normal markazlarni tutashtiruvchi chiziq bilan doimo bir nuqtada kesishi kerak ekan.

Normal chiziq bilan markazlarni tutashtiruvchi chiziqni kesishgan nuqtasi *ilashish qutbi* deyiladi.

4.2. Evolventa va uning xossalari. TSilindrsimon tishli g‘ildirakning geometrik parametrlari

Evolventaning yasalişini quyidagicha tasavvur qilish mumkin. Barabanga (4.7-rasm) soat strelkasi harakatida ip o‘ralgan. Bu ipni uning tarangligini saqlagan holatda bo‘shatamiz. 4.7-rasmida ipni g‘altakdan bo‘shatish protsessining 8 holati ko‘rsatilgan. Ip oxiri egrilik yasaydi, uni *evolventa* deyiladi. Boshqacha qilib

qaralganda: evolventa deb to'g'ri chiziqni aylanada sirpantirmasdan harakatlantirilganda uning biron bir nuqtasining qoldirgan iziga aytiladi.



4.7-rasm.

Soat strelkasiga teskari barabandan ip bo'shatilganda, unda o'ng evolventa hosil bo'ladi, bunda bo'lajak g'ildirakning o'ng tishi loyihalanadi. Agar ip soat strelkasiga teskari o'ralganda, soat strelkasi bo'yicha bo'shatiladi, unda chap evolventa yasaladi, tishni chap tomoni loyihalanadi.

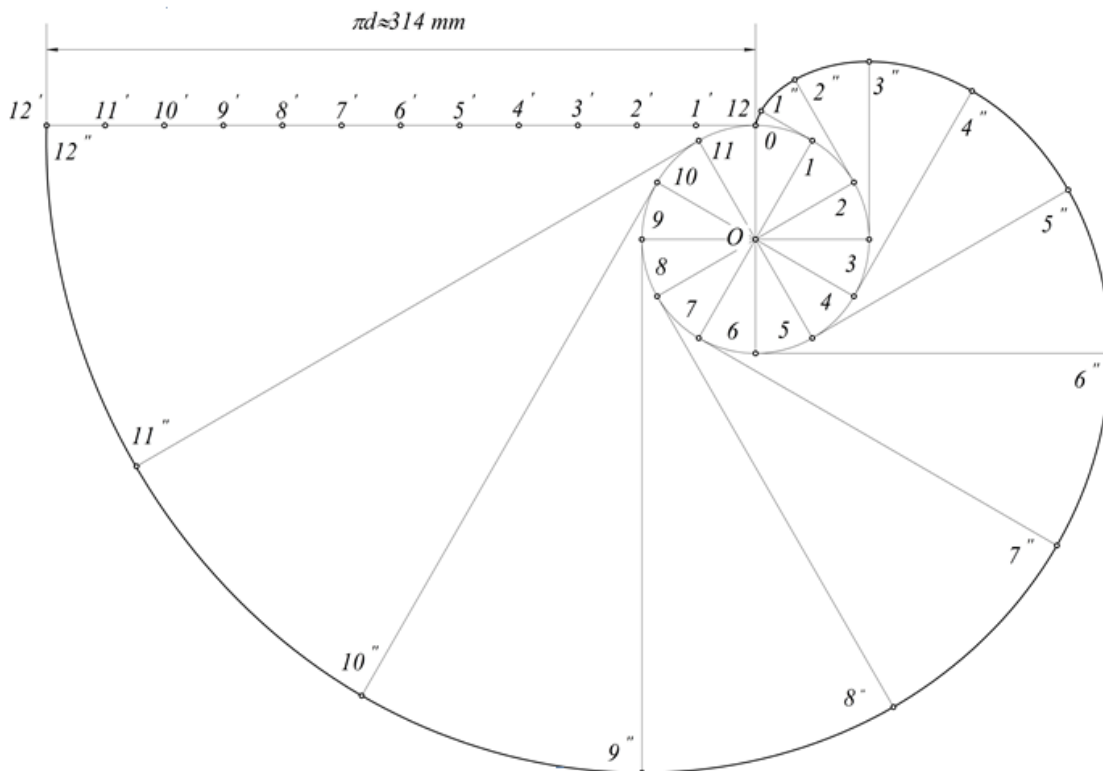
To'g'ri chiziq harakat qilgan aylana *evolyuta* yoki *asosiy aylana* deyiladi.

Yuqoridagi ma'lumotlardan kelib chiqib, aylana evolventasini yasashni misol tariqasida ko'rib chiqamiz.

Misol. Diametri $d=100$ mm bo'lgan aylananing evolventasini yasalsin.

Echish. Berilgan diametrga ($d=100$ mm) ko'ra aylana chizib teng bo'laklarga, ya'ni 12 bo'lakka bo'lamiz. Bu yerda evolventani aniqlik darajasini ko'tarish uchun ko'proq bo'laklarga bo'lish ham mumkin. Bo'laklarga bo'lingan aylanada 1, 2, 3, ... 12 nuqtalar hosil bo'ladi. So'ngra hosil bo'lgan 1, 2, 3, ... 12 nuqtalar orqali aylanaga urinmalar o'tkazamiz. Bu urinmalarga mos ravishda $O1, O2, O3, \dots O12$ aylananing radiuslari perpendikulyar bo'ladi. Oxirgi, ya'ni 12 nuqta orqali o'tkazilgan urinmadan aylana uzunligi ($\pi d \approx 314$ mm) ga teng bo'lgan $1212'$ kesmani o'lchaymiz. O'lchangan $1212'$ kesmani teng 12 bo'laklar, ya'ni $121', 1'2', 2'3', \dots 11'12'$ ga bo'lamiz. SHundan so'ng, aylanadagi 1, 2, 3, ... 12 nuqtalardan

oʻtkazilgan urinmalarga mos ravishda $121'$, $122'$, $123'$, ... $1212'$ kesmalarni oʻlchab qoʻyamiz va bu urunmalarda $11''$, $22''$, $33''$, ... $1212''$ kesmalar hosil boʻladi. Topilgan 0 , $1''$, $2''$, $3''$, ... $12''$ nuqtalarni lekalo yordamida oʻzaro birlashtirib chiqsak, berilgan aylananing evolventasini hosil qilamiz (4.8-rasm).



4.8-rasm.

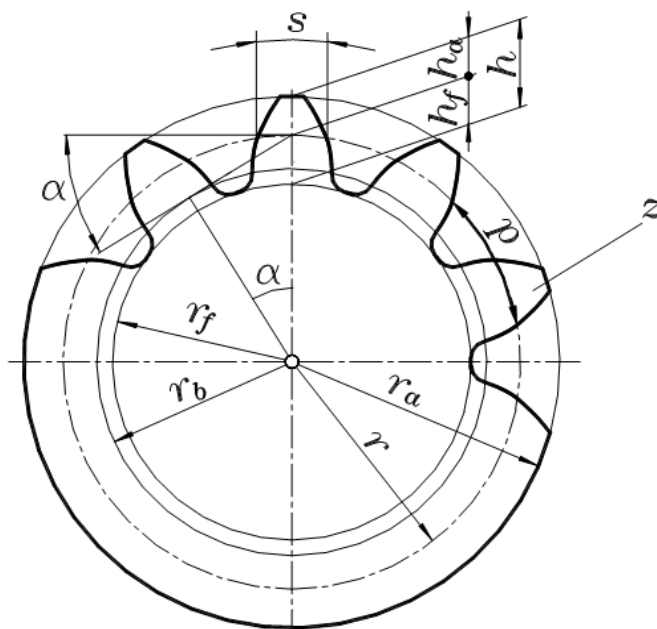
Evolventani quyidagi xossalaridan tishli ilashmalarni loyihalash jarayonida foydalanish mumkin:

1. Evolventadagi istalgan nuqtaning normal chizigʻi asosiy aylanaga urunma boʻladi.
2. Evolventadagi istalgan nuqtaning egrilik radiusi shu nuqtadan asosiy aylanaga oʻtkazilgan urinma uzunligiga teng.
3. Evolventa doimo asosiy aylanadan boshlanib, uning tashqarisida yotadi.
4. Evolventaning shakli faqat asosiy aylananing radiusiga bogʻliq.

Tishli gʻildirakning geometrik parametrlari standartlashtirilgan. Bu parametrlarni normal tsilindrsimon tishli gʻildiraklar uchun koʻrib chiqamiz.

TSilindrsimon tishli gʻildiraklarning asosiy geometrik parametrlariga quyidagilar kiradi (4.9-rasm): r_a -tishli gʻildirakning tish kallagi ustidan oʻtuvchi

aylana radiusi; r_f -tishli g'ildirakning tish g'ildirak oyog'i ostidan o'tuvchi aylana radiusi; r -bo'luvchi aylana radiusi; r_b -asosiy aylana radiusi; r_ω -boshlang'ich aylana radiusi (bu aylana ilashishi qutbidan o'tadi, uning radiusi ilashish qutbidan tishli g'ildirakning aylanish markazigacha masofaga teng bo'ladi); h_a -tish kallagining balandligi, h_f -tish oyog'ining balandligi; h -tishning umumiy balandligi; r -tish qadami; S -tishning qalinligi; α -tishning profil burchagi.



4.9-rasm.

Yuqorida sanab o'tilgan geometrik o'lchamlardan shunday birini tanlash kerakki, u qolgan o'lchamlar bilan bog'langan, standartlashtirishga mos va uning qiymati tishni qanday bo'lishini aniqlashi lozim. Bunga ko'pincha tish qadami to'g'ri keladi. Tish qadami deb, qo'shni ikki tishning bir xil nuqtalari orasidagi boshlang'ich aylana bo'yicha o'lchangan masofaga aytiladi va u p harfi bilan belgilanib, quyidagicha aniqlanadi

$$p = \frac{2\pi r}{z}. \quad (4.10)$$

Bo'luvchi aylana uzunligi qadamning tishlar soniga ko'paytirilgan qiymatiga, ya'ni

$$l = pz.$$

Demak, aylana uzunligi quyidagicha ham ifodalash mumkin

$$\pi d = pz.$$

Bundan bo‘luvchi aylana diametrini quyidagicha aniqlaymiz

$$d = \frac{pz}{\pi}.$$

Biroq, tish qadamining qiymatini aniqlash ifodasiga π irratsional son kiradi, u o‘nli kasrda cheksizlikka ega. SHuning uchun qadamni standartlashtirib bo‘lmaydi. π sonini qatnashalmasdan bu ifodani bir qismini standartlashtirish mumkin. SHuning uchun, tishli g‘ildiraklarning geometrik o‘lchamlarini aniqlash va standartlashtirish uchun tish moduli m degan kattalik kiritilgan. Uni quyidagicha ifodalaymiz

$$m = \frac{2r}{z}. \quad (4.11)$$

Modul tish qiymati bilan bog‘langan, ya‘ni modul son qiymati bo‘yicha tish kallagining balandligiga teng

$$m = h_a. \quad (4.12)$$

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 $\alpha=20^\circ$ larni bog‘lovchi formulalar quyidagicha bo‘ladi.

Bo‘luvchi aylana radiusi

$$r = \frac{mz}{2}. \quad (4.13)$$

Tishli g‘ildirakning tish kallagi ustidan o‘tuvchi aylana radiusi

$$r_a = r + m. \quad (4.14)$$

Tishli g‘ildirakning tish oyog‘i ostidan o‘tuvchi aylana radiusi

$$r_f = r - 1,25m. \quad (4.15)$$

Asosiy aylana radiusi

$$r_b = r \cos \alpha. \quad (4.16)$$

Tish oyog‘ining balandligi

$$h_f = 1,25m. \quad (4.17)$$

Tishning umumiy balandligi

$$h = h_a + h_f = 2,25m. \quad (4.18)$$

Bo'luvchi aylana bo'yicha tish qadami

$$h = \pi m. \quad (4.19)$$

Bo'luvchi aylana bo'yicha tish qalinligi

$$s = \frac{p}{2}. \quad (4.20)$$

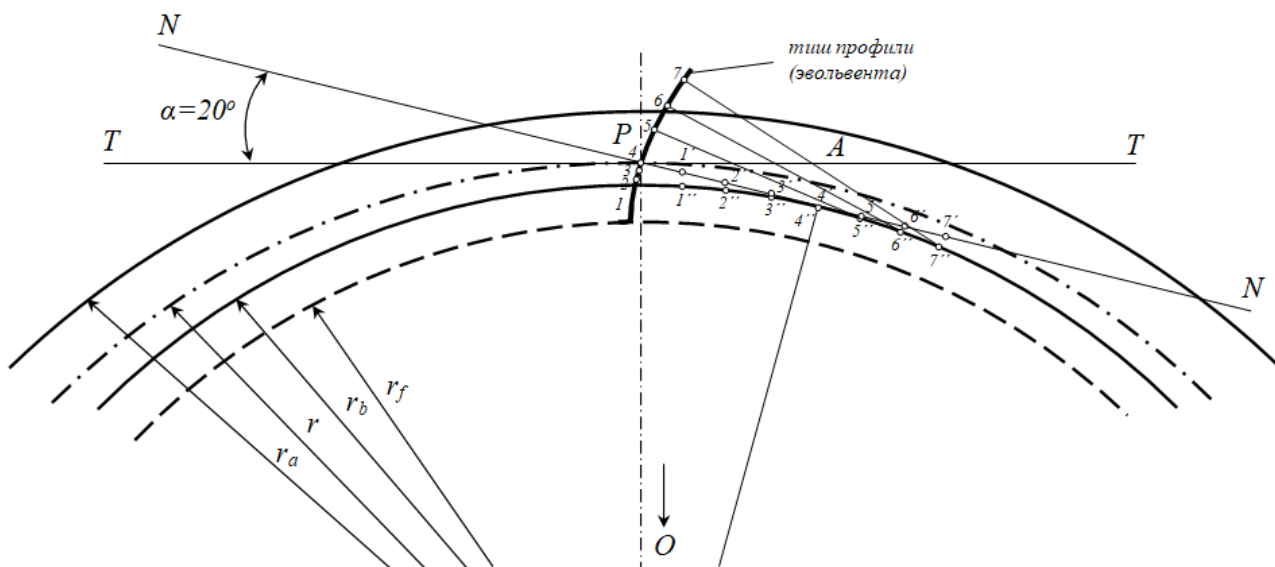
Bu ifodalardan ko'rinib turibdiki, standart normal tsilindrsimon tishli g'ildirakning hamma geometrik o'lchamlarini aniqlash uchun ikkita parametrning qiymatini bilish kifoya, ya'ni z tishlar soni va m tish moduli.

4.3. Evolventali ilashma va uning xossalari

Ilashma hosil qiladigan tishli g'ildiraklarning profillari tsikloida, evolventa va vintli chiziqlar yordamida yasaladi. Mashinasozlikda eng ko'p qo'llaniladigan tishili g'ildiraklar, evolventa profilli tishli g'ildiraklardir. Evolventa haqida gaplashganimizda, u o'ziga xos egri chiziq ekanligini ta'kidlagan edik.

Ilashmalardagi tishli g'ildiraklarning tish profillari qanday egri chiziqdan yasalishi haqida asrlar mobaynida olimlar bosh qotirib kelishgan. Bu masalani birinchi bo'lib XVIII asrning ikkinchi yarmida Rossiya Fanlar akademiyasining akademigi Leonard Eyler hal qildi. U tishli g'ildiraklarning profillari evolventa bo'lganda tishli g'ildiraklar bir tekisda aylanishi mumkinligini aniqladi.

Evolventa profilli tishli ilashmani loyihalashni ko'rib chiqamiz. Birinchi navbatda, ilashmadagi evolventa profilli tishli g'ildirakni loyihalash bilan tanishib chiqamiz. Buning uchu O markazdan r boshlang'ich aylana radiusi bilan yoy chizib olamiz. OP vertikal chiziq o'tkazib P nuqtadan r ga tik qilib $T-T$ – urinma chiziqni o'tkazamiz. SHu urinma chiziqqa $\alpha=20^\circ$ burchak ostida (normal tishli ilashmalarning ilashish burchagi) NN normal chiziqni (yoki tashkil etuvchi chiziqni) o'tkazamiz (4.10-rasm).



4.10-rasm.

So'ngra O markazdan NN ga tik chiziq o'tkazib, uning NN bilan kesishgan nuqtasini A bilan belgilaymiz. So'ngra $OA=r_b$, ya'ni asosiy aylana radiusi bilan yoy chizamiz. Endi AP kesmani teng bo'laklarga bo'lib olamiz ($1', 2', 3', 4', 5', 6', 7'...$), A nuqtadan boshlab asosiy aylanani ham xuddi shunday bo'laklarga bo'lib chiqamiz ($1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7''...$). Evolventaning xossasiga asosan evolventaning istalgan nuqtasiga o'tkazilgan egrilik radiusi evolyutaga urinma ekanligidan foydalanib, evolventa qismini quramiz. NN normal chiziq evolyuta ustiga sirg'anmasdan faqat yumalanishi natijasida, ya'ni $1'$ nuqta $1''$ ustiga tushganda $1''1=1'1$, $2'$ nuqta $2''$ nuqta ustiga tushganda $2''1=2'2$, $3'$ nuqta $3''$ nuqta ustiga tushganda $3''1=3'3$, $4'$ nuqta $4''$ nuqta ustida bo'lganda $4''1=4'4$, $5'$ nuqta $5''$ nuqta ustida bo'lganda $5''1=5'5$, $6'$ nuqta $6''$ nuqta ustida bo'lganda $6''1=6'6$ va nihoyat $7'$ nuqta $7''$ nuqta ustida bo'lganda $7''1=7'7$ bo'ladi.

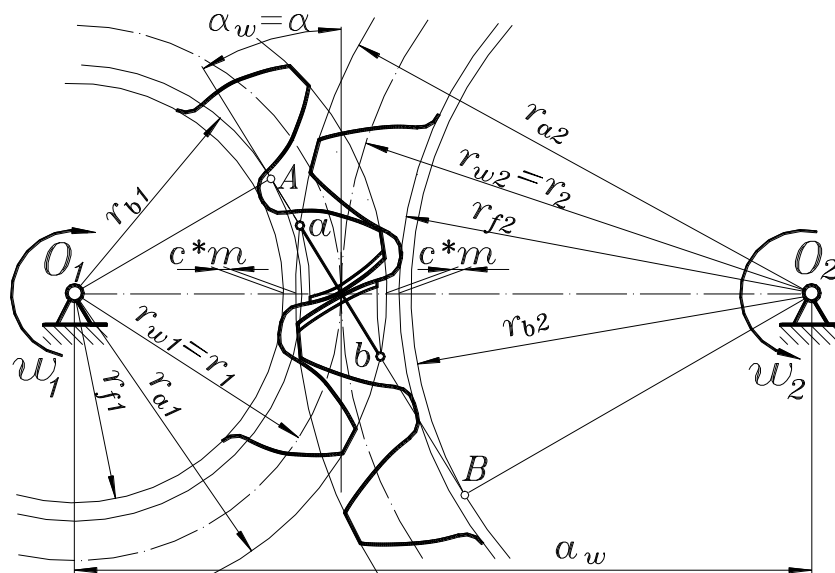
SHunday qilib, $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ nuqtalarni birlashtirsak 4.10-rasmdagi evolventa egri chizig'ini hosil qilgan bo'lamiz. Evolventaning 1 nuqtasi evolyutada (asosiy aylanada) bo'ladi. SHu nuqtani O markaz bilan birlashtiramiz. SHakldagi evolventani tish shakliga keltirish uchun tish parametrlaridan foydalanib simmetriya yo'li bilan qolgan yarmini qurish qiyin emas.

Tishlarning barcha o'lchamlari boshlang'ich tsilindrdan yoki uning ortogonal proektsiyasi boshlang'ich aylanadan hisoblanadi. Tishli g'ildiraklar o'ngga va chapga aylanishi mumkin.

Tish profilini yasash uchun foydalanadigan evolventa, asosiy aylanadan boshlanib, bosh aylanadi kesiladi. Evolventaning bu qismi α profil burchagidan aniqlanadi. Bu bo‘luvchi aylananing bitta nuqtasidan bo‘luvchi va asosiy aylanalarga o‘tqazilgan urinmalar orasidagi burchak. Standart tishli g‘ildirak uchun $\alpha=20^\circ$.

Mashinasozlikda va samolyotsozlikda ham keng qo‘llaniladigan nolinchil evolventali tishli ilashmalarni o‘rganamiz. Bunday ilashmalar ikkita nolinchil tishli g‘ildirakdan tashkil topgan (musbat va manfiydan farqli o‘laroq), kontaktda bo‘ladi yoki ilashuvchi g‘ildiraklar deyiladi. Bu g‘ildiraklar bitta m modulga hamda z_1 va z_2 tishlar soniga ega.

4.11-rasmda bunday ilashma ko‘rsatilgan, birinchi tishli g‘ildirak – kichik, ikkinchisi esa – katta. Ilashishdagi kichik tishli g‘ildirak odatda *shesternya*, kattasi esa *tishli g‘ildirak* deyiladi. 4.11-rasm bo‘yicha harakat shesternyadan tishli g‘ildirakka uzatiladi.



4.11-rasm.

Ilashgan tishli g‘ildiraklarda shunday aylanalar borki, ular bir-biriga tegib turadi va ish jarayonida sirpanmasdan yumalaydi. Bu aylanalar $r_{\omega 1}$ va $r_{\omega 2}$ radiuslarga ega va *boshlang‘ich aylanalar* deyiladi. Nolinchil uzatma bo‘lgan holatda, tishli g‘ildirak boshlang‘ich aylana radiuslari bo‘luvchi aylana radiuslariga teng bo‘ladi, ya‘ni $r_{\omega 1}=r_1$ va $r_{\omega 2}=r_2$. Birinchi tishli g‘ildirak tish kallagi aylanasini va

ikkinchi g'ildirak tish oyog'i aylanasi orasidagi masofa cm – radial oraliq deyiladi, s -esa radial oraliq koeffitsienti. Standart uzatmalarda $c=0,25$ ga teng.

Evolventali tishli g'ildirak kontakt nuqtasi oliy kinematik juft bo'ladi. Bu nuqtadan (4.11-rasmda u markaziy chiziqda yotadi) evolventa xossasiga asosan va ilashuvchi tish evolventasiga umumiy normal o'tkazish mumkin, bu normal ilashuvchi tishli g'ildiraklarning asosiy aylanalarga urinma bo'ladi.

Bu urunma va markaziy chiziqqa o'tkazilgan perpendikulyar orasidagi burchak α_w ni *ilashish burchagi* deyiladi. Standart nolinchii uzatmalar uchun bu burchak berilgan konturning profil burchagiga teng, ya'ni: $\alpha_w=\alpha=20^\circ$.

Ilashuvchi tishli g'ildirak aylanish markazi orasidagi a_w masofani *o'qlararo masofa* deyiladi.

Tishli uzatmalarni ishlash jarayonida, urinish nuqta har xil holatni egallaydi, biroq istalgan holatda tish yon yuzasiga o'tkazilgan normal evolventa xossalariga asosan, asosiy aylanaga urinma bo'ladi. Ilashish jarayonida urinish nuqta asosiy aylanaga o'tqazilgan umumiy urinma bo'yicha siljiydi, shuning uchun bu urinma evolventali ilashmaning ilashish chizig'i hisoblanadi. SHunday qilib, evolventali ilashmaning ilashish chizig'i markaziy chiziqqa ilashish burchagi ostida o'tkazilgan og'ma chiziqdir.

Ilashish chizig'i nazariy va amaliy chiziqlarga bo'linadi. Nazariy ilashish chizig'i-bu asosiy aylanalarga o'tqazilgan urinma chiziqning urinish nuqtalari orasidagi AV kesma (4.11-rasmda). Tish evolventasi tishli g'ildirak bosh aylanalar bilan chegaralanganligi sababli, tishning yon yuza urinishi ab amaliy ilashish chizig'i bo'yicha o'tadi, u nazariy chiziqni bosh aylanalar kesishgan nuqtasi. Evolventali ilashmalarda, 4.11-rasmda ko'rsatilganidek, tishli g'ildirakni aylanish yo'nalishi asosida *urinish nuqtasi amaliy ilashish chizig'i bo'yicha a nuqtadan b nuqtagacha siljiydi*, ya'ni a nuqtada tishlar ilashishga kiradi, b nuqtada esa – ilashishdan chiqadi. Bu yerda, nazariy ilashish tirqishsiz hisoblanadi, ya'ni tishlar orasidagi yon tirqish bo'lmaydi. Biroq, real ilashmalarda yon tirqish bo'ladi va uning qiymati g'ildirak tayyorlashning aniqlik darajasiga bog'liq bo'ladi.

Tishli uzatmalarda ikkita sifat ko‘rsatkich mavjud bo‘lib, ya’ni geometrik va kinematik. Geometrik ko‘rsatkich – bu o‘qlararo masofa hisoblanib, u quyidagicha ifodalanadi

$$a_w = r_1 + r_2 = \frac{m z_1}{2} + \frac{m z_2}{2}.$$

Kinematik ko‘rsatkich – bu uzatish nisbatidir. Uzatish nisbati yetakchi tishli g‘ildirakning burchak tezligini (yoki aylanishlar soni) yetaklanuvchi tishli g‘ildirakning burchak tezligiga (yoki aylanishlar soni) nisbatiga teng bo‘ladi, ya’ni

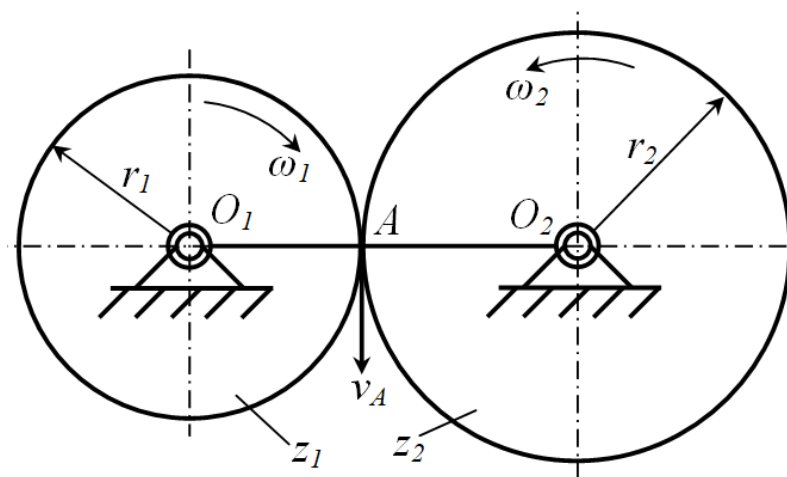
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

4.12-rasmda tashqi ilashmali tsilindrsimon tishli uzatmaning kinematik sxemasi keltirilgan. Ushbu kinematik sxemada, tashqi aylanasi boshlang‘ich aylana sifatida keltirilgan. Tishli uzatmaning ish jarayonida aylanalar bir-biri bilan sirpanishsiz ilashadi. SHuning uchun, urinish nuqtasi A ning chiziqli tezligi v_A tishli g‘ildiraklarning ikkisi uchun ham bir xil bo‘ladi, ya’ni

$$\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

bundan

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}.$$



4.12-rasm.

Demak, uzatish nisbatini geometrik o‘lchamlar orqali ham ifodalash mumkin ekan, ya’ni

$$i_{12} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{d_2}{d_1}.$$

Agar tishli g'ildiraklarning boshlang'ich aylanasi radiuslarini $r = mz$ ekanligini inobatga olsak, u holda

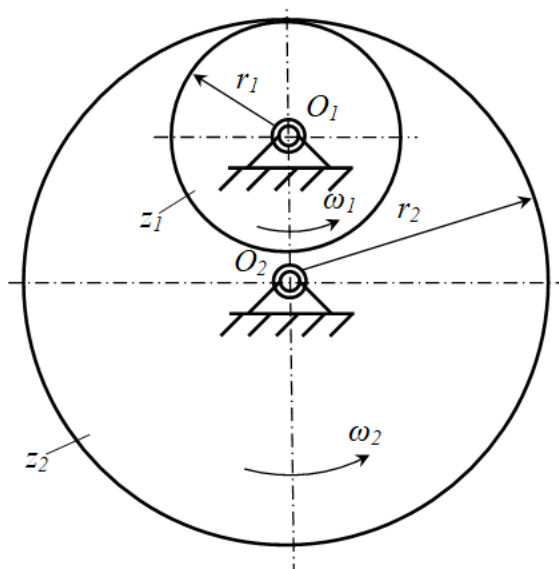
$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1}.$$

Uzatish nisbatlarining shunday xususiyati borki, unga ko'ra agar uzatmadagi yetakchi va yetaklanuvchi tishli g'ildiraklar qarama-qarshi yo'nalishda aylanayotgan bo'lsa (masalan, tashqi ilashmada), u holda uzatish nisbati manfiy bo'ladi. 4.12-rasmda keltirilgan tishli uzatma uchun haqiqiy uzatish nisbati quyidagicha ifodalanadi

$$i_{12} = -\frac{r_2}{r_1} = -\frac{d_2}{d_1} = -\frac{z_2}{z_1} = -\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{n_1}{n_2}.$$

Agar uzatmadagi yetakchi va yetaklanuvchi tishli g'ildiraklar bir xil yo'nalishda aylanayotgan bo'lsa (masalan, ichki ilashmada), u holda uzatish nisbati musbat bo'ladi. 4.13-rasmda keltirilgan tishli uzatma uchun haqiqiy uzatish nisbati quyidagicha ifodalanadi

$$i_{12} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$



4.13-rasm.

Uzatish nisbatidan tashqari, uzatishlar soni degan tushuncha mavjud. Uzatishlar soni deb, ilashmadagi tishli g'ildiraklarning kattasining tishlar sonini kichigining tishlar soniga nisbatiga aytiladi. U quyidagicha ifodalanadi

$$i = \frac{z_m}{z_{sh}}$$

bunda z_t -katta tishli g'ildirakning tishlar soni; z_{sh} -kichik tishli g'ildirak (shesternya) ning tishlar soni.

Uzatishlar soni uzatish nisbatidan shu bilan farq qiladiki, u doimo musbat va birga teng yoki katta bo'ladi.

Uzatishlar soni bilan uzatish nisbati faqatgina ichki ilashmalarda mos kelishi mumkin. Tashqi ilashmada esa umuman mos kelmaydi, chunki uzatish nisbati manfiy, uzatishlar soni esa musbat bo'ladi.

Tishli uzatmalarda harakat uzatish ravon va uzluksiz bo'lishi talab etiladi. SHu sababli, bu ko'rsatkich qoplanish koeffitsienti bilan belgilanadi. 4.14-rasmda bir juft tish b nuqtada ilashmadan chiqqach ikkinchi juft tish a nuqtada ilashmaga kiradi, so'ng ikkinchi juft tish ilashmadan chiqadi, ilashmaga esa uchinchi juft kiradi va h.k. Harakatni bunday uzatishda uzilish va tishlar orasida zarb hosil bo'lishi mumkin. Zarbdan qochish maqsadida hamda harakatni uzluksiz va ravon uzatishda quyidagi shart bajarilishi kerak, bunda ikkinchi juft ilashmaga kirmaguncha, birinchi juft ilashmadan chiqmasligi kerak. Bu shartni *qoplanish* deyiladi, ya'ni, qancha ko'p bir juft tish boshqasi bilan amaliy ilashish chizig'ida ilashsa, shuncha uzatmaning ishi uzluksiz va ravon bo'ladi.

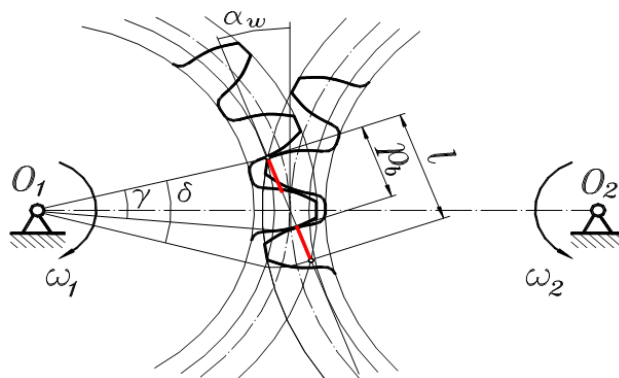
Qoplanish hodisasi qoplanish koeffitsienti bilan baholanadi. 4.14-rasmda γ -tishning burchak qadami, l -amaliy ilashish chizig'ining uzunligi. Evolventa xossasiga asosan, ilashish chizig'ida kesma uzunligi asosiy aylanadagi yoyga teng, bu yo'ylar esa markaziy burchakka proporsional, taqsimlanish mumkin, δ -amaliy ilashish chizig'ida urinish nuqtasining siljishiga mos kelgan g'ildirakning burilish burchagi, p_b esa-asosiy aylana bo'yicha tish qadami. Qoplanish koeffitsienti – bu δ

burchakni γ tishning burchak qadamiga nisbati yoki amaliy ilashish chizig'i uzunligini asosiy aylana bo'yicha olingan tish qadamiga nisbatiga teng

$$\varepsilon = \frac{\delta}{\gamma} = \frac{l}{p_b}.$$

Bu yerda $p_b = p \cos \alpha = \pi m \cos \alpha$ ni hisobga olsak, u holda

$$\varepsilon = \frac{l}{\pi m \cos \alpha}. \quad (4.21)$$



4.14-rasm.

Nazariy qoplashish koefitsienti qiymati bir va ikki oralig'ida yotadi, amalda esa

$$1,2 \leq \varepsilon \leq 1,8.$$

Yuqoridagi kuzatishlardan, ilashish jarayonida uzluksiz ikki juftli ilashmalar ketma-ketligi mavjud bo'ladi, ya'ni vaqtning bir qismida ikki juft tishlar ilashmada, vaqtning bir qismida esa bir juft tishlar ilashmada bo'ladi. Natijada, ikki juftli ilashmada tishli uzatma orqali uzatilgan hamma yuklar ikki juft tish orasida bo'linadi, bir juft tishli ilashmada esa hamma yuklar bir juft tishga tushadi.

Qiya tishli uzatmada bir juft tishning ilashib turish vaqti (tishning qiyalik burchagi $\beta \neq 0$) to'g'ri tishli uzatmaga qaraganda (tishning qiyalik burchagi $\beta = 0$) ziyoddir. SHu sababli qiya tishli uzatmaning qoplanish koefitsienti ε_γ to'g'ri tishli uzatmaning qoplanish koefitsienti ε ga qaraganda katta bo'ladi va quydagi formulaga asosan hisoblanadi

$$\varepsilon_\gamma = \varepsilon + \varepsilon_\beta. \quad (4.22)$$

Ushbu yig'indida ε qo'shiluvchi (4.21) ifodaga asosan aniqlanadi, ikkinchi qo'shiluvchi esa quydagi munosabatga asosan aniqlanadi

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{B}{p_x}, \quad (4.23)$$

bunda B – tishli g'ildirak qalinligi ($B=\psi m$, ψ – tishning mustahkamligi va yeyilishga chidamliligi shartiga ko'ra belgilanadigan tishli g'ildirakning qalinlik koeffitsienti, m -ilashish moduli, m.), m ; p_x –tishning o'q yo'nalishidagi qadami ($p_x = \frac{\pi m}{\sin \beta}$), m.

B va p_x ni ε_{β} ni aniqlash ifodasiga qo'yib ushuni hosil qilamiz

$$\varepsilon_{\beta} = \psi \sin \frac{\beta}{\pi}. \quad (4.24)$$

(4.22) va (4.24) tenglamalardan to'g'ridan-to'g'ri ko'rinib turibdiki, qiya tishli uzatmaning ε_{γ} qoplanish koeffitsienti ($\beta \neq 0$) to'g'ri tishli uzatmaning ε_{α} qoplanish koeffitsienti ($\beta = 0$) ga qaraganda kattadir. Bu esa qiya tishli uzatmaning afzalligidir.

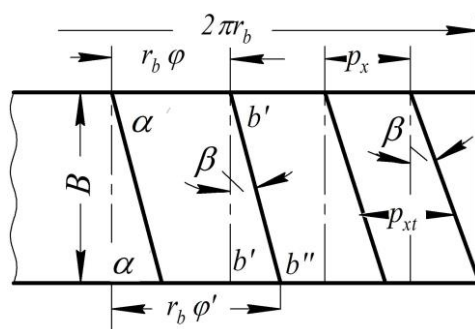
4.15-rasmda to'g'ri va qiya tishli g'ildiraklarning ilashish yoyining yoyilmasi keltirilgan. Bu sxemaga ko'ra qoplanish koeffitsienti quyidagicha aniqlangan. Ya'ni, to'g'ri tishli g'ildirakning boshlang'ich aylana bo'yicha o'lchangan ilashish yoyining yoyilmasi to'g'ri chiziq deb qaralganda quyidagicha ifodalanadi

$$a'b' = r_b \varphi. \quad (4.25)$$

Bunday tishli g'ildirakning qoplanish koeffitsienti quyidagicha bo'ladi

$$\varepsilon = \frac{a'b'}{p_x}, \quad (4.26)$$

bunda $a'b'$ - ilashish yoyining yoyilmasining uzunligi.



4.15-rasm.

4.15-rasmda keltirilgan sxemaga ko'ra, qiya tishli g'ildiraklarda $\varphi' > \varphi$ bo'lganligi sababli tishlarni ilashishda bo'lish vaqti ko'proq davom etadi. Qiya tishli g'ildirakning boshlang'ich aylana bo'yicha o'lchangan ilashish yoyining yoyilmasi to'g'ri chiziq deb qaralganda quyidagicha ifodalanadi

$$a'b'' = r_b \varphi' . \quad (4.27)$$

Yuqoridagilardan kelib chiqib, qiya tishli g'ildiraklarning qoplanish koeffitsientini quyidagicha ifodalaymiz

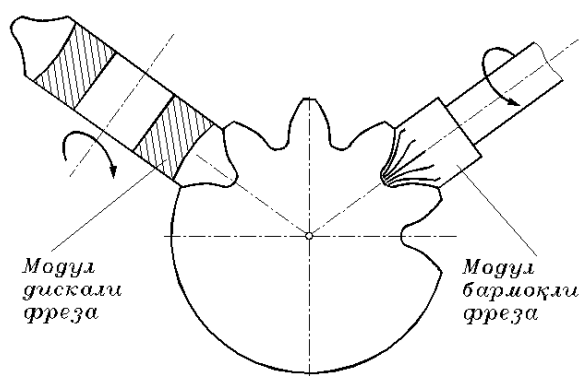
$$\varepsilon_k = \frac{a'b''}{p_x} = \frac{a'b'}{p_x} + \frac{b'b''}{p_x} = \varepsilon + \frac{B \operatorname{tg} \beta}{p_x} . \quad (4.28)$$

SHunday qilib, kinematik nisbatga qaraganda uzatma qoplanish natijasiga qarab ravon ilashishni tanlab olish mumkin. Tishli uzatmalar yuklanish ostida ishlasa uzluksiz bo'ladi, xususiyl holda, tishli uzatmadan hosil bo'lgan shovqin bu uzulishning natijasidir. Ravon ishlashni oshirish uchun va shovqinni kamaytirish maqsadida qiya tishli uzatmalardan foydalaniladi, bunda qoplanish koeffitsienti to'g'ri tishli uzatmaga nisbatan katta bo'lishi mumkin. Ikki juftli va bir juftli ilashmaning ilashish vaqti foizini aniqlash metodikasi bo'yicha hisoblanganda, masalan: $\varepsilon=1,25$ da 40% vaqt oralig'ida ikki juft ilashish o'rin egallaydi, 60% da esa bir juftli; agar $\varepsilon=1,7$ da ikki juftli–82%, bir juftli–18% bo'ladi.

4.4. Tishli g'ildiraklarni tayyorlash usullari. Tishli g'ildiraklarni korrektsiyalash. Reykali ilashma

Tishli g'ildiraklarni tayyorlashni ikki xil usuli mavjud bo'lib, ular nusxalash va qamrama usullaridir. Nusxalash usulida qadami teng bo'lingan tishli g'ildiraklar tayyorlanadi, bunda asbob shaklidan nusxa olinadi, uning yordamida g'ildirak zagotovkasida tishlar oralig'idagi bo'shliqlar kesiladi. Ko'pgina holatlarda kesuvchi asbob sifatida modul diskali yoki barmoqli frezalar qo'llaniladi (4.16-rasm).

Frezalarni modulli deyilishiga sabab, 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.



4.16-rasm.

Har xil modulli tishlarda tish oralig'idagi shakli 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 shakli va 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, bu nusxalash usulining yagona 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'lgunga qadar davom ettiriladi. Bunday usulning aniqlik darajasi yuqori bo'lgani bilan ish unumdorligi past. SHu sababi, hozirgi paytda nusxalash usulida tishli g'ildiraklarni kesib tayyorlash amalda kam qo'llaniladi.

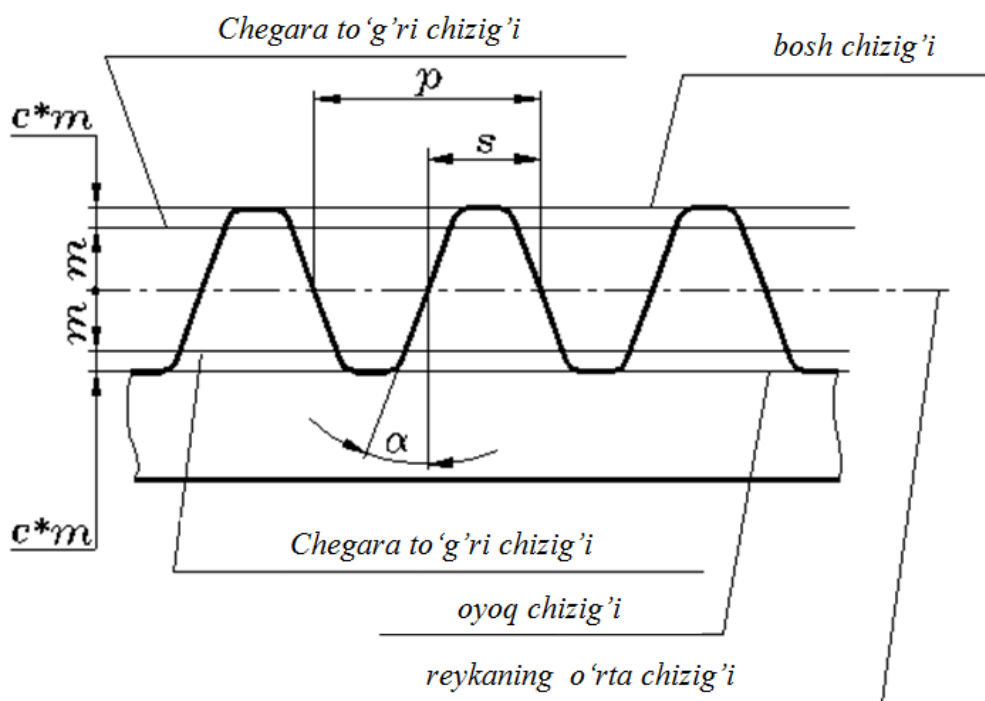
Ommaviy ishlab chiqarishda tishli g'ildiraklarni tayyorlash quyma va shtampovka (qishloq xo'jalik mashinasozligida, asbobsozlikda hamda avtomobilsozlikda) yo'li bilan tayyorlangan g'ildiraklarga maxsus kesuvchi golovkalar yordamida tishni shakli chiqariladi.

Hozirgi paytda, tishlarni tayyorlashda asosan qamrama usulidan foydalaniladi. Bu usulda turli xil tishli g'ildiraklarni nazariy jihatdan aniq qilib tayyorlash mumkin. SHu sababli, qamrama usul keng tarqalgan bo'lib, konstruktorlar e'tiborini ko'proq tortadi.

Qamrama usulda tishli g'ildirak yasaladigan xom-ashyo hamda tish shakliga ega bo'lgan qirquvchi 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.

Agar yasovchi sirtni tish qirqilayotgan g'ildirak o'qiga perpendikulyar tekislik bilan kesilsa, u holda kesimda boshlang'ich yasovchi konturni hosil qilamiz. Boshlang'ich yasovchi konturni tish qirqiluvchi g'ildirak tishining yon sirti bilan ilashmasiga *dastgoh ilashmasi* deyiladi. Reykali dastgoh ilashmasini, ya'ni boshlang'ich yasovchi kontur tishli reyka shaklida bo'lgan ilashmani ko'rib chiqamiz.

4.17-rasmda evolventali tishli g'ildirakni tayyorlashda foylaniladigan standart reyka ko'rsatilgan, uni berilgan profilli instrumental reyka deyiladi. Bunday reyka yordamida istalgan tishlar soniga ega bo'lgan aniq modulli tishli g'ildiraklar tayyorlanishi mumkin. Reyka trapetsiya ko'rinishidagi tishlarga ega bo'lib, uning yon tomoning bosh va oyoq qismi galtel yumaloqlanish yoyi yordamida birlashtirilgan. Bosh va oyoq qismidan o'tuvchi chiziqlarni mos ravishda bosh va oyoq chiziqlari deyiladi; yon profilida chegaralangan to'g'ri chiziq qismini *chegara to'g'ri chizig'i* deyiladi. Tish balandligi reykaning o'rta chizig'i yordamida teng ikki qismga bo'linadi.

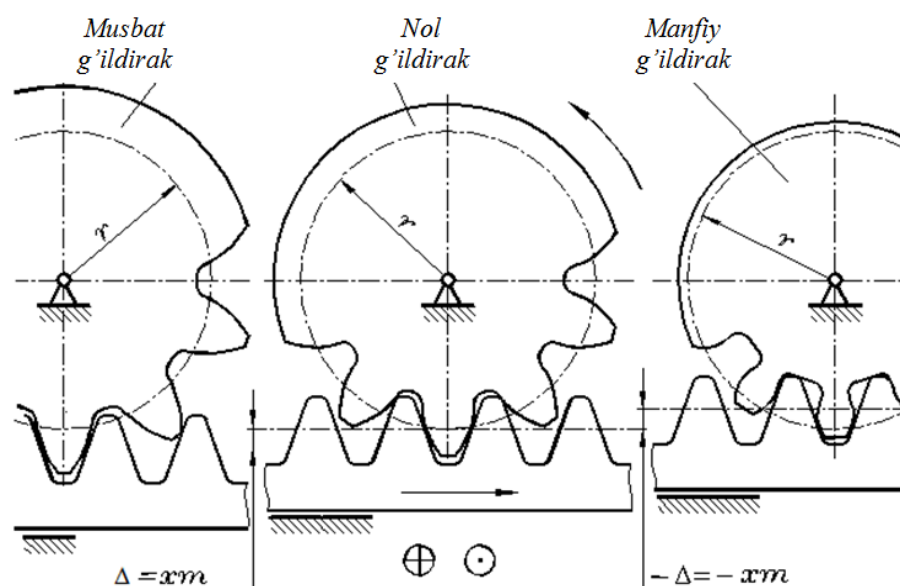


4.17-rasm.

O'rta chiziq va chegara to'g'ri chizig'i orasidagi masofa " m " modulga teng. Galtel balandligi, ya'ni chegara to'g'ri chizig'i bilan bosh yoki chiziqlari orasidagi masofani sm radial oraliq deyiladi, bunda s – radial oraliq koeffitsienti. "*Radial oraliq*" nomi tishli g'ildiraklar ilashishda bir g'ildirakning tish boshi va ikkinchi g'ildirakning oyoq qismida radial oraliq bilan bog'langan.

Har xil ko'rinishdagi dastgohli ilashmani ko'rib chiqamiz. 4.18-rasmning o'rta qismida normal g'ildirakli instrumental reyka bilan dastgohli ilashma ko'rsatilgan. Bu holatda reykaning o'rta chizig'i kesiluvchi tishli g'ildirakning bo'luvchi aylana chizig'i bilan ustma-ust tushadi. Reyka chapdan o'ngga harakatlanadi, tishli g'ildirak esa qo'zg'almas markaz atrofida soat strelkasiga teskari yo'nalishda aylanadi. Kesish harakati, ya'ni chizma tekisligiga perpendikulyar tekislikda reyka ilgari lanma-qaytarilanma harakatlanadi.

Reyka ashyodagi to'la chuqurlikni birdaniga kesmaydi, ya'ni 4.18-rasmda ko'rsatilgan holatni birdaniga egallamaydi; reykaga radial harakat berish yordamida sekin-asta kesiladi. G'ildirak bosh aylanasi va reyka oyoq chizig'i oraliq'ida har doim radial oraliq sm qoladi (4.17-rasm).



4.18-rasm.

Agar tishli g'ildirakln kesishda, reykaning o'rta chizig'i g'ildirak bo'luvchi aylana chizig'i bilan ustma-ust tushmasdan, qandaydir masofaga siljirilgan bo'lsa (4.18-rasmda chapda), u holda obkatkada musbat tishli g'ildirak yasaladi. Bu holatda reyka tishli g'ildirak markazidan tashqari tomonga siljirilgan bo'ladi. Musbat tishli g'ildiraklarda modul, tishlar soni va bo'luvchi aylana radiusi nolinch tishli g'ildirakda qanday bo'lsa, bunda ham shunday bo'ladi, tishli g'ildirakning tish oyog'i, kallagi radiuslari va musbat tishli g'ildirakning tish profili mos ravishda nolinch tishli g'ildirak o'lchamlaridan farq qiladi.

Reykani nolinch holatidan tishli g'ildirak markazidan tashqariga siljirtilsa, asbobni *musbat siljishi* deyiladi Δ (4.18-rasm), bunda

$$\Delta = xm,$$

bu yerda x – musbat siljish koeffitsienti.

Agar tishli g'ildirakni kesishda, reykaning o'rta chizig'i tishli g'ildirak bo'luvchi aylana chizig'i bilan ustma-ust tushmasdan, qandaydir masofaga tishli g'ildirak markazi tomon siljirilgan bo'lsa (4.18-rasmda o'ngda), u holda qamrov usuli bilan manfiy tishli g'ildirak yasaladi. Bu holatda reyka tishli g'ildirak markazi tomon siljiriladi. Manfiy tishli g'ildiraklarda modul, tishlar soni va bo'luvchi aylana radiusi nolinch tishli g'ildirakda qanday bo'lsa, bunda ham

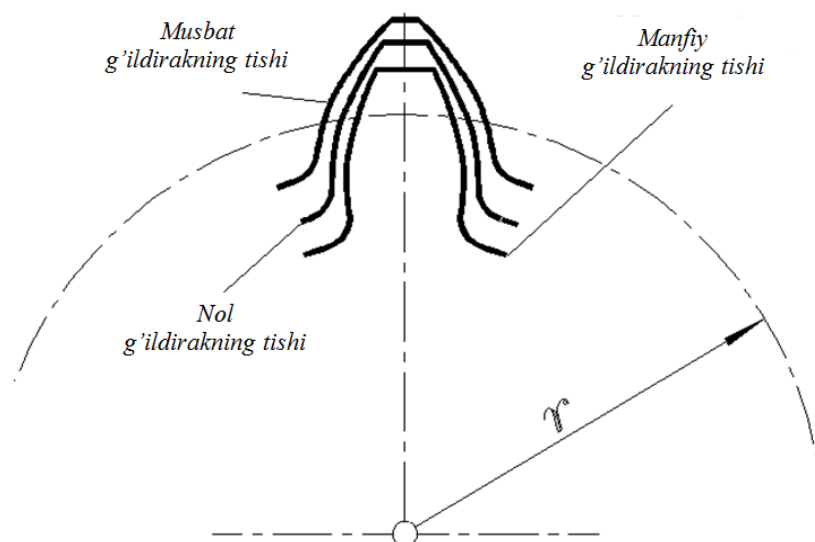
shunday bo‘ladi. Tishli g‘ildirakning tish oyog‘i, kallagi radiuslari va manfiy tishli g‘ildirakning tish profili nolinci tishli g‘ildirak o‘lchamlaridan farq qiladi.

Reykani nolinci holatidan tishli g‘ildirak markazi tomon siljitsa, asbobni *manfiy siljishi* deyiladi Δ (4.18-rasm), bunda

$$-\Delta = -xm,$$

bu yerda x – manfiy siljish koeffitsienti.

Nolinci, musbat va manfiy tishli g‘ildirak tish profillari orasidagi farq 4.19-rasmda ko‘rsatilgan.



4.19-rasm.

Nolinci tishli g‘ildirakning tishiga nisbatan musbat tishli g‘ildirak tishining asosi yo‘g‘on bo‘lib, kallak qismi esa ingichkaroq bo‘ladi. Yon profilini yasashda evolventaning eng qiya uchastkasi foydalanilgan. Bunday tish nolinci tishli g‘ildirakning tishiga nisbatan mustahkam bo‘ladi. SHuning uchun, musbat tishli g‘ildiraklar eng og‘ir yuklanishlarda foydalaniladi.

Manfiy tishli g‘ildiraklar tishi nolinci tishli g‘ildirak tishiga nisbatan tish asosi ingichka bo‘lib, kallak qismi yo‘g‘onroq bo‘ladi. Bunday tish nolinci tishli g‘ildirak tishiga nisbatan mustahkamligi pastroq bo‘ladi. Manfiy tishli g‘ildiraklarni tayyorlashda xatolik kam bo‘lishi kuzatiladi, chunki tish yon profilini hosil qilishda evolventaning tikroq ketgan uchaskasidan foydalaniladi. Manfiy tishli g‘ildiraklar nolinchiga nisbatan aniqroq bo‘lganligi uchun o‘lchov asboblarida ko‘p foydalaniladi.

Instrumental reyka siljish koeffitsienti qiymati standartlashtirilgan va kerak paytda ma'lumotnomalardan tishli g'ildirakni tishlar soni va ishlash sharoitiga qarab tanlab olinadi.

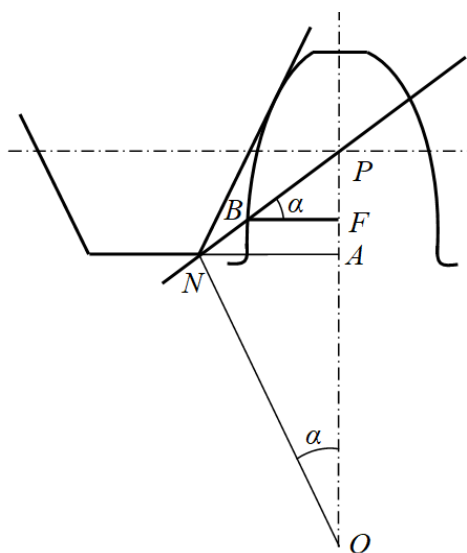
Ba'zi xollarda, siljish koeffitsientini tanlash uchun texnologik chegaralanishni hisobga olish kerak, ya'ni musbat tishli g'ildirakning kallak qismi uchastkasida tish qalinligining kamayishini va manfiy tishli g'ildirak asosining qalinligini oshishi kuzatish mumkin.

Reykaning musbat siljishi qancha katta bo'lsa, shuncha tish asosi yo'g'on, bosh qismi ingichka bo'ladi. Ba'zi hollarda tishni bosh qismi o'tkirlashib ketishi mumkin, bunday holatga tishni mustahkamligi nuqtai nazaridan yo'l qo'yib bo'lmaydi.

Reykaning manfiy siljishi qancha katta bo'lsa, asosida shuncha ingichka bo'ladi. Ba'zi-bir holatlarda instrumental reyka tishining bosh qismi tish asosidagi evolventa qismini kesib ketadi 4.18-rasmning o'ng qismida ko'rsatilganidek. Bu holatda ham tishni mustahkamlik nuqtai nazardan evolventa qismini kesilib ketishiga yo'l qo'yib bo'lmaydi.

Tishli g'ildirakka tish qirqish paytida reykaning o'rta chizig'i xom ashyoni burilish aylanasi sirpanmasdan dumalasa, hosil bo'lgan tishli g'ildirak normal (nolinchi) tishli g'ildirak bo'ladi. Tishlar soni kam bo'lgan tishli g'ildiraklar shu usulda qirqilsa tishning oyoq qismi qirqilishi mumkin. Kichik diametrli tishli g'ildirakning tish asosi qirqilmasligi uchun minimal tishlar soni z_{min} quyidagicha aniqlanadi.

Ilashishning faol chizig'i N nuqtadan o'ngda bo'lsa (4.20-rasm), qirqilish sodir bo'lmaydi.



4.20-rasm.

Qirgilmalik sharti quyidagicha

$$PN \geq BP. \quad (4.23)$$

Bunda $\triangle NOP$ dan

$$PN = PO \cdot \sin \alpha = \frac{mZ}{2} \sin \alpha. \quad (4.24)$$

$\triangle BFP$ dan

$$BP = \frac{PF}{\sin \alpha} \quad (4.25)$$

(4.24) va (4.25) larni inobatga olsak, u holda (4.23) ifoda quyidagicha ko'rinish oladi

$$\frac{mZ}{2} \sin \alpha \geq \frac{PF}{\sin \alpha}. \quad (4.26)$$

Agar $AP = h_a m$ va $FA = x m$ deb qabul qilib olsak, u xolda 4.20-rasmga ko'ra

$$PF = PA - FA = h_a^* \cdot m - x \cdot m = m(h_a^* - x), \quad (4.27)$$

bu yerda h_a -tish kallagi balandligining koeffitsienti, x -reykaning siljish koeffitsienti, m -tish moduli.

(4.27) ifodani inobatga olsak (4.26) ifoda quyidagicha ko'rinish oladi

$$\frac{mZ}{2} \sin \alpha \geq \frac{m(h_a^* - x)}{\sin \alpha}. \quad (4.28)$$

Bundan

$$Z_{\min} \geq \frac{2(h_a^* - x)}{\sin^2 \alpha}. \quad (4.29)$$

Agar $x=0$, $h_a=1,0$, $\alpha=20^\circ$ bo'lsa $z_{\min} \approx 17$.

(4.29) formuladan quyidagi ifoda keltirib chiqaramiz

$$\frac{Z}{2} \sin^2 \alpha \geq h_a^* - x. \quad (4.30)$$

Parametrlarning yuqoridagi qiymatlaridan foydalanib (4.30) ifodadan $\sin^2 \alpha = \frac{2h_a^*}{Z_{\min}}$ ni aniqlaymiz u xolda

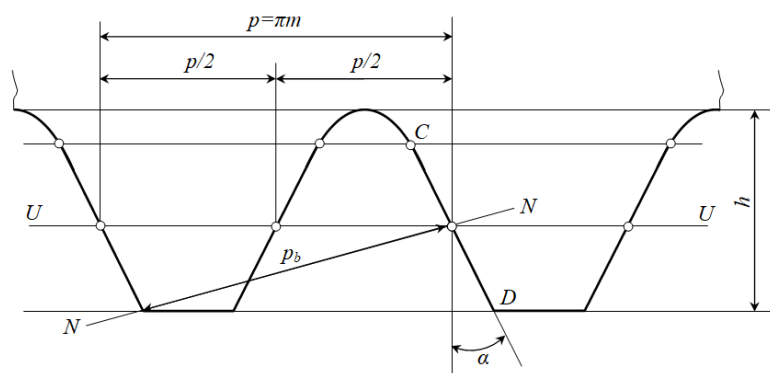
$$x \geq h_a^* \frac{Z_{\min} - Z}{Z_{\min}}$$

yoki

$$x = \frac{17 - Z}{17}.$$

TSilindrsimon tishli uzatmalar tashqi ilashmali va ichki ilashmali bo'lishi mumkin. SHuningdek, tashqi hamda ichki ilashmalar oralig'ida ilashtiruvchi reykali ilashmani ham ko'rib o'tish lozim. Oddiy tishli uzatma tishli g'ildiraklardan iborat bo'lgan ikkita harakatlanuvchi bo'g'inni o'z ichiga oladi.

Agar ushbu tishli g'ildiraklardan birining tishlar sonini yoki hamma aylanalar radiuslarini cheksiz ravishda oshira borsak, u holda $z=\infty$ yetganda hamma aylanalar to'g'ri chiziq'larga aylanadi, tishning evolventali profili esa to'g'ri chizikli profil bo'lib qoladi, bu esa juda katta amaliy ahamiyatga ega. $z=\infty$ bo'lganda tishli reyka hosil bo'ladi (4.21-rasm). Reyka tishining to'g'ri chizikli qismining istalgan nuqtasida profil burchagi bir xil va α ga teng bo'ladi.

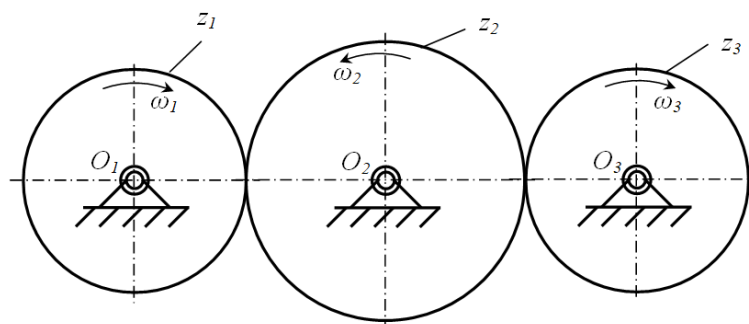


4.21-rasm.

Reyka tishining qalinligi botiqlik qalinligiga, ya'ni qadamning yarmiga aniq darajada teng bo'lishini ta'minlovchi $U-U$ to'g'ri chiziq bo'luvchi chiziq bo'luvchi chiziq deyiladi. Bo'luvchi chiziqqa parallel bo'lgan istalgan to'g'ri chiziq bo'yicha o'lchangan reyka tishlarining qadami bir xil $p = \pi m$ qiymatga ega. Reyka profiliga o'tkazilgan $N-N$ normal bo'yicha o'lchangan reyka qadami $\pi m \cos \alpha$ ga teng, ya'ni u moduli reykaning moduli kabi bo'lgan tishli g'ildirakning asosiy aylanasi bo'yicha o'lchanadigan p_b tish qadamiga teng.

4.5. Qo'zg'almas o'qli tishli uzatmalarining kinematikasi. Planetar va differentsial mexanizmlar. Villis formulasi

Hozirgi zamon mashina, mexanizm va qurilmalarida tishli g'ildiraklar muhim o'rin tutadi. Katta yuklanishda ishlaydigan mashinalarda tishli g'ildiraksiz bir valdan ikkinchi yoki uchinchi valga aylanma harakat uzatish ancha murakkab. Tishli g'ildiraklar orasidagi uzatish soni shu tishli g'ildiraklardan tuzilgan mexanizmlar turiga qarab aniqlanishi bilan tanishib o'tgan edik. Masalan, 4.22-rasmda tishlari soni z_1, z_2, z_3 bo'lgan uchta tishli g'ildiraklardan iborat o'qlari qo'zg'almas tishli mexanizm ko'rsatilgan. Bunday mexanizmga qatorli tishli uzatma deb nom berilgan.



4.22-rasm.

Bu yerda O_1 , O_2 , O_3 lar tishli g'ildiraklarning markazlari bo'lib, birinchi tishli g'ildirak bilan uchinchi tishli g'ildirak orasidagi uzatish nisbati topish lozim bo'lsa, quyidagicha ish tutamiz:

- z_1 va z_2 tishli g'ildiraklar orasidagi uzatish nisbati

$$i_{12} = -\frac{z_2}{z_1}. \quad (4.31)$$

- z_2 va z_3 tishli g'ildiraklar orasidagi uzatish nisbati

$$i_{23} = -\frac{z_3}{z_2}. \quad (4.32)$$

Birinchi tishli g'ildirak bilan uchinchi tishli g'ildirak orasidagi uzatish nisbatini aniqlash uchun (4.31) va (4.32) ifodalarni bir-biriga ko'paytiramiz. Natijada quyidagi ifoda kelib chiqadi

$$i_{13} = i_{12} \cdot i_{23} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_3}{z_2}\right) = +\frac{z_3}{z_1}. \quad (4.33)$$

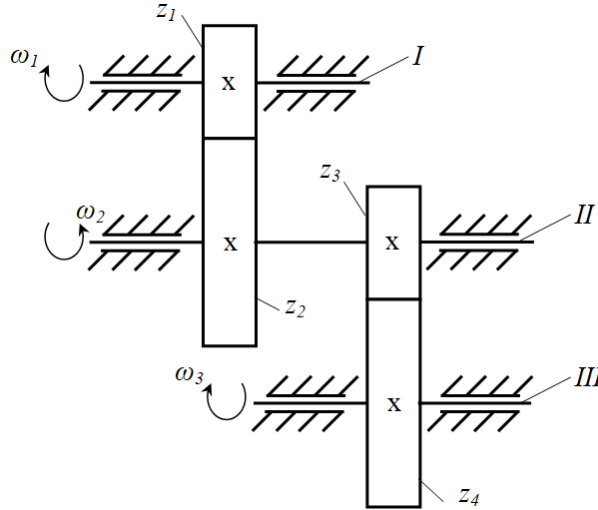
(4.33) ifodadan i_{13} ni musbat ekanligini aniqlash qiyin emas. SHunday qilib, qatorli tishli uzatma uchta tishli g'ildirakdan iborat bo'lmay, balki to'rtta tishli g'ildirakdan iborat bo'lsa, umumiy uzatish nisbatini quyidagicha aniqlash mumkin

$$i_{14} = i_{12} \cdot i_{23} \cdot i_{34} = \left(-\frac{z_2}{z_1}\right) \cdot \left(-\frac{z_3}{z_2}\right) \cdot \left(-\frac{z_4}{z_3}\right) = -\frac{z_4}{z_1}. \quad (4.34)$$

Agar qatorli uzatmadagi tishli g'ildiraklar soni n ta bo'lsa, u holda, birinchi tishli g'ildirak bilan n - tishli g'ildirak orasidagi uzatish sonini quyidagicha topish mumkin

$$i_{1n} = i_{12} \cdot i_{23} \dots \cdot i_{(n-1)n} (-1)^{n-1} = \frac{z_n}{z_1} (-1)^{n-1}. \quad (4.35)$$

Qo'zg'almas o'qli tishli uzatmalar qatorli bo'lmay, pog'onali bo'lishi ham mumkin (4.23-rasm). U holda, z_1 tishli g'ildirak bilan z_4 tishli g'ildirak orasidagi uzatish nisbati quyidagicha aniqlanadi:



4.23-rasm

- z_1 va z_2 tishli g'ildiraklar orasidagi uzatish nisbati

$$i_{12} = -\frac{z_2}{z_1}; \quad (4.36)$$

- z_3 va z_4 tishli g'ildiraklar orasidagi uzatish nisbati

$$i_{34} = -\frac{z_4}{z_3}. \quad (4.37)$$

Birinchi tishli g'ildirak bilan to'rtinchi tishli g'ildirak orasidagi uzatish nisbatini aniqlash uchun (4.36) va (4.37) ifodalarni bir-biriga ko'paytiramiz. Natijada quyidagi ifoda kelib chiqadi

$$i_{14} = i_{12} \cdot i_{34} = +\frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3}.$$

4.23-rasmdan ko'rinadiki, aylanma harakat I valdan z_1 , z_2 , z_3 va z_4 tishli g'ildiraklar orqali II va III vallarga uzatiladi. Bu yerda harakat uzatishda z_1 , z_2 va z_3 , z_4 juft tishli g'ildiraklar yordamida uzatiladi. Agar juft tishli g'ildiraklar soni n

ta bo'lsa, vellar soni $n+1$ bo'lib, K ta tishli g'ildirak uchun umumiy uzatish nisbati quyidagicha aniqlanadi

$$i + 1_{(n+1)} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{56} \dots i_{(k-1)k} \cdot (-1)^n$$

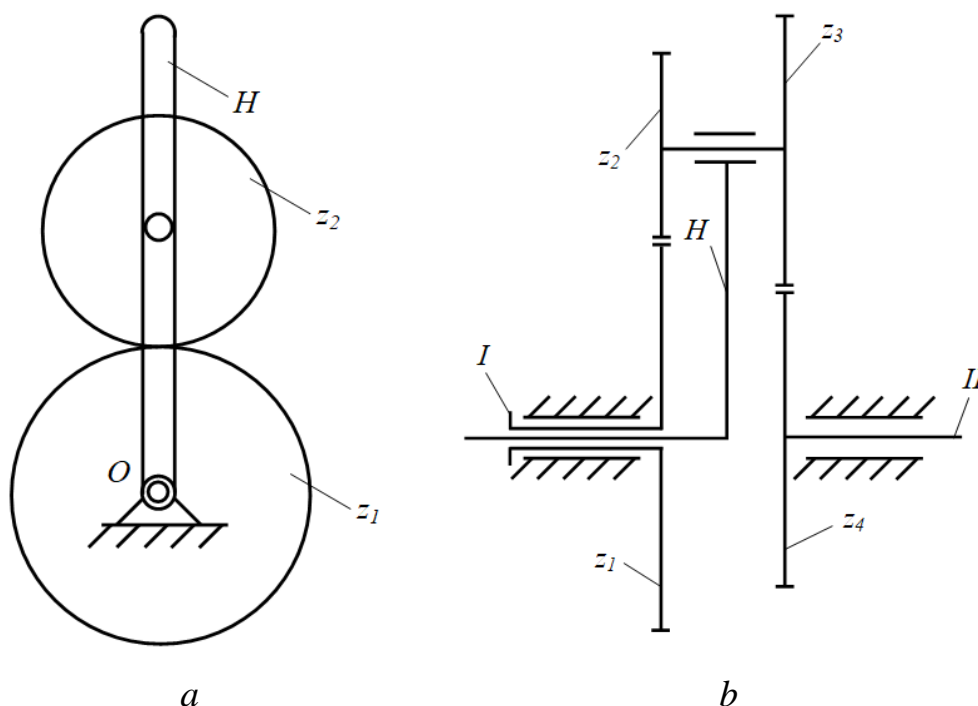
yoki

$$i_{1(n+1)} = \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \dots z_k}{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \dots z_{k-1}} \cdot (-1)^n \quad (4.38)$$

Agar tishli g'ildiraklar konussimon bo'lsa, bunday mexanizm uchun ham umumiy uzatish soni tsilindrik tishli g'ildiraklarnikiga o'xshash bo'ladi.

Ayrim mashinalarda ish jarayonining xususiyatlaridan kelib chiqib, qo'zg'aluvchan o'qli tishli mexanizmlar ishlatish talab etiladi. Tarkibida qo'zg'aluvchan o'qli tishli g'ildiragi bo'lgan tishli mexanizmlar *epitsiklik mexanizmlar* deyiladi.

4.24 a-rasmda epitsiklik mexanizmning sodda turi keltirilgan. z_2 tishli g'ildirak *satellit* deb nomlanadi va uning o'qi fazoda harakatlanadi. z_1 tishli g'ildirak *quyosh* yoki *markaziy* tishli g'ildirak deb nomlanadi va ning o'qi artofida satellit aylanma harakat qiladi. H bo'g'in *vodilo* deb nomlanadi va unda satellitning o'qi joylashgan.



4.24-rasm.

Murakkab tishli mexanizmlarda bir nechta satellit, markaziy tishli g'ildirak va vodilo bo'lishi mumkin. 4.24 b-rasmda ikkita satellit z_2 va z_3 , ikkita markaziy g'ildirak z_1 va z_4 hamda bitta vodilodan iborat bo'lgan to'rt g'ildirali epitsiklik mexanizm keltirilgan.

Vodiloning aylanish o'qi doimo markaziy g'ildirak o'qi bilan mos tushadi va u *mexanizmning markaziy o'qi* deb ataladi.

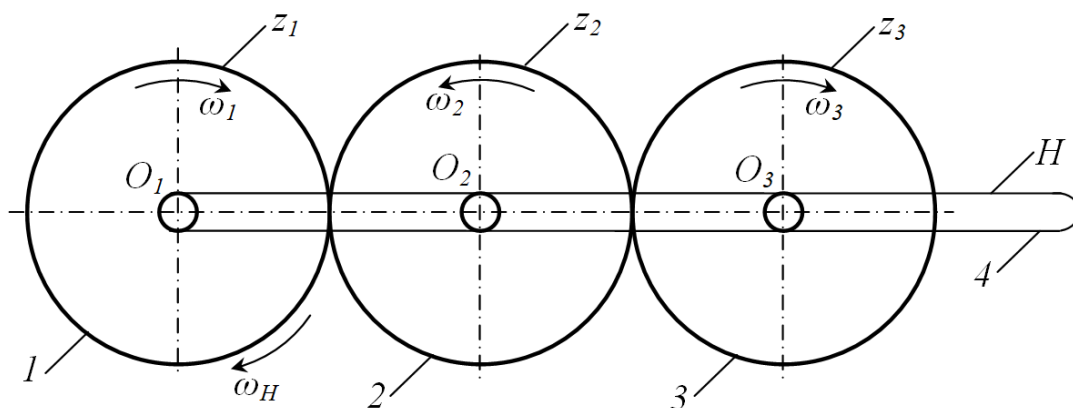
Epitsiklik mexanizm tarkibida satellit, markaziy g'ildirak va vodilodan tashqari boshqa bo'g'inlar bo'lmaydi. Agar boshqa turdagi bo'g'inlar mavjud bo'lsa, u epitsiklik mexanizm emas, balki tarkibida epitsiklik mexanizm bo'lgan kinematik zanjir hisoblanadi.

Epitsiklik mexanizmlar planetar va differentsial mexanizmlarga bo'linadi.

Qo'zg'aluvchanlik darajasi birga teng bo'lgan epitsiklik mexanizmlar *planetar mexanizmlar* deyiladi.

Qo'zg'aluvchanlik darajasi birdan yuqori bo'lgan epitsiklik mexanizmlar *differentsial mexanizmlar* deyiladi.

Masalani aniqroq tushunish uchun 4.25-rasmni ko'rib chiqamiz. Bunda asosiy 4 ta bo'g'in bo'lib, uchta z_1, z_2, z_3 tishli g'ildiraklar, to'rtinchisi esa N vodilodir. Bunday mexanizmlar ham CHEbishevning tuzilish formulasi asosida analiz qilinadi.



4.25-rasm.

4.25-rasmdagi mexanizmning ikki holini ko'rib chiqamiz:

1. Planetar mexanizm - bunda z_1 tishli g'ildirak (markaziy g'ildirak) qo'zg'almas ($n_1=0$) bo'lib, N vodilo minutiga p_n ($n_H = \frac{30\omega_H}{\pi}$) marta aylanadi. z_2 va z_3 lar satellitlar bo'lib, ular murakkab harakat qiladi. Bu g'ildiraklar vodilo bilan birga, O_1 o'q atrofida aylanadi va o'z o'qlari (O_2 va O_3) atrofida nisbiy harakat kiladi. Bunda, qo'zg'aluvchan bo'g'inlar soni $p=3$, V-sinf kinematik juftliklar soni $P_5=3$, IV-sinf kinematik juftliklar soni $P_4=2$.

CHebishevning tuzilish formulasiga ko'ra, planetar mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi quyidagicha aniqlanadi

$$W = 3n - 2P_5 - 1P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 2 = 1$$

Demak, planetar mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi $W=1$ bo'lar ekan.

2. Differentsial mexanizm - bunda N vodilo O_1 atrofida minutiga p_n marta aylansa, z_2 markaziy g'ildirak O_1 atrofida (markaziy o'q atrofida) minutiga p_1 marta aylanadi. Satellit deb ataluvchi z_2 , z_3 tishli g'ildiraklar murakkab harakat qiladi. Bunda, qo'zg'aluvchan bo'g'inlar soni $p=4$, V-sinf kinematik juftliklar soni $P_5=4$, IV-sinf kinematik juftlar soni $R_4=2$.

Mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasini quyidagicha aniqlaymiz

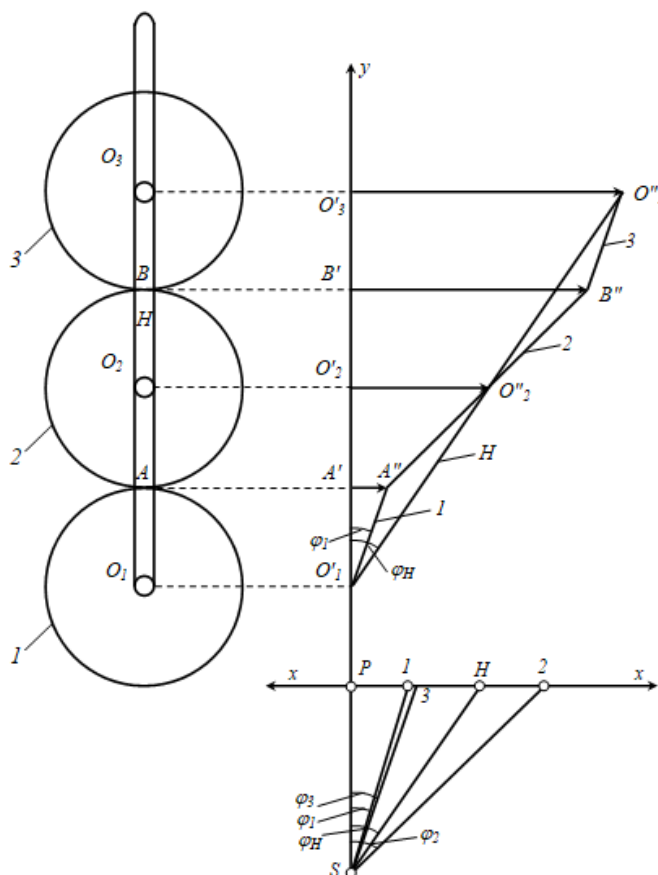
$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 4 - 2 = 2.$$

Demak, ushbu differentsial mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi $W=2$ bo'lar ekan.

Differentsial mexanizmlar ochiq va yopiq bo'ladi. Bular vositasida catellitning reversiv harakatlarini olish mumkin. Ichki ilashmali differentsial mexanizmlarda mexanik foydali ish koeffitsienti tashqi ilashmaga qaraganda katta bo'ladi. Biz quyida faqat planetar va differentsial mexanizmlar kinematikasi bilan tanishib o'tamiz.

Markaziy tishli g'ildirak soat strelkasi yuradigan tomonga minutiga p_1 marta aylanib, vodilo xuddi shu tomon minutiga p_n marta aylanayotgan bo'lsin (4.26-rasm). Biz rasmda ko'rsatilgan mexanizmdagi bo'g'inlarning hammasini biki sistema deb qarab, butun sistemani O_1 o'q atrofida soat strelkasi yuradigan tomonga teskari tomon minutiga p_n marta aylantirsak, vodiloning chastotasi nolga

teng bo'lib, go'yo qo'zg'almaydiganday bo'ladi, ammo z_1 tishli g'ildirak bilan z_2 tishli g'ildirakning aylanish soni p_n ta kamayadi, ya'ni $p^H_1 = n_1 - n_H$ differentsial mexanizm oddiy ilashmali $n^H_2 = n_2 - n_H$ mexanizmga aylanib, ularning aylanish sonlari n^H_1 va n^H_2 bo'ladi.



4.26-rasm.

Bunday holda oddiy tishli g'ildirakli mexanizm uchun z_1 g'ildirak bilan z_2 g'ildirak orasidagi uzatish soni quyidagicha ifodalanadi

$$i_{12} = \frac{n_1^H}{n_2^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_2 - n_H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_2 - \omega_H}. \quad (4.39)$$

z_1 tishli g'ildirak bilan z_3 tishli g'ildirak orasidagi uzatish soni quyidagicha ifodalanadi:

$$i_{13} = \frac{n_1^H}{n_3^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}. \quad (4.40)$$

Planetar mexanizmlar uchun umumiy uzatish soni vodiloni fikran to'xtatish usuli bilan aniqlanadi.

Agar $i_{13} < 0$ bo'lsa, 1 va 3-tishli g'ildiraklar bir-biriga teskari tomonlarga aylangan bo'ladi.

Agar $i_{13} > 0$ bo'lsa, har ikkala tishli g'ildirak (1 va 3) bir tomonga aylangan bo'ladi.

Agar oxirgi bo'g'inning raqami k bo'lsa, formulani umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin

$$i_{1k}^H = \frac{n_1^H}{n_k^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_k - n_H} \quad (4.41)$$

yoki

$$n_k = \frac{n_1}{i_{1k}} + n_H \left(1 - \frac{1}{i_{1k}}\right). \quad (4.42)$$

(4.42) ifodada planetar mexanizmlarning universal formulasi yoki *Villis formulasi* deb ataladi.

Agarda planetar mexanizmدا 3-g'ildirak qo'zg'almas (4.25-rasm). $n_3=0$, u holda

$$i_{13}^H = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = \frac{n_1 - n_H}{0 - n_H} = 1 - \frac{n_1}{n_H} = 1 - i_{1H}^3.$$

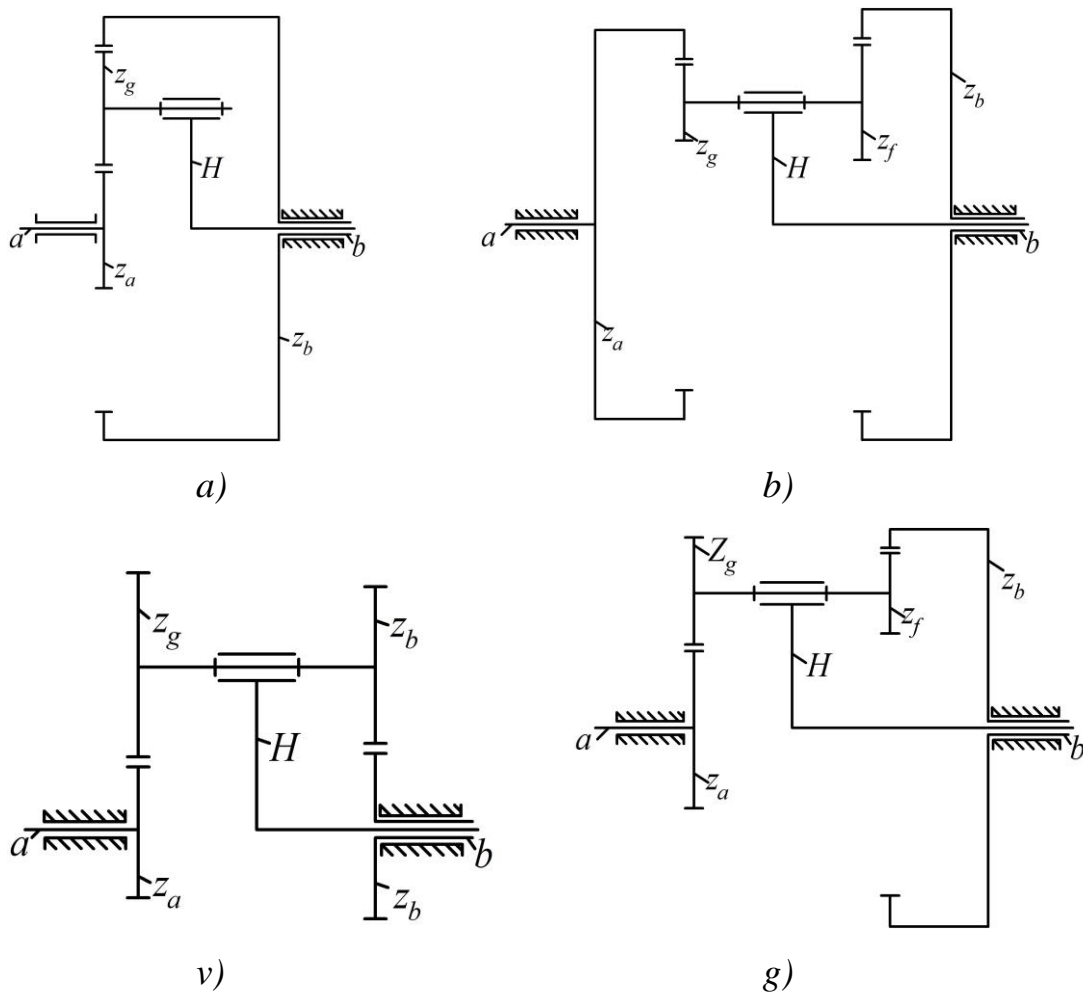
Umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin

$$i_{1H}^k = 1 - i_{1k}^H, \quad i_{H1}^k = \frac{\omega_H}{\omega_1} = \frac{1}{i_{1H}^k} = \frac{1}{1 - i_{1k}^H}$$

Planetar va differentsial mexanizmlar avtomobillarda, qishloq xo'jaligi mashinalarida va aviatsiyada keng qo'llaniladi.

4.27-rasmda a , b , v , g shakllarda texnikada ko'p qo'llanadigan planetar va differentsial mexanizmlarni kinematik sxemasi ko'rsatilgan.

4.27 a - rasmda bir pog'anali ichki ilashmali planetar mexanizm sxemasi, 4.27 b - rasmda ikki pog'anali ichki ilashmali planetar mexanizm, 4.27 v - rasmda ikki pog'anali ochiq tashqi ilashmali va 4.27 g - rasmda ikki pog'anali tashqi va ichki ilashmali planetar mexanizmlar sxemasi keltirilgan. Ular vadilo H , satalitlar z_g (yoki z_2, z_2') markaziy g'ildiraklar z_1 va z_3 dan iborat. SHu kinematik sxemaga ko'ra turli holatlari uchun uzatish sonini aniqlashni 4.1-jadval ko'rinishda keltirilgan.



4.27-rasm

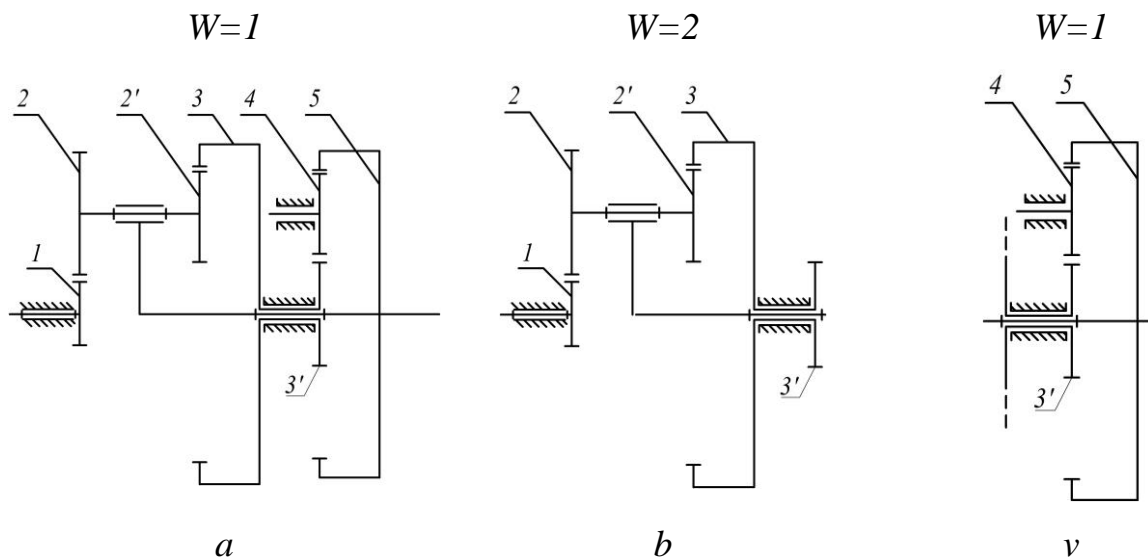
4.1-jadval

	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)	$\frac{1}{z_a \cdot z_b}$	$\frac{1}{z_a \cdot z_f}$	$1 - \frac{z_a \cdot z_b}{z_f \cdot z_b}$	$1 - \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$	$\frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$	$\frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$
v)	$\frac{1}{1 - z_a \cdot z_f}$	$\frac{1}{1 - z_g \cdot z_b}$				
g)	$\frac{1}{z_a \cdot z_b + 1 + z_a \cdot z_f}$	$\frac{1}{z_a \cdot z_f + 1 + z_g \cdot z_b}$	$1 + \frac{z_a \cdot z_b}{z_f \cdot z_b}$	$1 + \frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$	$-\frac{z_a \cdot z_f}{z_g \cdot z_b}$	$\frac{z_g \cdot z_b}{z_a \cdot z_f}$

Villis formulasidan foydalanib bir necha ko‘rinishdagi differentsial mexanizmlarni uzatish sonini aniqlaymiz.

1-Masala. 4.28-rasmda keltirilgan diferentsial mexanizmlarda yetaklovchi bo‘g‘in 1, yetaklanuvchi – vodilo bo‘ladi. Mexanizm ikki qismdan iborat, birinchi

qism differentsial mexanizm bo‘lib, 1,2,2', 3- g'ildiraklar va vodilodan iborat. Ikkinchi qism 3', 4 va 5-g'ildiraklardan iborat.



4.28-rasm

Villis formulasini quyidagicha bo‘ladi

$$U_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}$$

Surat va maxrajni yetaklanuvchi bo‘g‘inning burchak tezligi ω_H ga bo‘lib yuboramiz

$$U_{13}^H = \frac{\frac{\omega_1}{\omega_H} - 1}{\frac{\omega_3}{\omega_H} - 1}$$

bundan

$$U_{1H} = U_{13}^H \cdot (U_{3H} - 1) + 1. \quad (4.43)$$

hosil qilamiz.

Bu yerda

$$U_{13}^H = U_{12}^H \cdot U_{2'3}^H = \left(-\frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \left(\frac{Z_3}{Z_2'}\right) = -\frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1 \cdot Z_2'}, \quad (4.44)$$

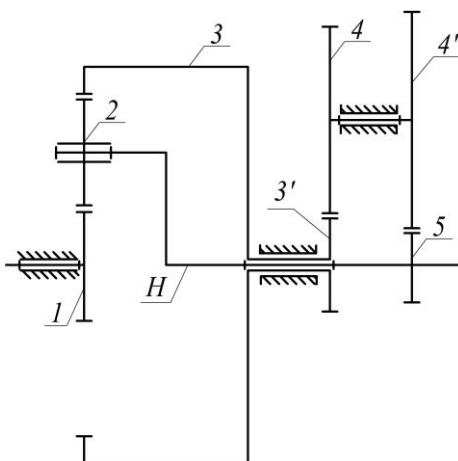
$$U_{3H} = U_{35} = U_{3'5} = U_{3'4} \cdot U_{45} = \left(-\frac{Z_4}{Z_3'}\right) \cdot \left(\frac{Z_5}{Z_4}\right) = -\frac{Z_5}{Z_3'}. \quad (4.45)$$

(4.44) va (4.45) ifodalarni (4.43) ifodaga qo‘ysak.

$$U_{1H} = \frac{Z_2 \cdot Z_3 \cdot Z_5}{Z_1 \cdot Z_2' \cdot Z_3'} + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1 \cdot Z_2'} + 1$$

hosil bo‘ladi.

2-Masala. 4.29-rasmda yetaklovchi bo‘g‘in 1 quvvat 4-4' g'ildiraklar blokidan, ya'ni yetaklanuvchi g'ildiraklardan olinadi.



4.29-rasm

Bunda ham Willis formulasidan foydalanamiz. $U_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}$ surat va maxrajini yetaklanuvchi g'ildirakni burchak tezligiga bo‘lib yuborsak, formula quyidagi ko‘rinish oladi.

$$U_{13}^H = \frac{\frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_{4'}} - \frac{\omega_H}{\omega_{4'}}}{\frac{\omega_3 - \omega_H}{\omega_{4'}} - \frac{\omega_H}{\omega_{4'}}} = \frac{U_{14'} - U_{H4'}}{U_{34'} - U_{H4'}}$$

bunda $U_{14'}$ ni topsak

$$U_{14'} = U_{13}^H (U_{34'} - U_{H4'}) + U_{H4'}$$

Bu yerdan

$$U_{13}^H = U_{12}^H \cdot U_{23}^H = \left(-\frac{Z_2}{Z_1} \right) \cdot \left(\frac{Z_3}{Z_2} \right) = -\frac{Z_3}{Z_1},$$

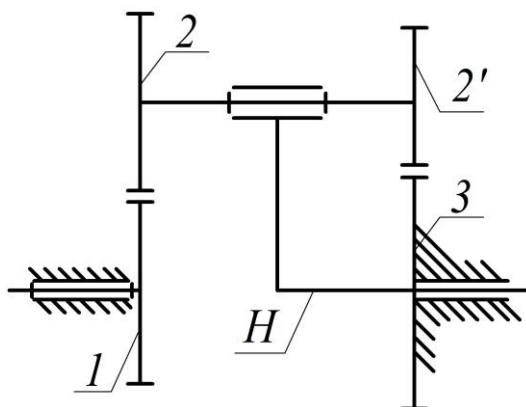
$$U_{34'} = U_{3'4} = -\frac{Z_4}{Z_3'}, \quad U_{H4'} = U_{54'} = -\frac{Z_4}{Z_5}.$$

Xammasini o‘rniga qo‘ysak masalani yechimi quyidagi ko‘rinishga keladi

$$U_{14'} = -\frac{Z_3}{Z_1} \left(-\frac{Z_4}{Z_{3'}} - \frac{Z_4}{Z_3} \right) - \frac{Z_4}{Z_5} = \frac{Z_3 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_{3'}} + \frac{Z_3 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3} - \frac{Z_4}{Z_5}$$

3-Masala. 4.30-rasmda berilgan Davit planetar reduktori, tishlar soni

$Z_1 = Z_2 = 50$, $Z_2 = 49$, $Z_3 = 51$ bo‘lsin. Topish kerak U_{H1} .



4.30-rasm

$$U_{H1}^3 = \frac{\omega_H}{\omega_1} = \frac{1}{U_{1H}^3} = \frac{1}{1 - U_{13}^H} = \frac{1}{1 - U_{12}^H \cdot U_{23}^H} = \frac{1}{1 - \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1 \cdot Z_2}} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 \cdot Z_2 - Z_2 \cdot Z_3} = \frac{50 \cdot 50}{50 \cdot 50 - 49 \cdot 51} = 2500.$$

Universal formula yordami bilan planetar mexanizmlar kinematikasini o‘rganish *analitik usul* deyiladi.

Planetar mexanizmlarni chiziqli va burchak tezliklarini topishda analitik va jadval usullaridan foydalanish ko‘pincha noqulay bo‘ladi. Bunday hollarda grafoanalitik usuldan foydalanishga to‘g‘ri keladi. Bu usul o‘zining yaqqol ko‘rinishi va ayniqsa, burchak va chiziqli tezliklar yo‘nalishlarining yaqqolligi bilan afzaldir. Amaliy ishlarda bu usulda kichik xatolar bo‘lishiga qaramay, undan unumli foydalaniladi.

4.26-rasmdagi differentsial mexanizm μ_l masshtabda chizilgan, 1-tishli g‘ildirakning tishlari soni z_1 bo‘lib, minutiga aylanish soni p_n dir. Vodiloning minutiga aylanish soni p_n berilgan. Agar 2- va 3-tishli g‘ildirak tishlarining soni z_2 , z_3 bo‘lsa, shu tishli g‘ildiraklarning (satellitlarning) bir minut ichida aylanish sonlarini topish kerak. Masala grafoanalitik usulda yechiladi: p_1 va p_n lar soat strelkasi yuradigan tomon aylanadi. Masalani yechish uchun

vodiloning O_3 nuqtasi bilan I -tishli g'ildirakdagi A nuqtaning chiziqli tezliklarini topamiz

$$v_A = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \cdot r_1 = \frac{\pi n_1}{30} \cdot \frac{m \cdot z_1}{2}, \quad (4.46)$$

$$v_{O_3} = \frac{\pi n_H}{30} \cdot r_H = \frac{\pi n_H}{30} (r_1 + 2r_2 + r_3). \quad (4.47)$$

Tezliklar masshtabini tanlaymiz

$$\mu_v = \frac{v_A}{A' - A''}, \quad (4.48)$$

$$O_3' O_3'' = \frac{v_{O_3}}{\mu_v}. \quad (4.49)$$

Mexanizmga (4.26 a -rasm) yaqinroq joydan vertikal $u-u$ chiziqni chizamiz va bu chiziqqa mexanizmdagi asosiy O_1 , A , O_2 , B , O_3 nuqtalarning proektsiyalarini tushiramiz. O_3 nuqtadan $O_3' O_3''$ vektor kesmani o'ng tomonga qarab olamiz. O_3'' ni O_1' bilan tutashtirib, $O_1' O_3''$ chiziqni hosil qilamiz. Bu chiziqni N bilan belgilaymiz. Ana shu H chiziq vodiloning tezliklar chizig'ini beradi. A' dan $A' A''$ vektor kesmani qo'yamiz. A'' ni O_1' bilan tutashtirib, $A'' O_1'$ ni hosil qilamiz va uni 1 soni bilan belgilaymiz. Bu chiziq I -tishli g'ildirakning tezliklar chizig'ini beradi. O_2' dan $O_3' O_3''$ ga parallel chiziq o'tkazamiz va uning N tezliklar chizig'i bilan kesishuv nuqtasini O_2'' bilan belgilaymiz. $O_2' O_3''$ kesma μ_v masshtabda v_{O_3} ni berish, bizga ma'lum. A'' bilan O_2'' ni tutashtirib, hosil bo'lgan chiziqni davom ettiramiz. B' dan o'tkazilgan gorizontaal chiziq $A'' O_2''$ ning davomi bilan kesishib, B'' ni hosil qiladi. $A'' O_2'' B''$ chiziq 2-tishli g'ildirakning tezliklar chizig'ini beradi; uni 2 soni bilan belgilaymiz.

B'' ni O_3'' bilan tutashtirib, $O'' B''$ chizig'ini hosil qilamiz. Bu chiziq 3-tishli g'ildirakning O_3 atrofida aylanishidagi tezliklar chizig'ini beradi; uni 3 soni bilan belgilaymiz. $u-u$ chizig'ining pastrog'idan ixtiyoriy P nuqtani tanlab olib, undan $x-x$ gorizontaal chiziq o'tkazamiz. P dan pastroqda PS ixtiyoriy masofada S nuqtani tanlab olamiz. SHu S nuqtadan $O_1' A''$ ga parallel o'tkazib, S_1 kesmani; $O_1' O_3''$ ga parallel SH kesmani, $A'' B''$ ga S_2 kesmani $O_3'' B''$ ga parallel S_3 kesmani hosil qilamiz (4.26-rasm).

4.26 *b*-rasmdagi grafik differentsial mexanizmning chiziqli tezliklar uchburchagi, 4.26 *v*-rasmdagi chizma esa burchak tezliklari yoki aylanish sonlarining planidir. $\Delta O_1'O_1'O_3'' \infty \Delta PSH$ o'xshashlikdan quyidagi proportsiyani tuzamiz

$$\frac{\overline{PN}}{PS} = \frac{O_3'O_3''}{O_1'O_3'} = tg\varphi_H, \quad \omega_H = \frac{v_{O_3}}{l_{O_1'O_3'}} = \frac{\mu_v \cdot O_1'O_3''}{\mu_l \cdot O_1'O_3'} = \frac{\mu_v}{\mu_l} \cdot tg\varphi_H,$$

yoki

$$\omega_H = \frac{\mu_v}{\mu_l} \cdot \frac{PN}{PS} = \mu_\omega \cdot PH. \quad (4.50)$$

Huddi shuningdek, quyidagilarni hosil qilamiz

$$\omega_1 = \frac{\mu_v}{\mu_l} \cdot \frac{P1}{PS} = \mu_\omega P1, \quad (4.51)$$

$$\omega_2 = \frac{\mu_v}{\mu_l} \cdot \frac{P2}{PS} = \mu_\omega \cdot P2. \quad (4.52)$$

SHunday qilib, *PH* kesma μ_ω masshtabda ω_H ni, *P1* kesma μ_ω masshtabda ω_1 ni va *P2* kesma μ_ω masshtabda ω_2 ni berishi yuqoridagi (4.50), (4.51) va (4.52) formulalardan ko'rinib turibdi.

SHuningdek, 4.26 *v*-rasmdagi chizma burchak tezliklari plani bo'lib, undagi *x-x* o'qida yotuvchi *P1*, *P2*, *P3*, *PH* kesmalar μ_ω masshtabda tegishli bo'g'inlarning burchak tezliklarini berar ekan.

4.26 *v* -rasmdan tegishli bo'g'inlarning minutiga aylanish sonlarini topish mumkin. Buning uchun quyidagi ifodalardan foydalanamiz

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad \text{yoki} \quad n = \frac{30}{\pi} \cdot \omega \quad (4.53)$$

(4.49), (4.51) va (4.52) ifodalarni (4.53) ifodaga qo'yib quyidagi ifodalarni hosil qilamiz

$$n_H = \frac{30}{\pi} \cdot \mu_\omega \cdot PH = \mu_n \cdot PH, \quad (4.54)$$

$$n_1 = \frac{30}{\pi} \cdot \mu_\omega \cdot P1 = \mu_n \cdot P1, \quad (4.55)$$

$$n_2 = \frac{30}{\pi} \cdot \mu_\omega \cdot P2 = \mu_n \cdot P2. \quad (4.56)$$

Demak, $P1$, $P2$, PH kesmalar μ_n ($ayl/min \cdot mm$) masshtabda tegishli bo‘g‘inlarning minutiga aylanish sonlarini berar ekan.

Yuqorida aytilganlardan ma’lumki, tegishli bo‘g‘inlarning burchak tezliklarini yoki aylanish sonlarini topish uchun, ularning planlarini tuzib, so‘ngra μ_ω va μ_n masshtablarni topish kerak. Ammo burchak tezliklari va aylanish sonlari planidan foydalanib (4.26 v-rasm), μ_ω , μ_n masshtablarni hisoblab o‘tirmay, tegishli bo‘g‘inlarning burchak tezliklarini yoki aylanish sonlarni quyidagicha topish mumkin

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{P2}{P1}; \quad \omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{P2}{P1};$$

$$\frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{P3}{P1}; \quad \omega_3 = \omega_1 \cdot \frac{P3}{P1}.$$

Quyidagi proportsiyadan foydalansa ham bo‘ladi

$$\frac{\omega_2}{\omega_H} = \frac{P2}{PH}; \quad \omega_2 = \omega_H \cdot \frac{P2}{PH};$$

$$\frac{\omega_3}{\omega_H} = \frac{P3}{PH}; \quad \omega_3 = \omega_H \cdot \frac{P3}{PH}.$$

Proportsiyani aylanish sonlari orqali tuzib, tegishli bo‘g‘inlarning minutiga aylanish sonlarini quyidagicha aniqlaymiz

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{P2}{P1} \quad n_2 = n_1 \cdot \frac{P2}{P1}$$

$$\frac{n_3}{n_1} = \frac{P3}{P1} \quad n_3 = n_1 \cdot \frac{P3}{P1}$$

n_1 , n_H berilganligi uchun, quyidagicha proportsiyalar tuzsa ham bo‘ladi

$$\frac{n_2}{n_H} = \frac{P2}{PH}; \quad n_2 = n_H \cdot \frac{P2}{PH};$$

$$\frac{n_3}{n_H} = \frac{P3}{PH}; \quad n_3 = n_H \cdot \frac{P3}{PH}.$$

Planetar mexanizmlarning kinematikasini grafoanalitik usul bilan tekshirishda bo‘g‘inlarning burchak tezliklari, aylanish sonlari va nuqtalarning chiziqli tezliklari musbat va manfiy bo‘lishiga e’tibor berish kerak. Agar chiziqli

tezlik musbat bo'lsa, uning masshtab vektor kesmasi vertikal chiziqning o'ng tomoniga, manfiy bo'lsa, shu vertikal chiziqning chap tomoniga qaratib qo'yiladi.

Burchak tezliklar bilan aylanish sonlarining planidan (4.26 v-rasm) quyidagi qoidaga ko'ra ularning musbat yoki manfiy bo'lishini bilib olish mumkin:

a) agar burchak tezligi va aylanishlar sonini ko'rsatuvchi $P1, P2, PH, \dots$ kesmalar $u-u$ o'qining o'ng tomonida yotsa, musbat;

b) agar ular $u-u$ o'qining chap tomonida yotsa, manfiy bo'ladi.

Planetar mexanizmlarning kinematikasining grafonalitik yo'l bilan o'rganishda, ko'pincha, mexanizmning profil proektsiyasini chizish (90° ga burilib proektsiyalash) ancha qulaylik tug'diradi. Masalani ravshanroq tasavvur qilish uchun 4.26 a-rasmdagi mexanizmning profil proektsiyasi vertikal to'g'ri chiziqda bo'lib, A, B, O_2, O_3 nuqtalarning chizikli tezliklari proektsiyalari esa nuqtaga aylanadi. Bundan buyon masalani yaqqol hal etish uchun planetar mexanizmlarning profil proektsiyalarini chizib, tegishli nuqtalarning chizikli tezliklarini soat strelkasi yuradigan tomon 90° ga burib tasvirlaymiz. Masalani yanada chuqurroq o'rganish maqsadida quyidagi masalani ko'rib chiqamiz.

Misol: 4.26-rasmda ko'rsatilgan planetar mexanizmدا 1 yoki 3 markaziy g'ildiraklardan birini qo'zg'almas desak, u holda bu kinematik zanjir bitta erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Bu xildagi mexanizmlarni reduktor yoki multiplikatorlar sifatida qo'llasa bo'ladi.

Vodilo H aylanganda nisbiy harakatdagi satellit 2 (bunda markaziy g'ildirak 3 qo'zg'almas) unda dumalaydi va satellitning boshlang'ich aylanasidagi istalgan nuqtasi epitsikloida yoki gipotsikloida chizadi.

Harakatni aylantirish usulini qo'llab quyidagini aniqlaymiz

$$u_{31}^H = \frac{\omega_3^H}{\omega_1^H} = \frac{\omega_3 - \omega_H}{\omega_1 - \omega_H}$$

yoki

$$u_{31}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = \frac{1}{u_{31}^H}.$$

Agar $\omega_3=0$ bo'lsa, u holda

$$u_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{-\omega_H} = \frac{1}{u_{31}^H}$$

yoki

$$u_{13}^H = 1 - \frac{\omega_1}{\omega_H} = \frac{1}{u_{31}^H} \quad (4.57)$$

bunda $\omega_1/\omega_H = u_{1H} u_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = \frac{1}{u_{31}^H}$ planetar uzatmaning uzatish nisbati.

u_{1H} (4.57) ifodaga qo'yib, planetar uzatmaning uzatish nisbatini aniqlaymiz

$$u_{13}^H = 1 - u_{13}^H \quad (4.58)$$

yoki

$$u_{H1}^3 = \frac{1}{1 - u_{13}^H}.$$

Bu yerda berilgan mexanizm to'rt bo'g'inli kinematik zanjirdan iborat bo'lganligi uchun quyidagi bog'lanishni yozamiz topiladi

$$u_{13}^H = \frac{\omega_1^H}{\omega_3^H} = \pm \left(\frac{z_2}{z_1} \right) \cdot \left(\frac{z_3}{z_2'} \right).$$

Bu bog'lanishga Villis formulasi deyiladi, uning umumiy ko'rinishi j g'ildirak qo'zg'almas bo'lgan planetar uzatmalar uchun quyidagicha

$$u_{1H}^j = 1 - u_{1j}^H. \quad (4.56)$$

Grafoanalitik usulda planetar uzatmalarni tekshirish 4.26-rasmda keltirilgan. G'ildirak I ning burchak tezlik qiymati shu tishli g'ildirakning aylanma tezligini aniqlash imkon beradi.

$$v_A = \omega_1 \cdot r_1$$

Masshtab μ_v tanlab, v_a tezlikni Aa vektor ko'rinishida OO_2 ga perpendikulyar qilib qo'yamiz. a nuqtani O markazi bilan birlashtirib, uchburchak OaA ni hosil qilamiz. Bu uchburchak I tishli g'ildirak uchun tezliklarning taqsimlanish qonunini beradi. Tishli g'ildiraklar 2 va $2'$ bitta bo'g'in satelitni tashkil etgani uchun, satelitga tegishli bo'lgan B nuqtaning tezligi nolga teng, chunki 3 -bo'g'in markaziy tishli g'ildirak qo'zg'almasdir. SHuning uchun a nuqtani B bilan birlashtirib, uchburchak AaB ni hosil qilamiz. Bu uchburchak satelitlar uchun

tezliklarning taqsimlanish qonunini beradi. Satellitning o'qi O_2 ga H vodilo birlashtirilganligi uchun satellitga tegishli bo'lgan O_2 nuqtaning tezligi H vodilo tezligiga teng. Satellitdagi O_2 nuqtani tezligini aniqlash uchun (4.26 b-rasm) da O_2 nuqtadan Aa tezlik vektoriga parallel o'tkazib uchburchak AaB dan h nuqta aniqlanadi. O_2h vektor O_2 nuqtaning tezligidir. h nuqtani markaz bilan birlashtirib O_2hO uchburchagini hosil qilamiz. Bu uchburchak vodilo H uchun tezliklarning taqsimlanish qonunini beradi.

Burchak tezliklar planini qurish uchun (4.26 v-rasm) ixtiyoriy P qutbdan Oa , Oh , Ba nurlarga parallel chiziqlar o'tkazamiz.

Ular $l=P_k$ tanlangan masofadan o'tkazilgan o'q chizig'ida kesishib, I , H va 2 nuqtalar hosil qiladi. Burchak tezlik planining masshtab koeffitsientini μ_ω differentsial mexanizmlardagi masshtab koeffitsientlarini aniqlashga asoslanib aniqlanadi. $\mu_\omega = (\mu_v/\mu_l) \cdot P_k$ Satellit vodiloning burchak tezliklarini aniqlaymiz.

$$\omega_2 = \mu_v \cdot k2 \quad \text{va} \quad \omega_H = \mu_\omega \cdot kH .$$

Qurilgan tezliklar tasviri va burchak tezliklar plani yordamida planetar mexanizmning istalgan bo'g'iniga tegishli bo'lgan nuqtalarning chiziqli tezliklarini va bo'g'inlarning burchak tezlik qiymatini va yo'nalishini aniqlash mumkin.

Planetar tishli uzatmalarni kinematik sintez qilish

Berilgan uzatish sonini qanoatlantiruvchi planetar mexanizmlarni tishlar sonini tanlashni o'quv va ilmiy adabiyotlarda turli usullarni ko'rsatilgan (2,7-10). Optimal variantini topish uchun turli parametrlarni o'zgartirish orqali topilgan variantlarni solishtirish kerak. Bunda asosan mexanizmlarni gabarit o'lchamlarini eng kichigini tanlanadi. Tanlab olingan kerakli o'lchamdagi planetar mexanizm quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- a) Berilgan uzatish sonini qanoatlantirishi;
- b) Markaziy g'ildiraklarni o'qlarini mos tushishi;
- c) Yig'ish talabini bajarilishi;
- d) Satellitlarning qo'shnichilik shartini bajarilishi;

e) Har bir juftlik to'g'ri ilashmaga kirishi.

Tishlar soni va nisbatini to'g'ri tanlash mexanizmni ixcham, massasi kichik va ishlash qobilyatini yaxshilashishiga olib keladi.

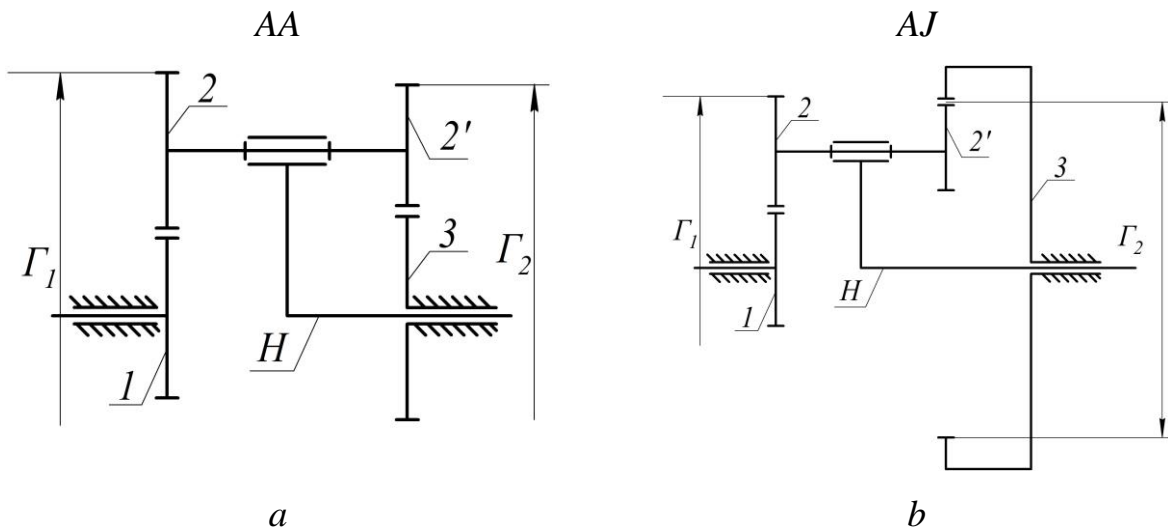
4.27-rasmda planetar mexanizmlarni asosiy tiplari keltirilgan.

1 va 3-markaziy tishli g'ildiraklar;

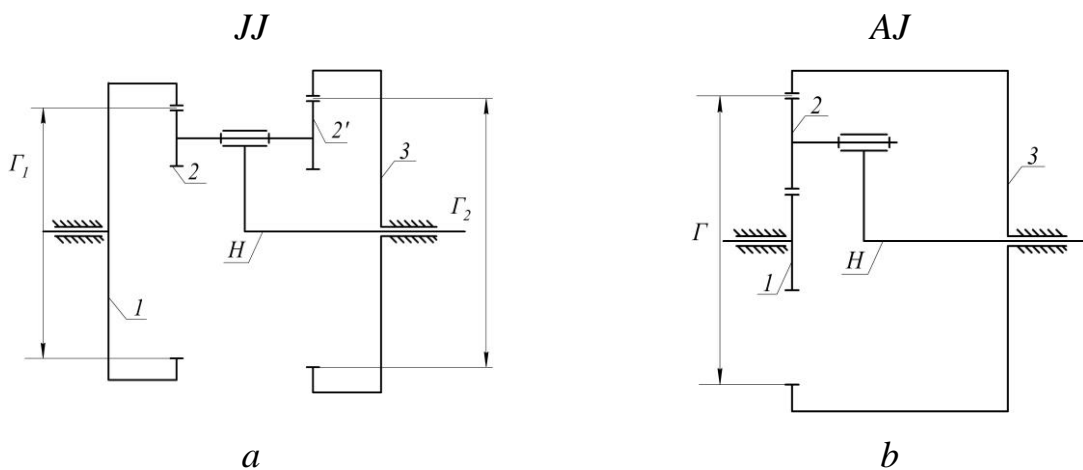
2 va 2' - satilitlar;

H-vadilo.

Ikkita tashqi ilashmali mexanizmni AA 4.31-rasm; bitta tashqi va bitta ichki ilashmali mexanizmni AJ (4.31 b-rasm); ikkita ichki ilashmali mexanizmni JJ (4.32 a-rasm) va bir pog'anali ichki ilashmali (4.32 b-rasm) mexanizmni J deb belgilangan.



4.31-rasm.



4.32-rasm.

O‘qlarini bir-biriga tushish sharti

AA, AJ, JJ ko‘rinishdagi planetar mexanizmlar uchun bu shart quyidagicha bo‘ladi.

$$a_{W12} = a_{W2'3}$$

yoki

$$r_{W1} \pm r_{W2} = r_{W3} \pm r_{W2'}$$

J-bir pog‘anali planetar mexanizm uchun

$$r_{W1} + r_{W2} = r_{W3} - r_{W2'}$$

bunda r_{W1} , r_{W2} , r_{W3} , $r_{W2'}$, -boshlang‘ich aylanalar radiuslari formuladagi “+” ishora tashqi ilashma uchun, “-” ishorasi esa ichki ilashma uchun.

Qo‘shnichilik sharti

Bu yedda o‘qlar fazoda harakatlanadigan g‘ildiraklar satellitlarining bir-biriga tegmasdan erkin harakatlana olishi ta‘minlanadi

$$\sin \frac{180}{K} > \frac{Z_2 + 2f_2}{Z_1 \pm Z_2},$$

bunda f_2 – 2-tishli g‘ildirakni kallagi bo‘yicha balandligi koeffitsienti.

Ikkinchi pog‘ona uchun

$$\sin \frac{180}{K} > \frac{Z_2' + 2f_2'}{Z_3 \pm Z_2'}$$

f_2' - 2' - tishli g‘ildirakning kallagi bo‘yicha balandlik koeffitsienti; K -satellitlar soni; $f_2 = f_2' = h_a$ (bunda h_a bo‘lish chizig‘i bo‘yicha tish kallagining balandlik koeffitsienti. Normal tishli g‘ildiraklarda $h_a=1$ kesilgan tishli g‘ildiraklarda $h_a=0,8$)

Yig‘ish sharti

Bu shart satellit o‘qlarining markaziy o‘qqa nisbatan bir xil burchakda joylashuvini hamda satellitlarning mexanizmga erkin o‘rnatilishini ta‘minlaydi

$$\frac{Z_1 \cdot U_{1H}}{K} (1 + pk) = B,$$

bunda k – satelitlar soni; p – vadiloning 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 vadiloning quyidagi burchakka burish kerak bo‘ladi

$$\omega_H = \frac{360}{K}(1 + pk)$$

Tashqi ilashishni hosil qiluvchi g‘ildiraklar uchun $z_{min}=17$, $z_1 \geq 17$ bo‘lib, z_3/K butun son bo‘ladi.

Ichki ilashma hosil qiluvchi hamda tishlari ichkarida joylashgan g‘ildiraklar uchun $z_{min}=85$, $z_1 \geq 85$ bo‘ladi.

V-BOB. KULACHOKLI MEXANIZMLAR

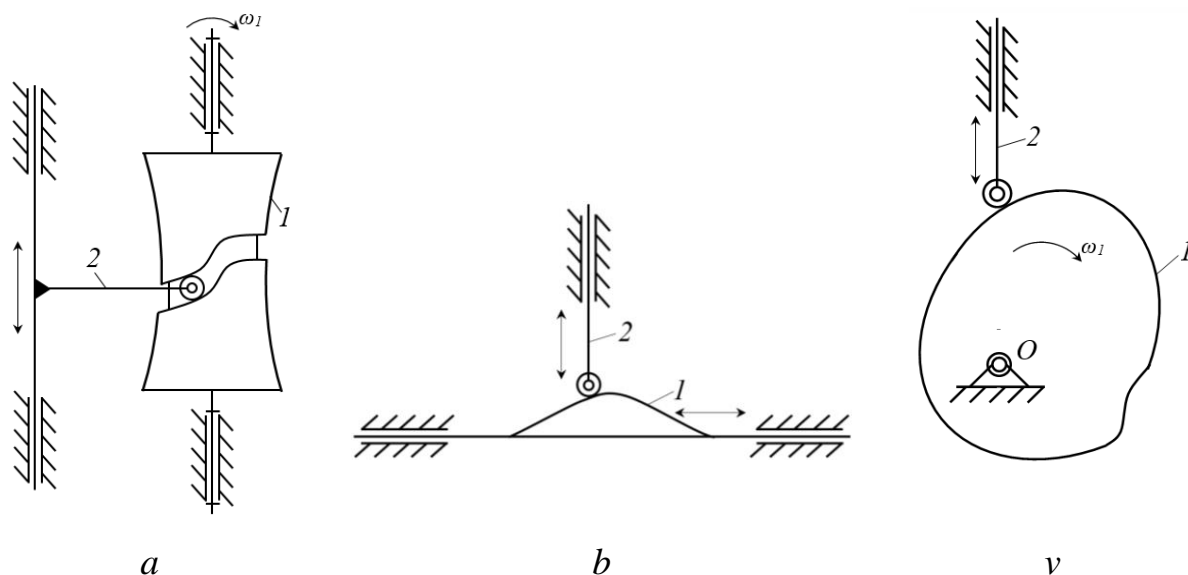
5.1. Kulachokli mexanizmlar, ularning turlari. Kulachokning faza burchaklari. Kulachokli mexanizmlarning tahlili, bosim va uzatish burchaklari. Turtkichning harakat qonunini tanlash

Kulachokli mexanizmlar yordamida yetaklanuvchi bo‘g‘inning istalgan murakkablikdagi harakat qonunini olish mumkin. Masalan, ish jarayonida turtkichning ma’lum vaqt davomida to‘xtab-to‘xtab harakatlanishi. Kulachokli mexanizmlar hozirda rivojlanayotgan avtomat va yarim avtomatlashgan mashinalarda turli funktsiyalarni boshqarish, ishchi qismlarni ishga tushirish, to‘xtatish, oldindan belgilab qo‘yilgan vazifalarni inson ishtirokisiz bajarish imkonini beradi. Kulachokli mexanizm, asosan yetaklanuvchi bo‘g‘inlarining siljish masofasi kichik bo‘lgan harakatlarni amalga oshirishda qo‘llaniladi.

Kulachokli mexanizmlarning quyidagi kamchiliklari mavjud. Ya’ni, katta solishtirma bosim mavjudligi va kulachokning yuzasining tez yeyilishi. SHuning uchun, kulachokni tayyorlashda yuqori sifatli materiallar talab etiladi. Bundan tashqari ayrim hollarda, kulachok bilan turtkich kinematik juftlik hosil qilishi uchun, prujina yordamida qo‘shimcha kuch berish talab etiladi.

Turlanishi bo‘yicha kulachokli mexanizmlar, fazoviy va tekis bo‘ladi. Fazoviy kulachokli mexanizmlarda kulachoklar odatda, o‘yiqchalari bo‘lgan tsilindrsimon shaklda bo‘lib, o‘yiqchalarida turtkichning roliklari harakatlanadi (5.1 *a*-rasm).

Tekis kulachokli mexanizmlarning kulachoklari ilgari lanma (5.1 *b*-rasm) yoki aylanma (5.1 *v*-rasm) harakatni amalga oshiradi. Kulachoklari aylanma harakat qiladigan tekis kulachokli mexanizmlar texnikalarda keng qo‘llaniladi. SHuning uchun, quyida tekis kulachokli mexanizmlar bilan tanishib chiqamiz.

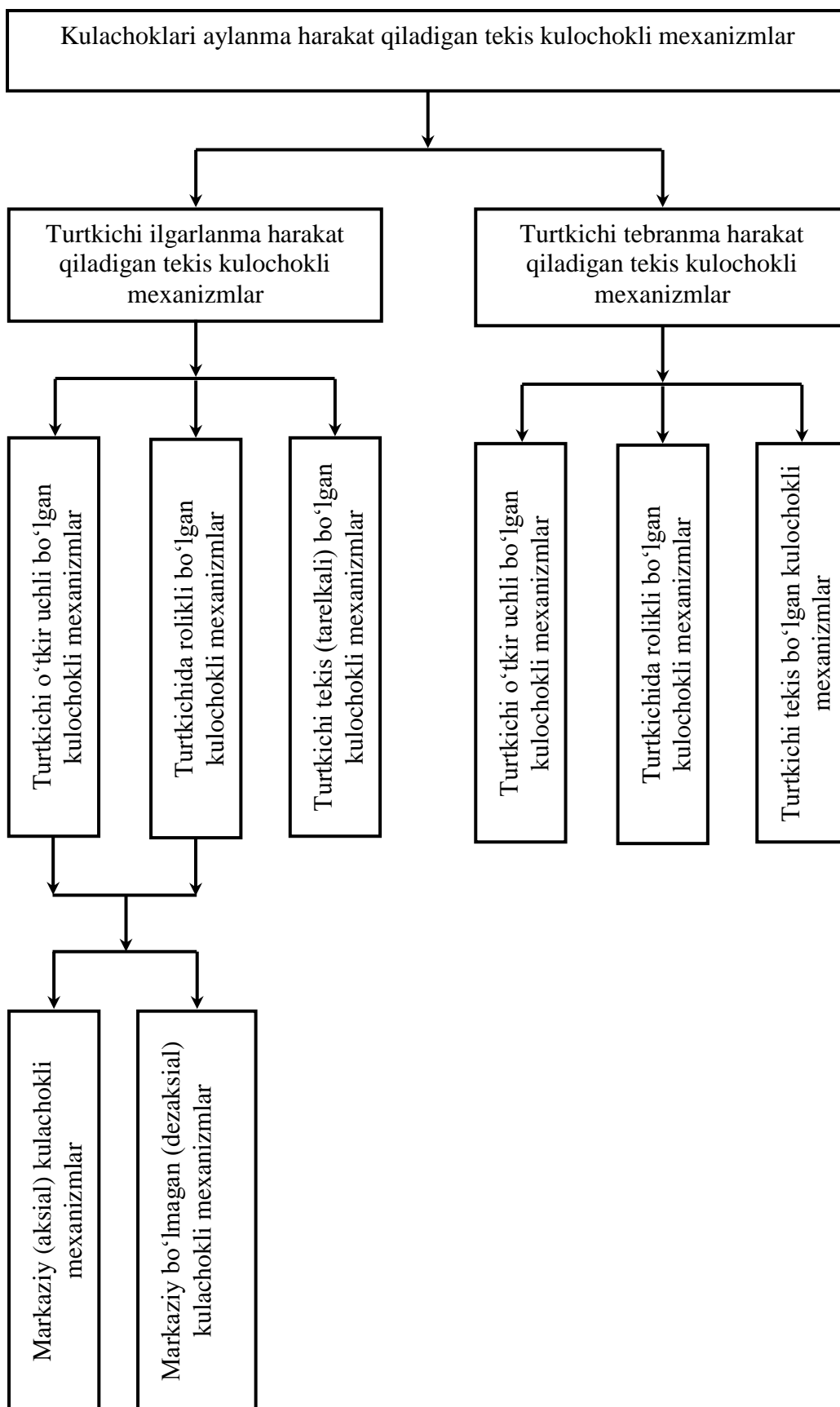


5.1-rasm.

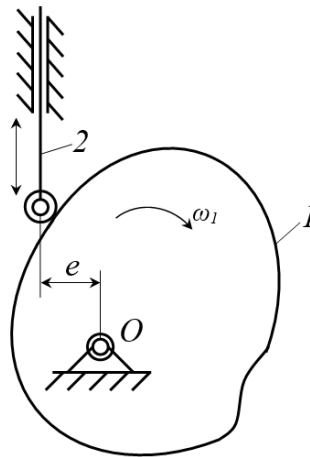
Kulachoklari aylanma harakat qiladigan tekis kulachokli mexanizmlardagi turtkichlarning harakatiga ko‘ra ikki guruhga bo‘lish mumkin. Birinchi guruh – turtkichlari ilgarilanma harakat qiladigan kulachokli mexanizmlar. Bunday kulachokli mexanzmlar, aylanma harakatni ilgarilanma harakatga aylantirib beradi. Ikkinchi guruh – turtkichlari tebranma harakat qiladigan kulachokli mexanizmlar. Bunday kulachokli mexanizmlar, aylanma harakatni tebranma harakatga aylantirib beradi.

Kulachoklari aylanma harakat qiladigan tekis kulachokli mexanizmlarning bo‘g‘inlarining tuzilishi va harakat turiga ko‘ra klassifikatsiyasini tuzib chiqamiz (5.2-rasm). Yuqorida keltirilgan guruhlardagi kulachokli mexanizmlarni yetaklanuvchi bo‘g‘inining tuzilishiga ko‘ra uch turga bo‘linadi: 1) o‘tkir uchli; 2) rolikli; 3) tekis.

Turtkichlari ilgarilanma harakat qiladigan kulachokli mexanizmlarni o‘zi ham ikki turga bo‘linadi: markaziy (aksial) va markaziy bo‘lmagan (dezaksal). Markaziy kulachokli mexanizmlar deb, turtkich harakat yo‘nalishining o‘qi kulachokning aylanish o‘qi markazidan o‘tadigan mexanizmga aytiladi. Markaziy bo‘lmagan kulachokli mexanizmlar deb, turtkich harakat yo‘nalishining o‘qi kulachokning aylanish o‘qi markazidan biror-bir ye masofadan o‘tadigan mexanizmga aytiladi. Bunda ye masofa *desaksial masofa* deyiladi (5.3-rasm)



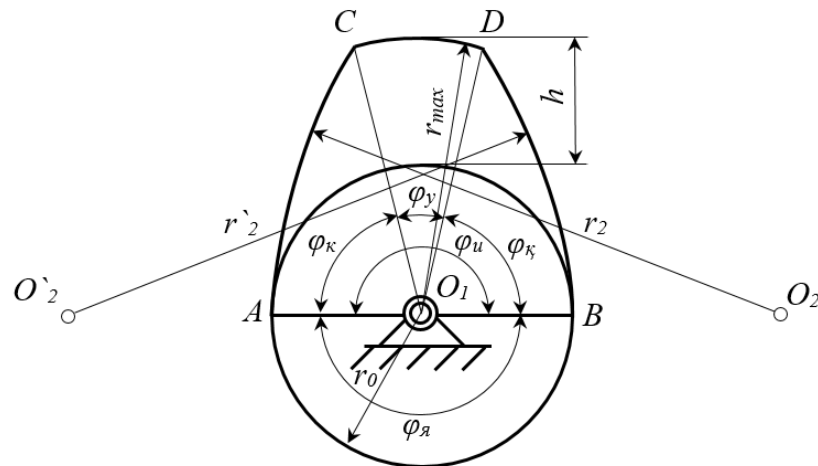
5.2-rasm.



5.3-rasm.

Kulachokli mexanizmlarda kulachokning profili turli egri chiziqlardan iborat bo‘ladi. Kulachok profillarining turlicha bo‘lishiga qaramay, ular umumiy parametrlarga ega bo‘ladi.

5.4-rasmda profili to‘rtta yoydan iborat bo‘lgan kulachok keltirilgan. Bu yoylar quyidagilar, ya’ni markazi O_1 bo‘lgan AB yoy, markazi O_2 bo‘lgan AC yoy, markazi O_1 bo‘lgan CD yoy va markazi $O'2$ bo‘lgan DB yoy. Kulachok asosiy o‘lchamlari sanaladi. Kulachokning asosiy o‘lchamlari quyidagilardir.



5.4-rasm.

Kulachokning minimal radiusi (r_0)-kulachokning aylanish markazidan uning profiligacha bo‘lgan eng yaqin masofani tutashtiruvchi radius-vektori.

Kulachokning maksimal radiusi (r_{max})-kulachokning aylanish markazidan uning profiligacha bo‘lgan eng uzoq masofani tutashtiruvchi radius-vektori.

Turtkichning siljish masofasi (h)-kulachokning maksimal radiusi bilan minimal radiusi orasidagi farq.

Kulachokning yaqinlashish burchagi (φ_{ya})-kulachokning minimal radiusi chizgan AB yoynig burchagi. Kulachok profilining shu qismida turtkich harakatsiz bo‘lib, o‘zining eng quyi holatini egallaydi.

Kulachokning ko‘tarilish burchagi (φ_k)-kulachokning minimal radius chizgan yoy bilan maksimal radiusi chizgan yoylarning eng chetki nuqtalarini tutashtiruvchi AC yoynig burchagi. Kulachok profilining shu qismida turtkich eng quyi holatidan yuqori xolatiga ko‘tariladi.

Kulachokning uzoqlashish burchagi (φ_u)- kulachokning maksimal radius chizgan CD yoynig burchagi. Kulachok profilining bu qismida ham turtkich harakatsiz bo‘lib, o‘zining eng yuqori holatini egallaydi.

Kulachokning qaytish burchagi (φ_q)-kulachokning maksimal radius chizgan yoy bilan minimal radiusi chizgan yoylarning eng chetki nuqtalarini tutashtiruvchi DA yoynig burchagi. Kulachok profilining shu qismida turtkich eng yuqori holatidan quyi xolatiga qaytadi.

Kulachokning ishchi burchagi (φ_i)-kulachokning ko‘tarilish, uzoqlashishi va qaytish burchaklarining yig‘indisiga teng bo‘lgan burchak. U quyidagicha aniqlanadi

$$\varphi_u = \varphi_k + \varphi_y + \varphi_k.$$

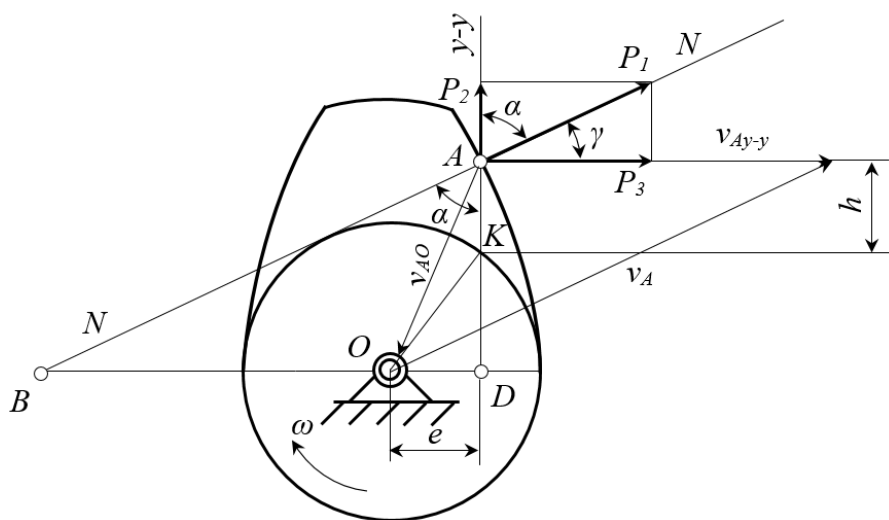
Kulachokning barcha burchaklarinig yig‘indisi 360° ga teng bo‘lishi shart, ya’ni

$$\varphi_u = \varphi_k + \varphi_y + \varphi_k + \varphi_q = \varphi_u + \varphi_q = 360^\circ.$$

Kulachokli mexanizmlar normal ishlashini ta’minlash juda katta ahamiyatga ega. Normal ish sharoitini ta’minlanishi asosan, turtkich bilan kulachok profilining urinish nuqtasiga o‘tkazilgan urinma bilan turtkich yo‘nalishi orasidagi burchakka bog‘liq. Bu burchak *uzatish burchagi* deyiladi va γ harfi bilan belgilaymiz.

Kulachokli mexanizmlarning asosiy parametrlari kinematik va dinamik shartlardan aniqlanadi. Mexanizmni belgilangan harakat qonunini ta’minlashi, bu kinematik shart sanaladi. Harakat qonunini ta’minlashdan tashqari, yuqori FIK iga ega bo‘lishini va turtkichning kulachokda qadalib qolmasligi ta’minlash dinamik

shartlar sanaladi. Kulachokli mexanizmlarning o'lichamlarini tanlashda yuqoridagi shartlar qanday ta'sir etishini aniqlash uchun, 5.5-rasmda keltirilgan kuchlar ta'siridagi kulachokni ko'rib chiqamiz.



5.5-rasm.

Agar turtkich bilan kulachok orasidagi ishqalanish kuchi inobatga olinmasa masalani ko'rib chiqish osonlashadi. U holda, kulachoqdan turtkichga beriladagin harakatlantiruvchi P_1 kuch kulachok profilidagi A nuqtaga o'tkazilgan $N-N$ normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Parallelogramm qoidagiga asosan, bu P_1 kuchni turtkich bo'yilab va unga tik tashkil etuvchilarga ajratib olamiz. Tashkil etuvchi kuchlarni birini P_2 bilan, ikkinchisini P_3 bilan belgilab olib, P_1 kuchni quyidagicha ifodalaymiz

$$\bar{P}_1 = \bar{P}_2 + \bar{P}_3.$$

Kulachok bilan turtkichning umumiy urinish nuqtasi A dan o'tkazilgan $N-N$ normal chiziq bilan $u-u$ chiziq (turtkichning harakat yo'nalishi) orasidagi burchak α bosim burchagi deyiladi. Bosim burchachi α bilan uzatish burchagi γ orasidagi munosabat quyidagicha

$$\gamma = 90^\circ - \alpha.$$

Harakatlantiruvchi P_1 kuchni o'qlarga proektsiyalab quyidagini hosil qilamiz

$$P_2 = P_1 \cos \alpha,$$

$$P_3 = P_1 \sin \alpha.$$

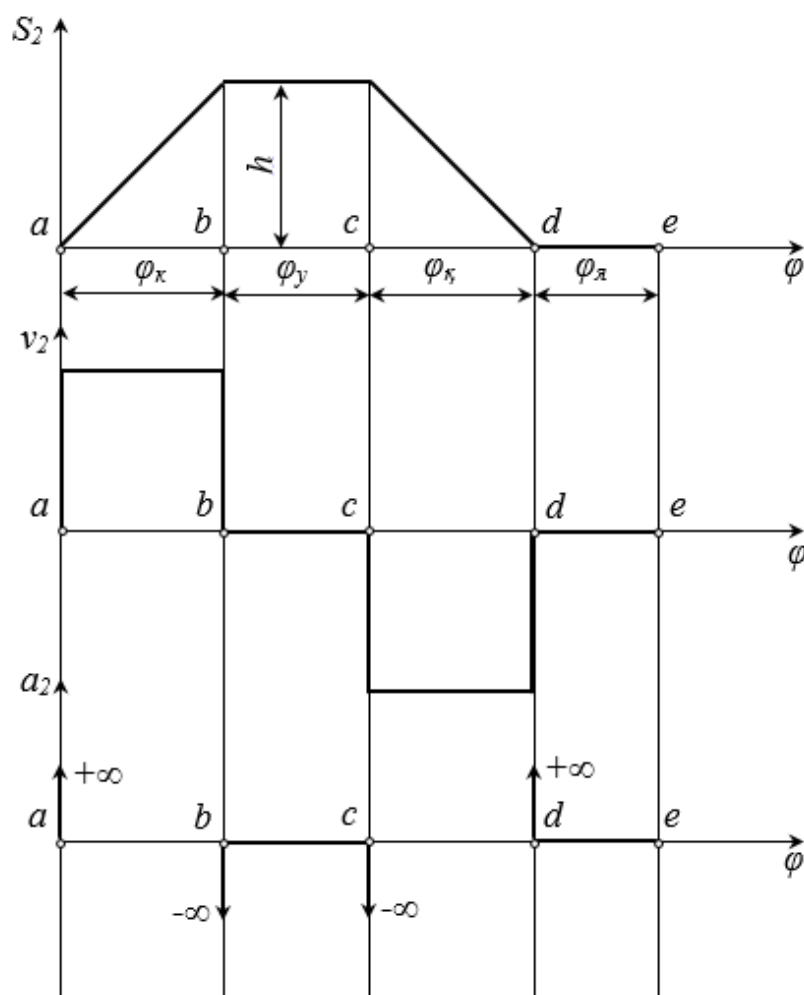
Bu yerda P_2 kuch turtkichni ko'taradigan va P_1 kuchning foydali tashkil etuvchisi, P_3 kuch turtkichni o'ng tomonga suradigan va P_1 kuchning zararli tashkil etuvchisi hisoblanadi.

5.5-rasmdan ko'rinadiki, bosim burchagi α ni ortishi bilan harakatlantiruvchi P_1 kuchning zararli tashkil etuvchisi P_3 kuchni ortib borishini va foydali tashkil etuvchi P_2 ning kamayib borishini kuzatish mumkin.

Demak, α ni ortib borgan sari kulachokli mexanizmning ishlashi ham yomonlashib borar ekan hamda ma'lum qiymatga yetganda kulachok turtkichni harakatlantira olmay qoladi, ya'ni qadalib qoladi.

Amalda uzatish burchagining minimal qiymati γ_{min} kulachokli mexanizmlarning turlariga ko'ra belgilanadi. Masalan, turtkichi ilgarilanma-qaytma harakat qiladigan kulachokli mexanizmlar uchun $\gamma_{min}=50^{\circ}-60^{\circ}$, turtkichi tebranma harakat qiladigan kulachokli mexanizmlar uchun $\gamma_{min}=40^{\circ}-45^{\circ}$, uzatish burchagining bundan kichik qiymatlarida turtkichi rolikli bo'lgan kulachokli mexanizmlar qo'llaniladi.

Yuqorida ta'kidlanganidek, kulachokli mexanizmlar yordamida yetaklanuvchi bo'g'inning har qanday murrakablikdagi harakat qonunlarini olish mukmin, lekin bu nazariy jihatdan. Amalda esa, kinematik va dinamik shartlarni qanoatlantiradigan kulachokli mexanizmlar qo'llaniladi. Turtkichning harakat qonunini kulachokning to'rtta xarakterli fazalari uchun ko'rib chiqamiz. Kulachokning xarakterli fazalari quyidagilar: ko'tarilish burchagi (fazasi) φ_k , uzoqlashish burchagi (fazasi) φ_u , qaytish burchagi (fazasi) φ_q va yaqinlashish burchagi (fazasi) φ_{ya} . Ko'tarilish va qaytish fazalarida eng oddiy harakat qonuni $s_2=s_2(\varphi_1)$ chiziqli qonuniyatdir. Burchak φ_1 mos ravishda φ_k , φ_u , φ_q va φ_{ya} lar bo'lishi mumkin (5.6-rasm).



5.6-rasm.

Turtkichning to‘la ko‘tarilishi h teng. Turtkichning harakat qonunlarining analitik ifodalarinin yozamiz.

Turtkichning ko‘tarilish fazasidagi harakat qonunining analitik ifodasi quyidagicha

$$s_{2\kappa} = \frac{h}{\varphi_{\kappa}} \varphi_1.$$

Turtkichning qaytish fazasidagi harakat qonunining analitik ifodasi quyidagicha

$$s_{2\kappa} = \frac{h}{\varphi_{\kappa}} (\varphi_u - \varphi_1).$$

Kulachokning tezlik analogi ko‘tarilish fazasida quyidagiga teng (*Nuqtaning tezlik analogi – shu nuqtaning aylanish radius-vektoridan umumlashgan koordinataga nisbatan olingan birinchi tartibli hosilasidir*)

$$v_{2\kappa} = \frac{ds_{2\kappa}}{d\varphi_1} = \frac{h}{\varphi_\kappa} = const.$$

Kulachokning tezlik analogi qaytish fazasida quyidagiga teng

$$v_{2\kappa} = \frac{ds_{2\kappa}}{d\varphi_1} = -\frac{h}{\varphi_\kappa} = const.$$

Demak, turtkich harakatining tezlik analogi har ikki fazada o'zgarmas ekan. Tezlanish analogi esa shu fazalarda nolga teng bo'ladi (*Nuqtaning tezlanish analogi – shu nuqtaning aylanish radius-vektoridan umumlashgan koordinataga nisbatan olingan ikkinchi tartibli hosilasidir*). a , b , c va d hollarda esa tezlanish analogi cheksiz bo'ladi.

5.6-rasmda keltirilgan grafikdagi a , b , c va d nuqtalarda turtkich qattiq zarbaga uchraydi, ya'ni bo'g'inlarga ta'sir etuvchi kuchlarning qiymati cheksizlikka intiladi. Amalda tezlanish analogi a_2 ko'rsatilgan hollarda cheksizlikka teng bo'lmaydi, chunki kulachok bilan turtkich absolyut qattiq emas, balki deformatsiyalanish xususiyatiga egadir. Turtkichi uchli bo'lgan taqdirda ham bo'g'inlarning deformatsiyalanishi sababli kulachokli mexanizmlarning tezlanish analogi cheksiz bo'lmasa ham turtkich bilan kulachok orasida urilish hodisasi ro'y beradi. SHuning uchun ko'tarilish va qaytish fazalarida chiziqli harakat qonunlari qo'llaniladi. Ularning boshlanishi va oxiri egri chiziqdan iborat bo'lishi lozim. Bunday hollarda, kulachok bilan turtkich to'g'ri chiziqli harakat qonunidan egri chiziqli harakat qonuniga o'tayotgan paytda yumshoq zarbaga uchraydi. Bunday amallarni bajarish, kulachokli mexanizmlarni loyihalashda ruxsat etiladi. O'tish egri chiziqlari, evolventa, aylana, parabola va boshqa egri chiziqlardan iborat bo'lishi mumkin. Zarba hodisasini bartaraf etish maqsadida, ayrim kulachokli mexanizmlarda qayishqoq elementlardan foydalaniladi.

Kinematika bo'limida o'rganganimizdek, turtkichning harakat qonunining siljish $s_2=s_2(\varphi_1)$ grafigini ikki marta differentsiallash natijasida turtkichning tezlik va tezlanish analoglarining diagrammasini hosil qilamiz.

5.2. Rolikli va tekis turtkichli kulachokli mexanizmlarning minimal radiusini aniqlash va profilini loyihalash

Kulachokli mexanizmlarni loyihalashning asosan ikki usuli mavjud. Bulardan biri, kulachokli mexanizmlarni kinematik loyihalash bo'lsa, ikkinchisi dinamik loyihalashdir. Kinematik loyihalashda yetaklanuvchi bo'g'inning harakat qonuni va profilining shakli aniqlanishi lozim bo'lgan kulachokning eng kichik radiusi bilan turtkichning maksimal ko'tarilish oralig'i beriladi. Agar turtkichning harakat qonuni $a-t$ (tezlanish) grafigi bilan berilgan bo'lsa, oraliq ($S-t$) grafigini olish uchun $a-t$ ni ikki marta integrallash lozim bo'ladi. Agar turtkichning harakat qonuni asosida loyihalaniishi lozim bo'lgan kulachokning minimal radiusi uzatish burchagi (γ) ni hisobga olinib aniqlansa va aniqlangan minimal 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 minimal radiusi (r_0) bilan turtkichning harakat qonuni tezlanish ($a-t$) tezlik ($v-t$) yoki oraliq ($S-t$) grafigi shaklida berilishi lozim. Agar harakat qonuni $a-t$ 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. 5.7-rasmda $S-t$ grafigi berilgan. Kulachokning 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 t oraliqni ham xuddi shuncha teng bo'laklarga bo'lamiz.

$S-t$ grafigidagi abstsissalar o'qini kulachokning minimal radius r_0 li aylanasiga urinma qilib o'tkazamiz va shu grafik ordinatalarini kulachok turtkichiga proektsiyalaymiz, undagi tegishli nuqtalarni minimal radius r_0 li aylana

A nuqtadan $N-N$ normal o'tkazib, kulachok va turtkichlarning nisbiy harakatidagi oniy aylanishlar markazi B ni aniqlaymiz. Uchburchak ABD dan $tg\alpha$ ni aniqlaymiz

$$tg\alpha = \frac{BD}{DA} = \frac{BO + OD}{DK + KA}. \quad (5.1)$$

(5.1) ifodani tashkil etuvchilarni 5.5-rasmga muvofiq quyidagicha aniqlaymiz

$$\begin{aligned} BO &= v_{Ay-y} = \frac{dh}{d\varphi_1}, \\ OD &= e, \\ DK &= \sqrt{r_{min}^2 - e^2}, \\ KA &= h, \end{aligned}$$

bunda e -kulachokning aylanish o'qidan turtkichning yo'naltiruvchisigacha bo'lgan eng qisqa masofa (dezaksial); r_{min} -kulachokning minimal radius vektori; h -turtkichning siljish masofasi.

Parametrlarni yuqorida aniqlangan qiymatlarini (5.1) ifodaga qo'yib quyidagini hosil qilamiz

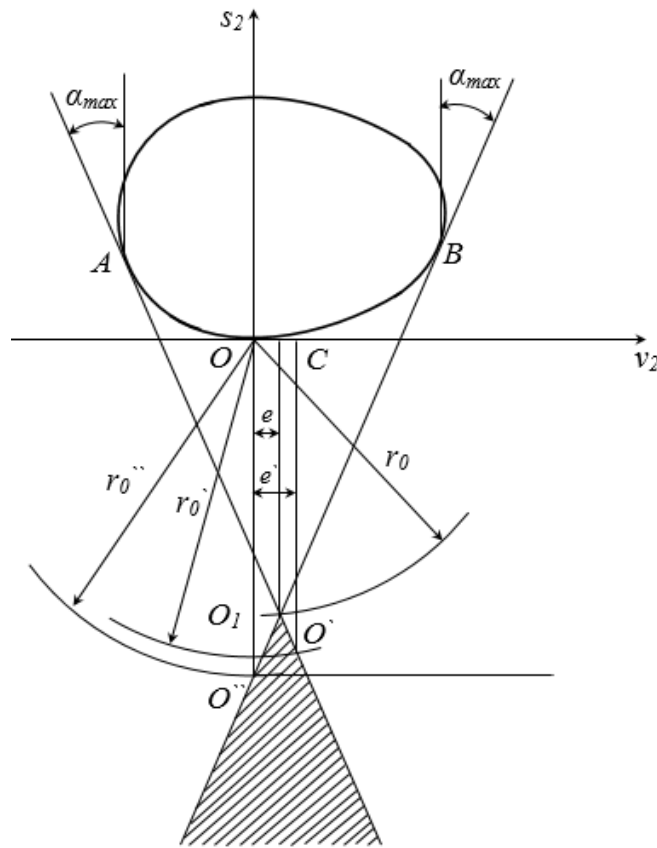
$$tg\alpha = \frac{\frac{dh}{d\varphi_1} + e}{\sqrt{r_{min}^2 - e^2} + h}. \quad (5.2)$$

Dezaksial e masofani oldidagi musbat ishora uni O markazidan o'ngda joylashganligini, manfiy ishora esa chapda joylanganligini bildiradi.

(5.2) ifodadan ko'rinadiki, tanlangan harakat qonuni $s_2=s_2(\varphi_1)$ (bu yerda $h=s_2$ ekanligini inobatga olish zarur) va kulachokning e o'lchami kulachokning minimal radius vektori bo'yicha chizilgan aylana orqali aniqlanadi.

Kulachokning minimal radiusi r_{min} qancha kattalashib borgan sari, bosim burchagi kamayib boradi, lekin kulachokli mexanizmning o'lchamlari kattalashadi, bu esa mexanizmning foydali ish koeffitsientini kamayishiga olib keladi. Agar mexanizmda turtkichning yo'naltiruvchisi kulachokning aylanish markazidan o'tsa, ya'ni $e=0$ bo'lsa, u holda (5.2) ifoda quyidagicha ko'rinish oladi

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{ds_2}{d\varphi_1}}{r_{\min} + s_2}. \quad (5.3)$$



5.8-rasm.

Rolikli turtkichli kulachokning minimal radiusini aniqlash uchun, kulachokli mexanizm harakatining butun davri uchun bosim burchagining qiymatini s_2 va v_2 larga bog'lanish grafigini qurib olamiz. Qurilgan grafik nosimmetrik hisoblanadi (5.8-rasm). O_{s_2} o'qqa nisbatan bosim burchagining maksimal qiymatiga teng bo'lgan burchak ostida qurilgan grafikning ikki tomonidan urinmalar o'tkazamiz. Urinmalarni grafik bilan urinish nuqtalari A va B , o'zaro kesishgan nuqtasini esa O_1 bilan belgilaymiz. Urinmalarning o'zaro kesishgan nuqtasi O_1 kulachokning aylanish markazi bo'lib, bu nuqtdan koordinata boshigacha bo'lgan masofa esa kulachokning minimal radiusi r_0 hisoblanadi. Grafikning assimetrik holatidan siljish masofasi esa ye dizaksial masofadir.

Agar dezaksial masofa ye' masofa berilgan bo'lsa va uni o'zgartirishga ruhsat etilmasa, u holda O_{s_2} o'qdan ye' masofa o'lchab, O_{s_2} o'qqa parallel to'g'ri

chiziq o'tkazamiz. Bu to'g'ri chiziqni O_{v_2} o'q bilan kesishgan nuqtasini CA nuqtalardan o'tkazilgan urinma bilan kesishgan nuqtasini O' bilan belgilasak, CO' kesma hosil bo'ladi. Kulachokning aylanish markazini shtrixlangan yuzaning har qanday nuqtasini tanlash mumkin. Agar A nuqtadan o'tkazilgan urinma bilan S nuqtadan o'tkazilgan to'g'ri chiziqni kesishgan nuqtasi O' ni kulachokning aylanish markazi deb olinsa, u holda bu kulachokning minimal radiusi r_0' bo'ladi.

Agarda, markaziy kulachokli mexanizm loyihalash talab etilsa, kulachokning aylanish markazi O_{s_2} o'qda yotishi lozim.

Agar B nuqtadan o'tkazilgan urinma bilan O_{s_2} o'qni kesishgan nuqtasi O'' ni kulachokning aylanish markazi deb olinsa, u holda bu kulachokning minimal radiusi r_0'' bo'ladi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan holatlarning barchasida kulachokning markaziy profilining minimal radiusini aniqlash mumkin. Kulachok profilining haqiqiy minimal radiusni aniqlash uchun, markaziy profilining minimal radiusidan rolikning radiusini ayrib tashlash lozim.

Tekis turtkichli kulachokli mexanizm kulachogining minimal radiusini aniqlash bilan tanishib chiqamiz (5.9-rasm). Bu holatda harakatlantiruvchi kuch bilan turtkichning harakat yo'nalishi mos tushadi hamda tekis turtkichli kulachokli mexanizmlarda bosim burchagi nolga teng bo'lishi kerak. SHuning uchun, kulachokning minimal radiusi boshqacha usulda anilanadi.

Tekis turtkichlar kulachokli mexanizmlarda kulachok profili qabariq bo'lishi lozim. SHu sababli, bunday turdagi kulachokli mexanizmlarni loyihalashda kulachok profilining barcha qismini qabariq bo'lish uchun, o'zgaruvchan egrilik radiusi ρ doimo musbat bo'ladi. Bu esa, kulachok minimal radiusini aniqlashning sharti hisoblanadi. Minimal radius qiymatining ortishi bilan kulachok profilining egrilik radiusining qiymati ham ortib boradi. Bu esa, kulachok profilining qabariq bo'lishini ta'minlaydi.

Agar kulachok profilining egrilik markazining urinish nuqtasi P bo'lsa, u holda egrilik radiusi PB bo'ladi. Almashtirilgan $ORVSD$ mexanizm uchun OPb tezlantirishlar planini tuzamiz. U holda, 5.9-rasmdan ko'rinadiki

$$\rho = a + r_0 + h,$$

bunda a -turtkichning keltirilgan tezlantirishi; r_0 -kulachokning minimal radiusi; h -turtkichning ko'tarilish masofasi (yo'li).

Yuqorida aytganimizdek, kulachok profilining egrilik radiusi ρ doimo musbat bo'lishi lozim, ya'ni

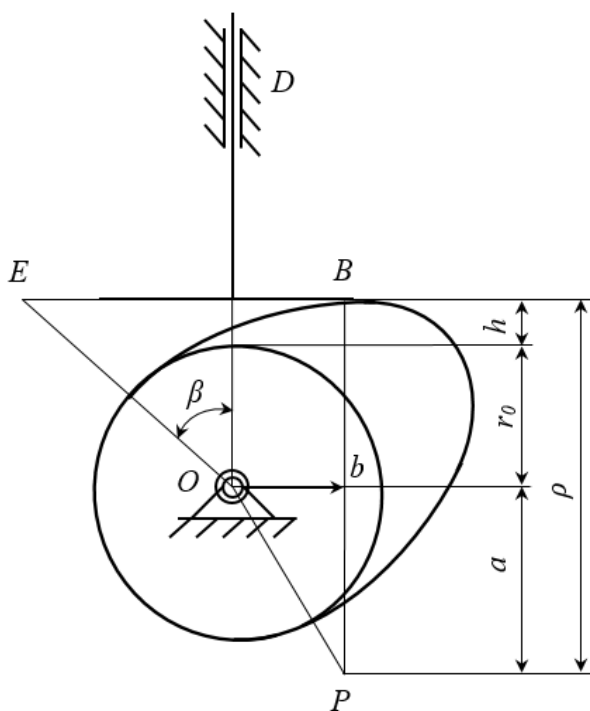
$$\rho = a + r_0 + h > 0. \quad (5.4)$$

(5.4) ifodaning o'ng tomonidagi qo'shiluvchilar ichida faqatgina keltirilgan tezlantirish manfiy bo'lishi mumkin. Bunda, kulachok profilining egrilik radiusi ρ doimo musbat bo'lishi uchun, quyidagi shart bajarilishi lozim

$$|a| < r_0 + h$$

yoki

$$r_0 > |a| - h. \quad (5.5)$$

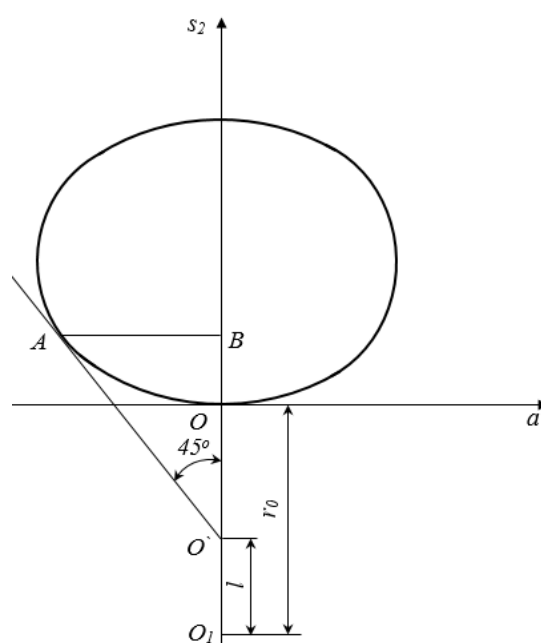


5.9-rasm.

a va h kattaliklar kulachokning burilish burchagining funktsiyasi hisoblanadi va ularning analitik ifodasi aniq emas, shuning uchun (5.5) ifodani grafik usulda yechamiz. Buning uchun, C nuqtadan chap tomonga qarab, keltirilgan tezlanish a uzunligiga teng bo'lgan CE kesma chizamiz va E nuqtani O nuqta bilan tutashtiramiz. U holda ECO to'g'ri burchakli uchburchak hosil bo'ladi. ECO to'g'ri burchakli uchburchakning katetlari $ES=a$ va $OS=r_0+h$. Agar $ES=OS$ bo'lsa $\beta=45^\circ$, $ES<OS$ bo'lsa $\beta<45^\circ$ va $ES>OS$ bo'lsa $\beta>45^\circ$ bo'ladi. Demak, (5.5) shart bajarilishi uchun, $\beta<45^\circ$ bo'lishi lozim ekan. Yuqoridagilardan kelib chiqib, kulachokning minimal radiusini grafik usulda aniqlaymiz. Buning uchun, berilgan kinematik grafikka ko'ra s_2 va a larning bog'liqlik grafigini quramiz. Bunda, turtkichning keltirilgan tezlanishini abstsissa o'qiga, turtkichning siljish masofasini ordinata o'qiga joylashtirimiz. Grafikning chap tomonidan Os_2 o'qqa 45° burchak ostida urinma o'tkazamiz. Grafikka urinish nuqtasini A , Os_2 o'q bilan kesishgan nuqtasini O' bilan belgilasak, u holda AO' kesma hosil bo'ladi (5.10-rasm).

Agar kulachokning aylanish markazini O' deb belgilasak, u holda kulachokning r_0 minimal radiusi OO' ga teng bo'ladi, ya'ni

$$a = r_0 + h.$$



5.10-rasm.

Demak, kulachok profilining egrilik radiusi profilning qaysidir nuqtasida nolga teng bo‘ladi, bu esa shartni qanoatlantirmaydi. SHuning uchun, minimal radiusni tanlashda, uning o‘lmachini OO' kesma uzunligidan kattaroq olish tavsiya etiladi. Ya'ni

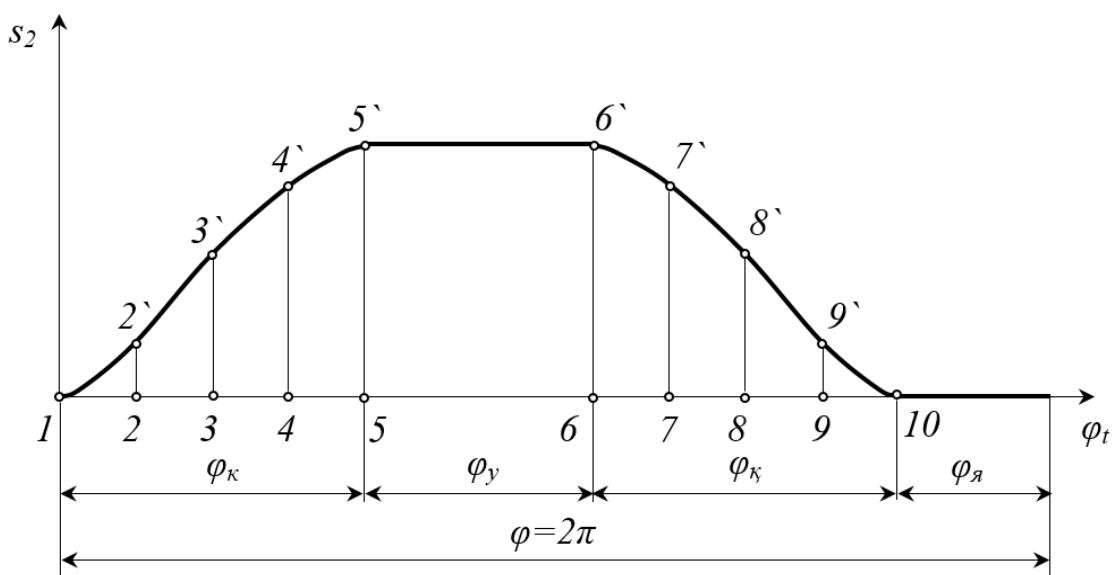
$$r_0 = OO' + l.$$

Bu yerda, l odatda 5-10 mm oralig'ida bo'lishi tavsiya etiladi⁴.

Kulachokning profillarini loyihalashda, uning harakat qonunlari va asosiy konstruktiv parametrlari berilgan bo'lishi kerak. Berilgan parametrlar mexanizmning F.I.K. ni yuqori bo'lishini va kulachokni turtkichga qadalmasligini ta'minlashi lozim.

Etaklanuvchi bo'g'inning harakat qonunlari grafik ko'rinishida, ya'ni yetaklanuvchi bo'g'inning siljish diagrammasi yetakchi bo'g'inning burilish burchagiga bog'liq funktsiyada yoki analitik ko'rinishda berilishi mumkin. Kelgusida grafik va analitik usulda kulachoklarni loyihalashni ko'rib chiqamiz.

Turtkichi ilgarlanma-qaytma harakat qiladigan va harakat qonuni $s_2 = s_2(\varphi_1)$ diagramma ko'rinishda berilgan kulachokli mexanizmlarning kulachogi profilini loyihalashni ko'rib chiqamiz. Grafikda kulachokning to'la bir marta aylanishiga mos kelgan turtkichning harakat fazalari ko'rsatilgan (5.11-rasm).



5.11-rasm.

⁴ А.А.Машков. Теория механизмов и машин. – Минск: Высшэйшая школа, 1971. – 471 с.

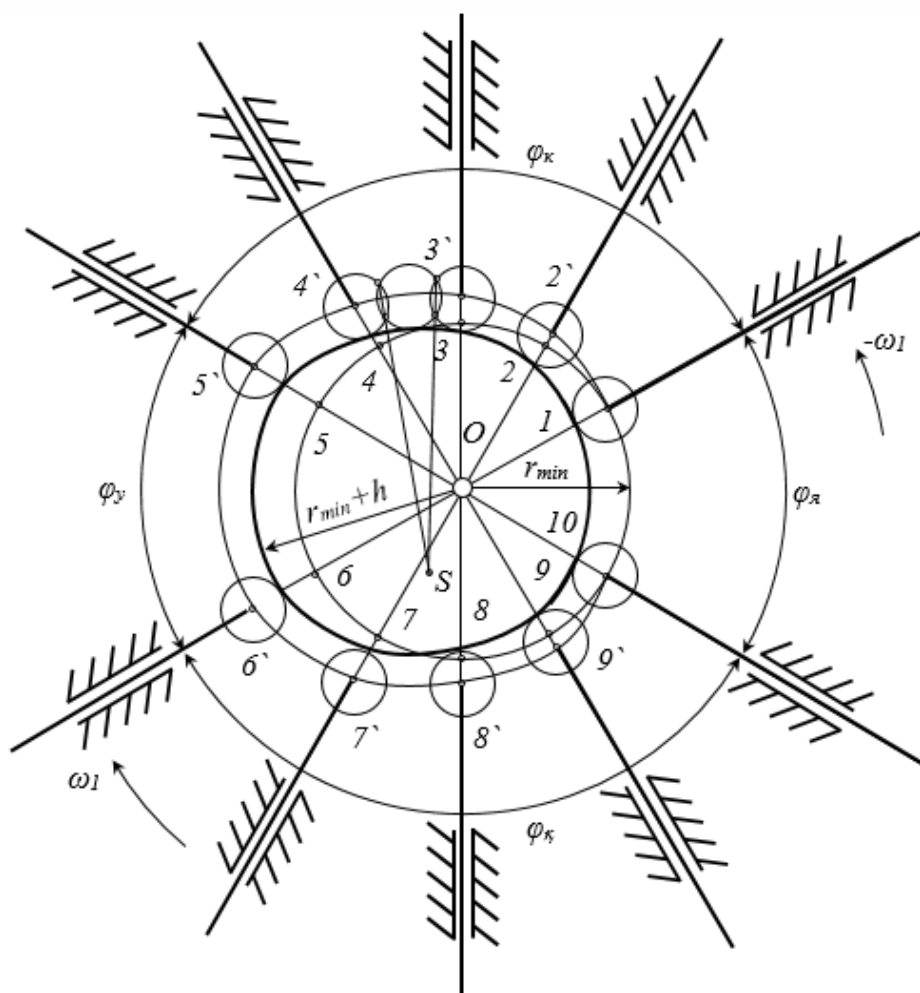
Kulachokning minimal radiusi yuqorida ko'rsatilgan usulda aniqlanib, O markazdan shu radius bo'yicha aylana chizamiz. Bunda kulachok I bilan turtkich 2 ning urinish nuqtasida turtkichning boshlang'ich holati B_I nuqta aniqlanadi. Kulachokning profilini qurish uchun aylantirish usulidan foydalanamiz (5.12-rasm). Buning uchun kulachok va turtkichga qiymati jihatdan kulachokning burchak tezligiga teng bo'lgan, yo'nalishi esa unga teskari yo'nalgan ($-\omega_I$) umumiy burchak tezlik beriladi. Bunda kulachok aylanishdan to'xtaydi va turtkich ilgarkanma-qaytma harakat qilishdan tashqari yana kulachokning aylanish o'qi atrofida aylanma harakat ham qila boshlaydi.

Kulachokning minimal radiusi bilan chizilgan aylanada turtkichning boshlang'ich holati B nuqta bilan kulachokning O markazini birlashtirib, shu nuqtadan o'tkazilgan OB nurdan boshlab, $-\omega_I$ yo'nalishda turtkichning faza burchaklari φ_k , φ_w , φ_q ni belgilaymiz (5.12-rasm).

5.12-rasmda $s_2=s_2(\varphi_1)$ diagrammasidan ko'tarilish va qaytish faza burchaklari qancha teng bo'laklarga bo'linsa, φ_k va φ_q burchaklarini shuncha teng bo'laklarga bo'lamiz. Agar ekstsentrisitet bo'lmasa ($e=0$) turtkich o'qi doimo kulachok markazidan o'tadi. Agar $e \neq 0$ bo'lsa, turtkich o'qi holatlarda kulachok aylanish markazidan ye radius bilan o'tkazilgan aylanaga urinma bo'ladi. So'ngra $s_2=s_2(\varphi_1)$ diagrammadan turtkichning ko'tarilish va qaytish faza burchaklariga mos kelgan ordinata $2-2'$, $3-3'$, $4-4'$, ... larni o'lchab, 5.12-rasm $1, 2, 3, 4 \dots$ nuqtalardan o'tkazilgan nurlarga qo'yamiz va unda $1'', 2'', 3'', 4'' \dots$ nuqtalarni belgilaymiz. Bunda kulachokning masshtab koeffitsienti $\mu_1=\mu_2$ bo'lishi kerak. Hosil bo'lgan $1'', 2'', 3'', \dots$ nuqtalarni egri chiziq bilan birlashtirib, kulachok profilini hosil qilamiz. Eng uzoqda turish burchagida kulachokning profili $r_{min}+h$ radius bilan aylana yoyi bo'yicha chiziladi. Yaqinlashish faza burchagi φ_{ya} esa kulachok profili r_{min} radius bo'yicha chiziladi. Agar turtkich uchiga rolik o'rnatilsa, rolik radiusi $r_p \leq 0,4 r_{min}$ va $r_p \leq 0,7 \rho_{min}$ shartidan topiladi. Bu yerda ρ_{min} kulachokning nazariy profilining eng egri qismining egrilik radiusidir. Turtkichga rolik qo'yishdan maqsad kulachok profilini yeyilishini va oliy kinematik juftda ishqalanishni

kamaytirishdir. Rolik radiusi kulachokdagi profil chiziqlarining o‘zaro kesishmaslik shartidan topiladi.

Egrilik radiusini topish uchun profilning eng egri qismiga radius $4-6\text{ mm}$ ga teng bo‘lgan, chiziqlarni bir-birining aylanish markazidan o‘tuvchi uchta aylana o‘tkaziladi (5.12-rasm) va ularning o‘zaro kesishish nuqtasi topiladi.



5.12-rasm.

Aylananing kesishish nuqtasidan vatarlar orqali nurlar o‘tkazilib, ularni kesishish nuqtasi S ni belgilaymiz. Ana shu S nuqtani egrilik markazi bo‘ladi. Nazariy profilning ish burchagiga mos keluvchi qismida har $3-5\text{ mm}$ masofada olingan nuqtalarni aylanish markazi qilib rolik radius r_p bilan aylanalarga o‘tkazamiz. Bu aylanalarga ichki tomondan urinma egri chiziq o‘tkazsak, nazariy profilga ekvidistant bo‘lgan profil-ishchi profil hosil bo‘ladi. Kulachokning ishchi profilini qalinlashtirib chizish kerak.

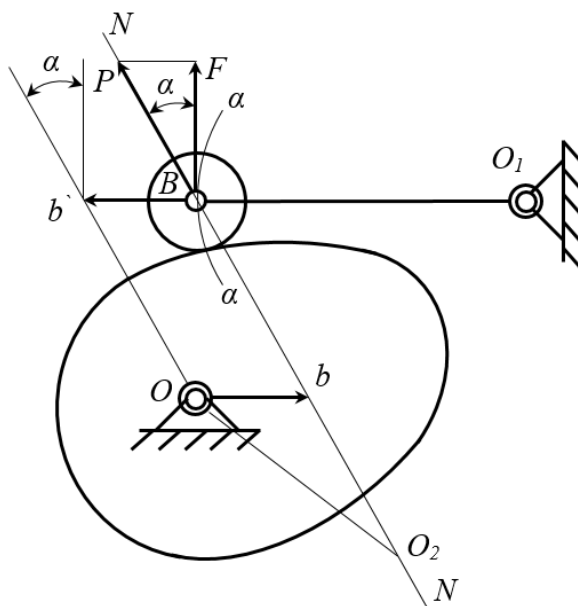
Agar turtkichi rolksiz bo'lgan kulachokli mexanizm kulachogining profilini loyihalash talab etilsa, nazariy profil ishchi profil o'rnida qabul qilinadi.

Turtkichi tekis tarekali kulachokli mexanizmlar kulachogining profilini loyihalash bilan tanishib chiqamiz. Bunday kulachokli mexanizm 5.9-rasmda keltirilgan bo'lib, turtkichning harakat qonuni $s_2=s_2(\varphi_1)$ diagramma ko'rinishda berilgan (5.11-rasm).

Kulachok profilini siljish diagrammasi $s_2=s_2(\varphi_1)$ ning masshtab koeffitsienti mexanizm sxemasining masshtab koeffitsientiga tenglik shartidan kelib chiqadi. Bu holatda ham yuqorida ta'kidlanganidek, kulachok profilini qurishda aylantirish usulidan foydalanamiz. Kulachokning minimal radiusi r_{min} ni aniqlab, ixtiyoriy O_1 markazdan r_{min} radius bilan aylana chizamiz. Bu aylanada markazidan o'tuvchi tik chiziqni belgilab, shu chiziqdan boshlab kulachokning faza burchagi $\varphi_k, \varphi_u, \varphi_q$ larni belgilab chizamiz hamda φ_k va φ_q burchaklarni teng bo'laklarga bo'lamiz. Tik chiziqqa turtkichning harakat qonuni $s_2=s_2(\varphi_1)$ diagrammasidan 2-2', 3-3', 4-4'... kesmalarni mos ravishda ko'chiramiz, hosil qilingan nuqtalar 2', 3', 4', 5' orqali markazi O bo'lgan qilib yo'ylar o'tkazamiz, har bir nuqta mos ravishda o'zining nurlari bilan kesishadi. Bu kesishgan nuqtalarni mos ravishda 2'', 3'', 4''... bilan belgilab, O markaz bilan birlashtirilib hamda shu nuqtalardan nurlarga tik chiziqlar o'tkazib, turtkich tarekkasining holatlarini aniqlaymiz. So'ngra turtkich tarekkasiga urinma egri chiziqlar o'tkazib kulachok profilini hosil qilamiz (5.13-rasm).

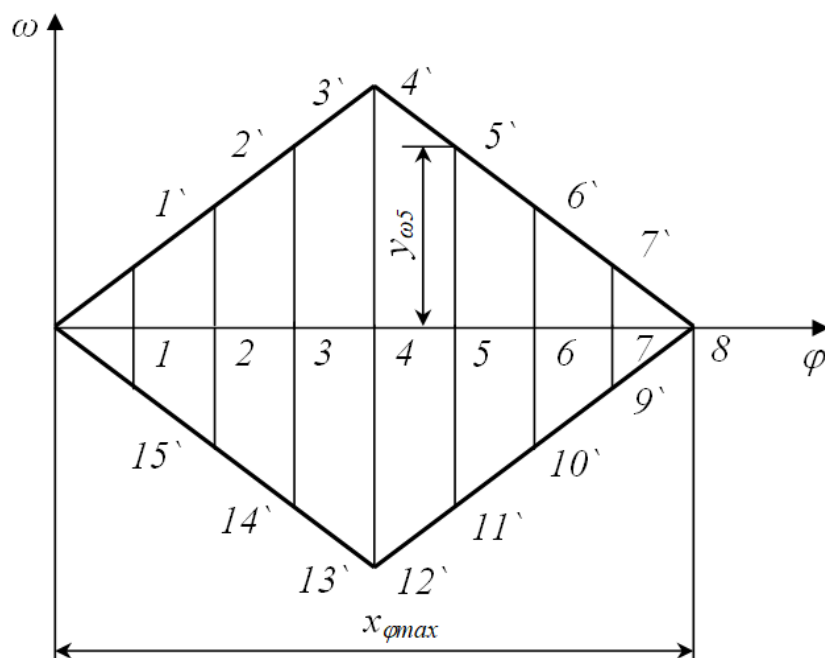
Kulachokning eng uzoqda turish burchagi φ_u ga mos kelgan profili $r_{min}+h$ radius bilan chizilgan. Kulachokning qaytish burchagiga mos kelgan profil ko'tarilish burchagidagi profilga o'xshatilib chiziladi. Yaqinlashish burchagiga mos kelgan profil r_{min} radius bilan chiziladi.

markazi O bilan tutashtiramiz. SHunda, $ObBb'$ parallelogramm hosil bo'ladi. Bu parallelogrammda bB va Ob' lar bir-biriga parallel bo'ladi. Bosim burchagini aniqlash uchun keltirilgan tezlikni uchini kulachokning aylanish markazi bilan tutashtirish yetarli hisoblanadi.



5.14-rasm.

Maksimal bosim burchagini va kulachokning minimal radiusini aniqlash uchun esa, keltirilgan tezlik bilan siljish masofasini (v_B-S_2) bog'liqlik grafigini qo'rish lozim. Lekin, turtkich tebranma harakat qilganligi sababli, kulachokning minimal radiusini aniqlash uchun burchak tezlikni burilish burchagi ($\omega-\varphi$) ga bog'liqlik grafigida foydalanamiz (5.15-rasm).



5.15-rasm.

Grafik asosi hisoblangan $x_{\varphi max}$ ni teng bo‘laklarga bo‘lamiz. Masalan, sakkiz bo‘lakka bo‘lib, bo‘lish nuqtalarida ordinatalar o‘tkazamiz.

SHundan so‘ng, ixriyoriy joyga turtkich OB ning yuqori va pastki holatlarini tasvirlaymiz (tebranish burchagi β). Turtkichning yuqori va pastki holatlarini tutashtiruvchi radiusi OB ga teng bo‘lgan yoy chizamiz. Bu yoyni $x_{\varphi max}$ ni nechta bo‘lakka bo‘lgan bo‘lsak, shuncha bo‘lakka (sakkizta) bo‘lamiz. Bo‘lingan bo‘laklardagi 1, 2, 3, ... 8 nuqtalarning barchasini aylanish markazi O bilan tutashtirib chiqamiz. SHundan so‘ng, turtkichning tebranma harakatidagi holatlari tasvirlanadi. Har bir holat bo‘yicha turtkich uchining keltirilgan tezligini qo‘yib chiqamiz. 5 nuqta misolida ko‘rib chiqamiz. Bunda, ordinata $u_{\omega 5}$ ni o‘lchab, burchak tezlikning masshtab koeffitsienti μ_{ω} ga ko‘paytirib, quyidagini hosil qilamiz

$$\omega_5 = y_{\omega 5} \mu_{\omega} .$$

Agar burchak tezlik ω_5 ni turtkichning uzunligiga ko‘paytirsak, u holda turtkichning 5-holati uchun B nuqtaning v'_B tezligini topamiz, ya‘ni

$$v'_{B5} = y_{\omega 5} \mu_{\omega} OB .$$

Keltirilgan tezlik v_B ni aniqlash uchun, absolyut tezlik v'_B ni kulachokning burchak tezligi ω_k bo‘lish kerak, ya‘ni

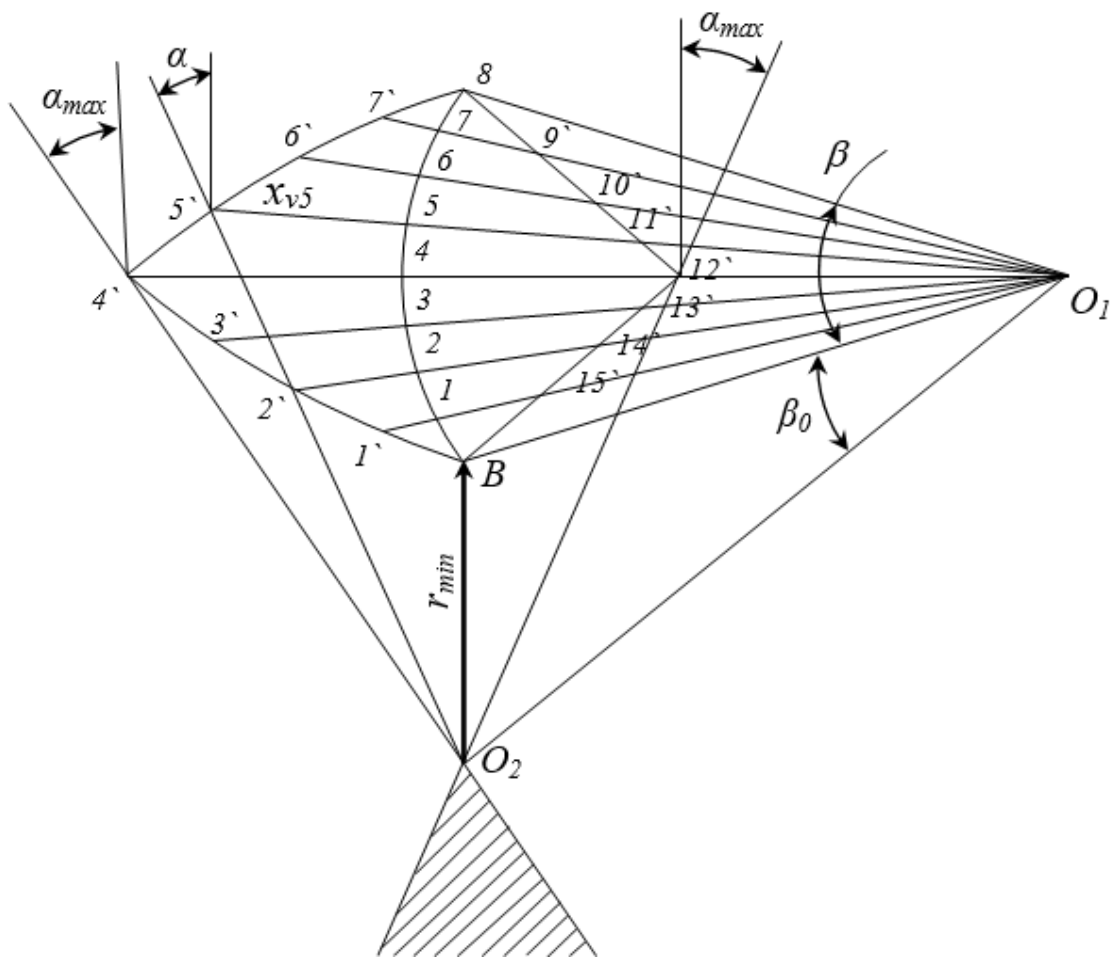
$$v_{B5} = \frac{v'_{B5}}{\omega_k} = \frac{y_{\omega 5} \mu_{\omega} OB}{\omega_k}$$

Aniqlangan keltirilgan tezlik v_{B5} ni 5 nuqtadan turkichning davomiga mexanizmning masshtabi bo'yicha quyisak x_{v5} kesma hosil bo'ladi. Keltirilgan tezlikning chizmadagi kesma uzunliklari x_{vV} quyidagicha aniqlanadi

$$x_{vB} = \frac{y_{\omega} \mu_{\omega} OB}{\omega_k \mu_l}, \quad (5.6)$$

bunda $u_{\omega}-(\omega-\varphi)$ grafikdagi ordinata; μ_{ω} -burchak tezlikning masshtab koeffitsienti; OV -turkich uzunligi; ω_k -kulachokning burchak tezligi; μ_l -uzunlik masshtab koeffitsienti.

(5.6) ifoda yordamida, yuqoridagi amallarni barcha holatlar uchun bajarib, kesma uzunliklarini hisoblab aniqlaymiz va v_{B-S2} grafigini hosil qilamiz (5.16-rasm.)



5.16-rasm.

Agar $\omega-\varphi$ grafik simmetrik bo'lsa, v_{B-S_2} grafigini qurishda turtkich uchining keltirilgan tezligining manfiy va mustab qiymatlarini qaysi tomonga qo'yishning ahamiyati bo'lmaydi, chunki ularning modullari bir-biriga teng bo'ladi.

Agar $\omega-\varphi$ grafik asimmetrik bo'lsa, v_{B-S_2} grafigini qurishda quyidagicha yondashiladi. Ya'ni, turtkichning tebranma harakati kulachokning aylanma harakatiga qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'lsa, u holda keltirilgan tezlik kesmasi turtkich uchining davomiga qo'yiladi. Agarda, turtkichning tebranma harakati kulachokning aylanma harakati bilan bir tomonga yo'nalgan bo'lsa, u holda keltirilgan tezlik kesmasi turtkich aylanish markazi tomon qo'yiladi.

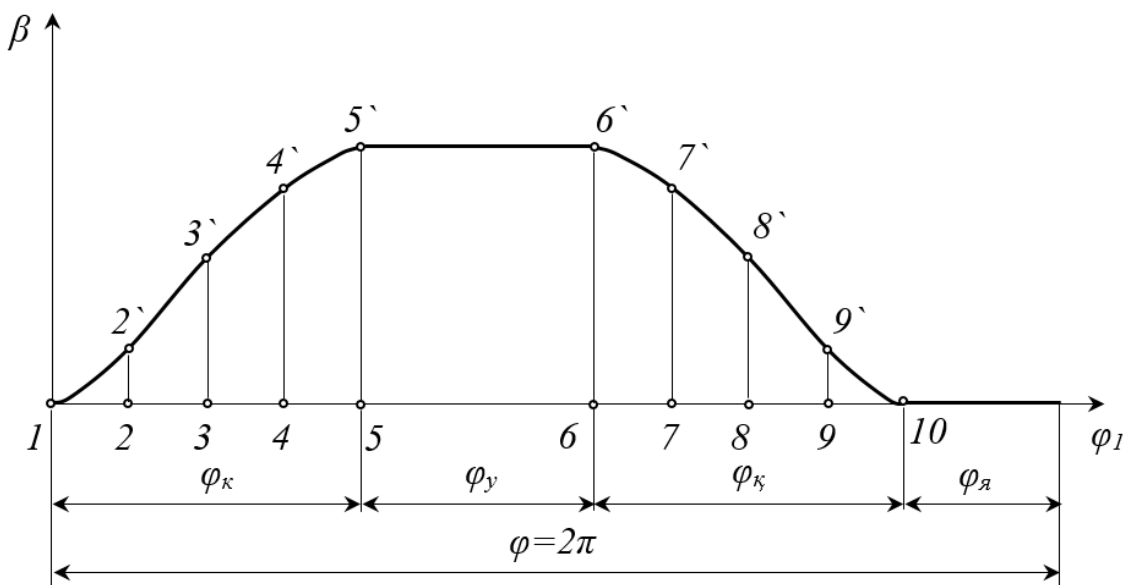
Tanlab olingan beshinchi nuqtadagi bosim burchagini aniqlash uchun, aniqlangan $5'$ nuqtani kulachokning aylanish markazi O_1 nuqta bilan tutashtiramiz hamda shu nuqtadan $5'-O$ ga perpendikulyar to'g'ri chiziq o'tkazamiz. O'tkazilgan chiziqlar orasidagi α burchak bosim burchagi bo'ladi.

Bosim burchagining maksimal qiymatini aniqlash uchun, kulachokning aylanish markazi O_1 dan eng chetki $4'$ va $12'$ nuqtalarga urinma o'tkazamiz hamda shu nuqtalardan turtkichga perpendikulyar to'g'ri chiziqlar o'tkazamiz. Mos ravishda o'tkazilgan chiziqlar orasidagi burchak α_{max} lar maksimal bosim burchagi bo'ladi.

Agar kulachokning minimal radiusini aniqlashda, uning aylanish markazi O_1 ham noma'lum bo'lsa, u holda turtkichning keltirilgan tezligi maksimum qiymatiga erishadigan $4'$ va $12'$ nuqtalarda bosim burchagi α_{max} ostida urinmalar o'tkazamiz. Urinmalar kesishgan nuqtani O_1 bilan belgilaymiz. Bunda, kulachokning r_0 minimal radiusi kulachokning aylanish markazi O_1 dan rolikning aylanish markazi B nuqtaga bo'lgan masofa O_1B kesmaga teng bo'ladi. Kulachokning aylanish markazi siftda shtrixlangan yuzaning ixtiyoriy nuqtasini tanlash mumkin.

5.14-rasmda keltirilgan kulachokli mexanizm kulachogining profilini loyihalashni ko'rib chiqamiz. Turtkich (koromislo)ning harakat qonuni $\beta=\beta(\varphi_1)$ diagramma ko'rinish 5.17-rasmda keltirilgan, bu yerda β - koromisloning tebranish burchagi. Kulachokning minimal radiusi r_{min} ni aniqlash bilan yuqorida tanishib

chiqdik. Bunda, berilgan koromislarning uzunligi $BO_1=l$ va kulachok bilan turtkich o'qlari orasidagi masofa OO_1 orasidagi β_0 burchak aniqlanadi (5.16-rasm). Rasmda OBO_1 uchburchakka teng va o'xshash uchburchakni alohida yasab, $OB=r_{min}$ radius va $OO_1=l_1$ radius bo'yicha aylanalar chizamiz. Aylantirish usulidan foydalanib, koromislarning tebranish markazi O_1 nuqta kulachokning markazi O atrofida aylanma harakat qiladi deb faraz qilamiz (5.18-rasm).



5.17-rasm.

Koromislarning markazi O_1 va kulachok markazi O lardan nur chizamiz. O'tkazilgan nurdan boshlab ω_1 yo'nalishda kulachokning ishchi faza burchaklari φ_k , φ_u , φ_q ni belgilab, nurlar o'tkazamiz. SHundan so'ng, 5.17-rasmda keltirilgan $\beta=\beta(\varphi_1)$ diagrammasida ko'tarilish va qaytish faza burchaklari qancha teng bo'laklarga bo'lingan bo'lsa, 5.18-rasmda ham kulachokning faza burchaklari φ_k va φ_q larni ham shuncha teng bo'laklarga bo'lamiz. Natijada OO_1 , OO^I_1 , OO^{II}_1 , ... lar hosil bo'ladi. Koromislarning B nuqtasining tebranishidagi holatlarini, ya'ni B_1 , B_2 , B_3 , ... nuqtalarni aniqlab olamiz. O markazdan aniqlangan B_1 , B_2 , B_3 , ... nuqtalarga mos ravishda yo'llar o'tkazamiz. Ikkinchi tomondan O^I_1 , O^{II}_1 , O^{III}_1 , ... markazdan mos ravishda $B_1O_2=l_2$ radius bilan yo'llar chizilib, ularni kesishish nuqtalari B'_1 , B'_2 , B'_3 , ... larni hosil qilamiz. Hosil bo'lgan B'_1 , B'_2 , B'_3 , ... nuqtalarni egri chiziq bilan birlashtirib, ko'tarilish faza burchagida kulachokning markaziy profilini hosil qilamiz.

VI-BOB. ROBOT VA MANIPULYATORLAR

6.1. Sanoat robotlari va manipulyatorlar to'g'risidagi umumiy tushunchalar

Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish natijasida mashina detallarini mexanik ishlashda qo'shimcha va uzellarni yig'ish amallarini bajaruvchi printsipliy yangi mexanizm va mashinalar yaratilmoqda. Ishlab chiqarish jarayonlarida inson bilan o'rin almashuvchi, asosiy va yordamchi vazifalarni bajarishga mo'ljallangan, manipulyator va uning harakatlarini boshqaradigan dasturlashgan qurilmalardan iborat bo'lgan avtomatik mashinaga *sanoat 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 tushirish yoki ajratish kabi amallarni bajaradi. Robotlar asosan manipulyator, programma boshqarish sistemasi, dvigatel, xarakatlantirish 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 hamda dasturlar asosida olib boriladi. Dastur bilan boshqariladigan avtomatik manipulyatorlar yordamida yuklarni tashish, ularni ishlovchi mashinalarga maxkamlash va bo'shatish, o'rab-yopish, tekshirish va o'lchash kabi ko'pgina ishlarni amalga oshirish mumkin.

Robotlarni ishlab chiqarish jarayonlarida qo'llanilishi asosiy ijtimoiy masalalarni yechimi bo'lmoqda. Ya'ni, inson hayoti uchun zararli sohalarda va jismoniy og'ir hamda oddiy monoton (takrorlanuvchi) ishlarni bajarishda juda qo'l kelmoqda.

Sanoat robotlari quyidagi belgilari orqali klassifikatsiyalanadi.

1. Texnologik jarayonlarni bajarish xarakteriga ko'ra: asosiy; yordamchi; universal.

2. Ishlab chiqarishdagi vazifasiga ko'ra: metall quyuvchi; payvantlovchi; presslovchi (кузнечно-прессовые); mexanik ishlov beruvchi; yig'uvchi; bo'yovchi; yuklovchi-tushuruvchi-tashuvchi.

3. Manipulyator qo'lining koordinatalar sistemasiga ko'ra: to'g'ri burchakli (tekis); tsilindrsimon; sferik.

4. Yuk ko'taruvchanligiga ko'ra: o'ta yengil; (10 N gacha); yengil (100 N gacha); o'rta (2000 N gacha); og'ir (10000 N gacha); o'ta og'ir (10000 N dan yuqori).

5. Yuritma turiga ko'ra; elektr, mexanik; pnevmatik; gidravlik; kombinatsiyalashgan.

6. Asosining qo'zg'aluvchanligiga ko'ra: mobil; statsionar.

7. Dasturlash turiga ko'ra: o'zgarmas dasturli; qayta dasturlanadigan; adaptatsiyalanadigan; sun'iy intellektli.

Inson qo'li funktsiyasini bajaruvchi, richagli mexanizmlar va uzatish tizimlaridan tarkib topgan texnik qurilmaga *manipulyator* deyiladi. Manipulyator quyidagilardan tashkil topadi: teleboshqarish, boshqarish pulti, EXM, uzatish mexanizmi va boshqalardan.

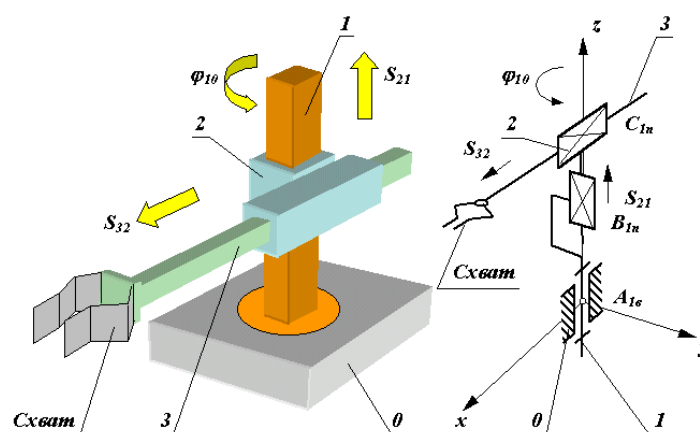
Har qanday sanoat robotlarining mexanik qo'li bo'ladi. Manipulyator biror jismni ushlab ob'ektga uzatish uchun hizmat qiladi va qisqa vaqt ichida mingdan ortiq harakatni amalga oshirishi mumkin. Manipulyatorlar tekislikda va fazoda harakatlanuvchi bo'lishi mumkin. Agar tekislikda harakatlansa tekis, agar u koordinata o'qlari bo'yicha siljib tsilindr shaklini chizsa, tsilindrik, agar u shar shaklini chizsa sferik koordinatalar sistemasida ishlaydiganlarga bo'linadi.

Turli tashish ishlarini (buyumni yuklash, siljitish, olish va hakoza) bajarish uchun mo'ljallangan hamda o'zgarmas programma bo'yicha ishlaydigan mashina-avtomatlarda qo'llaniladigan va avtomatik boshqariladigan manipulyatorlar *avtooperatorlar* deyiladi.

Sanoat robotining manipulyatori, o'zining belgilangan vazifasiga ko'ra, unga bog'langan yetaklanuvchi bo'g'inning fazodagi belgilangan harakatini ta'minlashi lozim. Richagli mexanizmlardan tashkil topgan manipulyator talablarni to'la bajarishi uchun, uning qo'zg'aluvchanlik darajasi oltitadan kam bo'lmasligi va barchasi boshqariladigan bo'lishi lozim. Oltita qo'zg'aluvchanlik darajasiga ega bo'lgan sanoat roboti murakkab tizimdir. Bunday tizimni tayyorlash ham, uni ekspluatatsiya qilish ham murakkabdir. SHuning uchun, sanoat robotlarning mavjud konstruktsiyalarida asosan qo'zg'aluvchanlik darajasi oltitadan kam bo'lgan mexanizmlar qo'llaniladi. Sodda manipulyatorlarning qo'zg'aluvchanlik darajalari uchta, ayrim hollarda ikkita bo'ladi. Bunday manipulyatorlar tayyorlash va ekspluatatsiya qilish jihatdan iqtisodiy samarador sanaladi. Lekin, texnologik jarayonni to'liq bajarilishini ta'minlay olmaydi.

6.2. Sanoat robotlarida qo'llanadigan manipulyatorlarni strukturasi va funktsional sxemalari

Uchta qo'zg'aluvchanlik darajasiga ega bo'lgan manipulyatorli sanoat robotining strukturaviy va funktsional sxemasini ko'rib chiqamiz. Manipulyator qo'lining mexanizmi qo'zg'almas 0 hamda qo'zg'aluvchan 1, 2 va 3 bo'g'inlardan tashkil topgan (6.1-rasm).



5.19-rasm

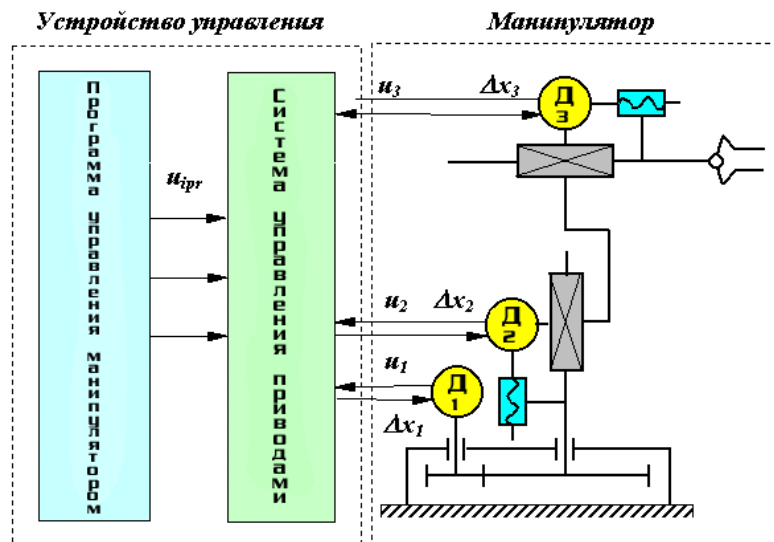
Keltirilgan manipulyatorning mexanizmi tsilindrsimon koordinatalar sistemasiga mos keladi. Bu sistemada 1-bo'g'in 0-bo'g'inga nisbatan aylanma harakat qila oladi, 2-bo'g'in 1-bo'g'inga nisbatan tik tekislik bo'ylab ilgarilanma-

qaytma harakat qiladi va 3-bo'g'in esa 2-bo'g'inga nisbatan gorizontal tekislik bo'ylab ilgarilanma-qaytma harakat qiladi.

Manipulyator ish davomida ob'ektni yoki biror jismni ushlab turishi uchun 3-bo'g'inning uchiga moslama yoki changal o'rnatilgan bo'ladi. Manipulyator asosini tashkil etgan richagli mexanizm bo'g'inlari o'zaro uchta erkinlik darajasi birga teng bo'lgan kinematik juftliklar (bitta aylanma A va ikkita ilgarilanma V va S) yordamida bog'langan bo'lib, ular ob'ektni fazodagi harakatini boshqarishsiz ta'minlaydi. Manipulyator bu uchta nisbiy harakatlarni har birini amalga oshirishi uchun, u yuritma bilan ta'minlangan bo'lishi lozim, ya'ni divegatel-reduktor hamda qaytma aloqali datchiklar tizimi. Ob'ektning harakati berilgan harakat qonuni asosida ta'minlanadi. Bunda, tizim harakat dasturini saqlaydigan va buyruq beradigan dastur tashuvchi qurilma bilan ta'minlangan bo'lishi lozim. Dastur tashuvchi qurilma sifatida turli disklar, fleshkartalar, magnit tasmalar va boshqalar bo'lishi mumkin. Berilgan harakat dasturini bajarishda, dvigateldagi boshqaruv signallari boshqaruv tizimida amalga oshiriladi. Bu tizim tarkibiga dasturlar, raqamli almashtirgichlar, kuchaytirgichlar va boshqa kerakli vositalardan iborat bo'lgan EXM kiradi. Boshqarish tizimi yuritmaning ish bajaruvchi kismlariga berilgan dasturga mos ravishda buyruqlarni kerakli shakl u_i ga aylantiradi va uzatib beradi. Zarurat tug'ilganda, berilgan buyruqlarni Δx_i signallari yordamida qaytma aloqa vositasida qayta ko'rib chiqadi.

6.2-rasmda sanoat robotining funktsional sxemasi keltirilgan.

Tuzilish formulasi-manipulyator tarkibidagi kinematik juftliklarning qo'zg'aluvchanligi to'g'risidagi ma'lumotlarni va bazaviy koordinata o'qlariga nisbatan harakatlarni o'z ichiga olgan strukturaviy sxemasini matematik ifodasidir.



6.2-rasm

Manipulyator yordamida harakatni ta'minlash quyidagilarga bo'linadi:

global-(asosi harakatlanuvchi robotlar uchun) mexanizm o'lchamini kattalashtiruvchi manipulyator asosining harakati;

regional-mexanizm o'lchamiga to'g'ri keladigan manipulyatorning birinchi uchta bo'g'ini yoki qo'li bilan ta'minlanadigan harakati;

lokal-mexanizm o'lchamidan ancha kichik bo'lgan manipulyatorning bo'g'inlari yordamida amalga oshiriladigan harakati.

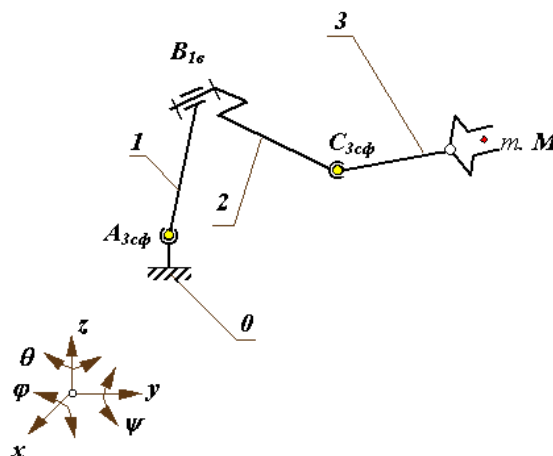
Bu harakat klassifikatsiyasi bo'yicha kinematik zanjirni ikkita har xil funktsiyali qismlarga ajratish mumkin: "qo'l" va "changal" mexanizmlari.

Manipulyatorning "qo'li" deganda, M nuqtani harakatini ta'minlaydigan qismi tushuniladi (ushlashning regional harakati). "CHangal" deganda esa, ushlashni ta'minlovchi bo'g'in va kinematik juftlik tushuniladi (ushlashning lokal harakati).

Odamning qo'l mexanizmiga to'g'ri keladigan manipulyator strukturaviy sxemasini ko'rib chiqamiz (6.3-rasm).

Bu mexanizm uchta qo'zg'aluvchan bo'g'in va uchta kinematik juftlikdan tashkil topgan. Ikkita uch harakatli sferik A_{3cf} , S_{3cf} va bir harakatli aylanma juftlik B_{1b} . Manipulyatorning kinematik juftliklarini nomi yoki kinematik juftlik (0/1,1/2, va x.k) xosil qiladigan bo'g'inlarni lotincha bosh harflar (A , B , C va x.k) bilan belgilaymiz.

Sanoat robotlarining manipulyatorlarini ishlash qobilyati ko‘pincha texnik ko‘rsatkichlari bilan belgilanadi. Ularga avvalo manipulyator ish doirasining o‘lchamlari, shakli, haraktchanligi, xizmat ko‘rsatish burchagi va xizmat ko‘rsatish koefitsientlari kiradi.



1-elka, 2-elka oldi, 3-changal

6.3-rasm.

Manipulyatorlarning ochiq kinematik zanjiri changalga qandaydir hajmdagi turli holatlarni egallashga imkon beradi.

Manipulyatorlarning ish hajmi deb, changalning egallashi mumkin bo‘lgan holatlarini o‘rab turuvchi sirt bilan chegaralangan hajmiga aytiladi. Ish xajmi manipulyatorning eng katta tashqi o‘lchamlarini ifodalaydi.

Manipulyatorning harakat erkinligi W - changalning fazodagi holatini belgilaydigan umumlashgan koordinatalar soni quyidagicha aniqlanadi

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 (6-i)P_i$$

yoki ochiq kinematik zanjir uchun

$$W = \sum_{i=1}^5 iP_i$$

Manipulyatorning harakatchanligi M -manipulyatorning changalini ushlagan holatidagi harakatchanligi

$$M = W - 6$$

Manipulyator ish doirasining har bir nuqtasi uchun qandaydir fazoviy burchak-xizmat ko'rsatish burchagi mavjud va uning qiymati

$$\psi = f_c / l_{cm},$$

$f_c - 3$ - zvenoni C nuqtasini chizgan sferik yuzasi; $l_{cm} - 3$ -zvenoni uzunligi.

Xizmat ko'rsatish burchagini ψ ni 4π ga nisbati servis koeffitsienti yoki xizmat ko'rsatish koeffitsienti deyiladi

$$K_y = \frac{\psi}{4\pi}$$

6.4-rasmda ko'rsatilgan manipulyator uchun harakat erkinligi

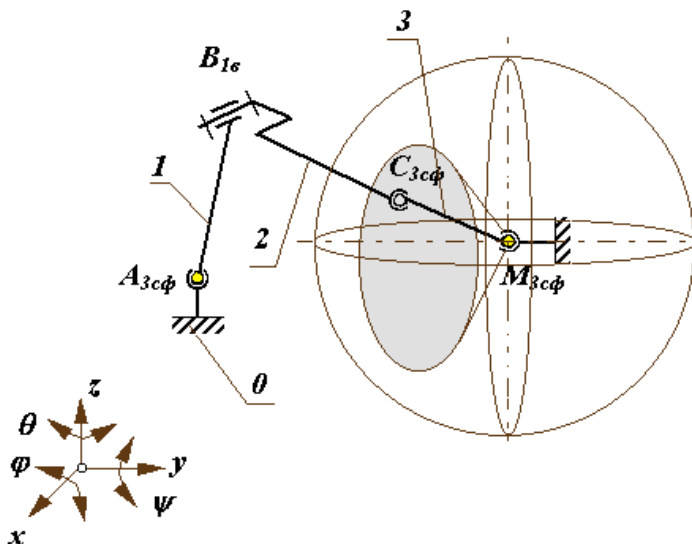
$$W = 6 \cdot 3 - (3 \cdot 2 - 5 \cdot 1) = 18 - 11 = 7.$$

Harakatlanganligi

$$M = 7 - 6 = 1$$

Tuzilish formulasi

$$W = (q_{10} + j_{10} + y_{10}) + j_{21} + (q_{32} + j_{32} + y_{32}).$$



6.4-rasm.

Manipulyatorning kinematik zanjirining strukturasi ob'ektni fazodagi berilgan qonun bo'yicha harakatini ta'minlashi kerak. Buning uchun manipulyatorning changali minimal oltita koordinata bo'yicha harakatni ta'minlashi kerak, ya'ni uchta chiziqli va uchta burchak koordinatani.

Ob'ektni bazaviy (qo'zg'almas) koordinata sistemasi $Ox_0y_0z_0$ bo'yicha M nuqtani radius vektoriga va A birlik vektorini holatini ta'minlaydi.

Matematikada nuqtani holati fazoda uchta koordinat sistemasi bo'yicha belgilangan, ya'ni:

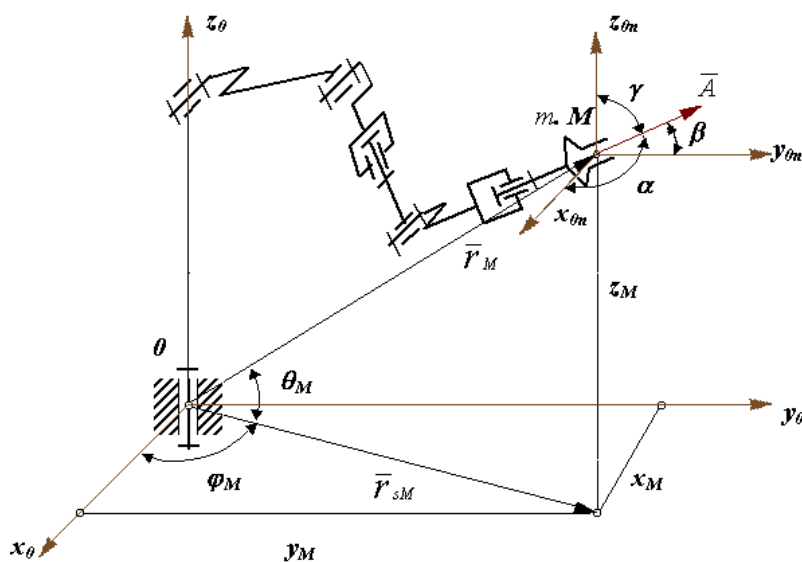
to'g'ri burchakli dekart koordinatasi x_M, y_M, z_M ;

tsilindrik koordinata r_{sM}, y_M, z_M ;

sferik koordinata r_M, r_M, r_M .

Ob'ektni fazodagi harakati A vektorini bazaviy koordinata o'qlari bilan hosil qilingan burchaklari α, β va γ lar berilgan deb qaraymiz.

6.5-rasmda oltita harakatli aylanma kinematik juftli manipulyatsiya ob'ekti sxemasi koordinatalari bilan berilgan.



6.5-rasm.

Manipulyatorni strukturasi sintez qilishda quyidagilarni hisobga olish kerak.

Manipulyator uzatmasi o'z ichiga dvigatel va tormoz moslamasini oladi, shuning uchun manipulyator sxemasida odatda bir harakatli kinematik juftliklar ishlatiladi: aylanma yoki ilgarlanma.

Manipulyator changalini berilgan harakatini saqlashdan tashqari, kinematik juftlik o'qlarini holati xizmat ko'rsatish doirasi formasini saqlab qolishi hamda harakatini oddiy va qulay dasturlashtirishga imkoniyat yaratishi kerak.

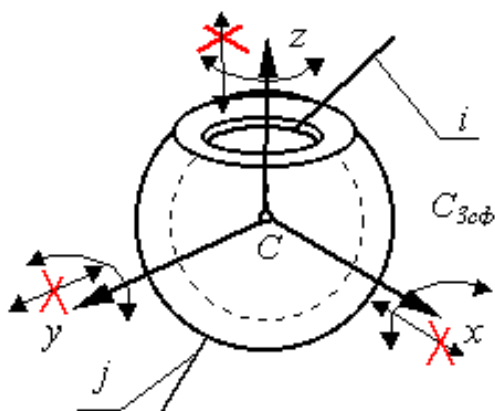
Kinematik juftliklarni holatini tanlashda uzatmalarni joylashishini hisobga olinishi hamda bo'g'inlarni og'irligini muvozanatlash usulini ham hisobga olish zarur.

Birinchi shartni bajarish uchun bir necha harakatli kinematik juftliklarni ekvivalent kinematik juftliklarga almashtiriladi.

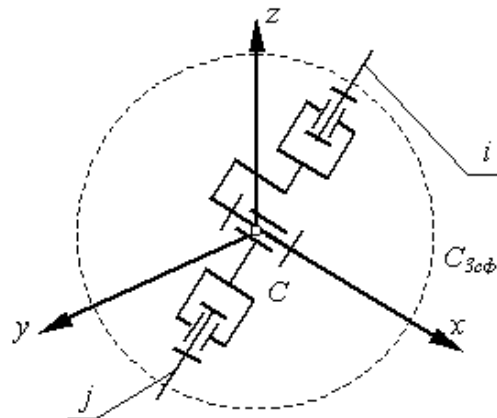
SHunday bog'lanishlardan biri sifatida 6.6-rasmda sferik bog'lanish keltirilgan.

CHangalni fazodagi harakatini ta'minlash uchun oldingi uchta kinematik juftliklarni koordinatalarini birortasining o'qiga moslashtiramiz, bunda koordinat sistemasi o'qini tanlashda manipulyator qo'lini va xizmat ko'rsatish zonasini ko'rinishi hal qiladi.

GOST 25685-83 bo'yicha 6.7-rasmda manipulyator qo'lini koordinatalar sistemasini ko'rinishlari keltirilgan. Bu yerda mexanizmni strukturaviy sxemasi koordinata sistemasiga mos ravishda berilgan. Manipulyatorlarda qo'llanadigan changal mexanizmni strukturaviy sxemalari 6.8-rasmda keltirilgan.



Sferik kinematik juftlik

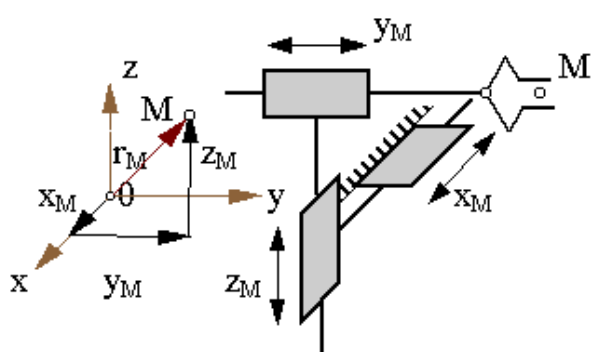


Ekvivalent kinematik bog'lanish

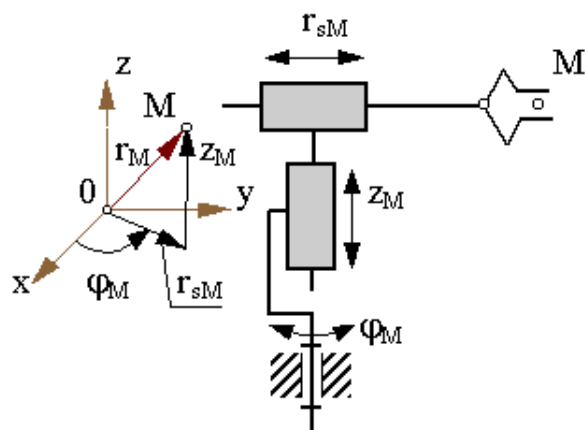
6.6-rasm

To'g'ri burchakli (dekart)

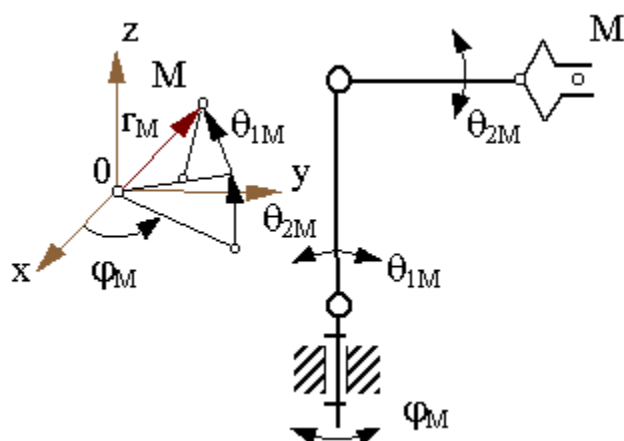
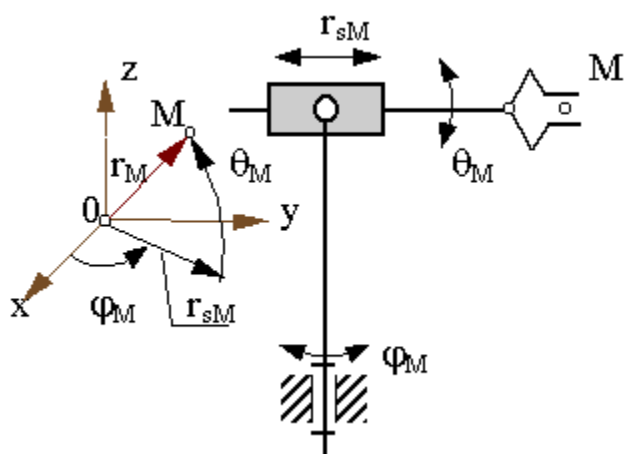
TSilindrik



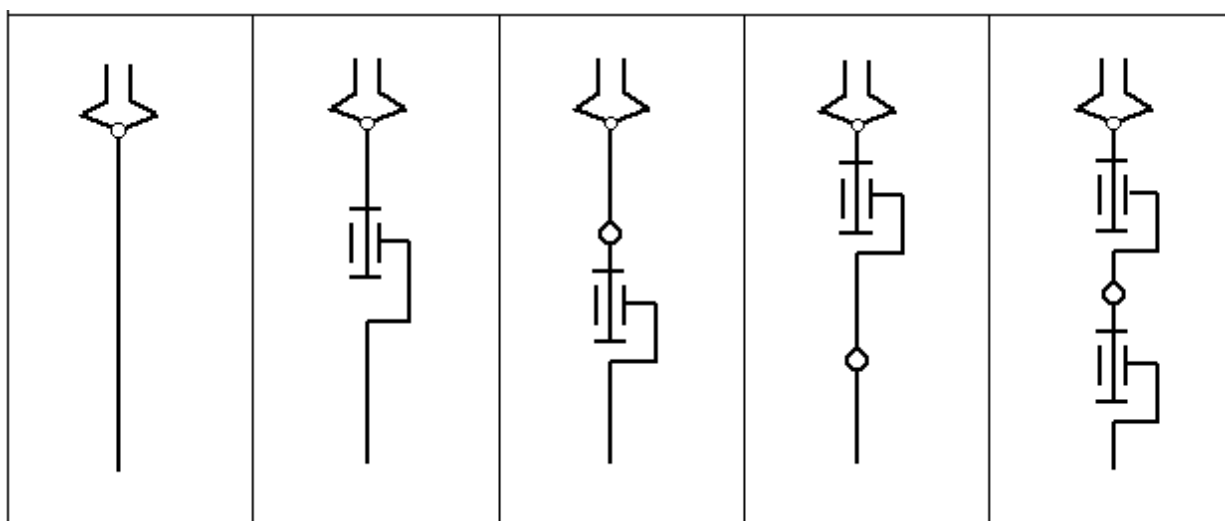
Sferik



Burchakli



6.7-rasm.



6.8-rasm.

Qo‘l mexanizmini chiqish bo‘g‘iniga ko‘rsatilgan changal mexanizmlarini ulab, real sanoat robotlarida qo‘llaniladigan juda ko‘p manipulyatorlarni strukturaviy sxemasi hosil qilinadi.

Manipulyator strukturasi aniqlashtirishda uzatmani qaeriga joylashtirishga ham bog‘liq. Agarda uzatmalar kinematik juftliklarga joylashtirilsa u holda manipulyatorlardagi qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inlarni massasiga uzatmaning massasi ham qo‘shiladi. Uzatmaga tushadigan umummiy yuklama va ularni quvvati ko‘payadi, lekin manipulyator massasini foydali yuklamaga nisbati kamayadi. SHuning uchun robotlarni loyihalashda, katta quvvatli va katta massali qo‘l bo‘g‘inlarini robotni asosiga yaqin joylashtirishga harakat qilinadi. Uzatmadan harakatni bo‘g‘inga uzatishda qo‘shimcha kinematik zanjirdan foydalaniladi (6.9-rasm).

ASEA firmasini ishlab chiqarish robotini manipulyatorini qo‘l sxemasini ko‘rib chiqaylik. Bunda uch bo‘g‘inli mexanizm angulyar koordinata sistemasiga ulanadi. Uzatmaning 2-bo‘g‘ini 4, 5 va 2 bo‘g‘inlardan tashkil topgan, oddiy kulisali mexanizmdir.

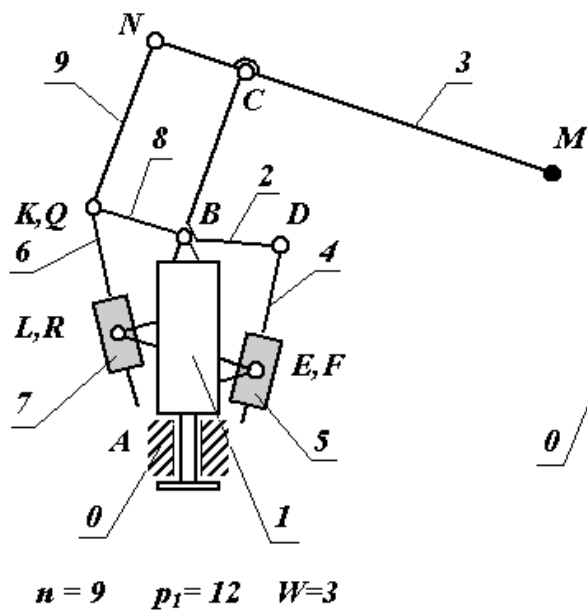
Uzatmani 3-bo‘g‘ini – kulisali mexanizm (6,7 va 8 bo‘g‘inlar) va sharnirli to‘rt bo‘g‘inli mexanizm (8, 9, 2 va 3 bo‘g‘inlar).

SHunday qilib manipulyator mexanizmi qo‘l kinematik zanjiri (bo‘g‘inlar 1, 2 va 3) va uzatma kinematik zanjirlardan tashkil topgan.

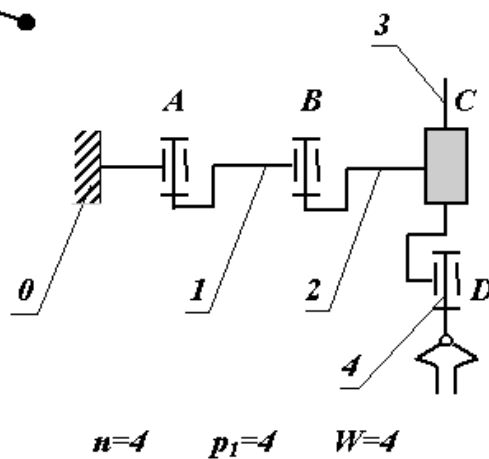
Uzatmalar asosga o‘rnatilgan manipulyatorlarda mexanizmlar anchagina murakkab bo‘ladi. Lekin bo‘g‘inlarni va kinematik juftliklarning soni ko‘payishi manipulyatorni harakatlanuvchan bo‘g‘inlarini massasi va inertsiya momentlarini kamayishi bilan kompensatsiyalanadi. Bundan tashqari berk kinematik zanjirlar mexanizmi aniqligi va bikirligini oshiradi. Umuman olganda manipulyatorlarda kombinatsiyalashgan holda uzatmalarni joylashtirilishi (bir qism uzatma asosda, yana bir qism harakatlanuvchan bo‘g‘inlarda), energetik va dinamik xarakteristikalarini yaxshilanishiga hamda katta aniqlikka ega bo‘lishligii ta‘minlaydi.

Ko'rib chiqilgan manipulyatorlarning kinematik sxemalarida bo'g'inlarni og'irliklari uzatmada qo'shimcha yuklama hosil bo'lishiga olib keladi. SKILAM firmasida ishlab chiqilgan 6.10-rasm SANCIO robotida uzatmaning va bo'g'inlarni og'irliklari kinematik juftliklarga tushib, dvigatel momentiga faqat ishqalanish kuchi orqali ta'sir etiladi. Bunday mexanizmni strukturaviy sxemasi kinematik juftliklarni o'lchamlarini kattalashishini talab etadi, ammo energetik va dinamik ko'rsatkichlari bo'yicha anchagina yutuqqa erishildi.

Bunday manipulyatorlarning ratsional sxemasini tanlashda bo'lishi mumkin bo'lgan barcha imkoniyatlarni o'z ichiga ololmaydi. SHuning uchun sharoitga mos bo'lgan strukturaviy sxemani tanlash maqsadga muvofiq bo'ladi.



6.9-rasm.



6.10-rasm.

Manipulyatorning asosiy xislatlaridan biri harakat davomida mexanizmning strukturasi o'zgarishi, bu haqida mexanizm strukturasi o'rganishda aytib o'tilgan. Robotni ish dasturi yoki tsiklogrammasiga ko'ra, ba'zi bir kinematik juftliklar tormoz moslamasini o'z ichiga oladi. Bunda mexanizmni ikkita bo'g'inini qo'zg'almas qilib, bir-biriga birlashtirib, bitta bo'g'in hosil qilinadi. SHunda mexanizmni strukturaviy sxemasida bitta kinematik juftlik va bitta bo'g'in yo'q bo'ladi, changal mexanizmining harakatlari soni kamayadi (odatda bittaga). Ish bajarish davomida (misol, yig'ish yoki payvandlash operatsiyalarida) changalni manipulyatsiyasi paytida tashqi jism bilan bog'lanib kinematik juftlik hosil

qilganda mexanizmning strukturasi o'zgaradi. Mexanizmning kinematik zanjiri bog'lanadi, harakat soni kamayadi. Bu holatlarda zanjirda ortiqcha bog'lanish kelib chiqishi mumkin. Manipulyatorlarni ushbu stukturaviy holatlarini, sanoat robotlarini ishchi dasturlarida hisobga olish zarur.

Sanoat robotlarini tez ishlashi, manipulyator changalini markazini chiziqli tezligini maksimal qiymatiga bog'liq. Sanoat robotlarini kichik ($V_M < 0,5 \text{ m/c}$), o'rtacha va katta ($V_M > 1 \text{ m/c}$), tezliklarda ishlaydigan turlarga ajratish mumkin. Hozirgi zamon sanoat robotlari asosan o'rtacha tezlikda, faqat 20 % yaqini katta tezlikda ishlaydi.

Sanoat robotlari manipulyatorlarini aniqligi changal markazini egallashi kerak bo'lgan holati orasidagi chiziqli absolyut xatolik bilan xarakterlanadi. Sanoat robotlari quyidagi guruxlarga, ya'ni kichik ($D_{rM} < 1 \text{ mm}$), o'rtacha ($0,1 \text{ mm} < D_{rM} < 1 \text{ mm}$) va katta ($D_{rM} > 1 \text{ mm}$) aniqlikdagi guruhlarga bo'linadi.

6.3. Manipulyatorlarni mexanik masalalari

Manipulyatorlarni asosiy mexanik masalalariga quyidagilar kiradi:

ish bajaruvchi mexanizmlarini sintez va analiz usullarini ishlab chiqish (uzatish mexanizmlarini ham);

manipulyatorni harakatini dasturlashtirish;

kinematik juftliklardagi reaksiya va boshqarish kuchlarini hisoblash;

manipulyator mexanizmlarini muvozanatlash;

boshqa masalalar.

Bu masalalarni fazoviy ko'p harakatli mexanizmlar sistemasini struktura, geometriya, kinematika va dinamikani umumiy izlanish usullaridan foydalanilgan holda yechiladi. Har bir ko'rilayotgan masalada yuqoridagi usullardan foydalanib mexanizmni analiz yoki sintez qilish mumkin.

Analiz masalasida mexanizmni holat funksiyasini topishda, berilgan bo'g'inning absolyut yoki nisbiy koordinatasi bo'yicha chiqish bo'g'inning absolyut koordinatasini o'zgarish qonuni aniqlanadi.

Teskari masalada (sintez) – changalni berilgan qonun bo‘yicha uzatmadagi bo‘g‘inlarni koordinatasini o‘zgarishi, chiziqli yoki burchak tezlik va tezlanishlarini o‘zgarish qonuniyatlari topiladi. Sintez masalasini yechish anchagina murakkabroq, chunki masala ko‘p yechimga ega bo‘lishi mumkin va ularni ichidan optimal yechimni topish kerak.

Kinematik sintez masalasida changal bo‘g‘inning tezlik va tezlanishiga qarab, manipulyator uzatmasidagi bo‘g‘inlarni tezlik va tezlanishlarini mos ravishda o‘zgarishini topish kerak bo‘ladi.

Dinamik sintez masalasida uzatmaning boshqarish kuchi va momentini o‘zgarish qonuni chiqish bo‘g‘inning berilgan qonunini ta‘minlaydigan xolda aniqlash kerak.

6.4. Manipulyator mexanizmini kinematik analizi

Kinematikani birinchi va asosiy masalasi holat funksiyasini aniqlash. Fazoviy mexanizmlar uchun bu masalani yechish eng maqbul usuli, bu vektorlar usuli va koordinatalarni o‘zgartirish usuli. Juda ko‘p koordinatalarni o‘zgartirish usullari mavjud, ular bir-biridan lokal koordinatalar sistemasi o‘qlarini tanlash bilan farqlanadi, manipulyatorlar uchun ko‘p hollarda Denavit va Xartenberg usullaridan foydalaniladi. Bu usuldan foydalanib manipulyatorni fazoviy mexanizmini kinematik analiz qilamiz. Buning uchun ikki usuldagi matritsani yozamiz:

matritsa M , qo‘shni bo‘g‘inlarni orasidagi koordinatalar sistemasini nisbatini aniqlaydi;

matritsa T , mexanizmni har bir bo‘g‘inini qo‘zg‘almas yoki bazaviy koordinatalar sistemasidagi holatini va o‘zini turgan holatini aniqlaydi.

Fazoviy birlik koordinatalaridan PR^3 foydalanamiz, bu yerdagi R^3 evklid maydonini chiziqli ko‘rinishida qabul qilsak

$$\vec{r}_i = M_{ij} \vec{r}_j \quad M\text{- matritsani} \quad \vec{r}_i = M_{ij} \vec{r}_j \begin{vmatrix} U_{ij} & b \\ 000 & 1 \end{vmatrix}.$$

Bu o'zgartirishni evklid maydonida o'zgarishi $\vec{r}_i = U_{ij}\vec{r}_j + b$, $|\vec{r}_i, \vec{r}_j| \in R^3$, ya'ni 3×3 o'lchamdagi U_{ij} matritsani o'girilganligini hisobga olgan holdagi o'zgarishi va o'lchami 3 bo'lgan berilgan b vektorni parallel ko'chirilishini bildiradi.

Birlamchi fazodagi nuqtani harakatini 3 ta x, y, z emas balki o'rtta x', y', z' va t' o'lchamlar quyidagi ko'rinishda qanoatlantiradi

$$x = \frac{x'}{t'}, \quad y = \frac{y'}{t'}, \quad z = \frac{z'}{t'}.$$

Odatda $t'=1$ teng qilib olinadi. Aylantirilgan U_{ij} matritsa U_{ij} elementi yangi o'q i va j o'q orasidagi burchakni kosinusini yo'naltiruvchisi hisoblanadi. Vektor $b=(x, y, z)$ - uch o'lchamli vektor, yangi koordinatalar sistemasini i ni eski sistema j dagi boshlang'ich holati bo'ladi. O'qlarni joylashtirishni tanlash yechilayotgan masalaga bog'liq. Dekavid va Xartenberg usulini qo'llashda koordinata o'qlarini tanlashda quyidagi qoidalarga amal qilish kerak:

1. Bo'g'in i uchun o'q z_i ni z_{i+1} bilan hosil qilgan kinematik juftlik o'qi bo'yicha yo'naltirishi kerak.

2. O'q x_i ni z_{i-1} va z_i o'qlariga o'tkazilgan umumiy perpendikulyar yo'nalishida bo'lishi lozim. Agarda o'qlar z_{i-1} va z_i bir-biriga mos tushganda, x_i o'qini ularga perpendikulyar va yo'nalishi ixtiyoriy bo'ladi. Ular kinematik juftlikni markazida kesishsa, unda koordinatani boshlanishi kesishgan nuqtada olinadi, o'q x_i ni yo'nalishi $x_i = z_i x z_{i-1}$ vektori qonuni bo'yicha yo'naltiriladi (o'q z_i ni z_{i-1} birlashadigan eng qisqa aylanishi x_i o'qini oxiridan qaralganda soat strelkasiga qarshi bo'ladi).

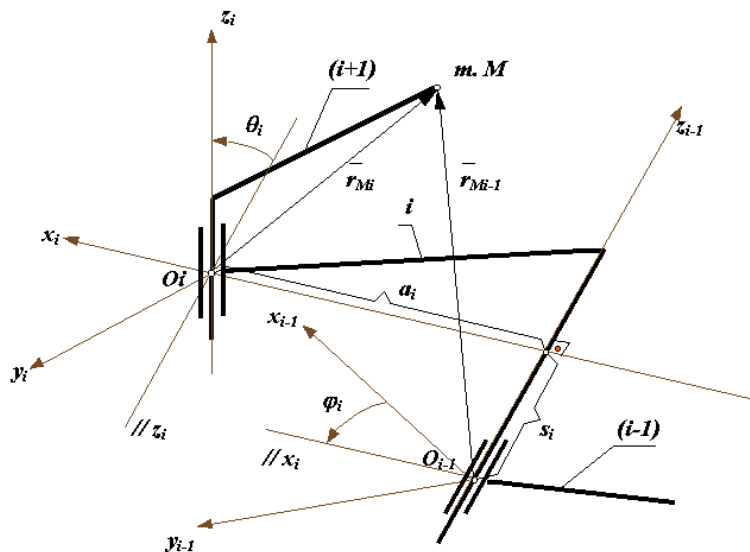
3. O'q y_i ni shunday yo'naltiriladiki koordinatalar sistemasi o'ngda bo'lishi kerak.

Manipulyator mexanizmini analiz qilishda changalni holatini va unga bog'liq bo'lgan koordinatalar sistemasi M_{xnyzn} ni ham qo'zg'almas ba'zaviy koordinat sistemasi K_{xoyozo} ga nisbatan aniqlab olish kerak.

Buni navbat bilan i bo'g'innini koordinatalar sistemasidan $i-1$ bo'g'inni koordinatalar sistemasiga o'tkazilgan holda bajariladi. Qabul qilingan usul

bo'yicha har bir o'tish to'rtta harakatni o'z ichiga oladi.: ikkita aylanish va ikkita parallel olib o'tishlari (6.11-rasm) ko'rsatilganday amalga oshirish kerak.

x o'qi atrofida i sistemani φ_i burchakka z_i va z_{i-1} o'qlariga parallel bo'lguncha buraladi (x_i o'qi bo'yicha soat strelkasiga teskari);



6.11-rasm.

koordinatalar sistemasini boshlanishi O_i ni o'q x_i bo'yicha a_i kattalikka to b x_i va z_{i-1} o'qlarni kesishgan nuqtasigacha siljiriladi (hisob x_i o'qi bo'yicha x_i nuqtani va z_{i-1} o'q bilan kesishish holatigacha);

koordinat sistemasini boshlanishi O_i ni z_{i-1} o'q bo'yicha s_i kattalikka O_{i-1} koordinata sistemi o'qi bilan mos tushgunga qadar siljiradi;

o'q z_{i-1} ni φ_i burchakka x_i va x_{i-1} bilan parallel bo'lguncha buraladi (z_{i-1} o'qini uchidan qaraganda soat strelkasiga teskari buraladi).

Odatda manipulyatorlarda bir qo'zg'aluvchan 5-klass aylanma yoki ilgarilanma kinematik juftliklar qo'llaniladi (6.12-rasm).

O_i sistemadan O_{i-1} sistemaga matritsalarini o'tishini quyidagicha yozish mumkin

$$M_i = M_i^\theta \cdot M_i^a \cdot M_i^s \cdot M_i^\varphi,$$

bunda M_i^θ -matritsani x_i o'q atrofida θ burchakka burilishi; M_i^a -matritsani x_i o'qi bo'yicha a_i ga siljishi; M_i^s -matritsani z_{i-1} o'q bo'yicha s_i siljishi; M_i^φ -matritsani z_{i-1} o'q atrofida φ burchakka burilishi.

Bu matritsalarda s_i va a_i siljishlar bo‘g‘inlarning kinematik juftliklarni nisbiy siljishiga mos tushadi hamda manipulyatorni umumlashgan koordinatasi bo‘lib, mexanizmn holatini aniqlab beradi.

s_i va a_i siljishlar manipulyator bo‘g‘inlarini konstruksiyasida hisobga olingan bo‘lib, harakat davomida o‘zgarmay qoladi.

Ixtiyoriy M nuqtani xolati i bo‘g‘inni koordinatalar sistemasida r_{mi} vektori bilan belgilansa, $(i-1)$ bo‘g‘inni koordinatalar sistemasida r_{mi-1} vektori bilan belgilanadi. Bu radiuslar bir-biri bilan M_i koordinata matritsasida quyidagi tenglama orqali bog‘langan

$$r_{M_{i-1}} = M_i \cdot r_{M_i}$$

bunda

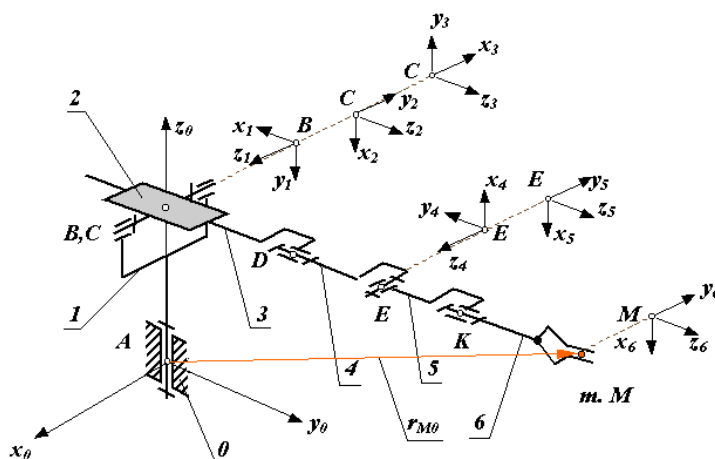
$$M_i = \begin{vmatrix} \cos\varphi_i & -\cos\theta_i \cdot \sin\varphi_i & \sin\varphi_i \cdot \sin\theta_i & a_i \cdot \cos\varphi_i \\ \sin\varphi_i & \cos\theta_i \cdot \cos\varphi_i & -\cos\varphi_i \cdot \sin\theta_i & a_i \cdot \sin\varphi_i \\ 0 & \sin\theta_i & \cos\theta_i & s_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

matritsani i koordinat sistemasidan $(i-1)$ o‘tishi

Mexanizmlarda n ta qo‘zg‘aluvchi bo‘g‘inlar bo‘lsa umumiy holda changalni funksiyasini quyidagicha yozish mumkin.

$$r_{OM} = T_k \cdot A = \Pi(q_1, q_2, \dots, q_n),$$

bunda q_1, q_2, \dots, q_n manipulyatorning umumlashgan koordinatalari.



6.12-rasm.

Kinematik analizda manipulyatorning changalini chiziqli va burchak tezliklari va tezlanishlarini aniqlanadi. CHangalni M nuqtasini kinematikasini o‘rganishda oxirgi olingan tenglamalarni differentsiallab tezlik va tezlanishlarni olish mumkin.

6.5. Manipulyator mexanizmini kinetostatik xisoblash

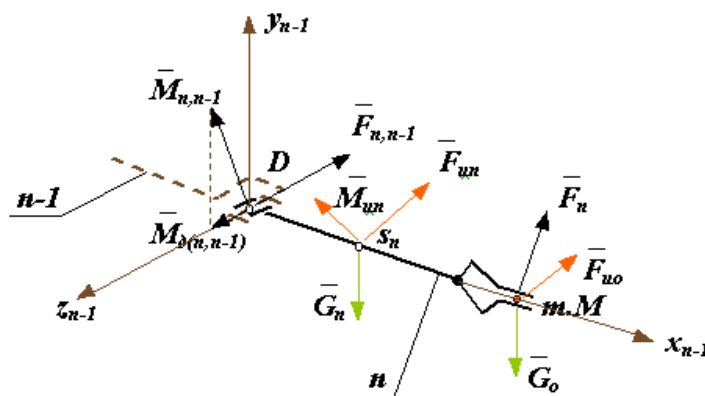
Manipulyatorlarni kuchga hisoblashda mexanizmni berilgan qonuniyatni bajaradigan, tashqaridan ta’sir etuvchi kuchlarni topish va kinematik juftliklardagi reaksiya kuchlarini hisoblashdan iborat (6.13-rasm). Kuchga hisoblashda asosan Dalamber printsipiga asoslangan kinetostatikani usullaridan foydalaniladi. Bu usul bilan mexanizm bo‘g‘inlariga qo‘yilgan tashqi kuch va momentlariga inertsiya kuchlarini ham qo‘shiladi, bunda sistemada kuch muvozanati hosil bo‘lib, harakatlanuvchi sistemani kvazistatik holatda deb qarash mumkin. Kuchga hisoblashda foydali yuklama F_n berilgan, bo‘g‘inlarni harakat qonunlari a_{si} va ε_i (kinematik analizdan topilgan va bo‘g‘inlarni massasi m_i va inertsiya moment J_{si} larni aniqlaymiz.

Mexanizmni har bir bo‘g‘ini uchun bosh kuch vektorlar $F_{ui} = -ma_{si}$ va bosh momentlari $M_{ui} = -J_{si}\varepsilon_{si}$ ni aniqlaymiz. Ochiq kinematik zanjir uchun xisobni yetaklanuvchi bo‘g‘in-changaldan boshlaymiz. Bo‘g‘in n bilan bo‘g‘in $n-1$ bog‘lanishini va momentlarni kinetostatik vektor muvozanat tenglamalarini tuzamiz

$$G_0 + G_n + F_{un} + F_{u0} + F_{n,n-1} + F_n = 0,$$

$$M(G_n) + M(G_0) + m(F_{un}) + M(F_{u0}) + M_{un} + M(F_{n,n-1}) + M(F_n) = 0,$$

bunda $M_{n, n-1}$ kinematik juftlikdagi moment vektori (bu vektori z o‘qiga proektsiyasi uzatmaning kinematik juftlikdagi harakatlantiruvchi kuchni beradi, ya’ni $M_{z(n, n-1)} = M_{g(n, n-1)}$).



6.13-rasm.

Vektor tenglamani koordinata o'qlariga proektsiyalab, sistema uchun oltita algebraik tenglama olamiz va shulardan oltita noma'lumni topamiz

$$F_{x(n,n-1)}, F_{y(n,n-1)}, F_{z(n,n-1)}, M_{x(n,n-1)}, M_{y(n,n-1)}, M_{z(n,n-1)} = M_{g(n,n-1)}.$$

SHunday so'ng bo'g'in $n-1$ ni muvozanatini ko'rib chiqamiz. Uning bo'g'in n ga ulanish joyiga bo'g'in n dan chiqqan reaksiyani qiymatini quydagicha aniqlab

$$F_{x(n-1,n)}, F_{y(n-1,n)}, F_{z(n-1,n)}, M_{x(n-1,n)}, M_{y(n-1,n)}, M_{z(n-1,n)} = M_{d(n,n-1)}$$

yo'nalishini teskari qilib qo'yamiz. SHunday qilib mexanizmni n ta bo'g'ini uchun navbatma-navbat muvozanat tenglamasini tuzib, noma'lum kuchlarni topamiz.

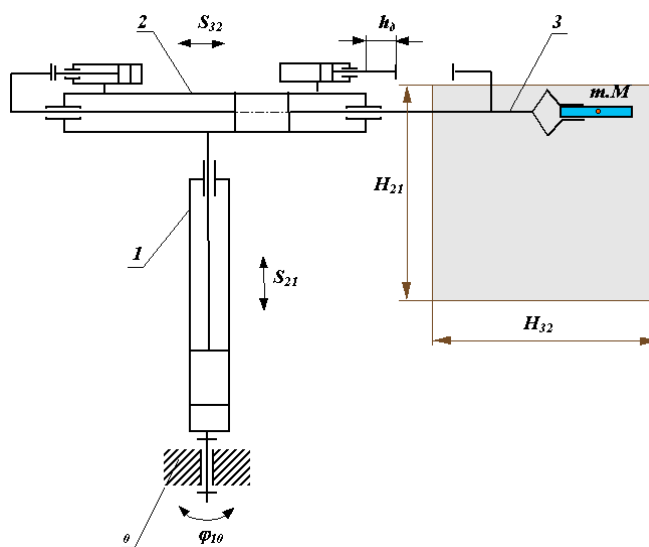
6.6. Sanoat robotlarini faolligini hisoblash

Robotlashtirilgan kompleksni ish unumini robotlarning detallarini harakatlantirish tsiklini vaqti belgilaydi. SHuning uchun robotlarni faolligiga qo'yilgan talab juda katta.

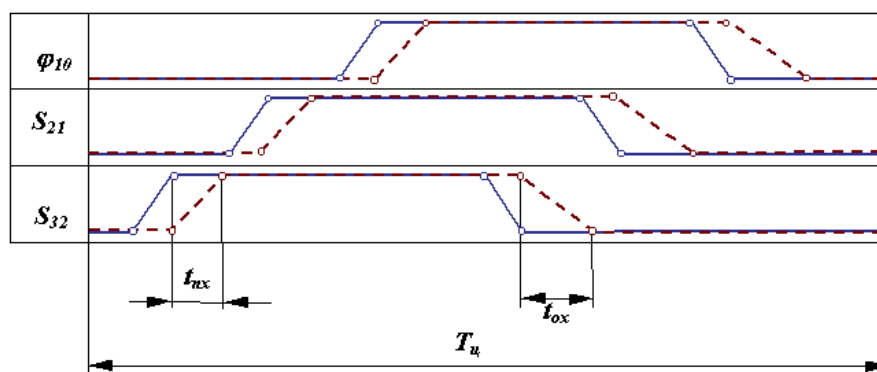
Robotlarni texnologik operatsiyalarni tez bajarishni tashqi kuchlarni (harakatlantiruvchi va qarshilik kuchlarini) o'zgarish qonunlariga va mexanizm bo'g'inlarini inertsiyasiga bog'liq. Boshqarish kuchlarini o'zgarish qonuni qo'llanilayotgan uzatmalarni turiga va boshqarish sistemasini turiga bog'liq. Amalda qo'llanilayotgan robotlarning uzatmalari gidravlik, pnevmatik, elektrik va kombinatsiyalashgan hollarda bo'ladi. Ularda tsikl, pozitsiyalik yoki konturli boshqarish sistemasi qo'llanadi.

TSiklik boshqarish sistemali biror-bir uzatmali sanoat robotini faol ishlashini ko‘rib chiqaylik.

6.14-rasmda uch harakatli sanoat robotini manipulyatorini kinematik sxemasi keltirilgan (1, 2, 3-harakatlanuvchan bo‘g‘inlar, O-qo‘zg‘almas bo‘g‘in). Bu yerda to‘g‘ri chiziq bilan buyruqni boshqarish tsiklogrammasi va sanoat robotini ish tsiklogrammasi (punktir chiziq) keltirilgan. TSiklni umumiy ish vaqti T_{TS} berilgan xollarda to‘xtab turish vaqti (tsiklogrammada to‘xtab turish vaqti t gorizontall o‘qqa parallel to‘g‘ri chiziq) va bo‘g‘inlarni berilgan bir holatdan boshqasiga nisbiy harakatlanish vaqti t_{PX} va o‘z o‘rniga qaytish vaqti t_{OX} (diagrammada og‘ma to‘g‘ri chiziq). Oddiy holatda to‘xtab turish vaqti texnologik jarayonga bog‘liq. Robotlarni harakatlarni bajarish vaqtini uzatmalarni dinamik xarakteristikasi va manipulyatorning –harakatlantiruvchi hamda qarshilik kuchlari, massalari va bo‘g‘inlarni inertsiya momentlari aniqlab beradi.

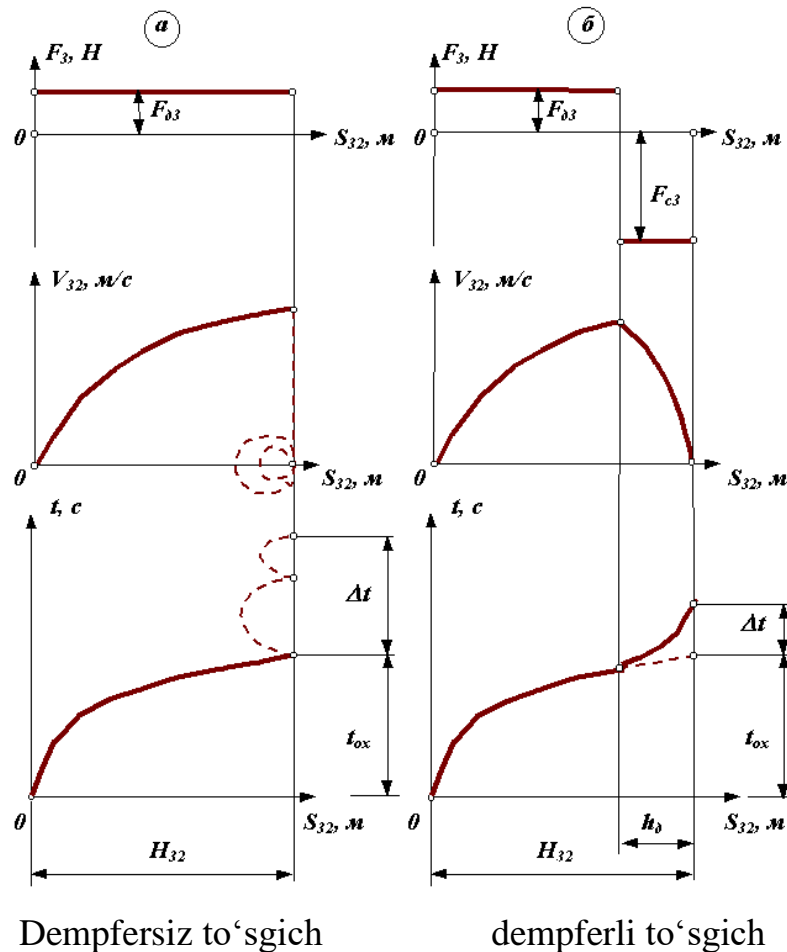


Sanoat roboti uchun buyruq berish tsiklogrammasi.



6.14-rasm

Pnevmouzatmali manipulyatorning qo‘l harakatini ishini ko‘rib chiqamiz (6.14-rasm). Buyruq berish apparatidan kelgan signal bo‘yicha tsilindrning o‘ng tarafidan qisilgan havo beriladi, bunda porshenga $F_{D3}=PxS_P$ kuch bilan ta‘sir qiladi, bu yerda P -xavo bosimi, S_P -porshenning faol yuzasi. SHu kuch ta‘sirida, porshen va qo‘l 3 o‘zgarimas tezlanish va o‘sovchi tezlik V_{32} bilan chapga harakatlanadi (6.15 a-rasm). Porshen harakatini cheklash qattiq to‘sgich yoki dempferli to‘sgich orqali amalga oshiriladi.



6.15-rasm.

Dempfersiz to‘sgich orqali to‘xtaganda bo‘g‘in 3 ni tezligi bir zumda kamayib oxirgi nol qiymatga tushadi. Bunday tezlikni tez o‘zgarishida tezlanish a_{32} cheksizlikka intiladi. Bo‘g‘inni bunday to‘xtashi qattiq zarba deyiladi. U holda mexanizm bo‘g‘iniga katta dinamik yuklanish ta‘sir etishi kuzatiladi. Manipulyator real holatda qayishqoq-inertsion sistema bo‘lganligi sababli, kuchlar bo‘g‘in 3 ni to‘sgichdan keskin sapchishiga hamda butun mexanizmni tebranishiga sabab bo‘ladi. CHangal berilgan oxirgi holatiga nisbatan tebranma harakat qiladi. Bu

jarayonni to‘xtash vaqti D_t (6.15 a-rasm). Sanoat robotlarini ish tezligini anchagina pasaytiradi.

Bunday tebranishlarni kamaytirish yoki umuman yo‘q qilish, to‘xtatishni zarbasiz bo‘lish bilan erishish mumkin

$$V_{32n} = 0, \quad a_{32n} = 0,$$

bunda V_{32n}, a_{32n} – to‘xtash paytidagi nisbiy tezlik va tezlanish.

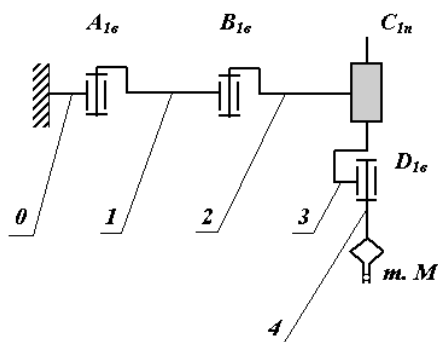
Biroq bunday holatga erishish faqat boshqariluvchi uzatmalar orqali konturli boshqarilsa bo‘ladi.

Bundan tashqari zarbasiz to‘xtashda yo‘l oxirida nisbiy tezlik nolga yaqin bo‘ladi. SHuning uchun changalni kerakli holatiga kelish vaqti anchagina ko‘payadi. SHuning uchun to‘xtatish yumshoq zarba orqali, ya’ni nisbiy tezlik yo‘l oxirida $V_{32n}=0$ tezlanish esa ruxsat etilgan chegarada $a_{32n}=[a]$ bo‘lganda erishiladi. TSikli boshqariluvchi mexanizmlarda yumshoq zarba harakat rejimi dempferli to‘sgich o‘rnatilganda, qo‘lning kinetik energiyasini so‘ndirish orqali ta’minlanadi.

6.7. Manipulyatorlarni muvozanatlash

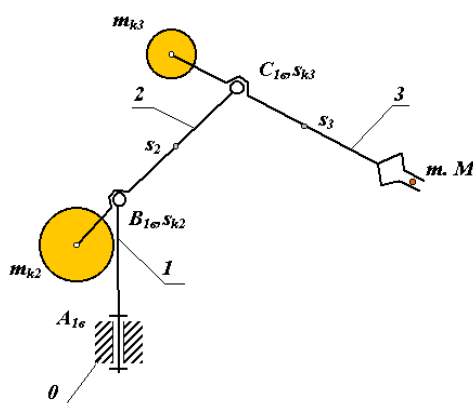
Ko‘pchilik manipulyatorlarning kinematik sxemalaridagi uzatmalar bo‘g‘inlarni og‘irlik kuchlari orqali statik yuklamalarni qabul qiladi. Bu uzatmani dvigatelini quvvatini va tormoz moslamasini momentini oshirishini talab qiladi. Bularni oldini olishi uchun uchta usuldan foydalaniladi.

Manipulyatorning kinematik sxemasidan foydalaniladi, undagi bo‘g‘inlarning og‘irlik kuchlari kinematik juftliklardagi podshipniklar zimmasiga tushadi. Bunday yechimda uzatmani va tormoz moslamasidagi quvvatga og‘irlik kuchlari faqat kinematik juftliklardagi ishqalanish kuchlari orqali ta’sir etadi. Misol tariqasida SCARA robotini sxemasini (6.16-rasm) keltirish mumkin. Bunday usulni kamchiligi podshipniklardagi o‘q bo‘ylab hosil bo‘ladigan yuklamalardir.



6.16-rasm

Manipulyator bo‘g‘inlarining massalarini korrekcirovka yordamida muvozanatlash. Bunda bo‘g‘indagi massa markazlari korrekcirovka qilish yordamida massalar kinematik juftliklarning markazlariga suriladi (6.17-rasm). Bu usulning kamchiligi manipulyator massasi va uning bo‘g‘inlarini inertiya momentlari sezilarli darajada ortadi.



6-17-rasm

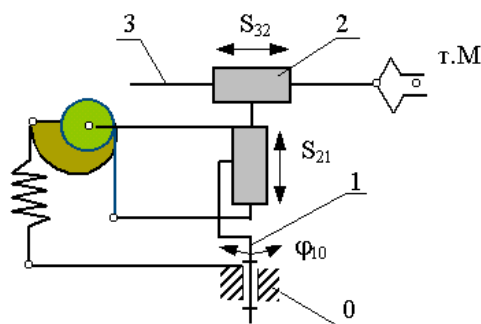
Manipulyatorning og‘irlik kuchini muvozanatlashda qayishqoq elementli moslama – prujinali yumshatuvchi yoki muvozanatlovchilar yordamida amalga oshirish.

Bunday moslamalar uzatmalardagi og‘irlik kuchlarining ta‘sirini bo‘g‘inlardagi nisbiy harakatni hamma holatida ham to‘la kamaytira olmaydi. SHuning uchun bunday moslamalarni konstruktsiyalarda kulachokli yoki richagli mexanizmlar qo‘llaniladi, ular prujinalarni qovushqoqlik xarakteristikalarini bo‘g‘inlarning og‘irlik kuchlarini muvozanatlovchi xarakteristikalariga moslashtiradi. Bunga misol tariqasida 6.18-rasmda qo‘lni vertikal harakatini ta‘minlaydigan uzatmada prujina va kulachok profili Arximed spirali bo‘yicha

tayyorlangan, kuchlarni yumshatuvchi mexanizmlili sanoat robotini sxemasi keltirilgan.

Sanoat robotlari

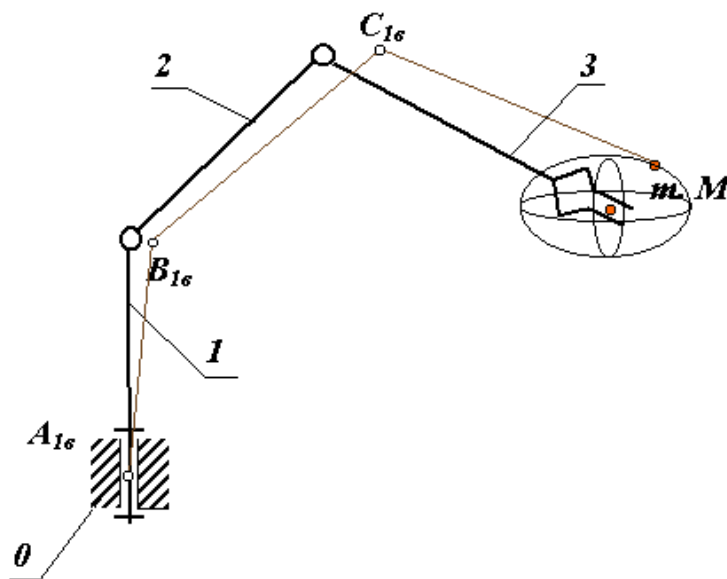
Manipulyatorlarining harakatini aniqligi changal nuqtasini (M nuqta) vaziyatining hatolik xarakteristikasi va changalni burchak aniqligi bilan aniqlanadi.



6.18-rasm


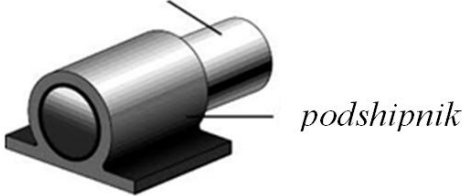
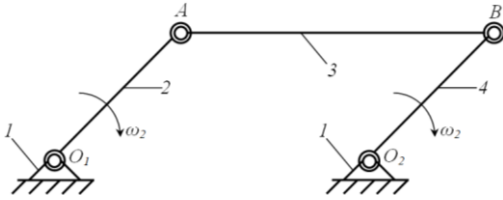
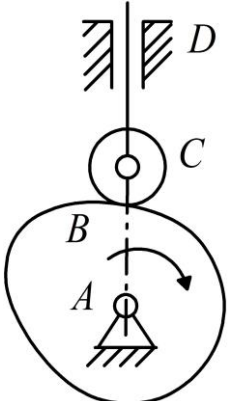
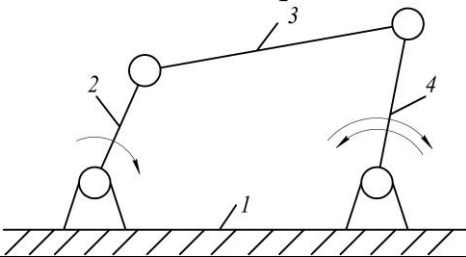
Vaziyat hatoligi manipulyator bo'g'inlarini o'lchamlarini texnologik jarayondagi hatoliklar hamda boshqarish sistemasidagi va orqaga uzatish datchiklaridagi hatoliklarga bog'liq. Manipulyatorlarni pasportlarida changalni M nuqtasini mexanizm egallashi mumkin bo'lgan holatlardan ruxsat etilgan maksimal og'ishi berilgan bo'ladi.

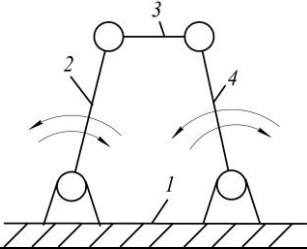
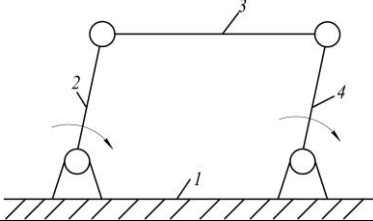
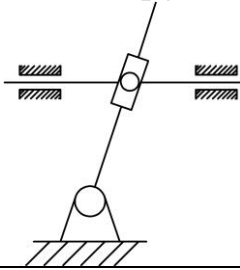
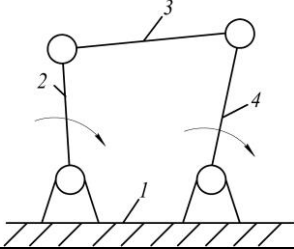
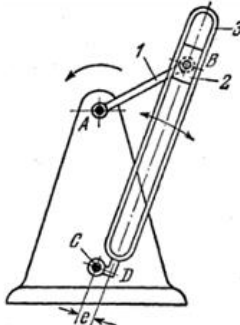
Hatolik natijasida M nuqta fazoda ellipsoida chizadi, buni og'ish ellipsoidasi deyiladi (6.19-rasm).

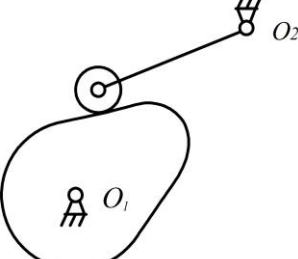
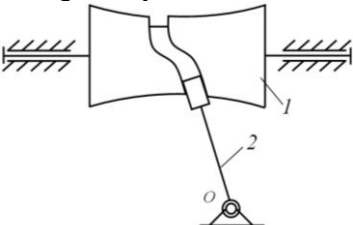
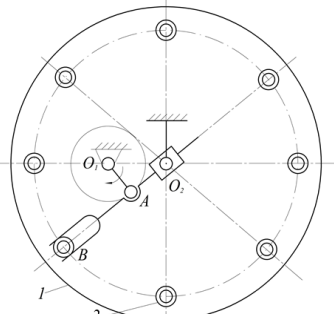
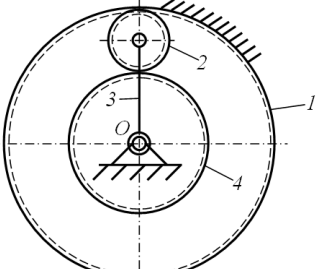
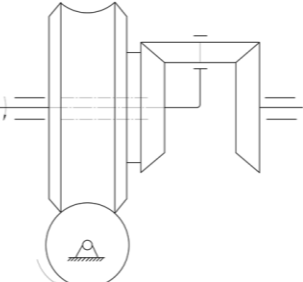


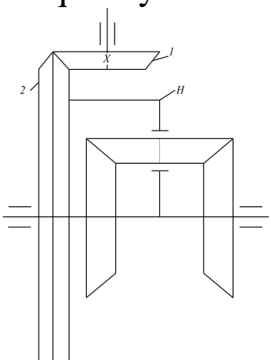
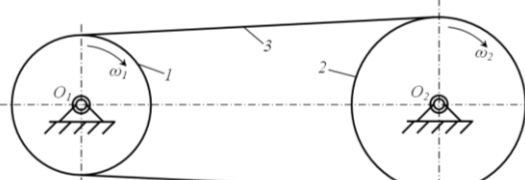
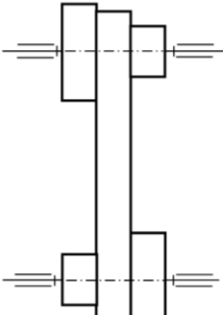
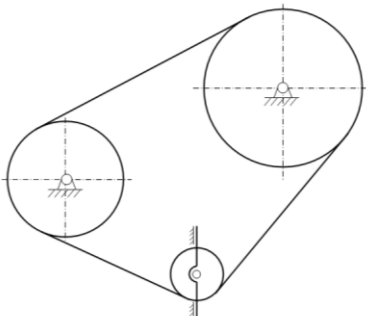
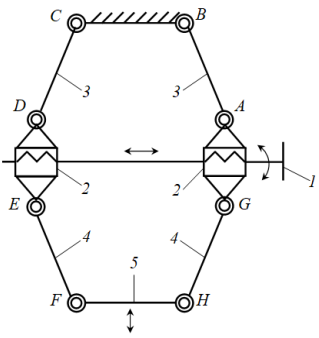
6.19-rasm

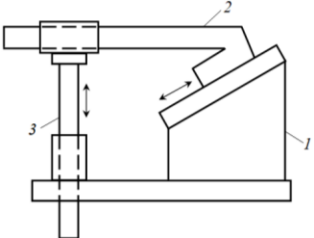
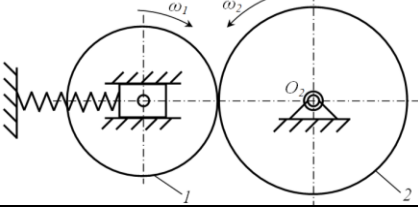
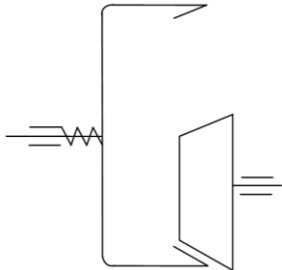
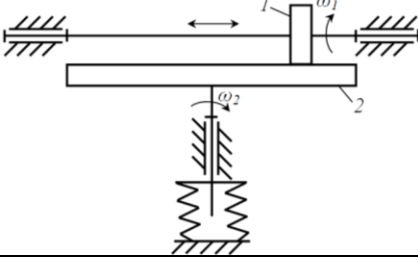
TESTLAR

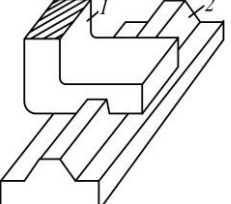
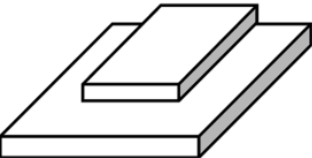
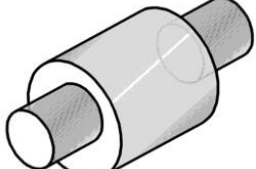

<p>1.</p>	<p>SHatun nima?</p> 	<p>a) Detal b) Mexanizm zvenosi c) Kinematik zanjir d) Mexanizm</p>
<p>2.</p>	<p>Sirpanish podshipniki va val nima?</p> <p style="text-align: center;"><i>val</i></p>  <p style="text-align: right;"><i>podshipnik</i></p>	<p>a) Kinematik juftlik b) Kinematik zanjir c) Detal d) Mexanizm</p>
<p>3.</p>	<p>Sxemada nima ko'rsatilgan?</p> 	<p>a) Kinematik juftlik b) Mexanizm c) Kinematik zanjir d) Zveno</p>
<p>4.</p>	<p>Bu qanday mexanizm?</p> 	<p>a) Richagli b) Ponali c) Kulochokli d) Prujinali</p>
<p>5.</p>	<p>Bu qanday mexanizm? (agarda 4-zveno tebranma harakat qilsa)</p> 	<p>a) Ikki krivoshipli b) Ikki koromisloli c) Krivoship polzunli d) Krivoship koromisloli</p>

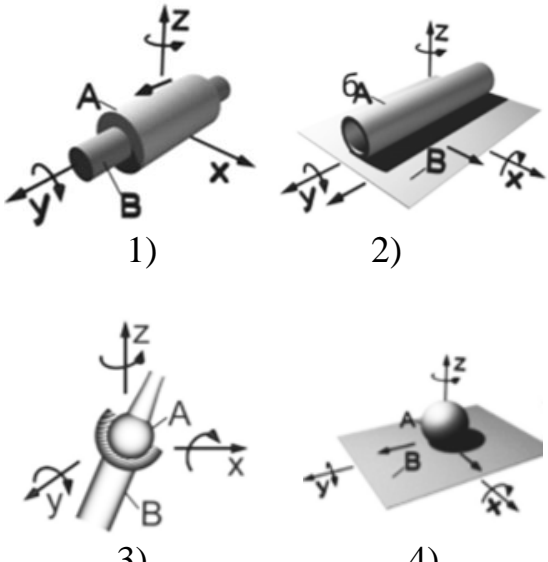
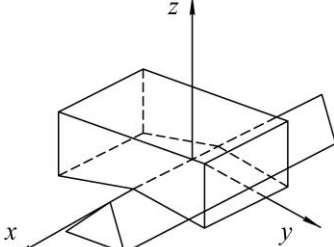
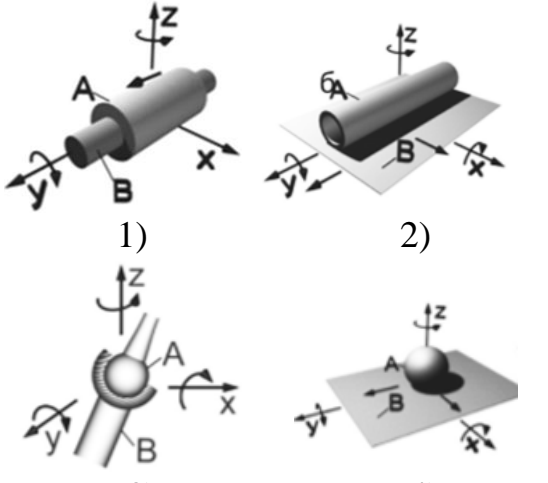
<p>6.</p>	<p>Bu qanday mexanizm? (agarda 2 va 4-zvenolar tebranma harakat qilsa)</p> 	<p>a) Ikki krivoshipli b) Ikki koromisloli c) Krivoship-koromisloli d) Krivoship-polzunli</p>
<p>7.</p>	<p>Bu qanday mexanizm? (agarda 2 va 4-zvenolar, 1 va 3-zvenolar bir-biriga parallel bo'lsa)</p> 	<p>a) SHarnirli parallelogram b) SHarnirli aptiparallelogram c) Krivoship shatunli d) Ikki koromisloli</p>
<p>8.</p>	<p>Kulisali mexanizm nechta zvenodan tashkil topgan?</p> 	<p>a) uchta b) to'rtta c) beshta d) oltita</p>
<p>9.</p>	<p>Bu qanday mexanizm? (agarda 2 va 4-zvenolar to'la aylanma harakat qilsa)</p> 	<p>a) ikki koromisloli b) ikki krivoshipli c) kulisali d) krivoship-koromisloli</p>
<p>10.</p>	<p>Kulisali mexanizmدا 3-zveno tosh qanday harakat qiladi?</p> 	<p>a) aylanma b) ilgarlanma c) tekis parallel d) oddiy tekis</p>

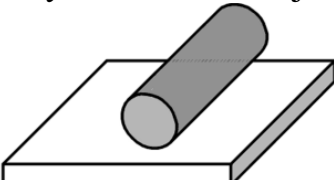
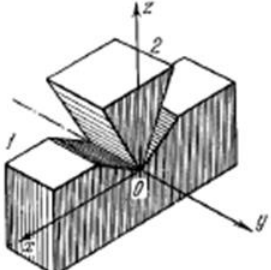
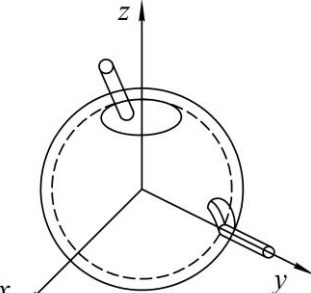
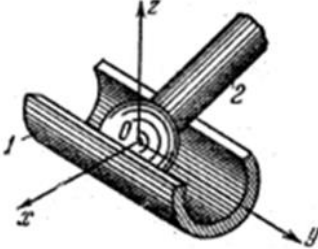
<p>11.</p>	<p>Bu kulochokli mexanizmدا nechta zveno bor? (agarda rolik hisobga olinmasa)</p> 	<p>a) Ikkita b) Uchta c) To'rtta d) Beshta</p>
<p>12.</p>	<p>Bu qanday mexanizm?</p> 	<p>a) Xropovikli b) Rolikli c) Kulochokli d) Kulisali</p>
<p>13.</p>	<p>Tokorlik avtomat jihozning qadamli richagli mexanizmida nechta haraktlanuvchi zveno bor? (agarda 2 hisobga olinmasa)</p> 	<p>a) Uchta b) To'rtta c) Beshta d) Oltita</p>
<p>14.</p>	<p>Bu qanday mexanizm?</p> 	<p>a) Planetar b) Differentsial c) Qo'zg'almas o'qli tishli d) Oddiy tishli</p>
<p>15.</p>	<p>Bu qanday mashinani mexanizmi?</p> 	<p>a) Avtomobil differentsiali b) Stanok differentsiali c) Planetar reduktor d) O'qlari qo'zg'almas tishli uzatma</p>

<p>16.</p>	<p>Bu qanday mashinani mexanizmi?</p> 	<p>a) Avtomobil differentsiali b) Stanok differentsiali c) Planetar reduktor d) Oddiy tishli uzatma</p>
<p>17.</p>	<p>Bu qanday mexanizm?</p> 	<p>a) Friksion b) Zanjirli c) Tasmali d) Tishli</p>
<p>18.</p>	<p>Bu qanday mexanizm?</p> 	<p>a) Tasmali b) Pog'anali c) Pog'anasiz d) Zanjirli</p>
<p>19.</p>	<p>Bu yerda qanday tasmali uzatma ko'rsatilgan?</p> 	<p>a) Pog'anali b) Pog'anasiz c) Kesishuvchi tasmali d) Tasmali taranglashuvchi rolikli</p>
<p>20.</p>	<p>Bu qanday mexanizm?</p> 	<p>a) Ponali b) Vintli c) Vint ponali d) Porshenli</p>

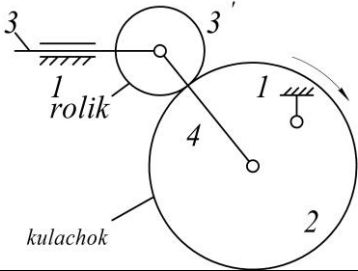
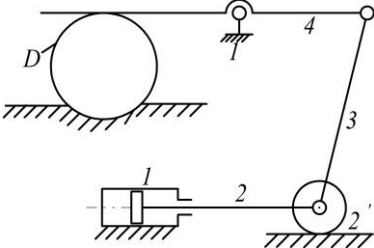
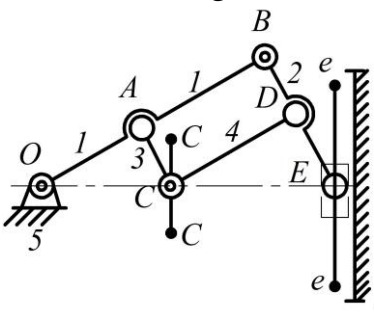
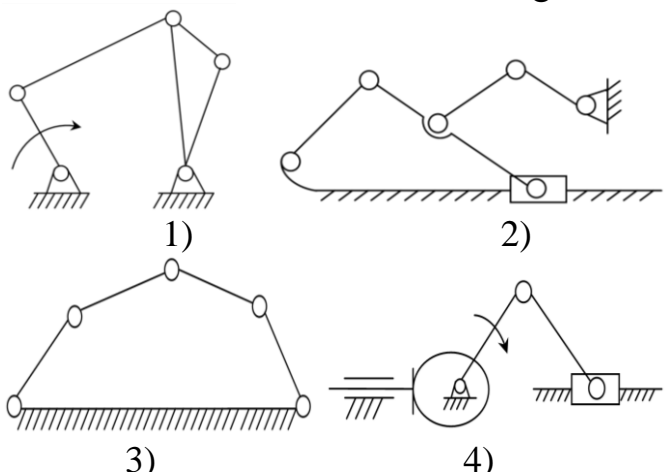
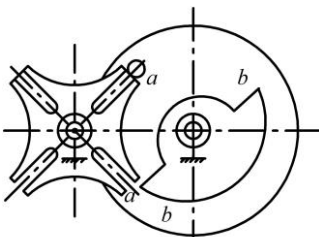
<p>21.</p>	<p>Bu qanday mexanizm?</p> 	<p>a) vintli b) ponali c) vint ponali d) richagli</p>
<p>22.</p>	<p>Presda qanday mexanizm qoʻllaniladi?</p>	<p>a) ponali b) vintli c) vint ponali d) richagli</p>
<p>23.</p>	<p>Bu qanday friktsion mexanizm?</p> 	<p>a) konusli b) tsilindrik c) shevron d) tasmali</p>
<p>24.</p>	<p>Bu ichki ilashmali friktsion mexanizmni oʻqlari qanday joylashgan?</p> 	<p>a) ayqash oʻqli b) oʻqlari kesushuvchan c) oʻqlari parallel d) surma oʻqli</p>
<p>25.</p>	<p>Bu qanday friktsion mexanizm?</p> 	<p>a) tasmali b) tsilindrik c) konusli d) diskli</p>
<p>26.</p>	<p>Tekis mexanizmlarni erkinlik darajasini topish formulasi kim tomonidan yaratilgan?</p>	<p>a) Samov P.O b) Malqshev A.P c) CHEbeshev P.A d) Relo F</p>
<p>27.</p>	<p>Tekis mexanizmlarni strukturali klassifikatsiyasini kim ishlab chiqgan?</p>	<p>a) Monj b) Villis c) F.Relo d) L.V.Assur</p>
<p>28.</p>	<p>Nisbiy harakatni cheklovchi, bir-biriga nisbatan harakatlanuvchi zvenolarni bogʻlanishiga nima deyiladi?</p>	<p>a) kinematik zanjir b) mexanizm c) kinematik juft d) ferma</p>

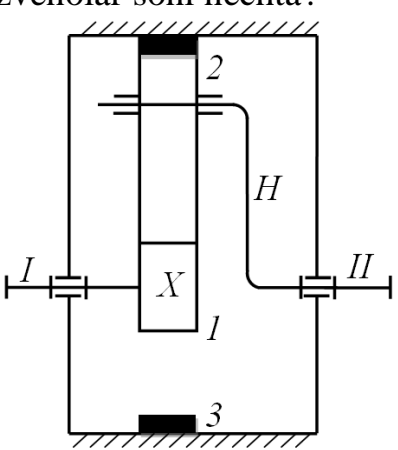
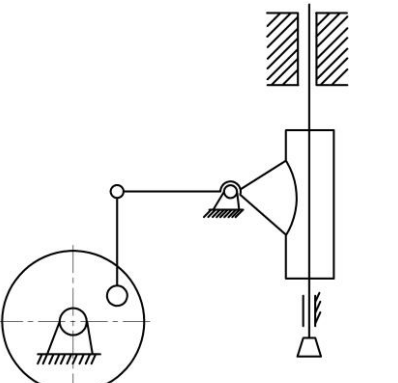
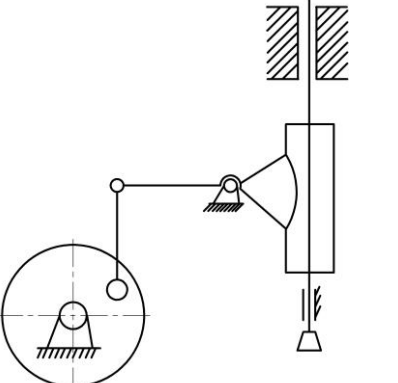
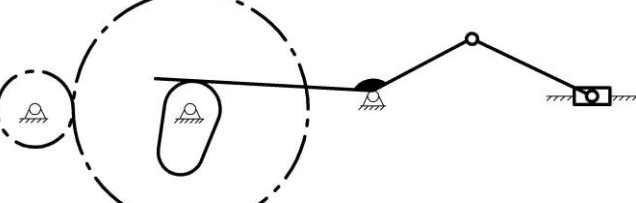
29.	Quyidagi bog'lanishlardan qaysi biri kinematik juft?	a) ikkita svarkalangan detal b) ikkita birlashtirilgan detal c) ikki zaklyopkali detal d) podshipnikli val
30.	Kinematik juftlar bilan bog'langan sistemaga nima deb ataymiz?	a) mexanizm b) kinematik zanjir c) Assur gurux d) kinematik juft
31.	Polzun 1 V-simon yo'naltiruvchi bo'ylab harakat qilsa I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha nechanchi klassga kiradi? 	a) 1 b) 5 c) 3 d) 4
32.	I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha qaysi klass kinematik juftga kiradi? 	a) 1 b) 2 c) 3 d) 4
33.	I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha qaysi klass kinematik juftga kiradi? 	a) 1 b) 2 c) 3 d) 4
34.	I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha qaysi klass kinematik juftga kiradi? 	a) 5 b) 2 c) 3 d) 4

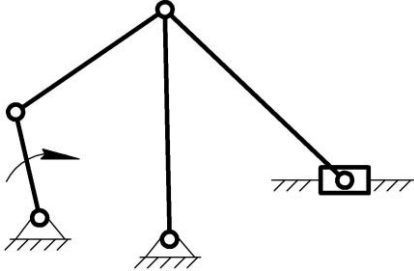
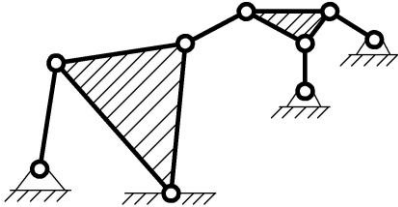
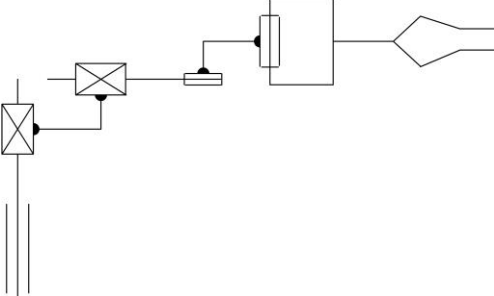
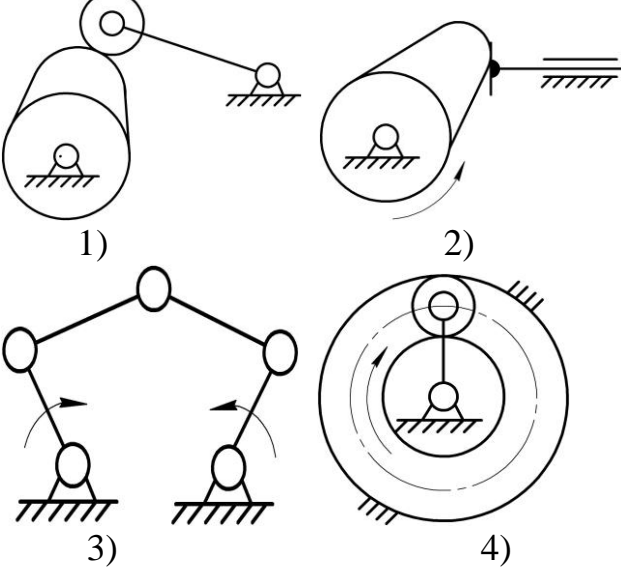
<p>35. III-klass kinematik juftni ko'rsating?</p>	 <p>1) 2)</p> <p>3) 4)</p>	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>36. Kinematik juft ikkita 1 va 2 prizmadan iborat. I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha klassini ko'rsating?</p>		<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>37. I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha I-klass kinematik juftni aniqlang?</p>	 <p>1) 2)</p> <p>3) 4)</p>	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

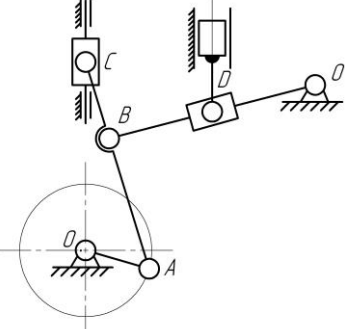
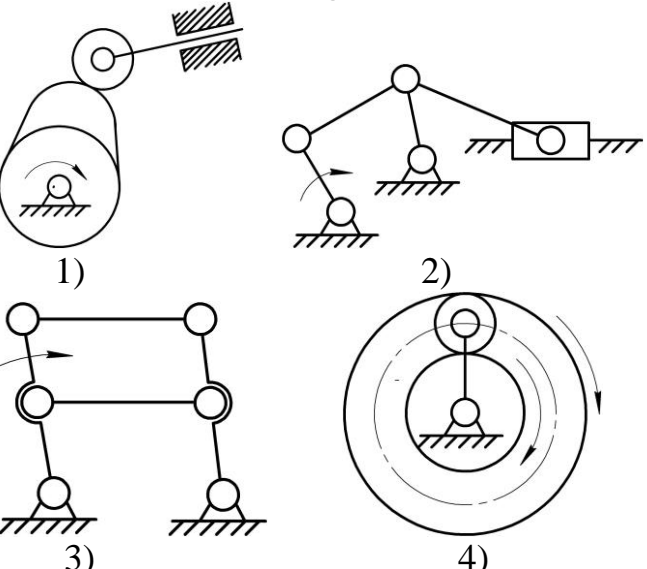
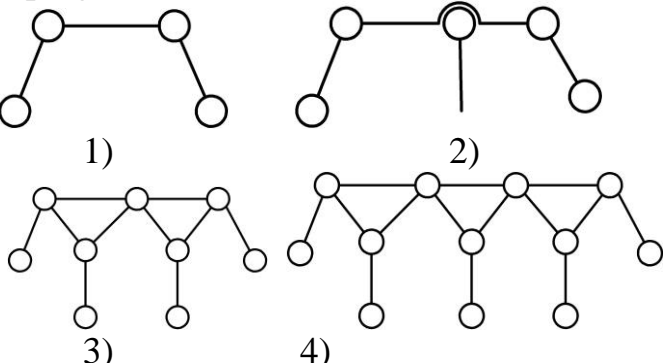
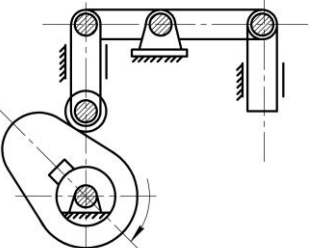
<p>38.</p>	<p>I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha kinematik juftni klassini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>39.</p>	<p>I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha kinematik juftni klassini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>40.</p>	<p>I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha kinematik juftni klassini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>41.</p>	<p>I.I.Artobolevskiy klassifikatsiyasi bo'yicha kinematik juftni klassini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

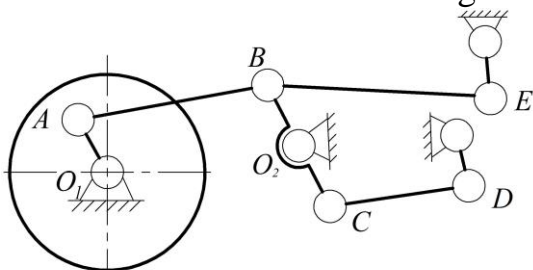
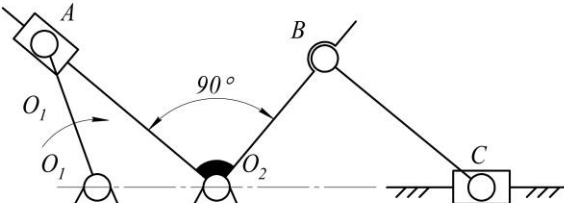
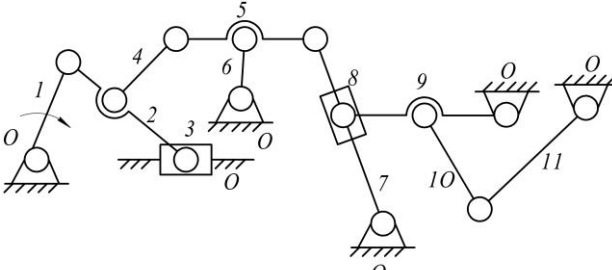
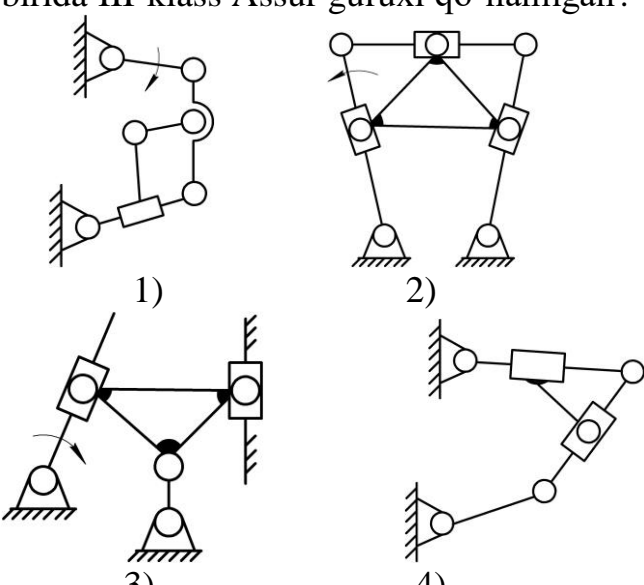
<p>42.</p>	<p>Murakkab kinematik zanjirni ko'rsating?</p> <p>1) 2)</p> <p>3) 4)</p>	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>43.</p>	<p>Mexanizmni erkinlik darajasini xamma kinematik juftlarni xisobga olgan xolda toping?</p>	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>44.</p>	<p>“Moskot” manipulyatorining erkinlik darajasini toping? Javobni $X=H-5$ qilib bering.</p>	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>45.</p>	<p>Tekis kinematik zanjirni erkinlik darajasini aniqlang?</p>	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

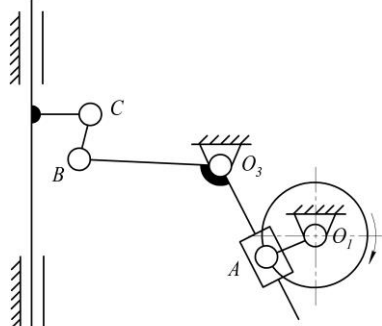
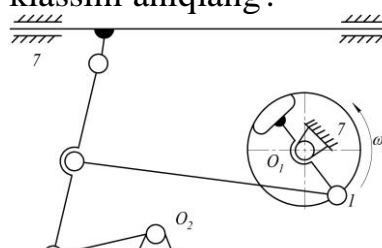
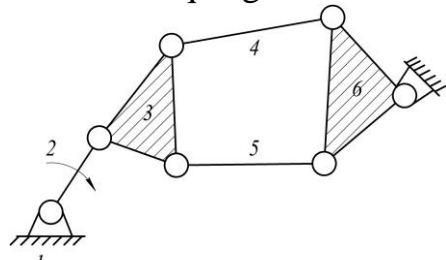
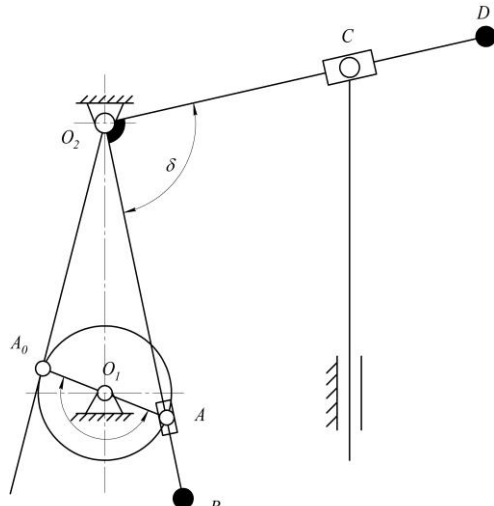
<p>46.</p>	<p>Passiv zvenoni ko'rsating?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>47.</p>	<p>Detal kesuvchi mexanizmni qaysi zvenosi passiv bog'lanishga kiradi?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>48.</p>	<p>Mexanizmning erkinlik darajasini aniqlang?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>49.</p>	<p>Besh zvenoli mexanizmni ko'rsating?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>50.</p>	<p>Malt mexanizmida qo'zg'aluvchi zvenolar nechta?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

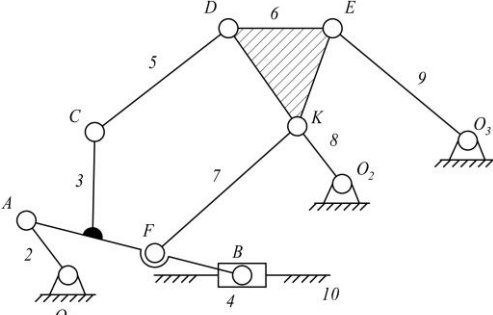
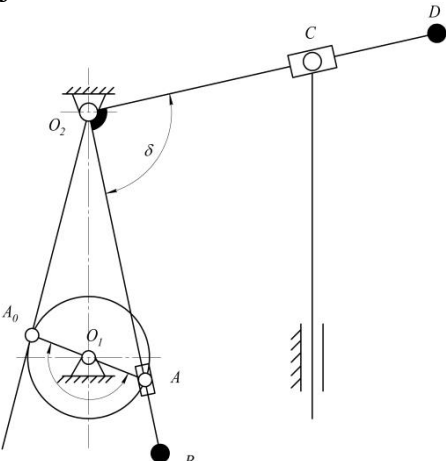
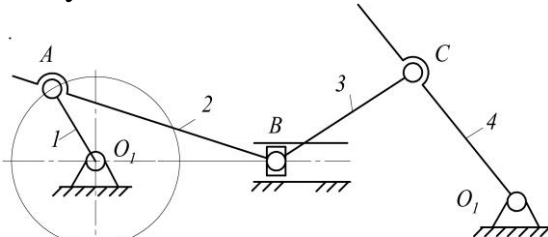
<p>51.</p>	<p>Planetar mexanizmni qo'zg'aluvchi zvenolar soni nechta?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>52.</p>	<p>Tish qirqish mexanizmida zvenolar soni nechta?</p> 	<p>a) 2 b) 3 c) 4 d) 5</p>
<p>53.</p>	<p>Tish qirqish mexnizmida P_5-beshinchi klass kinematik juftlar soni nechta?</p> 	<p>a) 2 b) 3 c) 4 d) 5</p>
<p>54.</p>	<p>Tishli-kulochokli-richagli mexanizmni qo'zg'aluvchan zvenolar nechta?</p> 	<p>a) 2 b) 3 c) 4 d) 5</p>

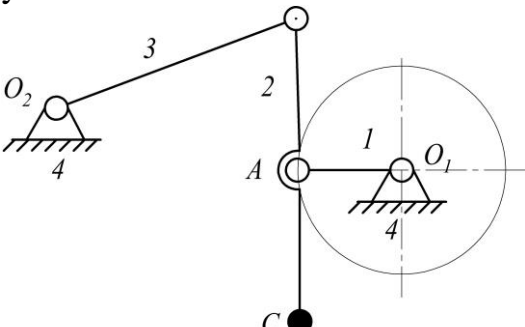
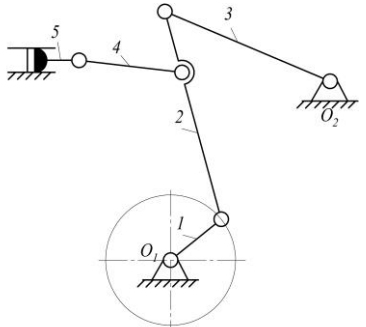
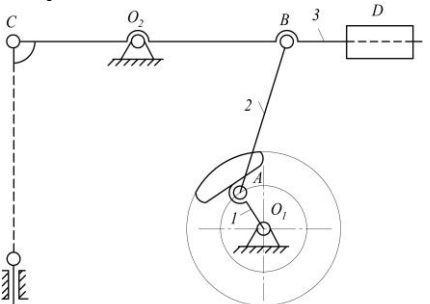
<p>55.</p>	<p>Bu mexanizmda nechta P_5-beshinchi klass kinematik juft mavjud?</p> 	<p>a) 6 b) 3 c) 7 d) 5</p>
<p>56.</p>	<p>Bu mexanik sistema nima?</p> 	<p>a) kinematik zanjir b) ferma c) mexanizm d) Assur gurux</p>
<p>57.</p>	<p>Manipulyatorning erkinlik darajasini aniqlang?</p> 	<p>a) 3 b) 4 c) 5 d) 6</p>
<p>58.</p>	<p>Ortiqcha erkinlik darajasi bor mexanizmni ko'rsating?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

<p>59.</p>	<p>Ichki yonuv dvigateli mexanizmini qo'zg'aluvchan zvenolar sonini aniqlang?</p> 	<p>a) 7 b) 8 c) 5 d) 6</p>
<p>60.</p>	<p>Quyidagilardan passiv zvenosi bor mexanizmni ko'rsating?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>61.</p>	<p>Quyidagilardan III-klass Assur guruxini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>62.</p>	<p>Bu qanday mexanik sistema?</p> 	<p>a) mexanizm b) ferma c) kinematik zanjir d) Assur gurux</p>

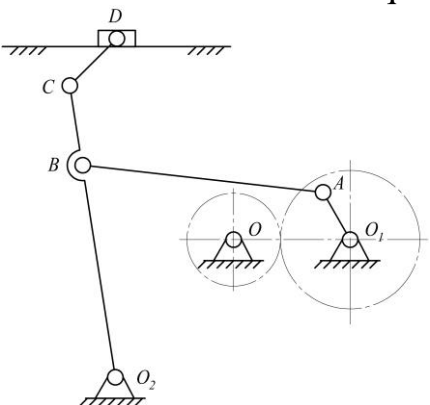
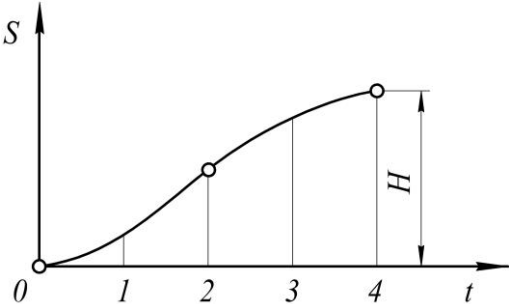
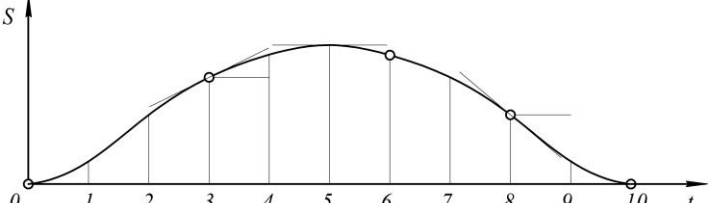
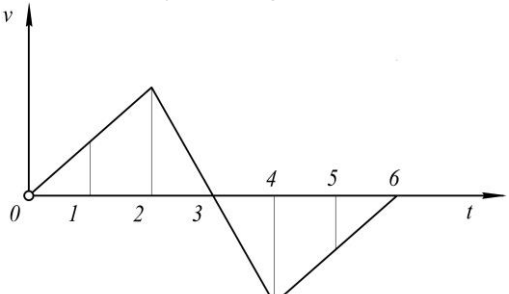
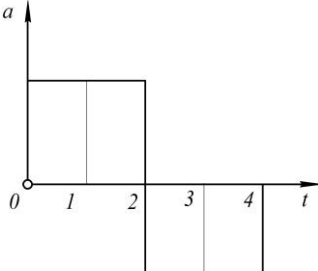
<p>63.</p>	<p>Bu mexanizmدا nechta Assur guruxi bor?</p> 	<p>a) 2 b) 3 c) 4 d) 5</p>
<p>64.</p>	<p>Bu mexanizmدا nechta II sinf Assur guruxi bor?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>65.</p>	<p>Bu mexanizmدا yetakchi zvenoga nechta Assur guruxi bog'langan?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>66.</p>	<p>Keltirilgan olti zvenoli mexanizmlarda qaysi birida III-klass Assur guruxi qo'llanilgan?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

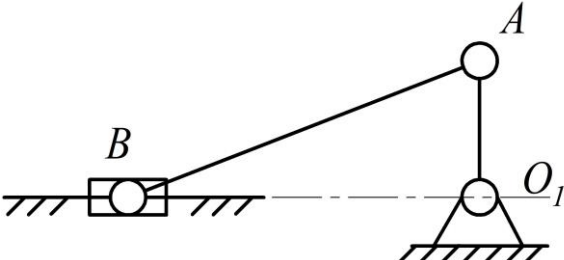
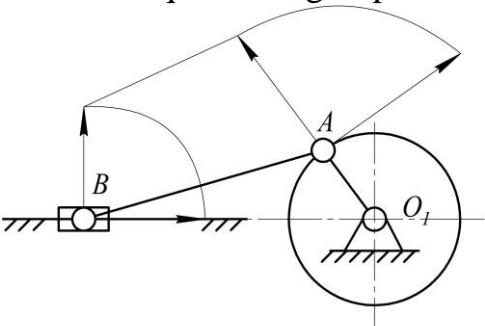
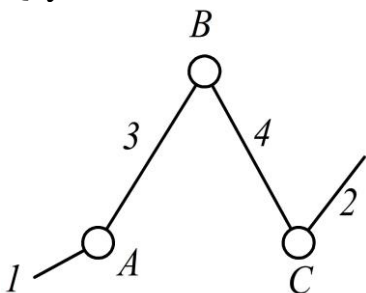
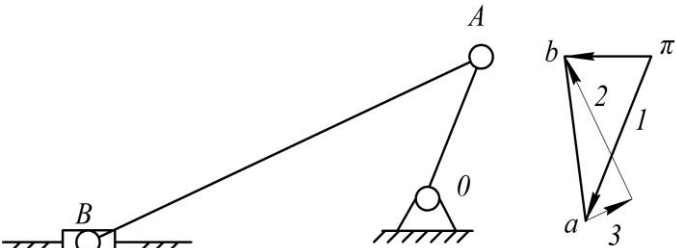
<p>67. Bu mexanizmda nechta qo'zg'aluvchan zveno mavjud?</p>		<p>a) 4 b) 5 c) 3 d) 2</p>
<p>68. Mexanizmnı Assur klassifikatsiyasi bo'yicha klassini aniqlang?</p>		<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>69. Mexanizmnı Assur klassifikatsiyasi bo'yicha klassini aniqlang?</p>		<p>a) 4 b) 2 c) 3 d) 1</p>
<p>70. Bu mexanizmda nechta qo'zg'aluvchan zveno bor?</p>		<p>a) 4 b) 5 c) 3 d) 2</p>

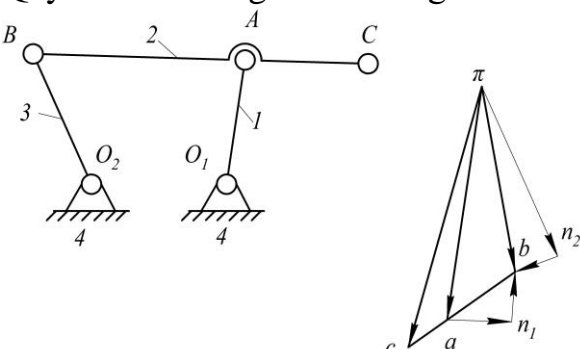
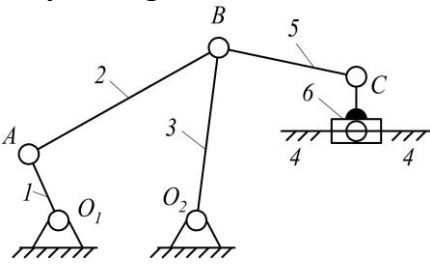
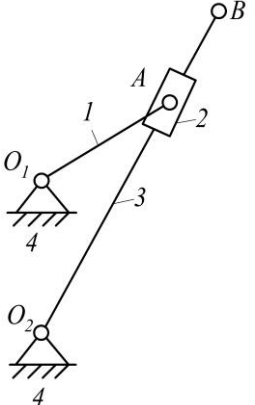
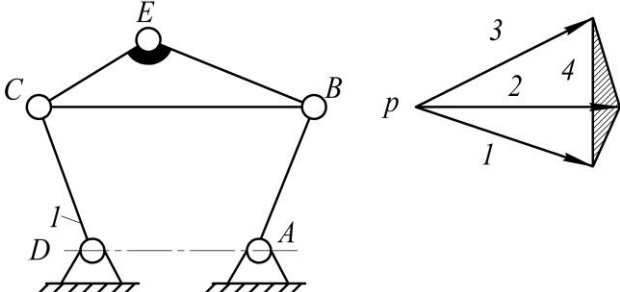
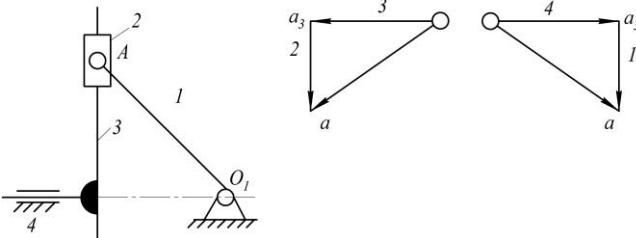
<p>71.</p>	<p>Bu mexanik sistema nima?</p> 	<p>a) mexanizm b) Assur gurux c) kinematik zanjir d) ferma</p>
<p>72.</p>	<p>Bu mexanizmda P_5-beshinchi klass kinematik juftlar soni nechta?</p> 	<p>a) 5 b) 7 c) 6 d) 4</p>
<p>73.</p>	<p>Kinematik tekshirish masalasiga nimalar kirmaydi?</p>	<p>a) Zvenolarni xolatini va traektoriyasini topish b) CHiziqli tezlik va tezlanishlarni topish c) Zvenolarni burchak tezligi va burchak tezlanishlarini topish d) Mexanizm zvenolarini metrik o'lchamlarini topish</p>
<p>74.</p>	<p>Berilgan mexanizmnı qaysi zvenosi koromıslı deb yuritiladı?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

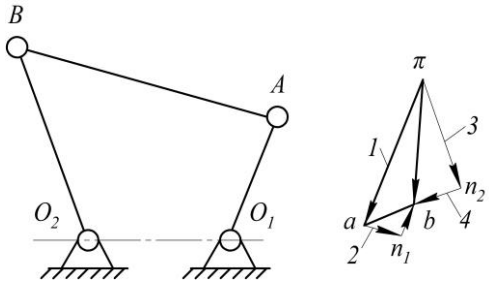
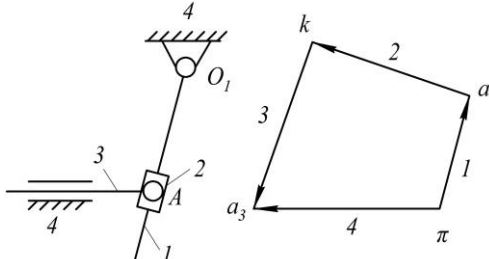
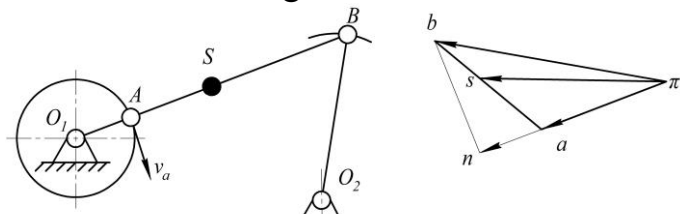
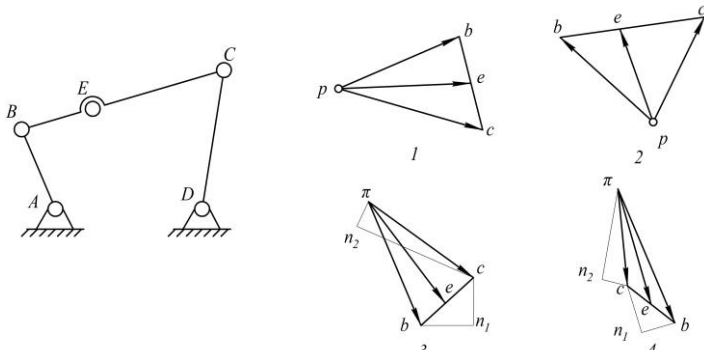
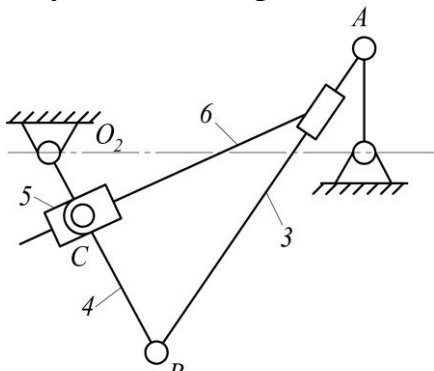
75.	Kinematik sintez masalasiga nimalar kirmaydi?	a) Mexanizmni sxemasi va tipini tanlash b) Berilgan parametrlarga asoslanib zvenolarni metrik o'lchamlarini topish c) Berilgan yetakchi zvenoni qonuniyatiga qarab yetakchi zvenoni berilgan qonunlarini topish d) Etaklanuvchi zvenoni harakat qonuni berilgan yetakchi zvenoni qonunga asosan topish
76.	Berilgan mexanizmni qaysi zvenosi shatun deb yuritiladi? 	a) 1 b) 2 c) 3 d) 4
77.	Qaysi zveno koromislo 	a) 1 b) 2 c) 3 d) 4
78.	Qaysi zveno shatun vazifasini bajaradi 	a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

<p>79.</p>	<p>Agar $O_1O_2 < AB = O_2B = O_1A$ bo'lsa, 1-zveno aylanma harakat qilayotgan taqdirda 3-zveno qanday harakatni amalga oshiradi?</p>	<p>a) aylanma-qaytma b) ilgarlanma c) aylanma d) tekis parallel</p>
<p>80.</p>	<p>Mexanizmning 5-zvenosi qanday harakatni amalga oshiradi?</p>	<p>a) aylanma b) tekis parallel c) tebranma d) ilgarlanma</p>
<p>81.</p>	<p>Mexanizmning 2-zvenosi qanday harakatni amalga oshiradi?</p>	<p>a) ilgarlanma b) tebranma c) aylanma d) tekis-parallel</p>
<p>82.</p>	<p>Mexanizmning 3-zvenosi qanday harakatni amalga oshiradi?</p>	<p>a) ilgarlanma b) tebranma c) aylanma d) tekis-parallel</p>

<p>83.</p>	<p>Mexanizmni AB shatuni qanday harakatlanadi?</p> 	<p>a) ilgarlanma b) tebranma c) aylanma d) tekis-parallel</p>
<p>84.</p>	<p>Berilgan $S=S(t)$ grafigidan qaysi holatda tezlik maksimum xolatida bo'ladi?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>85.</p>	<p>$S=S(t)$ grafigida qaysi xolatda tezlik maksimal bo'ladi?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>86.</p>	<p>Polzunning tezlik $v=v(t)$ grafigida qaysi xolatda siljish eng katta bo'ladi?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>87.</p>	<p>Tezlanish $a=a(t)$ grafigida qaysi xolatda tezlik maksimal bo'ladi?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

<p>88.</p>	<p>Krivoship polzunli mexanizmni $\varphi=90^\circ$ bo'lgan xolati uchun qaysi formula orqali tezlanish topish mumkin?</p> 	<p>a) $a_B = r\omega^2\lambda$ b) $a_B = r\omega^2(1+\lambda)$ c) $a_B = -r\omega^2(1+\lambda)$ d) $a_B = -r\omega^2\lambda$</p>
<p>89.</p>	<p>A nuqtani tezligi berilgan bo'lsa qaysi usul bilan B nuqtani tezligi topiladi?</p> 	<p>a) tezliklar rejasi usuli b) aylantirilgan tezliklar rejasi usuli c) tezliklarni aylantirish usuli d) tezliklarni proektsiyalash usuli</p>
<p>100.</p>	<p>$\pi a=r_a$ bo'lganda qaysi formula orqali tezlanish masshtabini topiladi?</p>	<p>a) $\mu_a = \mu_1\omega$ b) $\mu_a = \mu_1\omega^2$ c) $h_1 = \frac{\mu_s}{\mu_v\mu_1}$ d) $h_2 = \frac{\mu_v}{\mu_a\mu_1}$</p>
<p>101.</p>	<p>Qaysi formulada xatolikka yo'l qo'yilgan?</p> 	<p>a) $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{AB}$ b) $\vec{v}_B = \vec{v}_C + \vec{v}_{BC}$ c) $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$ d) $\vec{a}_C = \vec{a}_A + \vec{a}_{CA}^n + \vec{a}_{CA}^t$</p>
<p>102.</p>	<p>B nuqtani tangentsial tezlanish vektorini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

<p>103.</p>	<p>Qaysi vektor tenglama noto'g'ri?</p> 	<p>a) $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$ b) $\vec{a}_B = \vec{a}_{O_2} + \vec{a}_{BO_2}^n + \vec{a}_{BO_2}^t$ c) $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}$ d) $\vec{a}_C = \vec{a}_{O_1} + \vec{a}_{CO_1}$</p>
<p>104.</p>	<p>Qaysi tenglamada xatolik bor?</p> 	<p>a) $\omega_2 = \frac{v_{AB}}{l_{AB}}$ b) $\omega_2 = \frac{v_B}{l_{O_2B}}$ c) $\omega_5 = \frac{v_C}{l_{CB}}$ d) $\omega_6 = 0$</p>
<p>105.</p>	<p>Qaysi formula noto'g'ri?</p> 	<p>a) $\vec{v}_A = \vec{v}_{A_2} + \vec{v}_{AA_2}$ b) $\vec{v}_B = \vec{v}_{O_2} + \vec{v}_{BO_2}$ c) $\vec{v}_B = \vec{v}_{A_3} \frac{O_2B}{O_2A_3}$ d) $\vec{v}_B = \vec{v}_{O_1} + \vec{v}_{BO_1}$</p>
<p>106.</p>	<p>C nuqtani B nuqta atrofida aylanma harakatidagi tezligini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>107.</p>	<p>A nuqtani vektor tezlanishini toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>

<p>108.</p>	<p>B nuqtani O_2 nuqtaga nisbatan tebranma harakatidagi tangentsial tezlanishi $\vec{a}_{BO_2}^t$ ni toping?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>109.</p>	<p>Korolis tezlanishi vektorini ko'rsating?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>110.</p>	<p>Tezlanishlar rejasidagi tangentsial tezlanish vektorini ko'rsating?</p> 	<p>a) πa b) an c) nb d) πb</p>
<p>111.</p>	<p>Qaysi reja noto'g'ri qurilgan?</p> 	<p>a) 1 b) 2 c) 3 d) 4</p>
<p>112.</p>	<p>Qaysi vektor tenglama noto'g'ri?</p> 	<p>a) $\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$ b) $\vec{v}_B = \vec{v}_{O_2} + \vec{v}_{BO_2}$ c) $\vec{v}_{C_6} = \vec{v}_B + \vec{v}_{C_6B}$ d) $\vec{v}_{C_6} = \vec{v}_{C_5} + \vec{v}_{C_6C_5}$</p>

113.	Zveno kinetik energiyasi $T = \frac{J\omega^2}{2}$ qaysi harakat uchun	a) Aylanma harakat uchun b) Ilgarlanma harakat uchun c) Tekis harakat uchun d) Qo'zg'almas harakat
114.	Zveno kinetik energiyasi $T = \frac{mV^2}{2}$ qaysi harakat uchun	a) Aylanma harakat uchun b) Ilgarlanma harakat uchun c) Tekis harakat uchun d) Qo'zg'almas harakat
115.	Moddiy nuqta kinetik energiyasini o'zgarishini izohlang	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
116.	Kinetik energiyaning bajargan ishi qanday ifodalanadi	a) $A_g = A_{\phi K} + A_{3K}$ b) $\Pi = mgh$ c) $\sum \frac{m_i v_0^2}{2} = 0$ d) $\frac{m_i v_0^2}{2} - \frac{m_i v_0^2}{2} = \sum_{i=1}^k A_i$
117.	Mashinaning davriy harakati nima?	a) Yetaklovchi zveno harakatiga aytiladi b) Yetaklovchi zveno harakatini tsikl bo'yicha o'zgarishi c) Mashina harakatini tasodifan o'zgarishi d) Foydali harakatni kamayib ketishi
118.	Qo'zg'almas o'q atrofida harakatlanuvchi zvenoning kinetik energiyasi qanday aniqlanadi?	a) $E_a = \frac{J_o \cdot \omega_1^2}{2}$ b) $E_a = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}$ c) $E_u = mgh$ d) $E_u = \frac{m_u \cdot \mathcal{G}_u^2}{2}$
119.	Ilgarlanma harakatdagi zvenoning kinetik energiyasi qanday bo'ladi?	a) $E_a = \frac{J_o \cdot \omega_1^2}{2}$ b) $E_a = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}$ c) $E_u = mgh$ d) $E_u = \frac{m_u \cdot \mathcal{G}_u^2}{2}$

120.	Aylanuvchi masalalarni dinamik muvozanatlashtirish shartini ko'rsating	a) $\sum m_i \vec{r}_i = 0, \vec{r}_S = 0$ b) $\sum m_i \vec{r}_i = 0, \sum m_i \vec{r}_i l_i = 0$ c) $m_1 r_1 \omega^2 + m_2 r_2 \omega^2 + m_3 r_3 \omega^2 + \dots = 0, \vec{r}_S = 0$ d) $m_1 r_1 + m_2 r_2 + m_3 r_3 + \dots = 0, \vec{r}_S = 0$
121.	Bosh valga keltirilgan moment M ni qaysi tenglikdan topish mumkin?	a) Bir zumdagi quvvatlarni tengligidan b) Kinetik energiya tengligidan c) Massalar tengligidan d) Kuchlar tengligidan
122.	Zvenolari aylanma harakatdagi mashina uchun harakat qonuni tenglamasini ko'rsating?	a) $\sum \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \sum A$ b) $\sum \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \sum A$ c) $\sum \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2) = A_0 - A_{p,k} - A_{r,k}$ d) $\sum \frac{I}{2} (\omega_2^2 - \omega_1^2) = A_0 - A_x \pm A_y \pm A_z$
123.	Qaysi kuch bajargan ish faqat musbat bo'ladi?	a) Kranga osilgan yukni og'irlik kuchi b) Pribor mexanizmlaridagi ishqalanish kuchi c) Kompresorlardagi gazni sikish uchun sarflangan qarshilik kuchi d) Soat mexanizmidagi prujinani kuchi
124.	Qaysi kuch faqat mexanizmni holatiga bog'lik?	a) Og'irlik kuchi b) Prujina kuchi c) Ishqalanish kuchi d) Foydali qarshilik kuchi
125.	Qaysi kuchni bajargan ishi faqat manfiy bo'ladi?	a) Porshenni inertsia kuchi b) SHatunni og'irlik kuchi c) Klapandagi prujina kuchi d) Nasos porsheniga ta'sir
126.	Keltirgan kuchni qaysi formuladan topish mumkin?	a) $\sum N_i = x_1$ b) $P_n V_B = x_2$ c) $M_n \omega = x_3$ d) $\frac{\sum N_i}{V_B} = x_4$

127.	Quyidagi tenglama $\sum \frac{mv_2^2}{2} = A_g - A_c$ harakatni qaysi vaqti uchun tuzilgan?	a) Boshlang'ich b) To'xtash c) Muvozanat holati d) Tormozlanish
128.	Notekis harakatda δ nimani bildiradi	a) Notekis harakat koeffitsienti b) Maksimal tezlik c) Minimal tezlik d) O'rtacha tezlik
129.	Mexanizmning barqaror ishlash tartibida harakatga keltiruvchi kuchlarning bajargan ishi (A_x) qarshilik kuchlarining bajargan ishiga (A_k)	a) $A_x = A_k$ b) $A_x > A_k$ c) $A_x < A_k$ d) $A_x = 0$
130.	Yurgizish davrida zvenoning burchak tezligi	a) oshadi b) 0 c) kamayadi d) o'zgarmas
131.	Berilgan kuchlar gruppasiga qaysilar kiradi.	a) Og'irlik, harakatlantiruvchi, inertsiya kuchlari b) Harakatlantiruvchi, foydali, zararli qarshilik kuchlari c) Harakatlantiruvchi, og'irlik , zararli qarshilik kuchlari. d) Og'irlik inertsiya foydali qarshilik kuchlari.
132.	Foydali qarshilik kuchlari qaysi qonuniyat asosida berilgan bo'ladi.	a) O'zgarmas va masofaga bog'lik qonuniyat. 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
133.	Harakatlantiruvchi kuch deb nimaga aytamiz.	a) Mashinaning qabul qilish organiga ta'sir etib, uni harakatga keltiruvchi kuchga. b) Vaqt birligi ichida bajarilgan ishga c) Masofaga bog'liq ravishda ta'sir etuvchi kuchi d) Tezlanish bilan ifodalangan kuchga

134.	Harakatlantiruvchi kuchning bajarish ishi nimaga teng $\alpha=0$ bo'lganda.	a) $A_g = \int_{x_1}^{x_2} P \cdot dx$ b) $N_g = P \cdot V$; c) $A_g = G \cdot h$; d) $A_g = P \cdot S \cdot \cos(\overline{PS})$
135.	Og'irlik kuchi bajargan ish qanday ifodalanadi	a) $A_g = \int_{x_1}^{x_2} P \cdot dx$ b) $A = \pm G \cdot h$ c) $dA = PdS$ d) $A_g = P \cdot S \cdot \cos(P, S)$
136.	Foydali ish deb nimaga aytamiz	a) Foydali karshilikni yengish uchun sarflangan kuchning ishi. b) Inertsiya kuchini yengishga sarflangan kuch. c) Og'irlik kuchini yengishga sarflangan kuchni d) Og'irlik va inertsiya kuchini yengishga sarflangan energiyaga.
137.	Mashinaning harakat davrlarining tug'risi qaysi.	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
138.	Mashinaning yurgizish davrida kinetik energiya qanday bo'ladi.	a) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_o^2}{2} = o$ b) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_o^2}{2} = 1$ c) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_1^2}{2} = o$ d) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_1^2}{2} - \sum \frac{mi \mathcal{G}_o^2}{2} = 0$
139.	Mashinaning barqaror ishlash davrida kinetik energiya qanday bo'ladi.	a) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_o^2}{2} = o$ b) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_o^2}{2} = 1$ c) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_1^2}{2} = o$ d) $\sum \frac{mi \mathcal{G}_1^2}{2} - \sum \frac{mi \mathcal{G}_o^2}{2} = 0$

140.	Mashinaning to'xtash davrida bajarilgan ish qanday ifodalanadi.	a) $A_{3K} = \sum \frac{mi g_0^2}{2} = 0$ b) $A_g = A_{\phi K} + A_{3K}$ c) $\sum \frac{mi g_1^2}{2} - \sum \frac{mi g_o^2}{2} = 0$ d) 0
141.	Massalarni statik muvozanatlash qanday bo'ladi.	a) Aylanuvchi zveno o'z og'irlik markazidan o'tmaydigan o'qqa nisbatan aylansa va tinch turgandagi istalgan holatida muvozanatda bo'lgan holati b) Massaning statik momenti markazdan qochuvchi inertsiya kuchiga teng bo'lganda. c) Inertsiya kuchlari va reaksiya kuchlari teng bo'lganda d) Inertsiya kuchlari 1 ga teng bo'lganda
142.	Mashinaning davriymas harakati nima?	a) Foydali harakatni kamayib ketishi b) Yetaklovchi zveno harakati c) Mashina harakatini tasodifan o'zgarishi d) Yetaklovchi zveno harakatini tsikl bo'yicha o'zgarishi
143.	Qaysi holda zvenoga ta'sir etayotgan kuchlar musbat qiymatga ega bo'ladi?	a) $\alpha > 90^\circ$ b) Kuch vektori bilan kuch qo'yilgan nuqta tezlik vektori orasidagi burchak c) $\alpha < 90^\circ$ d) $\alpha > 180^\circ$
144.	Inertsiya kuchining momenti qaysi holda 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 tezlanishi nolga teng bo'lsa.
145.	Zvenoning massasi oshsa, uning keltirilgan inertsiya momenti	a) Oshadi b) Kamayadi. c) O'zgarmaydi. d) Bilmayman.

146.	Ikkita yuzani sirpanishida ishqalanish koeffitsienti nimaga bog'lik?	a) Materialga b) Holatga c) Material va holatga d) Tezlikga
147.	Qaysi holatni suyuq ishqalanish deb ataladi?	a) Umuman yog'lanmagan holatda b) Yuzalarni yarmidan kami suyuqlik ichida bo'lsa c) Yuzalarni yarmidan ko'pi suyuqlik ichida bo'lsa d) Yuzalarni orasidagi suyuqlik katlami 1 mm dan ko'p bo'lsa
148.	Katta bosimda harakatlanayotgan yuzalarda ishqalanish koeffitsienti nimaga bog'liq emas?	a) Normal bosimga b) Sirpanish yuzasini holatiga c) Sirpanuvchi yuzalarni materialiga d) Sirpanish tezligiga
149.	Qiya tekislikdagi jism uchun ishqalanish kuchi qanday aniqlanadi.	a) $P = G \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos(\vartheta - \beta)}$ b) $N = G \cos - P \sin \beta$ c) $f_k = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos(\vartheta - \beta)}$ d) $F = P \cos \beta \cdot G \sin \alpha$
150.	Kinematik juft elementlaridagi ishqalanish turlarini ko'rsating	a) Quruq ishqalanish, o'ta quruq ishqalanish, suyuq ishqalanish yarim suyuq ishqalanish, yarim quruq ishqalanish b) Quruq ishqalanish; chegaralik ishqalanish; suyuq ishqalanish, yarim suyuq ishqalanish, yarim quruq ishqalanish. c) Quruq ishqalanish, chegaralik ishqalanish, suyuq ishqalanish, o'rta suyuq ishqalanish yarim quruq ishqalanish d) Suyuq ishqalanish, yarim suyuq ishqalanish, chegarali ishqalanish, yarim quruq ishqalanish
151.	Tekislikda turgan jism to'la reaksiya kuchi qanday aniqlanadi.	a) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{N}$ b) $R = F + N$ c) $F = f_0 N$ d) $F = N + \operatorname{tg} \alpha$

152.	Tekislikda turgan jism ishqalanish kuchi qanday aniqlanadi	a) $F = f \cdot N$ b) $A = P \cdot S$ c) $tg\alpha = f$ d) $\alpha = arctgf$
153.	Qiya tekislik umumiy vaziyat uchun keltirilgan ishqalanish koeffitsienti qanday aniqlanadi.	a) $P = G \cdot \frac{\sin}{\cos(\vartheta - \beta)}$ b) $f_k = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos(\vartheta - \beta)}$ c) $N = G \cos - P \sin \beta$ d) $P = G \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = f \cdot G;$
154.	Agarda $A_D^I + A_D^{II} + A_D^{III}$ teng bo'lsa parallel ulangan mashinalarni umumiy F.I.K ni ko'rsating?	a) $\eta = \frac{A_D^I \eta_1 + A_D^{II} \eta_2 + A_D^{III} \eta_3}{A_D^I + A_D^{II} + A_D^{III}}$ b) $\eta = \eta_1 = \eta_2 = \eta_3$ c) $\eta = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3}{3}$ d) $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$
155.	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
156.	Mashina va mexanizmlar FIK qanday aniqlanadi.	a) $\varphi = \frac{A_{3K}}{A_{\chi K}}$; b) $\eta = \frac{A_{3K}}{A_{\chi K}}$; c) $A_{\chi K} = A_{\phi K} + A_{3K}$ d) $A_{\chi \alpha K} = \frac{A \varphi_K}{Z}$
157.	Mashina va mexanizmlarda yo'qolish koeffitsienti qanday aniqlanadi.	a) $\eta = \frac{N_{\phi K}}{N_{\chi K}}$ b) $\eta = \frac{A_{\varphi K}}{A_{\chi K}}$ c) $\varphi = \frac{A_{3K}}{A_{\chi K}}$ d) $A_{3K} = A_{\chi K} + A_{\phi K}$

158.	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) $N_{jM} = N_{xk} + N_{xk}$
159.	Mashina mexanizmlarni dempfrlash nima	a) Dinamik ustivorlik degani b) Harakat so'ndiruvchi mexanizmlar c) Sistemada «elastiklik» alomati bor degani d) Erkinlik darajasi birga teng mexanizmlar
160.	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
161.	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
162.	Kinetik energiya nima?	a) Zvenoning buralish hisobiga paydo bo'lgan energiya b) Zvenoning tezligi o'zgarishi hisobiga 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
163.	Bosh zveno shesternya bo'lganda reykali uzatmaning uzatish soni nimaga teng?	a) 0 b) 1 c) 2 d) ∞

164.	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
165.	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) $R = \frac{1}{2}m(z - 2)$
166.	Qaysi ilashmada g'ildiraklarda tishlar soni va modul bir xil bo'lsa o'zaro almashuvchi bo'la oladi?	a) Reykali b) Evolventali c) TSikloidali d) Yulduzchali
167.	Qaysi ilashmada profilning ishchi uchastkasi qabariq	a) TSikloidal b) Novikov c) Yulduzchali d) Evolventali
168.	Qaysi ilashmada o'qlar orasidagi masofani o'zgarishi tishlarni to'g'ri ilashishiga ta'sir qilmaydi?	a) Evolventali b) Yulduzchali c) Reykali d) TSikloidali
169.	Ko'chirish yo'li bilan tishli g'ildirak profilini yasashda qanday uskana ishlatiladi?	a) CHervyakli freza b) Diskli freza c) Grebenka d) Dolbyak
170.	Musbat tishli g'ildirakni bo'luvchi aylanasi buyicha tish qalinligini topish formulasini aniqlang?	a) $x_1 = \pi m$ b) $x_2 = \frac{\pi m}{2}$ c) $x_3 = \frac{mz}{2}$ d) $x_4 = \frac{\pi m}{2} + 2xtg\alpha$
171.	Nisbiy harakatda qaysi tishli g'ildirakni aylanasi tsentroida bo'ladi?	a) Asosiy b) Boshlangich c) Bo'luvchi d) Kallagi buyicha

172.	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) $x_4 = 2,25m$
173.	Nuqtaviy ilashish nazariyasini kim ishlab chiqqan?	a) Assur b) Novikov c) Eyler d) Jukovski
174.	Siljish koeffitsientini topish formulasini toping?	a) $x_1 = \frac{P}{\pi}$ b) $x_2 = \frac{l_{unau}}{P}$ c) $x_3 = \frac{l_{akm}}{P \cos \alpha \omega}$ d) $x_4 = \frac{17-Z}{17}$
175.	Tish profilini qaysi uchastkasi ko'proq ishqalanishga uchraydi?	a) Evolventani kallagi uchastkasi b) Evolventani oyog'i uchastkasi c) Polyus atrofi uchastkasi d) Tish profilini evolventadan tashqari uchastkasi
176.	Uch zvenoli tishli mexanizm uchun keltirilgan uzatish soni ifodasidan xato ifodani toping?	a) $x_1 = \frac{n_2}{n_1}$ b) $x_2 = \frac{z_2}{Z_1}$ c) $x_3 = \frac{r_2}{r_1}$ d) $x_4 = \frac{r_{b_2}}{r_{b_1}}$
177.	O'qlari bir-birini kesib o'tuvchi vallardagi harakatni uzatish uchun qanday mexanizm qo'llanadi?	a) TSilindrik tishli b) Reykali tishli c) Konussimon tishli d) CHervyakli
178.	O'qlari parallel bo'lgan uzatmalarda bir valdan ikkinchi valga harakatni uzatishda qanday uzatmalardan foydalaniladi?	a) TSilindrik tishli uzatma b) Konussimon tishli uzatma c) CHervyakli uzatma d) Gipoidli uzatma

179.	CHervyakli uzatmani kamchiligini ko'rsating?	a) Katta uzatish soni bulish imkoniyati b) O'z-o'zidan tormozlanish imkoniyati c) Katta aylantiruvchi momentni uzatish imkoniyati d) Tayyorlash va yig'ish qiyinligi
180.	Evolventa profilli tishlar kim tomonidan ilmiy asoslangan?	a) Assur b) Novikov c) Eyler d) Jukovski
181.	Tishli g'ildirakda «evolventa» nimani bildiradi	a) Tishning profili b) Tishning kalinligi c) Tishning balandligi d) G'ildirakning buluvchi aylanasini
182.	Tishli g'ildirakda «m» nimani bildiradi	a) G'ildirak moduli b) G'ildirak massasi c) G'ildirak og'irligi d) G'ildirak diametri
183.	Tishli g'ildirak «moduli»ni birligi	a) mm b) kg c) N d) sek
184.	Tishli g'ildirakda $P=\pi m$ nimani bildiradi	a) Tishning qadami b) Tishning qalinligi c) Tishning balandligi d) Galtel radiusi
185.	Tishli g'ildirakda $d=mz$ formuladagi «z» nimani bildiradi	a) Tishlar soni b) G'ildiraklar soni c) Podshipniklar soni d) O'qlar soni
186.	Bo'luvchi aylana bo'yicha tish qalinligi qaysi formula orqali topoladi	a) $s = \frac{P}{2}$ b) $s = \frac{P}{4}$ c) $s = P$ d) $s = 2P$
187.	Evolventali g'ildiraklarda qoplanish koeffitsienti qiymati	a) $1 < \varepsilon < 2$ b) $\varepsilon = 0,5$ c) $\varepsilon = 2,5$ d) $\varepsilon = 3$

188.	$b=xm$ formulada «x» nimani bildiradi	a) Korrektsiyalash koeffitsienti b) Siljish koeffitsienti c) Balandlik koeffitsienti d) Tirqish koeffitsienti
189.	Tish asosining uyilib kesilishi qachon sodir bo'ladi	a) Tishlar soni 17 dan kam bo'lganda b) Tishlar soni 17 dan ko'p bo'lganda c) Xar doim d) Hech kachon
190.	Qirkuvchi «insturumental reyka» qanday g'ildiraklarni tayorlash uchun ishlatiladi	a) Obkatka usuli b) Nusxa olish usuli c) Quyma usuli d) SHtamplash usuli
191.	Barmokli frezada tishli g'ildiraklarni tayorlash qaysi usulga kiradi	a) Obkatka usuli b) Nusxa olish usuli c) Quyma usuli d) SHtamplash usuli
192.	Bo'luvchi aylana radiusi qaysi formula bqyicha aniqlanadi	a) $r = 2m \cdot z$ b) $r = \frac{m \cdot z}{2}$ c) $r = m \cdot z$ d) $r = \frac{2m}{z}$
193.	Nolaviy tishli g'ildiraklar uchun profil burchagi	a) $\alpha = 20^\circ$ b) $\alpha = 15^\circ$ c) $\alpha = 30^\circ$ d) $\alpha = 0^\circ$
194.	Uzatishlar nisbati qaysi formula bo'yicha aniqlanadi	a) $U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ b) $U_{12} = \omega_1 \cdot \omega_2$ c) $U_{12} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ d) $U_{12} = 0$
195.	CHervyakli (ayqash) uzatmalarda «K» nimani belgilaydi $U = \frac{Z_k}{K}$	a) Kirim sonini b) Tishlar sonini c) G'ildirak sonini d) Karobka (kuti) sonini
196.	Qatorli tishli mexanizmni uzatish sonini qiymatini va ishorasini aniqlang $z_1=20$, $z_2=30$, $z_3=50$, $z_4=100$.	a) $U_{14} = +5$ b) $U_{14} = -5$ c) $U_{14} = +10$ d) $U_{14} = -10$

197.	Ilashish moduli «m» oshishi natijasida tishli g'ildiraklarning geometrik parametri qanday o'zgaradi	a) Oshadi b) Kamayadi c) O'zgarmaydi d) Og'irlashadi
198.	Tish balandlik koeffitsienti $h=1$ bo'lganda, nolaviy tishli g'ildirakning tish osti qirqilmasligini ta'minlaydigan eng kam tishlar soni, bu:	a) 17 b) 14 c) 15 d) 16
199.	Nolaviy tishli g'ildiraklar tayyorlanganda, uning bo'luvchi aylana diametri qiruvchi reykaning o'rta chizig'iga nisbatan:	a) Urinma bo'ladi. b) Tepada bo'ladi. c) Ostida bo'ladi. d) chap Tomonida bo'ladi
200.	Bo'luvchi diametr va modul o'zgarmagan holda, musbat tishli g'ildirakning tish kallagi diametri nolaviy tishli g'ildiraknikiga nisbatan qanday bo'ladi?	a) Kattaroq. b) O'zgarmaydi. c) Kichikroq. d) Korrektsiya koeffitsientiga bog'lik bo'ladi
201.	Qoplanish 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) $\varepsilon = (n_1 \cdot n_2) / 2$
202.	Agar har bir o'qqa bittadan tishli g'ildirak o'rnatilsa, bu uzatma qanday bo'ladi?	a) Oddiy b) Pogonali c) Planetar d) Diferentsial
203.	Agar qatorli 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) $U_{15} = -1/3$
204.	Tishlar oraliq bo'shlig'i koeffitsienti S teng	a) 0,25 b) 0,15 c) 0,12 d) 0,2
205.	Tishli uzatmani asosiy geometrik o'lchamlarini ko'rsating.	a) $D, D_a, D_e, t, m, z, h.$ b) $D, D_a, D_e, R, P, g.$ c) $t, m, g, R, S.$ d) $D, D_a, D_e, P, S, h.$

206.	Tishli g'ildirak boshlang'ich aylanasi diametri qanday aniqlanadi.	a) $D_e = D + 2h$ b) $D_i = D - 2h$ c) $D = D_e - D_2$ d) $D = mz$
207.	Tish qadami qanday aniqlanadi.	a) $s = \frac{t}{z}$ b) $t = \pi m$ c) $D = mz$ d) $i = \frac{D_2}{D_1}$
208.	Normal ilashishdagi tishli g'ildirakda ilashish burchagi α qanday olinadi	a) $\alpha = 25^\circ$ b) $\alpha = 30^\circ$ c) $\alpha = 15^\circ$ d) $\alpha = 20^\circ$
209.	Tishli uzatmada uzatish soni qanday aniqlanadi.	a) $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}$ b) $\mathcal{G} = \omega \frac{D_1}{2}$ c) $i = \frac{D_2}{D_1}$ d) $\omega = \frac{\pi u}{30}$
210.	Tish moduli qanday aniqlanadi	a) $D = mz$ b) $m = \frac{t}{\pi}$ c) $\omega = \frac{\pi m}{30}$ d) $i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$
211.	SHestrni va tishli g'ildirak o'qlari orasidagi masofa qanday aniqlanadi?	a) $s = \frac{t}{z}$ b) $A = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$ c) $i = \frac{D_2}{D_1}$ d) $D = \frac{t \cdot z}{\pi}$
214.	Differentsial mexanizm bilan qaysi operatsiya bajarilishi mumkin?	a) Ko'paytirish b) Bo'lish c) Qo'shish d) Olish

213.	Diametral qadam Pitchi deb nimaga aytamiz.	a) boshlang'ich aylana diametrining 1 dyuymga to'g'ri kelgan tishlar soni b) boshlang'ich aylana diametrining Tish qadamiga nisbati c) Tish qadami diametriga nisbati d) O'qlar orasidagi masofa
214.	Tishli uzatma ilashish moduli deb nimaga aytamiz.	a) Tish balandligi «h» ning «π» ga nisbati b) Tish diametri «D» ning tish qadami «t» ko'paytmasi c) Tish qadami «t» ning «π» ga nisbati d) Tishlar soni «z» ning «D» ko'paytmasi
215.	Planetar mexanizmدا K-satilitlar soni, A-butun son bo'lsa qushnichilik shartini ko'rsating?	a) $Z_3 = Z_1 + 2Z_2$ b) $Z_1 + Z_3 = KA$ c) $(Z_1 + Z_2) \sin \frac{\pi}{k} > (Z_2 + 2)$ d) $U_{1H} = 1 - U_{13}$
216.	Harakatlanuvchi o'qli g'ildiragi bor mexanizm nima deb ataladi?	a) Planetar b) To'lqinsimon c) Kulachokli d) Kulisali
217.	Epitsiklik mexanizmlar kinematikasini o'rganishda qo'llaniladigan formula nomini ko'rsating?	a) Malishev-Somova b) CHEbishev c) Gerts d) Villis
218.	Villis formulasi qaerda qo'llaniladi	a) Planetar mexanizmida b) Kulachokli mexanizmida c) Richagli mexanizmida d) Kulisali mexanizmida
219.	«parazitli» g'ildiraklar nima uchun xizmat qiladi	a) Aylanish yo'nalishini o'zgartirish b) Yetaklovchi g'ildirak tezligini o'zgartirish c) CHiroyli bo'lishi d) Mexanizm o'lchamini kattalashtirish
220.	Differentsial mexanizm yarim o'qlaridan biri aylanmaganda, unda	a) $\omega_1 = 2\omega_2$ b) $\omega_1 = -\omega_2$ c) $\omega_1 = \omega_2$ d) $\omega_1 = 1/2\omega_2$

221.	Planetar mexanizmda qo'zg'aluvchanlik darajasi nechaga teng bo'ladi?	a) $\omega = 2$ b) $\omega = 1$ c) $\omega = 3$ d) $\omega = 4$
222.	Differentsial mexanizmda qo'zg'aluvchanlik daraja nechaga teng bo'ladi.	a) $\omega = 2$ b) $\omega = 1$ c) $\omega = 3$ d) $\omega = 4$
223.	Epitsiklik mexanizm qanday usulda tekshiriladi.	a) Analitik va grafik usul b) Grafoanalitik va trigonometrik c) Trigonometrik va analitik; d) Analitik va grafoanalitik;
224.	Villis formulasini ko'rsating.	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) $\pi I = tz$
225.	Planetar mexanizmidagi qo'shnihilik 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) $U = z_1 / z_2$
226.	Planetar mexanizmni loyihalash nimadan boshlanadi?	a) Mexanizmning sxemasini tanlashdan. b) Mexanizmdagi kuchlarni hisoblashdan. c) G'ildirakdagi chiziqli va burchak tezliklarini hisoblashdan d) Tishlar sonini aniqlashdan
227.	Avtomobil to'g'ri harakatlanganda uning differentsial mexanizmda:	a) yarim o'qqa o'rnatilgan markaziy tishli g'ildiraklarning burchak tezliklari $\omega_1 = \omega_2$ b) vodiloning aylanishlar soni $\omega_N = 0$ c) yarim o'qqa o'rnatilgan markaziy tishli g'ildiraklarning burchak tezliklaridan biri nolga teng d) satelitlar burchak tezliklari nolga teng bo'ladi

228.	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
229.	Ilgariylanma qaytarilanma harakat qiluvchi rolikli tolkatelli kulachokli mexanizmda ruxsat etilgan maksimal bosim burchagi qancha?	a) $\delta=60^\circ$ b) $\delta=30^\circ$ c) $\delta=0^\circ$ d) $\delta=40^\circ$
230.	Kulachokli mexanizmni analiz masalasi nimadan iborat?	a) Berilgan qonunga qarab kulachokni profilini topish b) Yetaklanuvchi zvenoni berilgan harakat qonuni buyicha o‘lchamlarini aniqlash c) Kulachokli mexanizmni berilgan o‘lchamlari buyicha talkatelni harakat qonunini topish d) Kulachokni harakat qonuniga karab tolkatelni harakat qonunini topish
231.	Kulachokli mexanizmda 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
232.	Kulachokli mexanizmlar tarkibida qanday kinematik juft bo‘lishi shart?	a) Quyi b) Oliy c) SHarnirli d) Barmoqli-sharnir
233.	Kulachokli mexanizmlarni afzallik xususiyatlari nimadan iborat?	a) Yetaklovchi zvenoni kerakli harakat qonuniyatlarini olish imkoniyatini borligi b) Kulachokni murakkab profillini yasash qiyinligi c) Kulachok profillini yeyilishi hisobiga harakat qonunini aniqlik darajasini pasayishi d) Sintez qilishni soddaligi
234.	Tebranma harakat qiluvchi kulisali mexanizmdagi tosh qanday harakat kiladi?	a) Aylanma b) Ilgariylanma-qaytarillanma c) Tekis parallel d) Oddiy tekis

235.	Kulachokli mexanizmda γ_{min} nimani bildiradi	a) Harakatni <i>min</i> uzatish burchagi b) Bosim burchagi c) Uzoq faza burchagi d) Kulachokni <i>min</i> radiusi
236.	Kulachokli mexanizmda α_b nimani bildiradi	a) Ruxsat etilgan bosim burchagi b) Harakatni minimal uzatish burchagi c) Uzoqdagi burchak d) Yaqindagi burchagi
237.	Kulachokli mexanizmda h_{max} nimani bildiradi	a) Turtkichning maksimal bosib o'tgan yo'li b) Turtkich uzunligi c) Koromislo uzunligi d) Turtkich uzunligi
238.	Mashinalarning gaz taqsimlash tizimida qanday mexanizm qo'llangan?	a) Kulachokli b) Tishli. c) Friksion d) Richagli
239.	Qanday kulachokli mexanizmlar mavjud	a) tekislik va fazoda harakatlanuvchi b) aktsiol va fazoda harakatlanuvchi c) dezaktsiol va tekislikda harakatlanuvchi d) aktsial va dezaktsial harakatlanuvchi
240.	Kulachokli mexanizm kinematik analizida qaysi parametrlar aniqlanadi.	a) kuch, tezlik, quvvat b) ish, kuch, quvvat c) masofa, quvvat, tezlanish d) masofa, tezlik, tezlanish
241.	Kulachokli mexanizm kinematik analizida qanday usul qo'llanadi.	a) grafik usul b) analitik usul c) trigonometrik usul d) grafoanalitik usul
242.	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) $\mu_3 = \mu_t \omega$ d) $\mu_4 = \mu_t \omega^2$
243.	Koromisloli tolkatelli tebranma harakat qiluvchi kulachokli mexanizmni ruxsat etilgan minimal uzatuvchi burchagi qancha?	a) $\gamma=40^\circ$ b) $\gamma=30^\circ$ c) $\gamma=60^\circ$ d) $\gamma=90^\circ$

244.	Kulachokli mexanizmni sintez qilish masalasiga nimalar kiradi.	a) $S=S(t)$ funktsiyasini ko'rish b) $V=V(t)$ funktsiyasini ko'rish c) $a=a(t)$ funktsiyasini ko'rish d) Berilgan harakat qonuni va boshqa berilgan o'lchamlarga asosan kulachok profilini ko'rish
245.	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
246.	$a^t=a^t(t)$ 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
247.	Kulachokli mexanizmnda φ_u nimani bildiradi	a) Uzoqlashish fazasi b) Uzoqda turish fazasi c) Qaytish fazasi d) Balandlik fazasi
248.	Kulachokli mexanizmnda φ_q nimani bildiradi	a) Uzoqlashish fazasi b) Uzoqda turish fazasi c) Qaytish fazasi d) Balandlik fazasi
249.	Kulachokli mexanizmnda τ_{0min} nimani bildiradi	a) Kulachokni min radiusi b) Kulachokni o'rtacha radiusi c) Kulachokni maksimal radiusi d) Rolik radiusi
250.	Kulachokli mexanizmlar necha xil loyihalanadi.	a) Aktsial va kinematik b) Dezaktsial va statik c) Kinematik va dezaktsial d) Kinematik va dinamik

TEST JAVOBLARI

1 b	2 a	3 b	4 c	5 d	6 b	7 a	8 c	9 b	10 c
11 b	12 c	13 b	14 a	15 b	16 a	17 c	18 b	19 d	20 b
21 c	22 c	23 b	24 c	25 b	26 c	27 d	28 c	29 d	30 b
31 b	32 c	33 d	34 a	35 c	36 d	37 d	38 b	39 d	40 d
41 b	42 d	43 c	44 d	45 c	46 d	47 b	48 a	49 d	50 c
51 b	52 d	53 c	54 d	55 c	56 c	57 c	58 a	59 a	60 c
61 b	62 b	63 b	64 b	65 d	66 c	67 b	68 c	69 a	70 b
71 d	72 b	73 d	74 d	75 d	76 b	77 c	78 b	79 c	80 c
81 d	82 b	83 d	84 b	85 d	86 c	87 b	88 a	89 c	90 b
91 d	92 b	93 d	94 d	95 d	96 d	97 b	98 D	99 b	100 c
101 c	102 c	103 a	104 b	105 c	106 d	107 b	108 a	109 d	110 b
111 a	112 d	113 d	114 b	115 d	116 d	117 c	118 a	119 a	120 a

121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
b	d	a	d	b	a	d	a	d	a
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
a	c	c	a	a	c	d	d	a	b
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
b	d	b	c	d	b	c	a	b	c
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
a	b	c	d	a	b	a	b	d	b
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
b	a	d	b	b	d	c	a	d	c
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
a	b	a	a	a	a	a	a	a	a
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
b	b	a	a	a	b	a	a	a	a
191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
a	a	a	a	a	d	b	d	c	b
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
a	a	a	a	a	d	b	d	c	b
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
a	c	a	c	d	a	d	a	a	a
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
b	a	d	a	a	a	a	d	b	c
231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
d	b	a	b	a	a	a	a	d	d
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250
a	c	b	d	d	b	a	c	a	d

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Djuraev A. va boshq. Mexanizm va mashinalar nazariyasi.-T.: O'qituvchi, 2004
2. Артоболовский И.И."Теория механизмов и машин".М.:«Наука»,1988 г.
3. Frolov K.V. va bosh. " Mashina va mexanizmlar nazariyasi ".T.: «O'qituvchi», 1990 g.
4. Usmonxojaev X.X. "Mexanizm va mashinalar nazariyasi". T.: «O'qituvchi»,1981 y.
5. Кореняко А.В Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. М.:Наука, 1975
6. Karimov R.I, Saliyev A. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanidan o'quv qo'llanma.T.: ToshDTU,2006
7. John Uicker, Gordon Pennock, and Joseph Shigley "Theory of Machines and Mechanisms" Publication Date - February 2010
8. K.J. Waldron, G. L. Kinzel"Kinematics, Dynamics and Design of Machinery", John Wiley, 2014
9. В. А. Юдин, Г. А. Барсов, Ю. А. Снупин «Сборник задач по теории механизмов и машин ». М.: « Высшая школа», 1982 г.
10. Yo'ldoshbekov S.A Mexanizm va mashinalar nazariyasi.-T.:2006
11. Jo'raev A., Tojiboev R. Amaliy mexanika.-T.: Fan va texnologiya, 2007
12. Izzatov Z.X. "Mexanizm va mashinalar nazariyasidan kursaviy loyihalash". T. : «O'qituvchi», 1979 y.
13. Юдин В.А., Петрокас Л.В. "Теория механизмов и машин". М.: «Высшая школа», 1977 г.
14. Левицкая О. Н., Левицкий Н. И. "Курс теории механизмов машин" М. : «Наука», 1985 г.
15. Muxamedov J. «Mexanizm va mashinalar nazariyasi». Ma'ruza matni. Namangan - 2016 y.
16. Сборник задач по теории механизмов и машин: учебное пособие/ И.И. Артоболовский, Б.В. Эдельштейн.-М.:Альянс, 2009.-256 с.

17. Теория механизмов и механика машин/К.В.Фролов, С.А.Попов, А.К. Мусатов и др.; под ред. К.В.Фролова.-4-е изд.-М.: Высшая школа, 2003.-496 с.
18. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: учеб.пособие / В.Т.Горбенко, М.В.Горбенко.-Изд.2-е, испр. И дополн.-Томск: Изд-во ТПУ, 2007.-144 с.
19. Теория механизмов и машин. Сборник задач и упражнений: учеб.пособие / Т.И.Горбенко, М.В.Горбенко.-Томск: Изд-во ТПУ, 2011 г.
20. Кудруавцев В.Н. Планетарные передачи.-М.-Л.: Машиностроение, 1966.-308 с.
21. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин: учебное пособие для вузов/ С.А. Попов, Г.А. Тимофеев; под ред. К.В. Фролова.-6-е изд., стер.-М.: Высшая школа, 2008.-458 с.
22. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин.-М.: Высш.шк. 1985.-279 с.

MUNDARIJA

KIRISH	2
I-BOB. KINEMATIK JUFTLAR VA ZANJIRLAR, MEXANIZM TURLARI	
1.1 Kinematik juftlar va ularning klassifikatsiyasi.....	8
1.2 Kinematik zanjir va uning turlari. Assur guruhlar.....	17
1.3 Tekis va fazoviy mexanizmlarni strukturaviy tahlili. Mexanizmlarning klassifikatsiyasi.....	23
II-BOB. MEXANIZMLAR KINEMATIKASI	
2.1 Mexanizmlarni kinematik tahlili. Masshtab koeffitsienti. Mexanizmlar kinematikasini grafik usulda tekshirish.....	46
2.2 Mexanizmlar kinematikasini analitik usul bilan o'rganish.....	63
2.3 Polyar planlar usulida mexanizmlar kinematikasini tekshirish.....	72
III-BOB. MEXANIZMLAR DINAMIKASI	
3.1 Mexanizmlar dinamikasi. Mexanizm bo'g'inlariga ta'sir etuvchi kuchlar. Inertsiya kuchlari va momentlari.....	95
3.2 Mexanizmlarni kinetostatik hisoblash. Jukovskiychi richagi.....	105
3.3 Mexanizmlarni dinamik modeli. Keltirilgan kuchlar va massalar. Kinetik energiya va differentsial tenglama ko'rinishida mashinaning harakat tenglamasi.....	119
IV-BOB. TISHLI MEXANIZMLAR	
4.1 Tishli mexanizmlar va ularning turlari. Ilashmaning asosiy qonuni.	127
4.2 Evolventa va uning xossalari. TSilindrsimon tishli g'ildirakning geometrik parametrlari.....	135
4.3 Evolventali ilashma va uning xossalari.....	140
4.4 Tishli g'ildiraklarni tayyorlash usullari. Tishli g'ildiraklarni korrektsiyalash. Reykali ilashma.....	149

4.5	Qo'zg'almas o'qli tishli uzatmalarning kinematikasi. Planetar va differentsial mexanizmlar. Villis formulasi.....	158
-----	---	-----

V-BOB. KULACHOKLI MEXANIZMLAR

5.1	Kulachokli mexanizmlar, ularning turlari. Kulachokning faza burchaklari. Kulachokli mexanizmlarning tahlili, bosim va uzatish burchaklari. Turtkichning harakat qonunini tanlash.....	179
5.2	Rolikli va tekis turtkichli kulachokli mexanizmlarning minimal radiusini aniqlash va profilini loyihalash.....	188
5.3	Turtkichi tebranma harakat qiluvchi kulachokli mexanizmning minimal radiusini aniqlash va profilini loyihalash.....	199

VI-BOB. ROBOT VA MANIPULYATORLAR

6.1	Sanoat robotlari va manipulyatorlar to'g'risidagi umumiy tushunchalar.....	206
6.2	Sanoat robotlarida qo'llanadigan manipulyatorlarni strukturasi va funktsional sxemalari.....	208
6.3	Manipulyatorlarni mexanik masalalari.....	218
6.4	Manipulyator mexanizmini kinematik analizi.....	219
6.5	Manipulyator mexanizmini kinetostatik xisoblash.....	223
6.6	Sanoat robotlarini faolligini hisoblash.....	224
6.7	Manipulyatorlarni muvozanatlash.....	227
	TESTLAR.....	230
	TEST JAVOBLARI.....	271
	FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	273