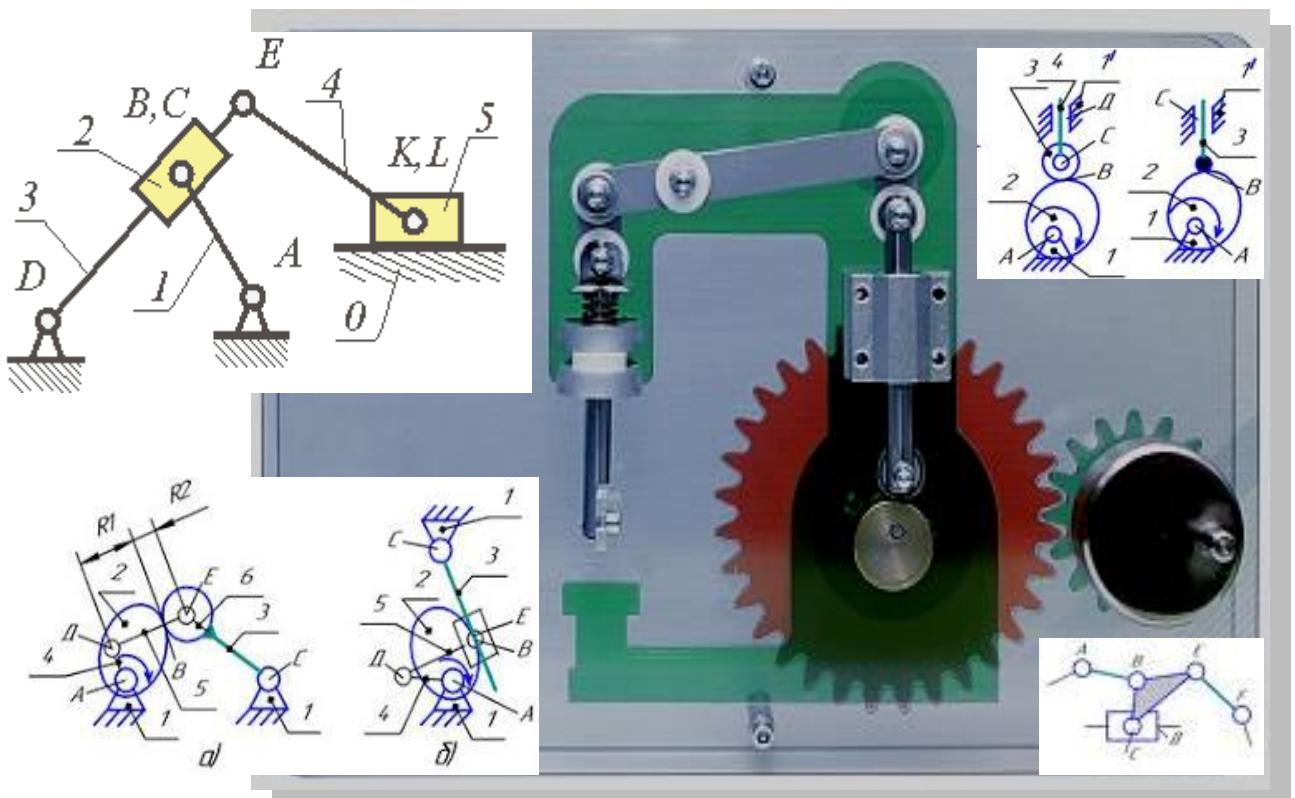


MASHINA VA MEXANIZMLAR NAZARIYASI



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

Z.O.SHODIYEV, N.O.QALANDAROV

MASHINA VA MEXANIZMLAR NAZARIYASI

Oliy ta'lim muassasalari 5450300 – Suv xo'jaligi va melioratsiya ishlarini mexanizatsiyalashtirish, 5321500 - Texnologiyalar va jihozlar (tarmoqlar bo'yicha), 5320200 - Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqrishini jihozlash va avtomatlashtirish, 5310600 – Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (avtomobil transporti bo'yicha), 5320300 – Texnologik mashina va jihozlar (tarmoqlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabalari uchun

DARSLIK

Buxoro – 2020

Mualliflar: **Shodiyev Ziyodullo Ochilovich**
 Qalandarov Navro'zbek Olimbayevich

Mazkur darslik 5450300 – Suv xo'jaligi va melioratsiya ishlarini mexanizatsiyalashtirish, 5321500 - Texnologiyalar va jihozlar (tarmoqlar bo'yicha), 5320200 - Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqrishini jihozlash va avtomatlashtirish, 5310600 – Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (avtomobil transporti bo'yicha), 5320300 – Texnologik mashina va jihozlar (tarmoqlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan. Unda mashina va mexanizmlarni turlari, mexanizmlar analizi va sintezi, tekislikdagi mexanizmlarning kinematik va dinamik taxlili, kulochokli va tishli mexanizmlarni vazifasi hamda loyihalash to'g'risida ma'lumotlar berilgan.

Taqrizchilar: **Dustkarayev N.A.** - Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandisliklari instituti Buxoro filiali "Umumkasbiy fanlar" kafedrsi dotsenti, t.f.n.
Xasanov I.S. - Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandisliklari instituti Buxoro filiali "Qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash" fakulteti dekani, dotsent, t.f.n.
Bibutov N.S. – Buxoro muhandislik – texnologiya instituti "Mexanika asoslari" kafedrası dotsenti, t.f.n.

Kirish

O'zbekiston Respublika Prezidentining 2017 yil 20 apreldagi "Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora - tadbirlari to'g'risida"gi PQ-2909-sonli, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 27 iyuldagi "Oliy ma'lumotli mutaxassislar tayyorlash sifatini oshirishda iqtisodiy sohalari va tarmoqlarini ishtirokini yanada kengaytirish chora - tadbirlari to'g'risida"gi PQ-3151-sonli O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 5 iyundagi "Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha chora - tadbirlar to'g'risida"gi PQ-3775-sonli qarorlarida mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda oliy ta'lim muassasalarining ishtiroki hamda tashabbuskorligini oshirish bo'yicha tizimli ishlarni tashkil etish, hududlarni, iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohalarni jadal rivojlantirishga qaratilgan normativ-huquqiy hujjatlar va dasturlar loyihalarining keng muhokamasida oliy ta'lim muassasalarining faol ishtirokini ta'minlash, innovatsion va texnologik g'oyalarni har tomonlama rivojlantirish hamda qo'llab-quvvatlash uchun zarur shart-sharoitlar yaratish, professor-o'qituvchilar, yosh olimlar va talabalarning innovatsion texnologiyalarni yaratish borasidagi tashabbuskorligini oshirish yuzasidan aniq choralar ko'rish, iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohalar tashkilotlari rahbarlari, yetakchi mutaxassislari, faol tadbirkorlar bilan dolzarb masalalarda seminar va davra suhbatlarini doimiy ravishda o'tkazib borish, ularning faoliyatida yuzaga kelayotgan muammolarning yechimiga qaratilgan ilmiy-amaliy izlanishlarni olib boorish bo'yicha muhim vazifalar belgilab berildi. Shuningdek oliy ta'lim muassasalarini xorijiy tajribalar asosida tayyorlangan adabiyotlar bilan ta'minlash, mutaxassisliklar kesimida tegishli fanlar bo'yicha yangi adabiyotlar yaratish hamda tarjima qilish ishlari amalga oshirish bo'yicha muxim vazifalar belgilab berilgan. Respublikamiz iqtisodiyotini yanada yuksaltirish, zamon talablariga mos bo'lgan bilimli, yetuk kadrlarni tayyorlash bo'yicha har bir ta'lim yo'nalishlari va mutaxassisliklari uchun

kadrlar buyurtmachilari bilan hamkorlikda ishlab chiqarish korxonalarida o'quv mashg'ulotlari o'tkazilishi yo'lga qo'yildi.

Mashinasozlik sanoatini rivojlanishi bilan mexanizmlar nazariyasining turli bo'limlari ham rivojlana boshladi. Dastlab mexanizmlarni taxlil qilish usullari so'ngra XIX asr o'rtalariga kelib mexanizmlarni sintez qilish usullari rivojlandi. XX asr boshlarida mashinasozlikning rivojlanishi mexanizmlarning tuzilish nazariyasini ishlab chiqilishiga olib keldi.

Zamonaviy mashinasozlik fan oldiga dasturli boshqarish sistemalaridan iborat yuqori unumdor mashinalarni yaratish talablarini qo'ya boshladi. Ayniqsa robotlar va manipulyatorlar nazariyasiga yuqori talablar qo'yilmoqda. Zamonaviy mashinalar mexanikasida mexanizm bo'g'inlari qayishqoqligi, tebranishlarning mashina, inshoot va xizmat operatorlariga bo'ladigan ta'sirini nazarga olib, taxlil qilish tarqala boshladi. Mashina va mexanizmlar nazariyasi fani asrlar davomida rivojlanib borib, hozirda zamonaviy fanlardan biriga aylandi.

Mashina va mexanizmlar nazariyasi fanini rivojlanishiga dunyoga mashhur olimlar: Relo, L.V.Assur, P.L.CHebishev, N.G.Burmester, R.Villis, L.Eyler, X.I.Goxman, N.I.Mersalov, I.I.Artobolevskiy, N.Jukovskiy. S.A.CHerkudinov, K.V.Frolov, N.I.Levitskiy, SN.Kojevnikov, A.P.Bessonov bilan bir qatorda O'zbekiston olimlari akademiklar M.T.Urazboyev, X.X.Usmonxo'jayev, texnika fanlari doktori, professorlar A.J.Jo'rayev, SH.Alimuxamedov, R.Karimov, G.K.Kuziboyev, S.Yo'ldoshbekov, texnika fanlari nomzodi, dotsentlar M.R.Mavlyaviev, T.Abdukarimov va boshqalar katta xissa qo'shganlar.

O'zbekiston hududida qadimdan yashab kelgan olimlar mashinalar mexanikasida keng ma'lumotlarga va bilimlarga ega bo'lganlar. Bu bilimlardan suv ko'taruvchi g'ildiraklarni yaratishda, zamonaviy yigiruv va to'quv dastgoxlariga o'xshash turlarini ishlab chiqishda, turli o'lchov moslamalari va uzatmalarni tayyorlashda foydalanilgan.

Umuman olganda, mexanizm va mashinalar mexanikasi asoslari buyuk allomalarimiz Abu Rayxon Beruniy (973-1048), Al-Fargoniy (IX asr), Abu Ali ibn

Sino (980-1037), Giyosiddin Koshiy (XV asr), Sidjizi (X asr) kabilar tomonidan tegishlicha yaratilgani diqqatga sazovordir.

Mashina va mexanizmlar nazariyasi fani rivojlanishida ko'pgina ilmiy izlanishlari alohida o'rin tutadi. Shunday olimlardan Galiley teng o'zgaruvchan harakat dinamika qonunlarini, Lagranj esa mumkin bo'lgan qo'shishlar (virtual ko'chishlar) prinsipini ochib berdilar, Koriolis mexanik harakatlardagi o'zaro ta'sirning tuchuntirib berdi. Mashhur mexaniklardan I.V.Meshsherskiy (1859 - 1935) o'zining «O'zgaruvchan massali nuqta dinamikasi» (1897), rus professori P.I. Somovning mexanizmlar geometrikanalizi va sentiziga oid asarlari Bilan o'z hissalarini qushib kelmoqda.

Qishloq xo'jaligi mashinalari mexanikasi sohasida akademik V.P.Goryashkinning (1868 - 1935) xizmatlari g'oyat kattadir. Peterburg politexnika institutining professori Leonid Vladimirovich Asur (1878 - 1920) tekislikda harakat qiluvchi sterjenli mexanizmlarning tuzulishi va klassifikasiyasiga oid katta – katta ishlar qildi. L.V. Asur quyi juftlardan tarkib topgan va tekislikda harakat qiladigan sterjenli mexanizmlarning tuzulish qonunini topdi va tekis mexanizmlarni ma'lum klass hamda tartiblarga bo'ldi.

Mazkur darslik oliy o'quv yurtlarining 5321500-Texnologiyalar va jihozlar (tarmoqlar bo'yicha), 5320200-Mashinasozlik texnologiyasi, mashinasozlik ishlab chiqrishini jihozlash va avtomatlashtirish, 5310600 – Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (avtomobil transporti bo'yicha), 5320300 – Texnologik mashina va jihozlar (tarmoqlar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabalari foydalanishi mumkin.

I.BOB. MASHINA VA MEXANIZM NAZARIYASI HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR, ULARNING TA'RIFLARI VA TURLARI.

1.1. MASHINA VA MEXANIZMLAR NAZARIYASI FANNING MAQSAD VA VAZIFALARI.

Mashina va mexanizmlarning texnika jihatidan qanchalik takomillashganligi, bu mashina mexanizmlarni bevosita yoki bilvosita boshqarib turuvchi kadrlar malakasiga bog'liqdir. Asosan jamiyatimizdagi yosh kadrlarni yuqori darajali malakasiga bog'liqdir. Jamiyatni rivoj uchun yuqori malakali mutaxassislar yordamida ishlab shiqarishni unumdorligini oshirish, buning uchun texnikani yangi turlarini kashf etish shu borada rivojlantirishni jahon miqiyosiga ko'tarish, hamda jamiyatda olg'a qadam tashlashga erishish mumkin.

Mexanika qadimiy fan bo'lib bu fan shu kungacha bir nechta tarmoqlarga bo'linib alohida alohida Fan sifatida rivojlanib kelmoqda. Bugungi kunda mexanika fani asosan 2 qisimdan iborat bo'lib ulardan biri nazariy mexanika ikkinchisi esa amaliy mexanika hisoblanadi.

1. **Nazariy mexanika** bunda material sistema harakatining umumiy qonuniyatlari va xossalari o'rganiladi.

2. **Amaliy mexanika** muhandislarni umumtexnik jihatdan tayyorgarligiga asos bo'luvchi fandır. “Amaliy mexanika” predmeti kompleks fan hisoblanib, o'z ichiga “Materiallar qarshiligi”, “Mashina va mexanizmlar nazariyasi” va “Mashina detallari” fanlarining asosiy qoidalarini u yoki bu hajmda oladi. “Amaliy mexanika” fanini o'rganishda tegishli bo'limlarni yaxlit va bir-biriga o'zaro mantiqiy bog'langan holda o'rganilishiga e'tibor berish zarur.

Materiallar qarshiligi qismi materiallarning mustahkamligi, bikrligi va ustivorligini o'rganish bilan shug'illanadi.

Mexanizm va mashinalar nazariyasi qismida mexanizmlar va mashinalarning tuzilishi, kinematikasi, dinamikasi, analizi va sintezi (tahlili – loyihalash) kabi masalalar o'rganiladi.

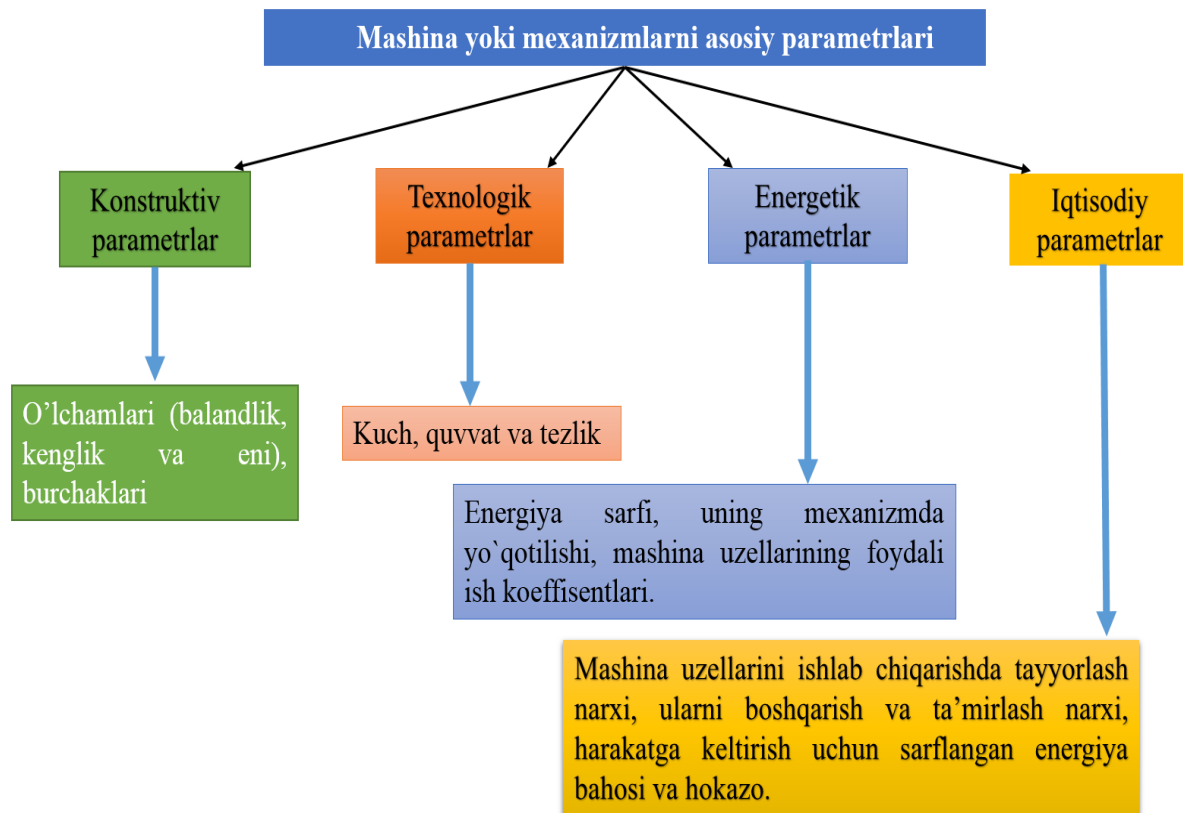
Mashina detallari qismida konstruktsiyalari, birikmalar, uzatmalar, o'qlar va vallar, podshipniklar, muftalar va prujinalarni loyihalash, konstruktsiyalash, hisoblash hamda mashina detallari ishchanlik qobiliyatining asosiy me'zonlari: mustahkamlik, bikirlik, emirilishiga chidamlik, aniqlik titrashga turg'unlik masalalarini o'rganiladi.

Mashinalar yaratishga qo'yiladigan talablar. Hammamizga ma'lumki mashinalar yoki mexanizmlar yaratishda ularga qo'yiladigan talablar mavjud bo'lib ular quydagilardan iborat¹.

1. Texnika talablari – bunda asosan mashina ish unumining yuqor bo'lishi, aniq harakat qilishi va sifatli mahsulot ishlab chiqarish talab etiladi.

2. Konstruksiyaning ratsional bo'lishi – bunda mashinang ortiqcha og'irlikdagi qismlari bo'lmasligi, materiallarni to'g'ri tanlash va detallardagi haqiqiy kuchlanishi optimal bo'lishi talab qilinadi.

Mashina yoki mexanizmlarni ularning parametrlari bo'yicha nazoratdan o'tkazish talab qilinganda quyidagi parametrlar ko'zda tutiladi.



¹ John Uicker, Gordon Pennock, and Joseph Shigley "Theory of Machines and Mechanisms" Publication Date - February 2010.

Mashina va mexanizmlarning moddiy boyliklar ishlab shiqarishdagi ahamiyati hozirgi kunda har qachongidan ham oshib bormoqda. Mashina sanoatimizning turli soxalarida qo'l mehnati o'rnini bosmoqda. Mashina va mexanizmlar og'ir sanoatda, o'rmon xo'jaligida, aviatsiya sanoatida, yengil, to'qimacxilik, oziq - ovqat sanoati va boshqa tarmoqlarda xizmat qilib kelmoqda.

Mashina va mexanizmlar nazariyasining vazifalarini, asosan, uch bo'limga ajratish mumkin: mexanizmlar sintezi, mashina va mexanizmlar dinamikasi, avtomat mashinalar nazariyasi. Mexanizmlar sintezi ma'lum harakatning bajarilishini ta'minlaydigan sxemani tanlash va shu sxema parametrlarini topish bilan shug'ullanadi. Avtomat mashinalar nazariyasida - ayrim mexanizmlarning bir-biriga bog'liq ishlash sxemasini tuzish hamda mashinalarning optimal unumdorligi, aniqligi va puxtaligiga erishish usullari ishlab chiqiladi. Avtomat mashinalar nazariyasida mantiqiy algebrani qo'llashga asoslangan usullar keng tarqaldi. Bu usullar boshqarish tizimlarining mantiqiy sintezi deb ataladi. Boshqarish tizimlarida elektr elementlar bilan birga pnevmatik elementlar qo'llaniladi. Robotlarni loyihalash usullarini ishlab chiqish avtomat mashinalar nazariyasining eng so'nggi yutuqlaridan biri bo'ldi.

Mexanizmlarni o'rganishda ikkita masala hal qilinadi:

1. Mexanizmlar analizi bunda mavjud mexanizmlar kinematik va dinamik jihatdan tekshiriladi. Mexanizmlar analizidan, asosan texnologik maqsadlar uchun foydalaniladi; mutaxasis texnologlar uchun mexanizmning ayrim nuqtalari harakat qonunini bilish katta ahamiyatga egadir.

2. Mexanizmlar sintezi bunda bizga kerak bo'lgan ya'ni texnologik jarayonnin bajarishda ishlatiladigan mexanizm zvenolaring harakat qonuni berilgan bo'ladi va shu harakat qonuni amalga oshiruvchi mexanizm yaratish talab etiladi. Mutaxasis mashinasozlar uchun sintezning ahamiyati g'oyat kattadir. Turli maqsadlarni amalga oshirmoq uchun yaratilgan turli inshootlar va uskunalarni, asosan ikkita katta gruppaga bo'lish mumkin; birinchisi, qismlari bir – biriga nisbatan qo'zg'almaydigan, ikkinchisiga esa qismlari bir – biriga nisbatan qo'zg'ala oladigan qurilmalar kiradi.

Mexanizmlar sintezi masalalarini hal qilish tartibini uch bosqichga keltirish mumkin. Birinchi bosqich - sintezning asosiy mezonini va shartlarini tanlash, ya'ni qo'yiladigan talablarni shakllantirish. Bunda texnologik va konstruktiv masalalar matematik masalalarga aylanadi. Ikkinchi bosqich - sintezning asosiy mezonini qiymatini ifodalovchi funksiyani analitik ifodasini aniqlash. Asosiy mezon mexanizmning vazifasiga qarab tanlanadi. Ba'zi mexanizmlar uchun uning analitik ifodasi juda murakkab. Uchinchi bosqich - cheklash shartlarini hisobga olgan holda asosiy mezonni optimallashtirish shartlaridan foydalanib, mexanizmning doimiy parametrlarini hisoblash. Bunda bir yoki bir nechta tenglama va tengsizliklar tizimini yechishga to'g'ri keladi.

Qismlari nisbiy harakatda bo'ladigan qurilmalar mexanikasi bilan, asosan, Mashina va mexanizmlar nazariyasi fani shug'ullanadi. Inson biror ishni bajarish davrida ma'lum tartibda harakat qiladi. Mashina yoki mexanizmlar harakati ham insoniyatning harakatlanish jarayinidagi harakat tartibiga asoslangan holatda amalga oshiriladi.

Mexanizm (yun. mechane — qurol, inshoot) — bir yoki bir necha jismning harakatini boshqa jismlarning ma'lum harakatiga aylantirib beradigan qurilma. Ko'pchilik mashinalarning asosini tashkil etadi, ko'pgina asboblari, apparatlar va texnika qurilmalarida qo'llaniladi. Vazifasiga qarab, mexanizmlar harakatni uzatuvchi, ijrochi (ish bajaruvchi), boshqaruvchi, nazorat qiluvchi va rostlovchi, ta'minlovchi, saralovchi, tashuvchi, mahsulotlarni hisoblovchi, tortuvchi va joylashuvchi mexanizmlar bo'ladi. **Bo'g'in (zveno)**- bitta yoki bir-biriga nisbatan harakat qila olmaydigan bir necha detallar yig'indisidan iborat bo'lishi mumkin.

Harakatni o'zgartiruvchi mexanizmlar energiyani mexanik ishga yoki mexanik ishni energiya boshqa turiga aylantiradi (M: dvigatel, nasos, kompressor va boshqalar). Harakat uzatuvchi mexanizmlar dvigateldan olingan harakatni (valning aylanish tezligini kamaytirib) texnologik mashinalarga yoki ijrochi mexanizmlarga uzatadi. Ijrochi mexanizmlar ishlov berilayotgan muhit yoki ob'ektga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etadi (M: pressning siqish mexanizmi, paxta terish mashinasining shpindellari va boshqalar). Boshqaruvchi, nazorat qiluvchi va

rostlovchi mexanizmlarga texnologik jarayonni boshqarib turadigan moslamalar, rostlagichlar, suyuqlik sathi va bosimini nazorat qiluvchi mexanizmlar kiradi. Ta'minlovchi, saralovchi va tashuvchi mexanizmlarga shneklar, kovshli elevatorlar, mexanik elaklar va boshqa kiradi. Tayyor mahsulotlarni avtomatik hisoblovchi, qadoqlovchi va joylovchi mexanizmlar, asosan, ko'plab ishlab chiqariladigan donali mahsulotlar uchun mo'ljallanadi. Bunday mexanizmlar maxsus mashinalarda ijrochi mexanizm bo'lishi mumkin.

Har qanday mashina energiya hosil qilmaydi, balki energiya ishlatadi boshqacha qilib atganimizda bir tur energiyani boshqa bir tur energiyaga aylantiradi.

Mashina ishlab shiqarish jarayoni yoki energiyani o'zgartirish jarayoni bilan bog'liq bo'lgan va foydali ish bajarish uchun mo'ljallangan mexanizmlar yig'indisi **mashina deb ataladi**. Mashina asosan, insonning ish bajarish qobiliyatini oshiruvchi mexanik sistemadan iboratdir. Mashina so'zi fransuzcha «**mashine**» va lotincha «**mashina**» so'zidan olingan bo'lib ma'nosi inshoot demakdir.

Mexanizm so'zi grekcha mechane so'zidan olingan; bu so'z qurol yoki inshootni anglatadi.

Mashinalarning funksional klassifikatsiyasi, inshootlar, uskunalar va mashinalar haqida tushunchalar.

Hozirgi davrgacha bo'lgan barcha mashinalarni asosan energetik, transport va texnologik guruhlariga bo'lib o'qitilgan edi. Hozir nazorat boshqaruvchi mashinalar va qurilmalar; matematik va kibernetik mashinalar to'g'risida o'qitilib kelmoqda. Nazorat (kontrol) boshqaruvchi mashinalar mashina sistemasi majmuasida mahsulot olishda qatnashayotgan obektlarni nazorat qilish va boshqarish ishlarini, matematik mashinalar esa turli tipdagi logik operatsiyalarni bajaradi, ammo kibernetik mashinalar insonning bazi organlarining ishini ham bajaradi, ya'ni protez moslamalar, sun'iy yurak, sun'iy buyrak vazifaini bajaradigan va obrazlarni payqab oladigan mashinalar shular jumlasiga kiradi.

Demak biz yuqorida aytib o'tgan uchta ishlab chiqarish mashinalariga qo'shimsha yana uchta: kontrol boshqaruvchi va matematik mashinalar, kibernetik mashinalar hamda moslamalar kiradi.

Shunday qilib mashinalarni quyidagicha ta'riflash mumkin.

«Mashina inson mehnatini osonlashtirish va unumdorligini oshirish, ishlab chiqarishning intellektual (aqliy) hamda fiziologik vazifalarini bajarish yo'lida ishlatiladigan va inson tomonidan yaratilgan sun'iy moslamadir»².

Bugungi kundagi mashinalar nafaqat insonni jismoniy harakatini osonlashtiradi, balki, aqliy mehnatini ham osonlashtirish uchun xizmat qilmoqda. Bunday mashinalarga hisoblash texnikalari yaqqol misol bo'la oladi. Mashinalarni asosan quyidagi turlarga bo'lish mumkin.

1. mashina divigetillari
2. ish mashinalari
3. o'zgartiruvchi mashinalar

Mashina – dvigatellar, ya'ni harakatga keltiruvchi mashinalar (bug' mashinalari, ishki yonuv mashinalari). Bu mashinalar vositasi bilan energiya turlaridan biri aylanma harakatda bo'lgan valning yoki ilgarilanma harakatda bo'lgan polzuning mexanik energiyasiga aylantiriladi.

Ish mashinalari, ya'ni mashina qurollar. Bunda mashinalarda materialning (xom ashyoning) shakli, holati yoki hossasi o'zgartiriladi.

O'zgartiruvchi mashinalar. Bu mashinalar yordami bilan bir tur energiya boshqa bir tur energiyaga aylantiriladi. Bunday mashinalarga generatorlar misol bo'la oladi. Masalan, generator yordami bilan mexanik energiya elektr energiyasiga aylantiriladi.

Demak, asosiy ishni mashinaning ish organi bajaradi. Masalan, tikuv mashinasining ish organi uning ignasi, paxta terish mashinasining ish organi shpindellar apparati hisoblanadi. Shundan bizga ma'lumki, har bir mashina tarkibida uning ish organini harakatga keltiruvchi qism ham bo'lishi lozim ekan. Mashinada ish organiga harakatlantiruvchi kuchdan harakat uzatuvchi mexanizm

² K.J. Waldron, G. L. Kinzel "Kinematics, Dynamics and Design of Machinery", John Wiley, 2014

ham bo'lishi lozim. Yuqorida aytilgan uch qism birga qo'sxilganda mashina agregati hosil bo'ladi.

Har qanday mashina biror – bir foydali ish bajaradi. Mashinalarga qo'yiladigan talablar:

1. Mashina ma'lum tartibda tuzilgan bo'lishi.
2. Mashina qismlari ma'lum tartibda harakatlanishi.
3. Mashina tegishli va ko'zlangan maqsad asosida foydali mexanik ish.

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

Shunday qilib mexanizm vositasida ma'lum harakat hosil qilinishi yoki bir harakat o'zgartirilishi mumkin.

Mexanizm harakati davomida shu mexanizm zvenolarida sodir bo'ladigan qo'zg'alish, tezlik, tezlanish, inersiya kuchlarining o'zgarish qonunlarini ma'lum bir davr ichida o'rganish – mashina va mexanizmlar nazariyasi fanining asosini tashkil etadi.

Mashina va mexanizmlar nazariyasini o'rganishda, avvalo, shu mexanizm tarkibiga kiruvchi qismlar (zvenolar) absolyut qattiq jismlar deb, ularning harakati vaqtida shu qismlarda deformasiya bo'lmaydi deb faraz qilinadi.

Mashina va mexanizmlar nazariyasida fizik kattaliklarning o'lchov birliklari ixtiyoriy bo'lsa ham, uzunlik o'lchov birligi sifatida *metr*, vaqt o'lchov birligi sifatida *sekund*, kuch o'lchov birligi sifatida *nyuton* qabul qilinadi. Qolgan barcha murakkab fizik kattaliklar ana shu asosiy fizik kattaliklarga qarab olinadi.

Mashina va mexanizmlar nazariyasi fanida ikki asosiy masala hal qilinadi.

a) Mexanizmlarning tuzilishi, kinematikasi va dinamikasi nuqtai nazaridan taxlili;

b) Mexanizmlar tuzilishi, kinematikasi va dinamikasining berilgan shartlari asosida sintez (loyihalash):

Mashina va mexanizmlar nazariyasi fani quyidagi qismlardan iborat:

1. Mexanizmlarning tuzilish taxlili va sintezi;
2. Mexanizmlarning kinematik taxlili va sintezi;
3. Mashina va mexanizmlar dinamikasi.

Birinchi qismda kinematik juftlar nazariyasi va mexanizmlarni hosil bo'lish qonunlari hamda ularning tuzilishi, ikkinchi qismda nazariy mexanikadan farqli ravishda mexanizmlarni geometrik va kinematik parametrlarini nazarga olgan xolda ularning kinematik xarakteristikalarini, uchinchi qismda mexanizm bo'g'inlariga ta'sir qiluvchi kuchlarni nazarga olib, mexanizmlarning harakati, ularni muvozanatlash, mexanizmlarning kinematik juftlaridagi ishqalanishi o'rganiladi.

Mashina va mexanizmlar nazariyasi fanida aniq mexanizm va mashinalar emas, balki ularning ideallashtirilgan konstruktiv, kinematik va dinamik modellari o'rganiladi.

Takrorlash uchun savollar.

1. Bo'g'in nima?
2. Mashina va mexanizmlar nazariyasi qanday bo'limlardan iborat?
3. Fanning boshqa fanlar bilan bog'liqligi
4. Mashina qanday qurilma?
5. Mexanizmlar mashina hisoblanishi uchun qanday hislatlarga ega bo'lishi lozim?
6. Mexanizm nima?
7. Mashinalarga qo'yiladigan talablarni tushuntiring.
8. Mashinalar qanday turlarga bo'linadi?
9. Vazifasiga ko'ra mexanizmlar qanday turlarga bo'linadi?
10. Mashinalarning konstruktiv talablarini tushuntiring.

1.2. MASHINA VA MEXANIZMLARNING ASOSIY TURLARI.

Mexanizmlarning asosiy turlari

Mashinasozlikda ishlatiladigan va ishlatilayotgan barcha mexanizmlarning konstruksiyasiga qarab, quyidagi gruppalarga bo'linadi³.

- 1) Richagli mexanizmlar
- 2) Kulachokli mexanizmlar
- 3) Shesternali mexanizmlar
- 4) Vintli va ponali mexanizmlar
- 5) Friksionli mexanizmlar
- 6) Gidravlik va pnevmatik mexanizmlar
- 7) Egiluvchi zvenoli mexanizmlar
- 8) Elektrik mexanizmlar

O'qitilayotgan fanimizning nomi hamamizga ma'lum Mashina va mexanizmlar nazariyasi deb ataladi. Shunday ekan avvalom bor mashina nima va mexanizm nima degan savollarga javob berish lozim.

Mashina – o'zi nima? **Mashina** bu inson tomonidan yaratilgan qurilma bo'lib, insonning jismoniy mehnatini osonlashtiradigan, hamda mehnat unumdorligini oshiradigan qurilma mashina deb ataladi. **Mashina** ikki va undan ortiq mexanizmlar to'plamidan tashkil topgan qurilma hisoblanadi.

Mexanizm – qanday qurilma? Mexanizm qurilmasi bir yoki bir necha jism harakatini boshqa bir jismning aniq belgilangan qonuniyatga amal qiladigan harakatga aylantirib beruvchi qurilma hisoblanadi.

Mexanizmlar zvenolardan tashkil topgan qurilma hisoblanadi.

Zveno deganida nimani tuchunamiz? Zveno deb yagona detal yoki bir necha detallarning o'zaro qo'zg'almas birikmasi zveno deyiladi. Zvenolar birlari bilan o'zaro kinematik juftlar orqali bog'lanadi.

Kinematik juft nima? Bu ikki zvenoning o'zaro nisbiy harakatiga imkon yaratib beradigan bog'lanishiga, yoki biri ikkinchisiga, hamda ikkinchisi birinchisiga nisbatan harakat qila oladigan ikki zvenoning qo'shilmasiga kinematik juft deb ataladi.

³ Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие. Омск, 2003.

Bog'lanish deganda nima tushuniladi? Agar jism fazoning bir joyidan uning istalgan joyiga ko'cha olsa, bunday jismlar *erkin jismlar* deyiladi. (masalan, havodagi sharning harakati). Agar jismning biror tomonga sodir qilishi mumkin bo'lgan harakati qisman cheklangan bo'lsa, bunday jismlar erkin bo'lmagan jismlar deb ataladi. Erkinmas jismlarning fazodagi harakat erkinligini chegaralanishiga sababchi bo'lgan boshqa jismlar *bog'lanishlar* deb ataladi. Ko'p hollarda erkinmas bo'lgan jismlarning o'zlari ham boshqa jismlarning harakatlarini qisman cheklab qo'yishlari mumkin, shu sababli ana shunday jismlar keyinchalik bog'lanish sifatida ishtirok etishlari mumkin.

Bog'lanishlar turiga qarab kinematik juftlar *quyi* yoki *oliy* kinematik juftlarga bulinadi.

Agar bog'lanish elementlari sirt yoki yuza bo'lsa bunday kinematik juftlar *quyi* kinematik juftlar deb, Bog'lanishlar nuqta yoki chiziq bo'lsa *oliy* kinematik juftlar deb ataladi.

Zvenolarning kinematik juftlar orqali bog'langan gruppasi *kinematik zanjir* deb ataladi. Kinematik zanjirlar oddiy va murakab, ochiq yoki yopiq holatda bo'lishi mumkin. oddiy kinematik zanjirlarda har bir zveno ikkitadan ortiq kinematik juft hosil qila olmaydi. Murakkab kinematik zanjirda ikkita va undan ortiq kinematik juft hosil qila olish imkoniyatga ega bo'lgan zvenolarga aytiladi. Ochiq kinematik zanjirda shunday zveno borki, u faqat bitta kinematik juft qiladi. Yopiq kinematik zanjirda esa ikkitadan kam kinematik juft hosil qilmaydi. Mexanizmni yopiq kinematik zanjirning xususiy ko'rinishi deb qarash mumkin. Mexanizm shunday yopiq zanjirki, undagi bir yoki bir necha zvenoga harakat berilganda qolgan zenolar ham aniq harakat qiladi. Har bir mexanizmga bitta qo'zg'almas bo'g'in (zveno) bo'ladi. Bu bo'g'in (korpus, rama, stanina va h.k) ga nisbatan qolgan bo'g'inlarning harakati, tezligi, tezlanishi va boshqa kattaliklari xisobga olib boriladi.

Mexanizmlarning tuzulishlarini tekshirish uchun ularning sxemasini chizish kifoya.

1.Richagli mexanizmlar.

Richagli mexanizm tarkibida faqat aylanma va ilgarilama quyi kinematikaviy juftlari bo'lgan richagli zvenolardan tuzilgan mexanizmdir. Richagli mexanizmlar boshqa mexanizmlarga qaraganda katta kuch va quvvat uzatadi va foydali ish koeffisientlari ham yuqori bo'ladi.

Richagli mexanizm zvenolarini tayyorlash oson, ular mustahkamligi va yeyilishga chidamliligi yuqori bo'lgani uchun quvvati katta bo'lgan presslarda, bolg'alash mashinalarida keng ko'lamda ishlatilib kelmoqda.

Richagli mexanizmlarning turlari va ularning ishlatish sxemalari.

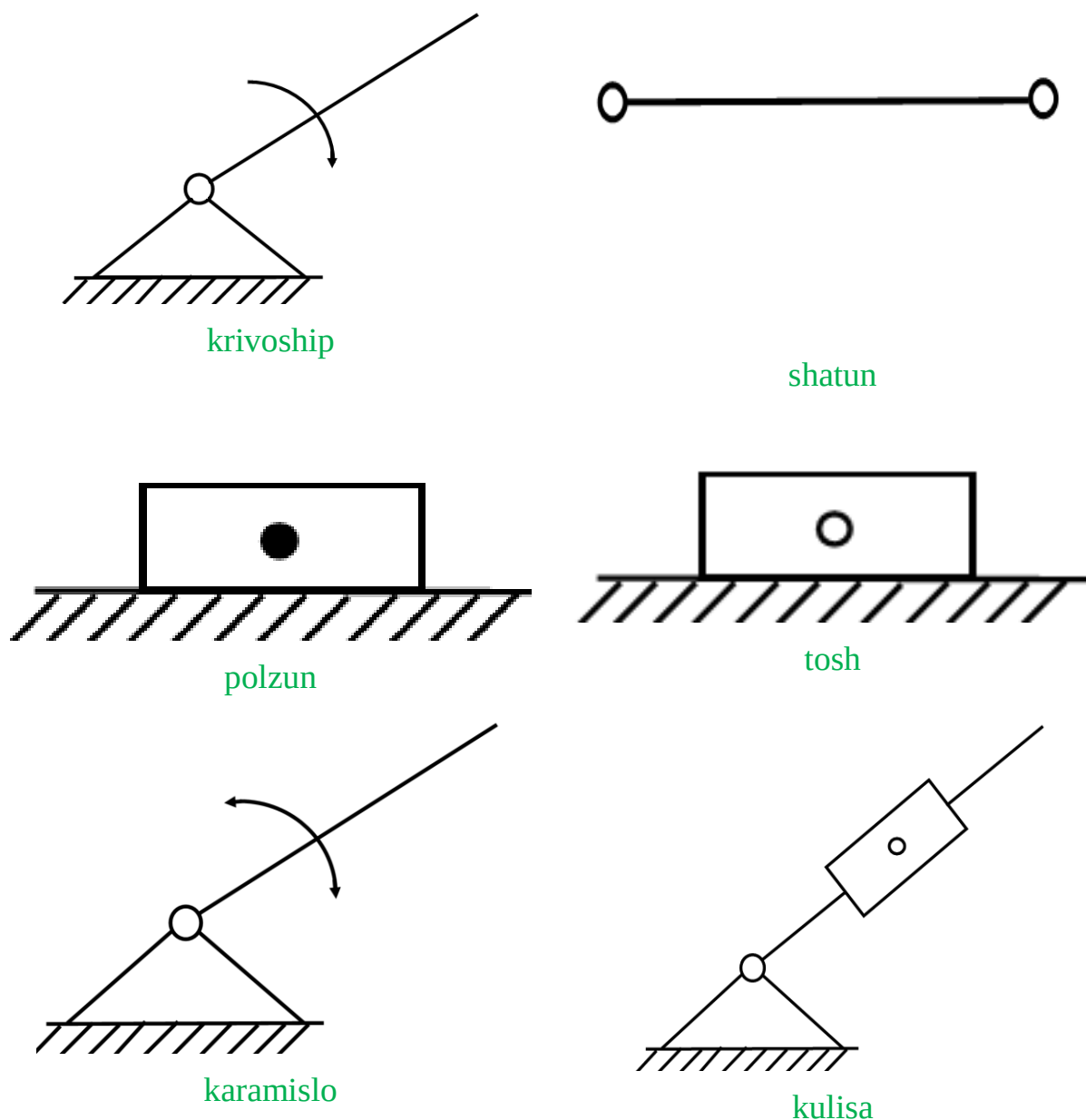
Mexanizm sxemasi deb undagi zvenolar va kinematik juftlarning masshtabga rioya qilinmagan holatda, shartli belgilashlar orqali grafik tasvirlanishiga aytiladi. Masshtab asosida qurilgan mexanizm sxemasi **kinematik sxema** deb ataladi. Harakat qonunini belgilagan zveno odatda yetakchi yoki **bosh zveno** deb ataladi. Mexanizm tarkibidagi yetakchi zvenoning aniq harakat holati qolgan zvenolarning aniq harakat holatini beradi. Mexanizmning tuzilishini tekshirish uchun uning sxemasini chizish kifoya. Mexanizmning kinematik va kinetostatik tekshirish uchun uning kinematik sxemasi bo'lishi shart.

Mexanizmlar turli alomatlariga ko'ra ajraladi. Birinchi navbatda ular *oliy* va *quyi* juftlarga ajraladi, bunday mexanizmlar *tekis* yoki *fazoviy* bo'lishi mumkin. Hamma harakatlanuvchi nuqtalari paralel tekisliklarda harakatlangan mexanizmlar *tekis mexanizmlar* deb ataladi.

Bo'g'inlarning harakatlanuvchi nuqtalari tekis bo'lmagan troyektoriyalar chizib yoki o'zaro kesishuvchi tekisliklarda joylashuvchi, harakat davrida trayektoriyalar chizib harakatlangan mexanizmlar *fazoviy mexanizmlar* deb ataladi.

Quyi juftlik mexanizmlar tarkibiga ponali va vintli mexanizmlar, *oliy juftlik mexanizmlar* tarkibiga kulachokli, tishli g'ildirakli, friksion, xrapovik mexanizmlar kiradi.

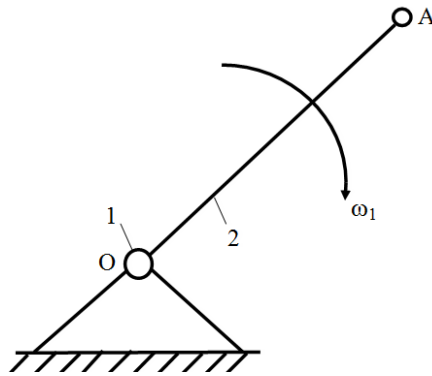
Mexanizmlar zvenolarining tuzilishlari.



1.2.1 – shakl.

Richagli mexanizmlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko'p ishlatiladi. Bunday mexanizmlar sterjenli mexanizmlar deb ham ataladi. Biz hozir ko'radigan oddiy richagli mexanizmlar ikki zvenoli bo'lib, u qo'zg'almas tayanch va uning atrofida aylanuvchi qo'zg'aluvchi zvenodan iborat (1.2.2- shakl).

Bu mexanizm asosan qo'zg'almas (1) va o'z o'qi atrofida aylanuvchi (2) zvenodan yani krivoshipdan iborat. Bu turdagi mexanizmlar asosan hozirgi zamon mashinalarida va rotatsion (aylanma harakat) qiladigan mashinalarda ko'p ishlatilib kelmoqda.



1.2.2- shakl

Masalan: elektr motorlari, trubinalar, ventilyatorlar shamol dvigatellari va boshqa shunga o'xshash mashinalar shular jumlasiga kiradi.

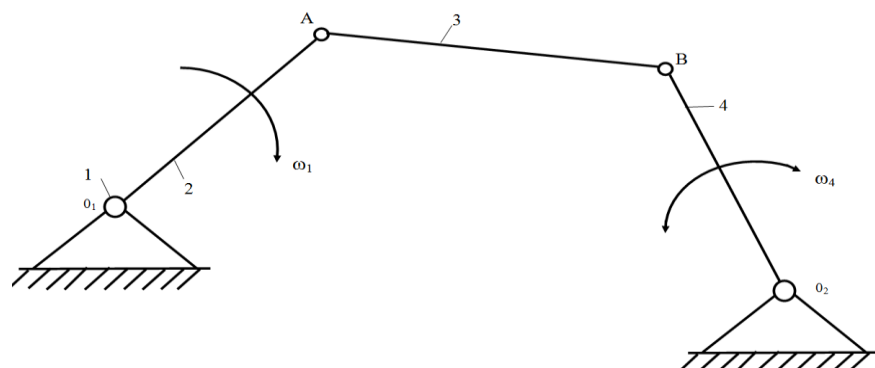
Richagli mexanizmlar tuzilishiga ko'ra, bir necha turlarga bo'linadi.

Sharnirli to'rt zvenoli richagli mexanizm. Buday mexanizmlar faqat aylanma kinematikaviy juftlar (sharnirlar) dan tuzilgan bo'lib, ular mustaqil mexanizm bo'lishi yoki murakab mexanizmlarning tarkibiy qismini tashkil etishi mumkin.

Ular ko'rinishi jihatidan bir necha gruppaga bo'linadi:

- a) ikki krivoshipli richagli mexanizm;
- b) krivoship – koromisloli mexanizm;
- c) ikki koromisloli mexanizm;
- d) sharnirli mexanizm.

Murakkabroq richagli mexanizmlar hozirgi zamon to'quv va yuk ko'tarish kranlarining asosiy mexanizmi bo'lgan va texnikaning turli tarmoqlarida ko'p ishlatiladigan 4-zvenoli mexanizmlardir (1.2.3- shakl).



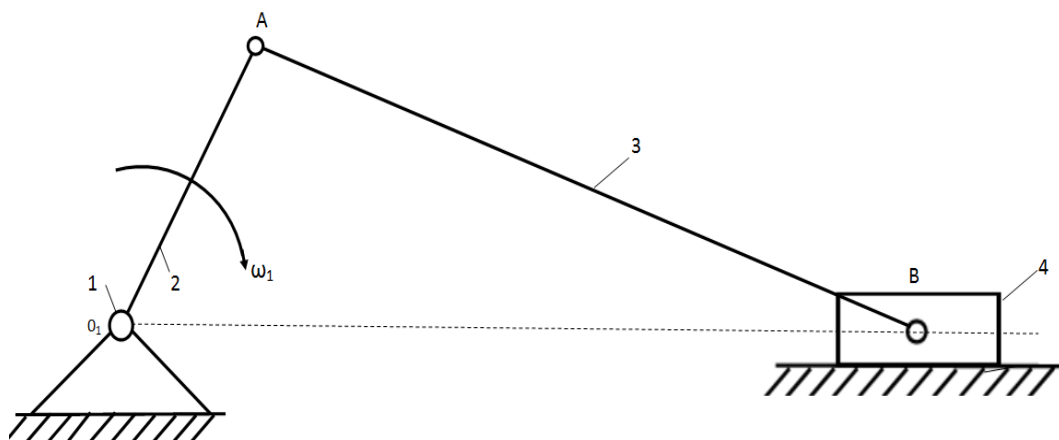
1.2.3- shakl. 1 - qo'zg'almas zveno, 2 - tirsakli val (krivoship), 3 – shatun,

4 - karamislo

Bu mexanizmlar asosan bir - biriga sharnirlar yordamida bog'langan bo'lib 4 zvenoli mexanizm hisoblanadi. Bu mexanizm tarkibida bitta krivoship va bitta koromislo bo'lgani uchun, bunday mexanizm to'rt zvenoli *sharnirli krivoship koromisloli mexanizm* deb ataladi.

Krivoshipli – polzunli mexanizm. Bu mexanizm, asosan, krivoship 2, shatun 3 va qo'zg'almas yo'naltiruvchi bo'ylab ilgarilama - qaytar harakatlanuvchi zveno – polzun 4 dan iborat. 1.2.3 – shakldagi sharnirli to'rt zvenoli mexanizmdagi koromislo o'rniga polzun o'rnatib, uni qo'zg'almas yo'naltiruvchi bo'ylab harakatga keltirsak u holda bu mexanizm krivoship polzunli mexanizmga aylanadi (1.2.4- shakl).

Bu mexanizm yordamida krivoshipning aylanma harakati polzunning ilgarilama - qaytar harakatiga aylantiriladi. Bu mexanizm yordamida polzunning ilgarilama harakatini krivoshipning aylanma harakatiga aylantirish ham mumkin.

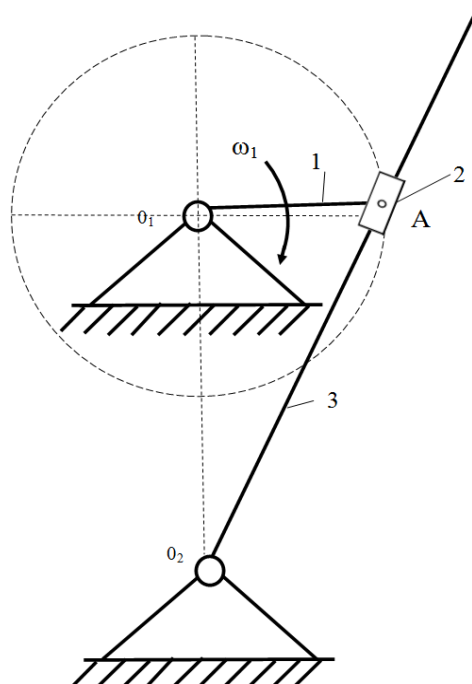


1.2.4-shakl. 1- qo'zg'almas zveno, 3- shatun, 2- krivoship, 4- polzun.

Kulisali mexanizm. Agar to'rt zvenoli sharnirli mexanizmning tarkibidagi polzun qo'zg'aluvchan yo'naltiruvchidan harakatlansa, bunday mexanizm **kulisali mexanizm** deyiladi. Kulisali mexanizm (2.5 – shakl) krivoship toshga ta'sir etadi. Bu mexanizmدا kulisa tebranma harakat qiladi, tosh esa kulisa bilan tebrangan holda krivoship aylanasi bo'ylab harakatlanadi.

Kulisali mexanizmlarning kulisasi to'la aylanishi yoki ma'lum burchakka burilib, tebranma harakat qilishi mumkin. Agar krivoshipning uzunligi - r

krivoship bilan kulisa stoykalari h – oralig'idan katta yani $r > h$ bo'lsa, kulisa 360° ga tula aylanadi, aks holda esa tebranma harakat qiladi.

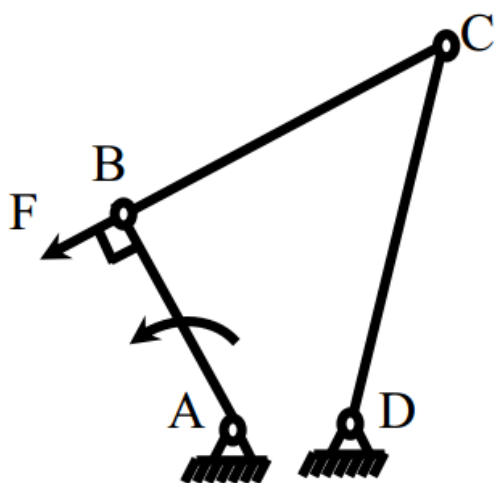


1.2.5- shakl

Ob'ektlarni kuchlar ta'sirida o'zining dastlabki shaklini oson o'zgartiradigan harakatlanuvchi - o'zgaruvchan mexanik sistemalarga kiritish mumkin. Harakatlanuvchi sistemaga misol tarzida yuklangan kuchlar ta'sirida harakatga keluvchi to'rt sharnirli mexanizmni (1.2.6- shakl) keltirish mumkin. **Sharnirli mexanizm**- zvenolari faqat aylanma kinematik juft (sharnir) hosil qiladigan mexanizm. Zvenolarining harakatiga ko'ra, tekis, sferik va fazoviy turlarga bo'linadi. Tekis sharnirli mexanizmدا sharnir o'qlari parallel joylashgan bo'lib, zvenolari tekis parallel harakat qiladi. Sferik sharnirli mexanizmدا sharnir o'qlari bitta nuqtada kesishadi. Tekis va sferik sharnirli mexanizmدا kamida 4 ta zveno bo'ladi. Fazoviy sharnirli mexanizmدا aylanuvchi juftlarning o'qlari turli burchak ostida kesishadi. Umumiy holda fazoviy sharnirli mexanizmدا kamida 7 ta zveno bo'lishi kerak. Biroq zvenolarining chiziqlari va burchak o'lchamlari orasidagi ma'lum munosabatlarni bajarishda zvenolar soni 4 tagacha kamayadi.

Ish zvenosining harakatiga ko'ra, sharnirli mexanizm siljituvchi, yo'naltiruvchi, uzatuvchi va to'xtab - to'xtab ishlovchi turlarga bo'linadi.

Siljituvchi sharnirli mexanizm ish zvenosini bir vaziyatdan ikkinchi vaziyatga siljitadi. Yo'naltiruvchi sharnirli mexanizm zvenoning bitta nuqtasini berilgan egri chiziq bo'yicha siljitish uchun mo'ljallangan. Uzatuvchi sharnirli mexanizm ma'lum qonun bo'yicha aylanma harakat hosil qilishga mo'ljallangan. To'xtab - to'xtab ishlovchi sharnirli mexanizm mashina avtomatlarda ish organlarini harakatlantirish uchun ishlatiladi. Sharnirli mexanizm texnikaning turli sohalarida (porshenli nasoslar, uchish apparatlari, avtomat mashinalar, hisoblash mashinalari)da, metallurgiya va oziq - ovqat sanoatida qo'llanadi.



1.2.6- shakl

2.Kulachokli mexanizmlar

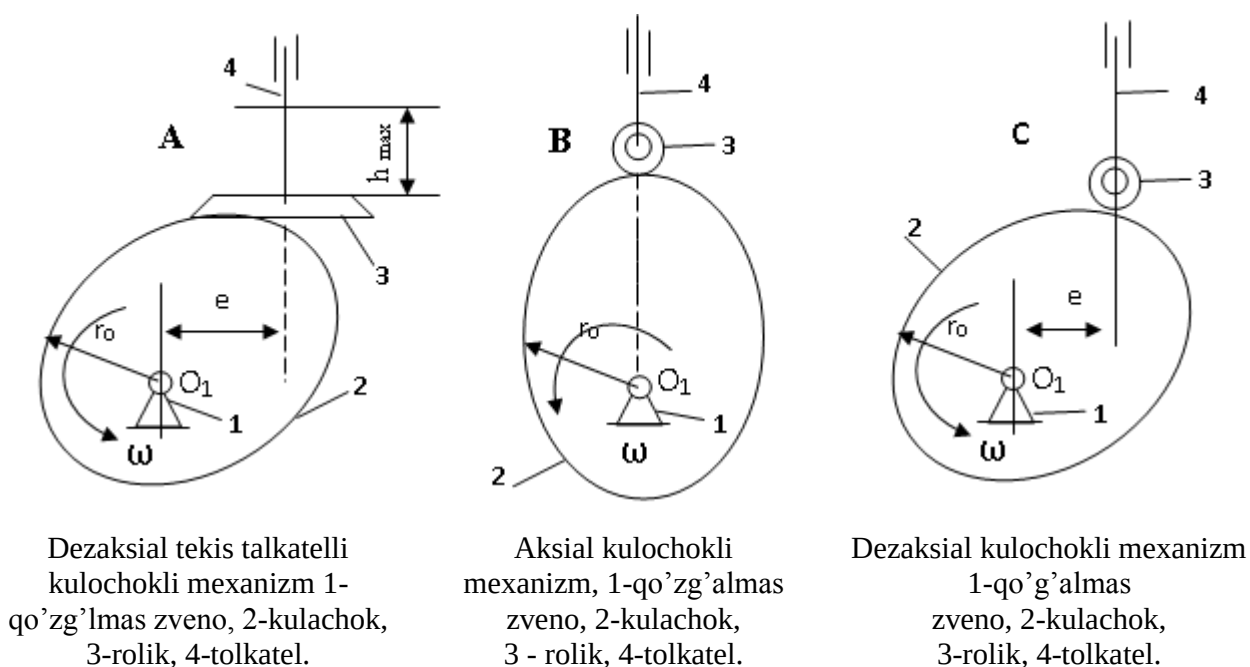
Kulachokli mexanizmlar texnikaning xilma – xil sohalarida juda ko'p ishlatiladi. Masalan avtomatik mashinalarda, avtomabillar ishlarida juda yaxshi natijalar berib kelmoqda. 1.2.7 – shaklda oddiy kulachokli mexanizmlar tasvirlangan. Bu mexanizmlar asosan to'rt zvenodan: 1- qo'zg'almas zveno, 2-

qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi zveno (kulachok), 3 - rolik, 4- tolkatel (shtanga) lardan iborat.

Kulachokli mexanizmlar aksial va dezaksial kulachokli mexanizmlarga bo'linadi 1.2.7- shakl.

1.2.7-shaklning A va C lari dezaksial va 1.2.7- shakl B esa aksial kulochokli mexanizm tarkibiga kiradi.

Tolkatelning o'qi kulachokning aylanish o'qidan o'tsa, kulachokli bunday mexanizm aksial (1.2.7-shakl B) yoki markaziy kulachokli mexanizm deb ataladi; tolkatel o'qi nuqtadan utmasa, u holda mexanizm dezaksial kulachokli mexanizm deb ataladi.

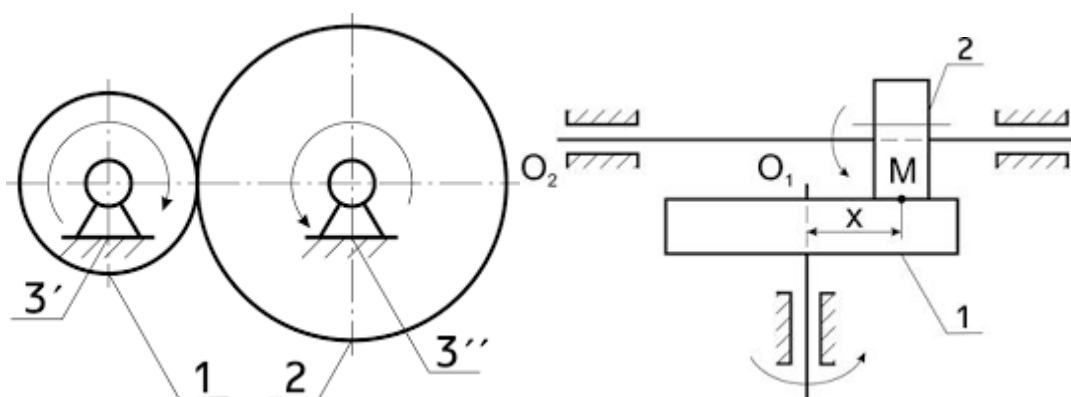


1.2.7- shakl

3. Friksion mexanizmlar

Ishqalanish kuchining yordami bilan har qanday zvenoning harakati to'xtatilishi yoki to'xtab turgan zveno harakatga keltirilishi mumkin. Ishqalanish kuchlari yordami bilan harakatga keltiriluvchi yoki to'xtatiluvchi mexanizmlar friksion mexanizmlar deb ataladi (1.2.8- shakl).

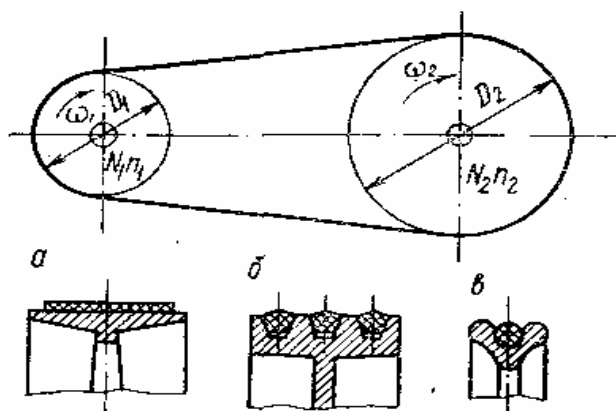
Friksion mexanizmlar texnikaning turli tarmoqlarida mexanizm zvenolarining burchak tezliklarini bir me'yorida o'zgartirish uchun har xil konus uzatmalarda, ba'zi muftalarda va turli tormozlarda ko'p ishlatiladi.



1.2.8- shakl

4. Egiluvchan zvenoli mexanizmlar

Hozirgi zamon texnikasida egiluvchan zvenolarni (arqonlar, tasmalar, lentalar, zanjirlar, troslar va boshqalarni) o'z ichiga oluvchi mexanizmlar ham ko'p ishlatiladi (1.2.9-shakl).

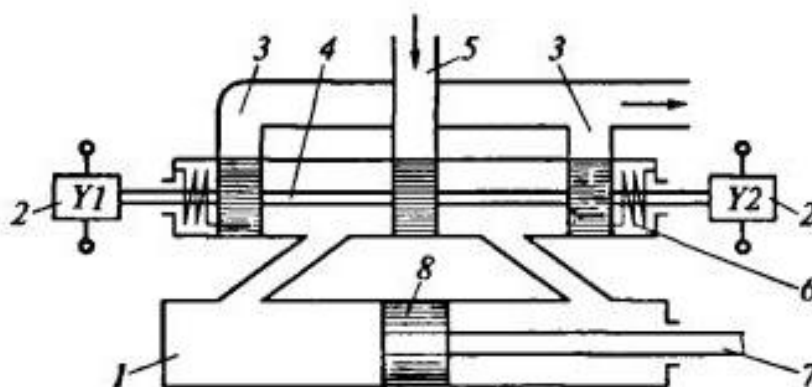


1.2.9 – shakl.

Egiluvchan zvenoli mexanizmlar yordami bilan o'qlari yetaklovchi zveno o'qiga parallel va ayqashib o'tuvchi zvenolarga harakat uzatiladi. Bunday mexanizmlar to'qimachilik sanoatida yigiruv, to'quv mashinalarida ko'p ushratish mumkin.

5. Gidravlik va pnevmatik mexanizmlar.

Harakat uzatishda oraliq vosita sifatida ko'pincha suyuqlik va gazlar ham ishlatiladi. Texnikada bunday mexanizmlar gidravlik jihozlangan yoki pnevmatik jihozlangan mexanizmlar deb ataladi (hozirgi zamon avtomabillarida ishlatiladigan gidravlik tormoz).

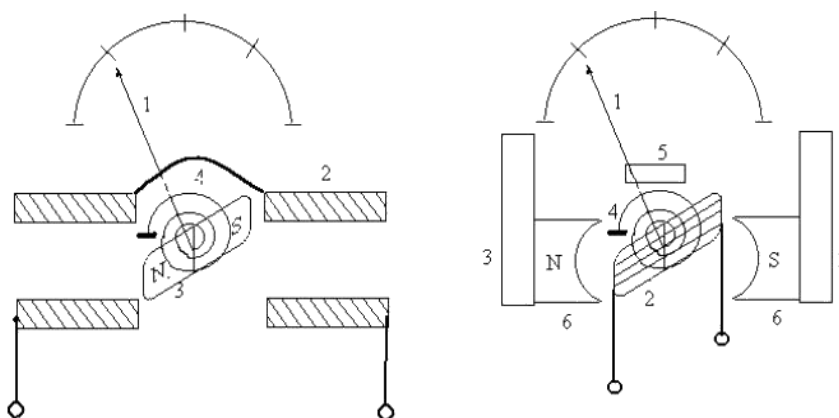


1.2.10 – shakl. Gidrosindr.

1-slindr, 2-elektromagnit, 3-kuch klapni, 4-zolotnik, 5-yoʻnaltiruvchi klapn, 6-prujina, 7-shtok, 8-porshen

11.Elektrik mexanizmlar.

Texnikaning turli tarmoqlarida tarkibiga elektrik elementlar kirgan mexanizmlar juda koʻp ishlatiladi. Bunday mexanizmlarning elektrik jihozlari qattiq egiluvchan va suyuq muhitlarda vazifasini oʻtaydi.



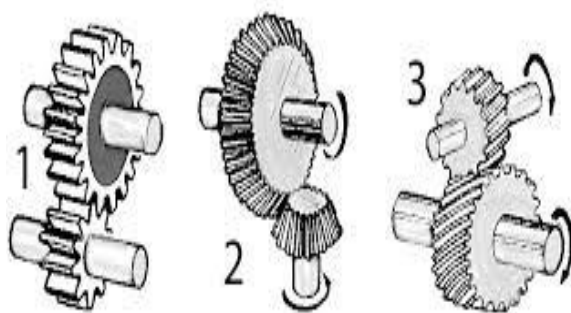
1.2.11 – shakl.

Bunday elektrik mexanizmlarning afzalligi shundaki, ularning tarkibiga kiradigan yetaklanuvchi zvenolar elektrik jihozlari yordami bilan tez toʻxtatilishi yoki tez harakatga keltirilishi mumkin. Elektrik mexanizmlar kontrol ishlarida va turli jarayonlarni yozib olish ishlarida koʻp qullanilib kelinadi.

12.Tishli mexanizmlar.

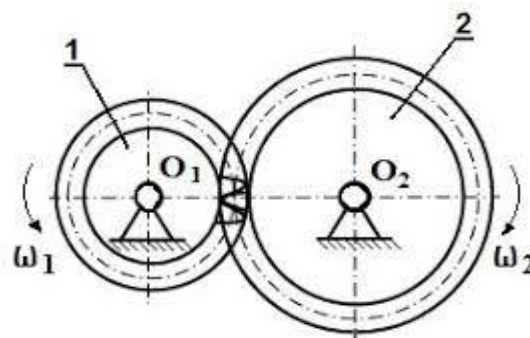
Bir valdagi aylanma xarakatni ikkinchi valning burovchi momentiga oʻzgartirib beruvchi tishli uzatmalarning birikmasi. Transport vositalarining

tezliklar qutisi, ishlab chiqarish korxonalarida ishlatiladigan konveyerlarni xarakatga keltiradigan reduktorlarda tishli mexanizmlardan foydalaniladi.



1.2.12-shakl. Tishli ilashma

1-slindrsimon, 2-konussimon, 3-qiya
tishli



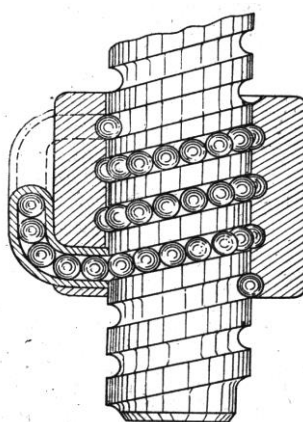
1.2.13-shakl. Tishli ilashma sxemasi

1-yetaklovichi shesterna, 2-
yetaklanuvchi tishli g'ildirak

13.Vintli va ponali mexanizmlar.

Vint - gaykali uzatmalardan, asosan, aylana harakatni ilgarilama harakatga aylantirish uchun foydalaniladi. Bu uzatmalarning afzalliklari shundan iboratki, ularning tuzilishi oddiy, gabarit o'lchamlari kichik bo'lib, katta nagruzkalarga chidaydi, yukni bir tekisda va juda aniq ko'chiradi yoki ko'taradi. Uzatmalarning kamcxiliklari jumlasiga rezbadagi ish qalanish katta bo'lganligi tufayli foydali ish koeffisientining kichikligi, ilgarilanma harakat tezligini katta qilib bo'lmasligi kiradi.

Vint-gaykali uzatmalardan yuk ko'tarish mashinalarida (domkratlarda), vintli presslarda va dastgohlarda foydalaniladi.



1.2.14-shakl

Mashinalar tushunchasini umumlashtirib va kengaytirib uni quyidagicha ta'riflash mumkin; aqliy va jismoniy mehnatni almashtirish yoki yengillashtirish va insonni ba'zi bir funksiyalarini bajarish maqsadida energiyani, materialarni va axborotlarni uzatish yoki o'zgartirish uchun qo'llaniladigan mexanik qurilmani mashina deb hisoblash mumkin.

Mexanizmlarni asboblari, mexanik moslamalar yoki mashinalar funksiyalarini bajarishda yordam beruvchi vosita deb qarash mumkin.

Texnikada turli mashinalar qo'llanadi

1.2.15 - shaklda ishlatish funksiyasiga qarab mashinalarning sxematik klassifikatsiyasi keltirilgan.

Ishchi mashinalar. Ular qayta ishlanuvchi materiallarni bir turdan ikkinchisiga aylantiradi va o'zgartiradi. Bunday mashinalar ikki turga: transport va texnologik mashinalarga ajratiladi.

Texnologik mashinalarda qayta ishlanuvchi materiallarning shakli, xususiyati va xolati o'zgartiriladi. Yigiruv, tukuv, xamir qiluvchi, metalni qayta ishlovchi mashinalar texnologik mashinalarga misol bo'la oladi.

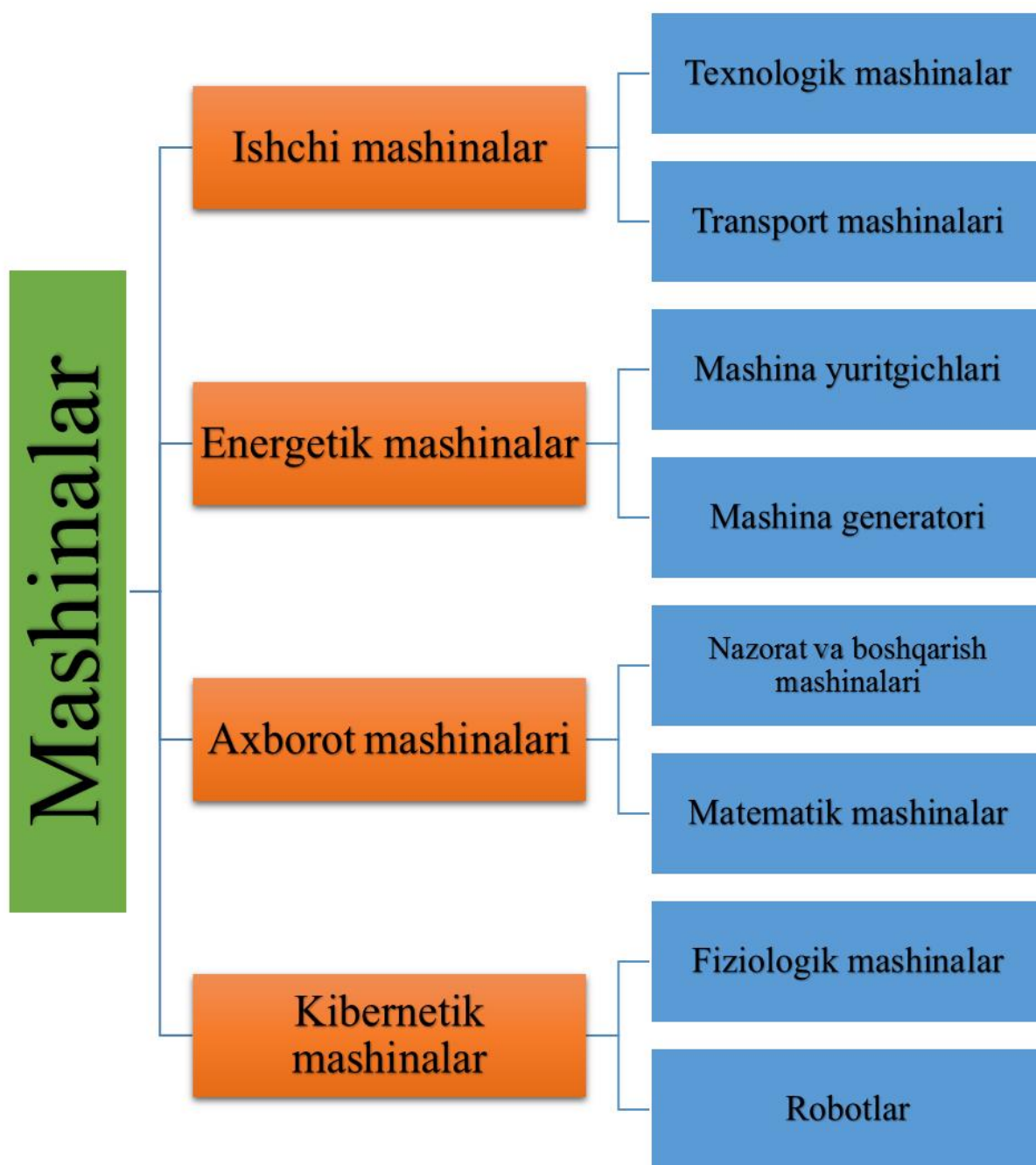
Transport mashinalarida tasxilatadigan predmetlar (yuklar, odamlar va h.k.) materiallar hisoblanadi. Masalan, transporterlar, ko'taruvchi kranlar, liftlar, avtomobillar, samolyotlar, temalar va h.k.

Energetik mashinalar. Energetik mashinalarda energiya bir turdan ikkinchisiga aylantiradi. Ular mashina - yurituvchilar va mashina - generatorlarga bo'linadi. Mashina - yurituvchilar har qanday energiyani mexanik energiyaga aylantiradi. Misol tariqasida elektr yurituvchilar va ichki yonish yurituvchilarni keltirish mumkin.

Mashina — generatorlar mexanik energiyani boshqa tur energiyalarga aylantiradi. Masalan, elektr toki generatorlari.

Axborot mashinalari. Ular axborotlarni olishda, uzatishda yoki uzgartirishda qo'llanadi va nazorat - boshqarish va hisoblash turlariga bo'linadi.

Nazorat - boshqarish mashinalari mashina yoki ishlab chiqarish ishini boshqarish maqsadida nazorat – o'lchov axborotlarini o'zgartiradi va uzatadi (internet tizimi).



1.2.15-shakl. Mashinalar klassifikatsiyasi.

Hisoblash mashinalari sonlar tariqasidagi axborotlarni o'zgartiradi. Masalan, turli EHM kompyuter, arifmometrlar, integrallovchilar va x k.

Kibernetik mashinalar. Bu mashinalar insonga yoki tabiatga xos mexanik, fiziologik va biologik jarayonlarni bajaradi yoki imitatsiya qiladi. Misol uchun, «sun'iy yurak», «sun'iy buyrak», robotlar, manipulyatorlar va x.k.

Xulosa qilganda, mexanik harakatlar bo'lmaydigan qurilmalar mashinalar deb atalishi mumkin emas. Masalan, EHM va protsessorlar asosida tayorlangan axborot mashinalari tarixan odat tusiga kirgani uchun mashina deb ataladi. Aslida ular mexanik harakat bo'lmagani uchun mashina hisoblanmaydi. Ushbu mashinalar asosida elektronika, elektromexanika kabi jarayonlari bo'lsa ham ularni ishlatish uchun tegishli darajada mexanik harakatning u yoki bu turi kerak bo'lgan.

Klassifikatsiyaning boshqa turida mashinalarni avtomatlarga, yarim avtomatlarga va qo'l bilan ishlatiladigan mashinalarga ajratish mumkin. Agarda mashina inson boshqaruvisiz ishlasa va qo'l mehnatini talab qilmasa avtomat deb ataladi.

Agarda mashina asosan avtomatik tarzda ishlasa va ba'zi bir boshkarish yoki xizmat qilish jarayonlarini inson bajarsa yarim avtomat deb ataladi.

Avtomat yoki yarim avtomat bo'lmagan mashinalar qo'l bilan xizmat qiladigan mashinalar hisoblanadi.

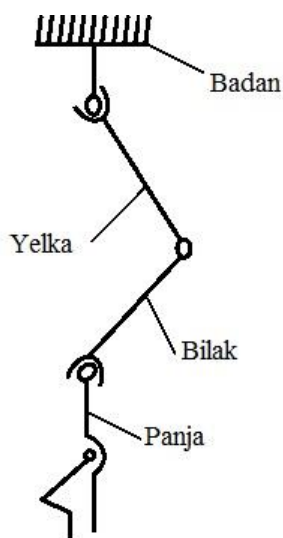
Bir - biri bilan bog'langan ma'lum texnologik jarayonni bajaruvchi bir qancha avtomat mashinalar avtomatik texnologik tizim deb ataladi.

Robot va manipulyatorlarning hozirgi davrda texnikada mavqei oshib bormoqda. Dastur bilan boshqariladigan kibernetik avtomatlar robotlar deb ataladi.

Mashinalar orasida ishlab chiqarish jarayonida harakatlanuvchi va boshqaruvchi funksiyalarni bajaruvchi sanoat robotlari alohida o'rin tutadi va ular sanoatda, qishloq xo'jaligida, transportda, sog'liqni saqlashda qo'llaniladi.

Manipulyasiyali robotlar organik bog'langan manipulyatorlardan va boshqarish qurilmasidan iborat. Manipulyator bir necha erkinlik darajasiga ega bo'lgan, ishchi funksiyasini bajaradigan fazoviy richagli mexanizmdir.

Manipulyatorning qolgan bo'g'inlarini harakatlantirmay panjani mustaqil harakatga keltirish mumkin. Hamma bo'g'inlar harakatini qo'shib umumiy harakatning cheksiz variantlarini olish mumkin.



1.2.15-shakl. Manipulyator mexanizmining tuzilish sxemasi.

Takrorlash uchun savollar.

1. Mexanizm qanday turlarga bo'linadi.
2. Qanday mexanizm richagli mexanizm toifasiga kiradi.
3. Kulachokli mexanizmlar qanday harakat qiladi.
4. Qanday mexanizmlar shestirnali mexanizm deb ataladi.
5. Vintli mexanizmlarning vazifasi nima.
6. Qanday mexanizmlar friksion mexanizm deb ataladi.
7. Tasmali mexanizmlar qanday mexanizm toifasiga kiradi.
8. Zanjirli mexanizm mexanizmlarning qaysi turiga mansub.

1.3. MEXANIZMLARNING TUZILISHI.

Bog'lanishlar tug'risida umumiy tushunchalar

Inson tomonidan yaratilgan, uning jismoniy va aqliy mehnatini engillashtirish va mehnat unumdorligini oshirish uchun xizmat qiladigan qurilma mashina deb ataladi. Mashina mexanizmlardan tashkil topgan.

Bir yoki bir necha jism harakatini boshqa jismlarning aniq qonuniyatiga amal qiluvchi harakatiga aylantirib berishga mo'ljallangan qurilmaga mexanizm deb ataladi.

Mexanizm shunday yopiq kinematik zanjirki, undagi bir yoki bir necha zvenoga harakat berilganda qolgan zvenolar aniq harakat qiladi⁴.

Qo'yilgan kuchlar ta'sirida ixtiyoriy harakat qiladigan nuqta **erkin nuqta** deb ataladi. Agar shu ta'sir etuvchi kuchlar ma'lum bo'lsa, u holda material nuqta trayektoriyasi harakatining boshlang'ish shartlariga bog'liq bo'ladi. Material nuqtaning fazodagi harakati, biror geometrik va kinematik harakteridagi shartlar bilan cheklab qo'yilsa, bunday material nuqta **erksiz nuqta** deb ataladi. Nuqtaning erkin holatini cheklab turuvchi shartlar (sharoitlar) bog'lanishlar deb ataladi. Qo'yilganlar bog'lanishlarga to'liq mexanik harakteristika berish uchun bog'lanishlar turli belgilarga qarab ma'lum klasslarga ajratiladi. Shu nuqtai nazardan bog'lanishlar quyidagi gruppalariga bo'linadi.

Sistema nuqtalarining harakatini ularning harakat qonuniga bog'liq bo'lmagan va oldindan berilgan geometrik yoki kinematik shartlar bilan cheklovchi jismlarga bog'lanishlar yoki *analitik bog'lanishlar* deyiladi. Sistema nuqtalarini harakatini cheklovchi har qanday jism analitik bog'lanishdan iborat bo'la olmasligini alohida ta'kidlab o'tamiz. Masalan, yuk osilgan prujina analitik bog'lanishdan iborat bo'lmaydi, chunki yukning harakatiga prujina tomonidan qo'yiladigan chek yukning harakat qonuniga bog'liq bo'ladi. Agar sistema nuqtalariga bog'lanishlar qo'yilmagan bo'lsa, bunday sistema erkin sistema deyiladi. Aks holda sistema *bog'lanishdagi sistema* deyiladi. Quyosh sistemasiga kiruvchi planetalar erkin sistemani tashkil etadi. Teplovozni bog'lanishdagi mexanik sistema deb qarasak, temir yo'l bog'lanish vazifasini o'taydi.

N ta moddiy nuqtalardan tashkil topgan mexanik sistema nuqtalariga qo'yilgan bog'lanishlarning matematik ifodasi vaqt, sistema nuqtalarining koordinatalari va ularning hosilalariga bog'liq tenglamalar yoki tengsizliklar bilan aniqlanadi:

$$f_{\mu}(x_{\nu}, y_{\nu}, z_{\nu}, \dot{x}_{\nu}, \dot{y}_{\nu}, \dot{z}_{\nu}, t) = 0, \quad (\mu = 1, 2, \dots, l)$$

$$f_{\mu}(x_{\nu}, y_{\nu}, z_{\nu}, \dot{x}_{\nu}, \dot{y}_{\nu}, \dot{z}_{\nu}, t) \geq 0, \quad (\mu = 1, 2, \dots, l)$$

⁴ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

Tenglamalar bilan ifodalanadigan bog'lanishlar bo'shatmaydigan bog'lanishlar, tengsizliklar bilan ifodalanadigan bog'lanishlar esa bo'shatadigan bog'lanishlar deyiladi.

Masalan, ikkita moddiy nuqta o'zgarmas l uzunlikka ega bo'lgan sterjen bilan tutashtirilgan bo'lsa, bunday bog'lanish

$$(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 - l^2 = 0$$

tenglama bilan ifodalanadi.

Agar ikkita moddiy nuqta egiluvchan, cho'zilmaydigan va uzunligi l ga teng ip bilan tutashtirilgan bo'lsa, bog'lanish

$$l^2 - (x_1 - x_2)^2 - (y_1 - y_2)^2 - (z_1 - z_2)^2 \geq 0$$

tengsizlik bilan ifodalanadi. Ip tarang holatda bo'lganda, tenglik ishorasi, aks holda tengsizlik ishorasi olinadi.

Agar bog'lanishlar faqat sistema nuqtalarining koordinatalariga chek qo'ysa, bunday bog'lanishlar geometrik bog'lanishlar deyiladi.

Geometrik bog'lanishlarning tenglamasi

$$F(x_v, y_v, z_v) = 0$$

ko'rinishda yoziladi.

Agar bog'lanishlar sistema nuqtalarining koordinatalaridan tashqari tezligiga ham chek qo'ysa, ularga kinematik yoki differensialni bog'lanishlar deyiladi. Kinematik bog'lanishlarni analitik ifodasi

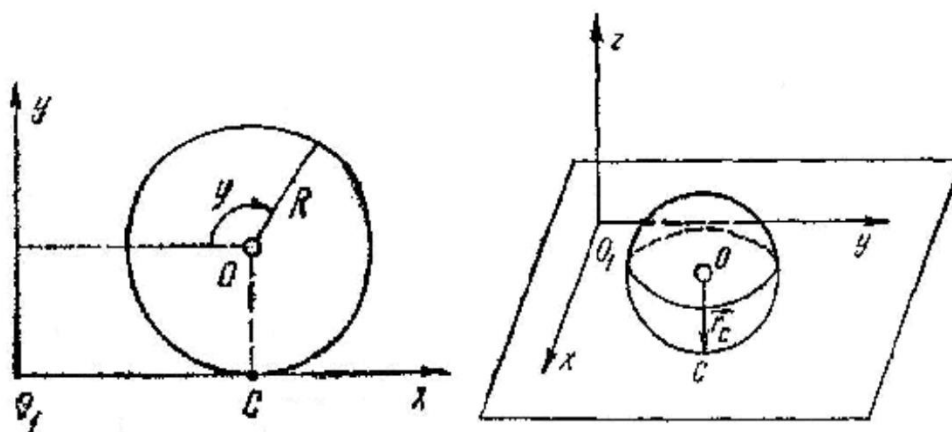
$$(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 - l^2 = 0 \text{ yoki}$$

$$l^2 - (x_1 - x_2)^2 - (y_1 - y_2)^2 - (z_1 - z_2)^2 \geq 0 \text{ ko'rinishda yoziladi.}$$

Agar bog'lanish tenglamalari integrallanadigan bo'lsa, bog'lanish *golonomli* bog'lanish, integrallanmaydigan bo'lsa, *golonomsiz* bog'lanish deyiladi.

Masalan, radiusi R ga teng g'ildirak to'g'ri chiziqli rels bo'ylab sirpanmay harakatlansin. Bunday g'ildirakning O_1xy harakat tekisligidagi holati g'ildirak O markazining koordinatalarni x_0u_0 va bu markaz atrofidagi aylanish burchagi φ bilan aniqlanadi. Agar x o'qni rels bo'ylab yo'naltirsak, u holda $u_0=R$ munosabat

geometrik bog'lanishni ifodalaydi. Bundan tashqari, g'ildirak sirpanmasdan harakatlangani uchun g'ildirakning relsga tegib turgan S nuqtasining tezligi nolga teng bo'ladi. Bu shart



1.3.1-shakl

$\dot{x}_o - R\dot{\varphi} = 0$ kinematik bog'lanish bilan ifodalanadi. Bu tenglama bilan ifodalanadigan bog'lanish *golonomli* bog'lanishdan iborat bo'ladi. Bu tenglamani integrallab x_o va φ orasidagi munosabatni aniqlaymiz.

$$x_o - R\varphi = const$$

Agar bog'lanishning analitik ifodasi vaqtga oshkora ravishda bog'liq bo'lsa, o'nga stasionar bo'lmagan bog'lanish deyiladi.

$$x^2 + y^2 + z^2 = (at)^2$$

Agar bog'lanishning analitik ifodasi vaqtga oshkora ravishda bog'liq bo'lmasa, bunday bog'lanish stasionar bog'lanish deyiladi.

Golonomli bog'lanishlar. Material nuqtaga qo'yilgan bog'lanishlar uning fazodagi harakatigagina chek qo'yib, tezligini cheklamasa bunday bog'lanishlar golonomli bog'lanishlar yoki geometrik bog'lanishlar deb ataladi. Uning tenglamasi $\Psi(x, y, z) = 0$ bo'lgan faqat biror sirt ustida harakatlansa u holda shu sirtning tenglamasi bog'lanish tenglamasi deb ataladi.

Golonomli bog'lanishlarga buysunadigan mexanik sistemalar golonomli sistemalar deb ataladi.

Golonomsiz bog'lanishlar. Material nuqta doimo harakatlanuvchi sirti vaqt o'tishi bilan o'z shaklini o'zgartirsa, u holda shu sirtning tenglamasi quyidagicha bo'ladi.

$$\Psi(x, y, z, t) = 0$$

Agar material nuqtaga qo'yilgan bog'lanishlar uning fazodagi holatni va tezligini cheklasa, u holda bunday bog'lanishlar golonomsiz yoki kinematik bog'lanishlar deb ataladi va uning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi

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

Ushlab turuvchi yoki ajralmas bog'lanishlar. Agar material nuqta harakatiga, berilgan bog'lanishlar tenglamasiga bo'ysunib, u hamma vaqt, shu sirt yoki chiziqlik ustida qolsa, bunday bog'lanishlar ushlab turuvchi yoki ajralmas bog'lanishlar deb ataladi.

Ushlab turmovchi yoki ajraluvchi bog'lanishlar. Material nuqta harakati vaqtida sirtdan yoki chiziqlikdan ajraladi. Bunday bog'lanishlar faqat faza soxasini cheklaydi, xolos va material nuqta shu chegaradan chiqmaydi.

Statsionar bog'lanishlar. Bunda material nuqtaga qo'yilgan geometrik yoki kinematik bog'lanishlar vaqtga oshkora bog'liq bo'lmaydi, ya'ni ular o'z shaklini va holatini o'zgartirmaydi. Misol aylanada harakatlanuvchi nuqta $x^2 + y^2 = R$ stasionar bog'lanishga bo'ysunadi.

Statsionarmas bog'lanishlar. Bunda material nuqtaga qo'yilgan bog'lanish, oshkora ravishda, vaqtga bog'liq bo'ladi. Masalan, $R^2(t - t_0)^2 - (h - v_0 t)^2 - y^2 = 0$ ko'rinishida bo'ladi.

Ideal va real bog'lanishlar. Bog'lanish effektini reaksiya kuchi bilan almashtirish mumkin. Agar ishqalanish hisobga olinmasa, bog'lanish sirti absolyut silliq bo'lib, reaksiya kuchi sirt normalini bo'ylab yo'naladi. Bunday bog'lanish ideal bog'lanish deb ataladi. Agar reaksiya kuchi sirt normaliga ma'lum burchak ostida yo'nalsa, u holda sirt gadir - budur bo'ladi. Bunday bog'lanish real bog'lanish deb ataladi.

Kinematik juft va ularning xossalari.

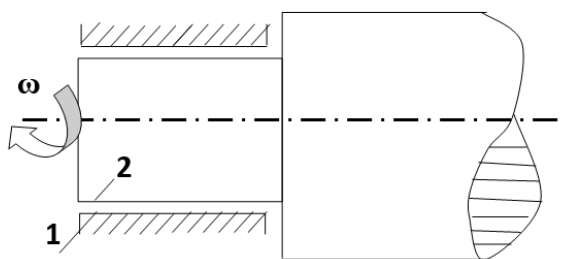
Biri ikkinchisiga yoki ikkinchisi birinshisiga nisbatan harakat qila oladigan ikkita zveno qo'sxilmasi **kinematik juft** deb ataladi. Ikki zvenoning bir biri bilan qo'sxilgan (tegib turgan, bo'g'langan) joylari juftning elementlari deyiladi.⁵

Mexanizmlar tarkibiga kiruvchi zvenolarning har biri ma'lum belgilangan tartibda harakat qiladi va bu shart. Agar sistema tarkibiga kiruvchi zvenolar ma'lum belgilangan tartibda harakat qilmasa, u holda bunday sistema mexanizm bo'lmay, tartibsiz harakat qiluvchi sistema bo'ladi.

Mexanizm tarkibiga kiruvchi zvenoning ikkitasi kinematik juft hosil qiladi. Rus olimlaridan H.I.Gahman, A.P.Malshev, V.V.Dobrovolskiy va I.I.Artobolevskiy kinematik juftlar nazariyasiga asos solganlar.

Ikkala zveno (val uchi bilan podshipnik) bir – biriga slindrik yuza orqali tegib turadi. Ana shu tegib turgan sirtlar juftning elementlari deb ataladi 1.3.1 – shakl.

Agar val bilan podshipnik erkin zvenolar deb qaralsa, ularning erkin darajalar juftning erkin darajasidan ortiq bo'ladi. Kinematik juft tarkibiga kiruvchi zvenolarning nisbiy harakatiga ma'lum darajada chek qo'yiladi. Ana shu kinematik juft tarkibiga kirgan zvenolarning nisbiy harakatiga qo'yilgan chek kinematik juftlardagi bog'lanish shartlar deb ataladi.



1.3.1- shakl:

1-podshipnik, 2-val uchi (ship).

Mexanizm tarkibiga kiruvchi zvenolar ilgarilanma, aylanma va murakkab harakat qilishi mumkin. Harakatning bunday turlari kinematik juftlar tarkibidagi zvenolarning nisbiy harakatlariga qo'yilgan cheklarga qarab bo'linadi. Kinematik juftlar zvenolarning nisbiy harakatiga qo'yilgan cheklar (bog'lanishlar) soniga qarab bo'linadi.

⁵ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning tuzilish formulasi (akademik P. L. Chebishev formulasi).

Kinematik zanjirlar tarkibiga kiruvchi zvenolardan birini mahkamlab qo'yish yo'li bilan mexanizmlar hosil qilinadi. Har qanday mexanizmدا harakat qonuni berilgan va harakat qonunlarini topish lozim bo'lgan zvenolar bo'ladi. Demak, harakat qonunlari berilgan (ma'lum bo'lgan) zvenolar **yetaklovchi zvenolar**, yetaklovchi zvenolar harakat qonunlariga qarab aniqlanishi lozim bo'lgan zvenolar **yetaklanuvchi zvenolar** deb ataladi.

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

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

Bunday mexanizmlarning tuzilish formulasi rus akademigi P.L. Chebishev 1986 yilda jahonda birinchi bo'lib isbotladi.

Bu formula quyidagicha yoziladi:

$$W = 3n - 2p_q - p_o + s$$

bunda W– mexanizmning erkinlik darajasi;

n – qo'zg'aluvchi zvenolar soni;

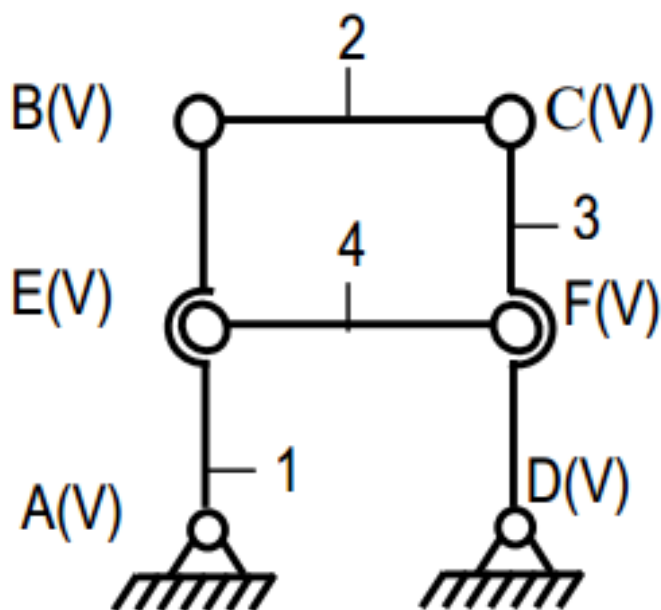
p_q – quyi kinematik juftlar soni;

p_o – oliy kinematik juftlar soni;

s – qaytariluvchi bog'lanishlar soni yoki ortiqcha zvenolar soni.

Ikkilamchi parallelogram mexanizmdagi (1.3.2-shakl. Sharnirli parallelogramli mexanizm) ortiqcha bog'lanishlar soni aniqlansin. 1

.3.2-shakl berilgan sharnirli parallelogramli mexanizm uchun 1 ta (EF) ortiqcha bog'lanish mavjud. Mexanizm $AB=CD$, $AE=DF$, $AD=EF=BC$ sharti bajarilganda harakat qilishi mumkinaks holda mexanizm fermaga aylanadi. Ortiqcha bog'lanishni yo'qotish uchun EF shatunni tashlab yuborish kerak.



1.3.2-shakl.

$$W=1, n=4, P_q=6, P_0=0$$

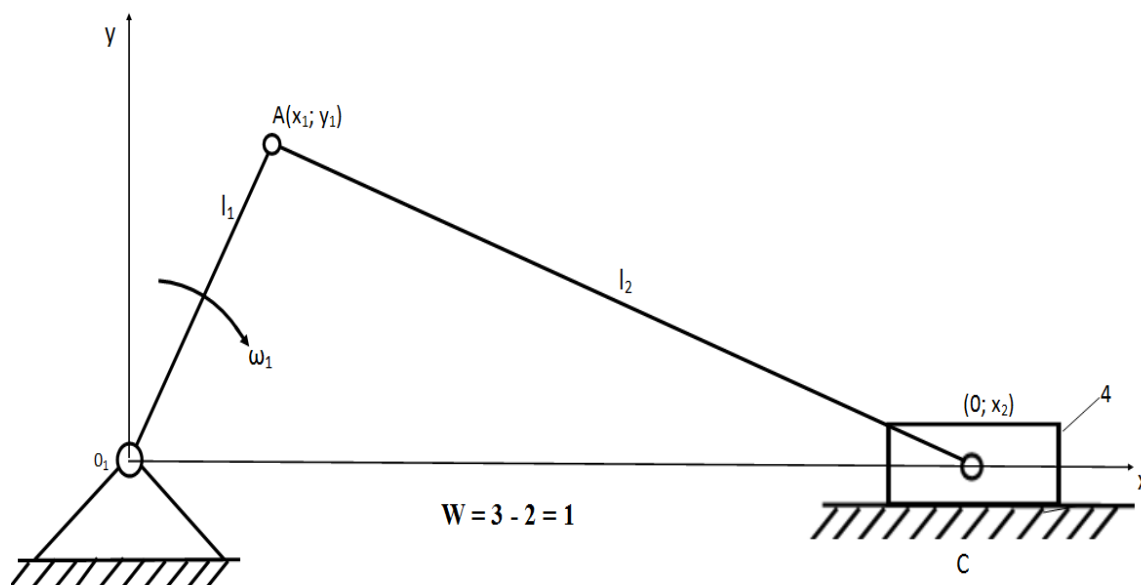
$$s = W - 3n + 2p_q + p_0 = 1 - 3 \cdot 4 + 2 \cdot 6 + 0 = 1$$

Formula akademik P.L.Chebishev formulasi yoki tekis mexanizmlarning tuzilish formulasi yoki mexanizmlarning qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlovchi formula deb ataladi.

P.L.Chebishevning tuzilish formulasidan foydalanib, mexanizmlarning qo'zg'aluvchanlik darajasini aniqlaymiz. Agar qo'zg'aluvchi zvenolar soni bilan kinematik juftlar soni aniqlanib, sistemaning qo'zg'aluvchanlik darajasi nol bo'lsa, bunday sistemaning birorta zvenosi ham harakat qila olmaydi, bu CA sistemaning ferma ekanligini bildiradi. Agar mexanik sistemaning qo'zg'aluvchanlik darajasi birga teng ($W=1$) bo'lsa, bu sistema bitta yetaklovchiga zvenoga ega mexanizm hisoblanadi. Agar berilgan mexanik sistemaning qo'zg'aluvchanlik darajasi ikkiga teng bo'lsa yani ($W=2$) bo'lsa, bunday sistema yetaklovchi zvenosi bo'lgan mexanizm hisoblanadi.

Agar 1.3.3-shakldagi sistemaning qo'zg'aluvchanlik darajasini koordinatalar orqali topmoqchi bo'lsak, unda uchta koordinata (h_1, u_1, h_2) bo'ladi; bog'lanish tenglamalar soni esa 2 ga tengdir, qo'zg'aluvchanlik darajasi: $W=3 - 2 = 1$.

Kinematik juftlar nazariyasi bayon etilganda oliy juftlarning elementlari nuqta yoki chiziq, quyi juftlarning elementlari esa sirt yoki tekislik bo'lishi ma'lum⁶.



1.3.3-shakl

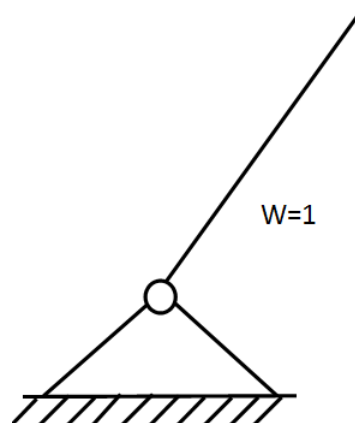
Har qanday mexanizm tarkibidagi istalgan oliy juftni ma'lum shart asosida quyi juft bilan almashtirish mumkin. Demak, berilgan oliy va quyi juftli mexanizmni faqat V klass quyi juftga ega bo'lgan ekvivalent mexanizm bilan almashtirsak bo'ladi. Almashtirilgan bunday kinematik zanjirlar **kinematik ekvivalent sistemalar** deb ataladi.

Tekis mexanizmlarni hosil qilish, Mexanizmlarning Asur - Artobolevskiy klassifikatsiyasi.

Har qanday mexanizm asosga o'rnatilgan bo'lib, bu asos shartli ravishda qo'zg'almas zveno deb qaraladi. Sxemalarda qo'zg'almas zveno shtrih chiziqlar bilan belgilanadi. Qo'zg'almas zveno hamda u bilan aylanma kinematik juft hosil qiluvchi zvenodan tashkil topgan sistema bolang'ish mexanizm deyiladi (1.3.4-shakl). Bunday mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi 1 ga teng ya'ni:

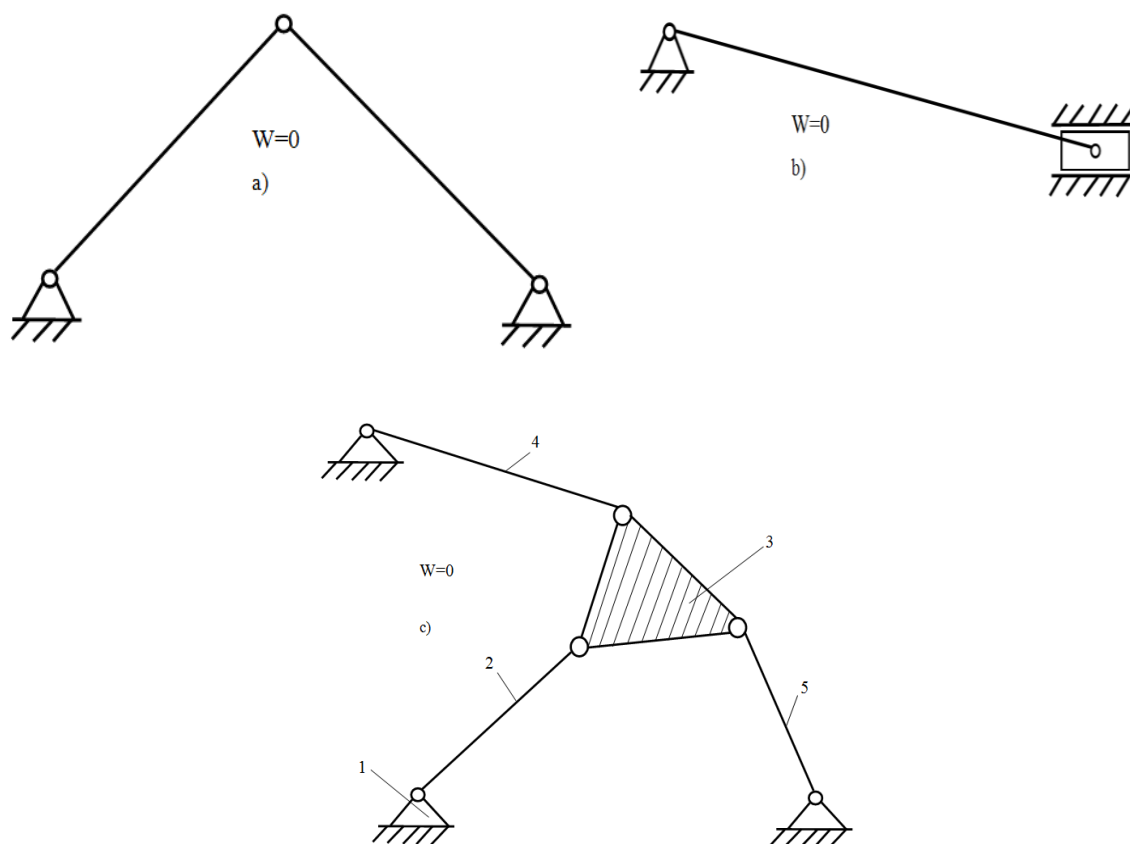
$$W = 3n - 2p_1 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1.$$

⁶ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.



1.3.4-shakl

Ko'p zvenolardan tashkil topgan mexanizmlarning qo'zg'aluvchanlik darajasiga teng bo'lib qolishi uchun qo'sxiladigan kinematik zanjirning qo'zg'almas zveno bilan hosil qiladigan yopiq zanjirning qo'zg'aluvchanlik darajasi nolga teng bo'lishi kerak. Bunday kinematik zanjirlar Assur gruppalari deyiladi (1.3.5- shakl a, b, c).



1.3.5- shakl. Assur gruppalar ko'rinishlari.

Yuqorida aytilganlarga va keltirilgan misollarga ko'ra, Asur gruppalarining hosil bo'lish shartlari quyidagicha:

$$W = 3n - 2p_1 = 0$$

$$\text{bundan } p_1 = \frac{3}{2} n.$$

Asur gruppalari richagsimon zvenolar va quyi kinematik juftlardan tashkil topgan. Agar mexanizm tarkibida oliy kinematik juft mavjud bo'lsa, u quyi kinematik juftli bitta qo'shimcha zveno bilan almashtiriladi.

Ifodadan ko'rinib turibdiki, zvenolar kasr son bo'la olmaslik shartiga ko'ra, Asur gruppalaridagi zvenolarning va unga mos keladigan kinematik juftlarning soni quyidagi qiymatlardan biriga ega bo'ladi:

$$n = 2 \quad n = 4 \quad n = 6 \quad n$$

$$p_1 = 3 \quad p_1 = 6 \quad p_1 = 9 \quad p_1 = 12 \text{ va h. k.}$$

Asur gruppalari akademik I.I.Artobolevskiy taklif etgan klassifikasiya bo'yicha quyidagi klasslarga bo'linadi:

I klass. Aylanma harakat qiluvchi bosh zveno. U qo'zg'almas zveno bilan quyi kinematik juft hosil qilgan bo'lishi shart.

II klass. Ikki zvenodan tashkil topgan grupp.

III klass. Tarkibida 3 tomonli yopiq va ochiq kontur bo'lgan grupp.

IV klass. Tarkibida 4 tomonli yopiq konturli bo'lgan grupp.

V klass. Tarkibida 5 tomonli yopiq konturli bo'lgan grupp.

Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlar I.I.Artobolevskiyning klassifikasiyasiga binoan uchinchi guruhga kiradi. Bunday mexanizmlardagi aylanma kinematik juftlarning o'qlari bir – biriga paraleldir (sharnirli to'rt zvenoli mexanizmga qarang). Aylanma kinematik juftlarning o'qlari bir nuqtada kesishgan mexanizmlar *sferik mexanizmlar* deb ataladi. Sferik mexanizmlarning sharnir nuqtalari faqat sferada (shar sirtida) harakat qiladi. Ular ham mexanizmlarning uchinchi guruhiga kiradi. I.I.Artobolevskiy klassifikasiyasiga binoan, quyidagi besh guruh mexanizmlar uchun asosiy tuzilish formulasini olamiz.

Nolinchi guruhga tegishli mexanizmlar tarkibida umumiy holda besh xil klass kinematik juft bo'ladi:

$$W_0 = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1$$

Birinchi guruhga oid mexanizmlar tarkibiga kiruvchi zvenolarga bitta umumiy bog'lanish qo'yiladi. Mexanizmning tuzilish formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$W_1 = 5n - 4P_5 - 3P_4 - 2P_3 - P_2$$

Demak, birinschi guruhga kiruvchi mexanizmlar tarkibida, umumiy holda, I klass kinematik juftlar bo'lmas ekan.

Ikkinshi guruhga tegishli mexanizmlar uchun tuzilish formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$W_2 = 4n - 3P_5 - 2P_4 - P_3$$

formuladan ko'rinib turibdiki, ikkinchi guruhga tegishli mexanizmlar tarkibida umumiy holda I va II klass kinematik juftlar bo'lmas ekan.

Uchunchi guruhga tegishli mexanizmning tuzilish formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$W_3 = 3n - 2P_5 - P_4$$

To'rtinchi guruhga tegishli mexanizmlarning tuzilish formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$W_4 = 2n - P_5$$

To'rtinchi guruh mexanizmlari tarkibiga faqat V klass aylanma, ilgarilama yoki vintli kinematik juftlar kirishi formuladan ma'lum.

Shunday qilib, nolinchi guruhga tegishli mexanizmlar tarkibida, umumiy holda, besh xil kinematik juft bo'lishi, xususiyl holda esa faqat har xil tekisliklarda harakat qiluvchi faqat V klass kinematik juftlar bo'lishi kifoya ekan.

Takrorlash uchun savollar

1. Qanday qurilma mexanizm deb atiladi?
2. Qanday vaziyatda bo'lgan nuqtalarni erkin nuqtalar deb atash mumkin?
3. Qanday shart ostida bo'lgan holatlarga bog'lanishlar deb ataladi?
4. Qanday bog'lanishlarga golonomli bog'lanishlar deb ataladi?

5. Qanday bog'lanishlarga golonomsiz bog'lanimshlar deb ataladi?
6. Kinematik bog'lanishlar deganda nimani tushunasiz?

1.4. MEXANIZIMLARNING KLASSIFIKASIYASI.

Mexanizimlarning rasional klassifikasiyasiga nisbatan qo'yiladigan talablar.

Dastlabki davrlarida mexanizmlarning tuzilishi va klassifikasiyasi soxasida ko'pgina olimlar ishladilar. XVIII asrning oxirlarida fransuz olimlaridan Gaspar Monj mexanizmlarni harakat uzatish turiga ko'ra klassifikasiya qilishga urindi. XIX asrning birinchi yarimida (1841 yilda) Amerika olimi Villis, XIX asrning ikkinchi yarmida (1875) yilda nemis olimlaridan Relo o'zining kinematik juftlar va kinematik zanjirlar to'g'risidagi ta'limotida mavjud mexanizmlar orasida tuzilish jihatidan o'xshashlik borligini ko'rsatib o'tdi.

1869 yilda mashhur rus matematigi va mexanigi akademik P.L.Chebishev bog'lanish shartlari soni va qo'zg'aluvchanlik darajasiga asoslangan kinematik zanjirlarning tuzilish formulasini jahonda birinchi bo'lib aniqladi.

Bu soxada rus olimlaridan professor Samovning ishlari diqqatga sazovordir. Uning 1888 yilda yozgan «Kinematik zanjirlarning erkinlik darajasi to'g'risida» degan kitobi mexanizmlar nazariyasini yoritishda katta o'rin tutdi.

Mexanizmlar klassifikasiyasi shu mexanizmlarning vazifalariga (funksional belgilariga) ko'ra tuzilsa ham bo'ladi, ammo bunday klassifikasiya mavjud barcha mexanizmlarni o'z ichiga ololmas edi, chunki asosi bir bo'lgan va hozirgi zamon texnikasida eng ko'p tarqalgan mexanizmlardan – krivoship – shatunli, turt zvenoli, planetar, differensial va boshqa mexanizmlar texnikaning turli tarmoqlarida turlicha texnologik protseslarda ishlatiladi. Masalan, krivoship – shatunli mexanizm avtomobilsozlikda, aviasiya sanoatida, traktorsozlikda va sanoatning boshqa tarmoqlarida ichki yonuv mashinasining asosiy mexanizmidir.

Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlar klassifikasiyasi.

Biz hozirgi kunda ishlatilayotgan mexanizmlar va mashinalarning xili birgina to'qimachilik sanoatida 2000 dan ortiq ekanligi ma'lum. Demak, barcha

mexanizmlarni tekshirish, ularni kinematik va dinamik nuqtai nazardan o`rganish uchun ularni ma`lum klassifikasiyaga bo`lish va har qaysi klassga tegishli mexanizmlarni o`rganishning ma`lum metodlarini yaratish lozim bo`ladi.⁷

Texnikada uchraydigan barcha mexanizmlarni ularning erkinlik darajalari soniga qarab asosan quyidagi uchta klassga bo`lish mumkin:

1. I **klass mexanizmlar**. Bu klassga erkinlik darajasi 1 ga teng bo`lgan mexanizmlar kiradi. Masalan, batan mexanizmi, planetar mexanizmlar, kulachokli mexanizm va boshqalari.

2. II **klass mexanizmlar**. Bu klasslarga erkinlik darajasi 2 ga teng bo`lgan mexanizmlar kiradi. Bular texnikada juda ko`p tarqalgan bo`lib, bularga – differensial mexanizmlari, besh zvenoli mexanizmlar va shunga o`xshash mexanizmlar kiradi.

3. III **klass mexanizmlar**. Bunday mexanizmlar gruppasiga erkinlik darajasi 3 ta va undan ortiq bo`lgan mexanizmlar kiradi.

Mexanizmlarning hosil qilinishiga oid asosiy prinsipni A.V.Asur birinchi marta ishlab chiqdi; uni quyidagicha tariflash mumkin:

Har qanday mexanizm yetaklovchi zveno bilan (yoki yetaklovchi zvenolar bilan) qo`zg`almas zvenoga (stoykaga) qo`zg`aluvchanlik darajasi nolga teng bo`lgan kinematik zanjirlarni (gruppalarni) ketma – ket qo`sha borib hosil qilinishi mumkin.

Har qanday mexanizmning qo`zg`aluvchanlik darajasi (erkinlik darajasi) shu mexanizmning yetaklovchi zvenolari soniga teng bo`ladi. Agar mexanizmning qo`zg`aluvchanlik darajasi birga teng bo`lsa, u holda, uning yetaklovchi zvenosi ham bitta bo`ladi, agar mexanizmning qo`zg`aluvchanlik darajasi ikkiga teng ( $W=2$ ) bo`lsa, uning yetaklovchi zvenolari ikkita bo`ladi.

L.V.Asur qo`zg`almas zveno bilan V klass kinematik juft hosil qiluvchi, ya`ni yetaklovchi zveno bilan qo`zg`almas zvenoni (stoykani) shartli ravishda 1 klass 1- tartibli mexanizm deb atadi (1.4.1. shakl a, b va c).

⁷ 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.

1.4.1 shakl, a da 2 – zveno qoʻzgʻalmas zveno (1) ga nisbatan ω_2 burchak tezligi bilan aylanmoqda. 1 zveno bilan 2 zveno birga qoʻsxilib, 0 nuqta V klass aylanma kinematik juft hosil qiladi.

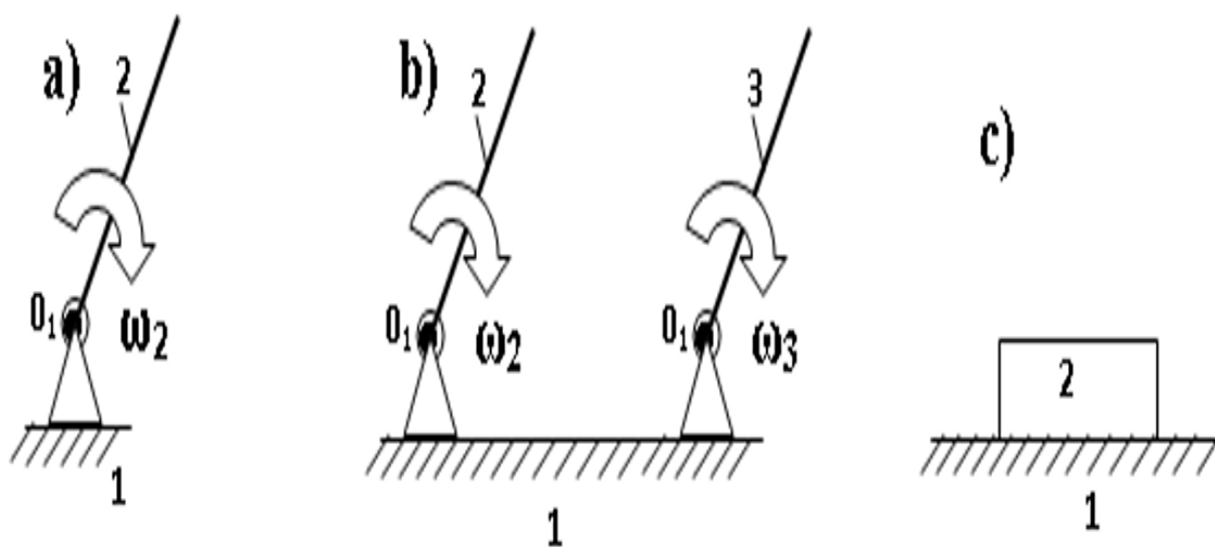
1.4.1 – shakl b da 2 va 3 zvenolar qoʻzgʻalmas zveno (1) bilan O_1 va O_2 nuqtalarda V klass kinematik juft hosil qiladi va ular uz oʻqlari atrofida aylanma harakat qiladi. 1.4.1 – c da 2 zveno 1 zvenoga nisbatan faqat ilgarilanma – qaytar harakat qila oladi. 1 va 2 zvenolar oʻzaro V klass ilgarilama juft hosil qiladi.

Haqiqatdan 1.4.1.- shakl, a, b, c larda uch xil I klass mexanizmlar koʻrsatilgan. Shakldagi har bir mexanizmni qoʻzgʻaluvchanlik darajasini aniqlab olamiz;

1.4.1 – shakl a $W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$ ga teng

1.4.1 – shakl b $W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 = 2$ ga teng

1.4.1 – shakl v $W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$ ga teng



1.4.1 – shakl. I-klass I- tartibli mexanizm

Demak, qoʻzgʻaluvchanlik darajasi nolga teng boʻlgan tekis kinematik zanjirlarning matematik ifodasi quyidagicha boʻladi:

$$W_{gr} = 3n - 2P_5 - P_4 = 0$$

L. V. Asur tarkibiga faqat quyi kinematik juftlar kirgan gruppalarni tekshirib shiqd, u holda bunday gruppalarning matematik ifodasi quyidagicha boʻladi:

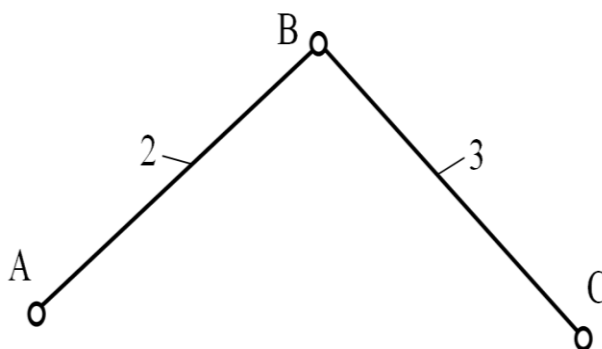
$$3n - 2P_5 = 0$$

tenglama qo'zg'aluvchanlik darajasi nol bo'lgan gruppalar (kinematik zanjirlar) tarkibidagi zvenolar soni bilan V klass kinematik juftlar orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Shunga asosan tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

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

Gruppalardagi zvenolar soni juft sonlardan, ya'ni 2, 4, 6, 8, ... lardan V klass kinematik juftlar soni esa, tegishlilash, 3, 6, 9, 12, 15, ... lardan iborat ekanligi formuladan kurinib turibdi.

4.2. – shaklda ko'rsatilgan kinematik zanjirning qo'zg'aluvchanlik darajasi nolga teng ($W=0$). Bu gruppaa *ikki povodokli* gruppaa deb ataladi.



1.4.2 – shakl II klass gruppaa

Gruppalar klaslarga bo'linadi. Shaklda A va C kinematik juft elementlari bo'shdir, ularni boshqa elementlar bilan qo'shish mumkin.

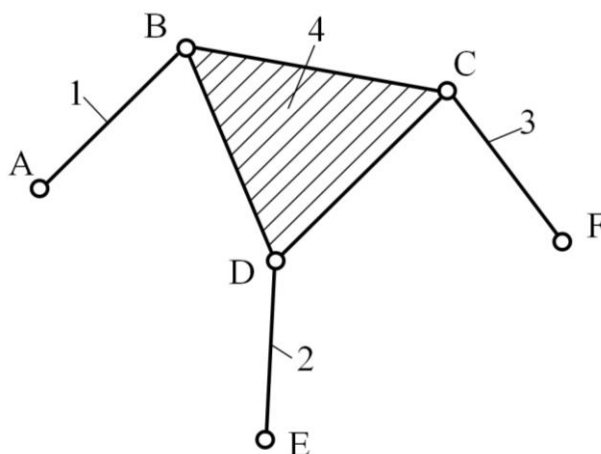
Zvenolar soni 4 ga, V klass kinematik juftlar soni 6 ga teng bo'lgan kinematik zanjirni ko'rib shiqaylik (1.4.3.- shakl). Bu kinematik zanjirning erkin elementlari soni A, E, F orqali belgilangan.

Demak, erkin juft elementlari uchta bo'lgani uchun bu xil ochiq kinematik zanjir ***uch povodokli*** gruppaa yoki III klass gruppaa deb ataladi.

Ikki povodokli gruppada kinematik juftlarning erkin elementlari ikkita bo'lgani uchun, u II klass 2 – tartibli gruppaa deb ataladi.

Yuqorida bayon etilgan 2, 3, 4, 5 - tartibli gruppalar ***Asur gruppalar*** deb ataladi. Agar gruppaa tarkibida ikkita zveno va uchta V klass juft bo'lsa, bunday gruppaa II klass va 2 – tartibli gruppaa deb yoki ikki povodokli gruppaa deb ataladi.

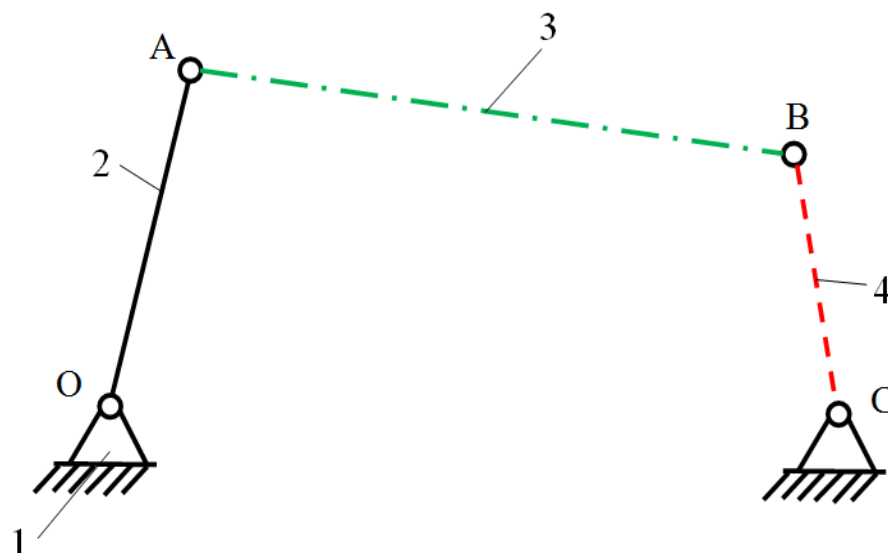
Tarkibiga faqat II klass 2 – tartibli gruppalar kirgan mexanizmlar II *klass mexanizmlar* deb ataladi. Bunday mexanizmlar I klass (yoki boshlang'ish) mexanizmlarga II klass 2 – tartibli Asur gruppasini qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi (1.4.4 – shakl). Bu mexanizm to'rt zvenoli mexanizm bo'lib, hozirgi zamon texnikasida eng ko'p uchiraydigan mexanizmlardan biri hisoblanadi.⁸



1.4.3 – shakl III kalss grupp.

Bu mexanizm quyidagicha hosil qilinadi:

I klass mexanizmga (1, 2 zvenolarga) II klass 2 – tartibli Asur gruppasi qo'sxiladi (3, 4 zvenolar), natijada II klass mexanizm hosil qilinadi.



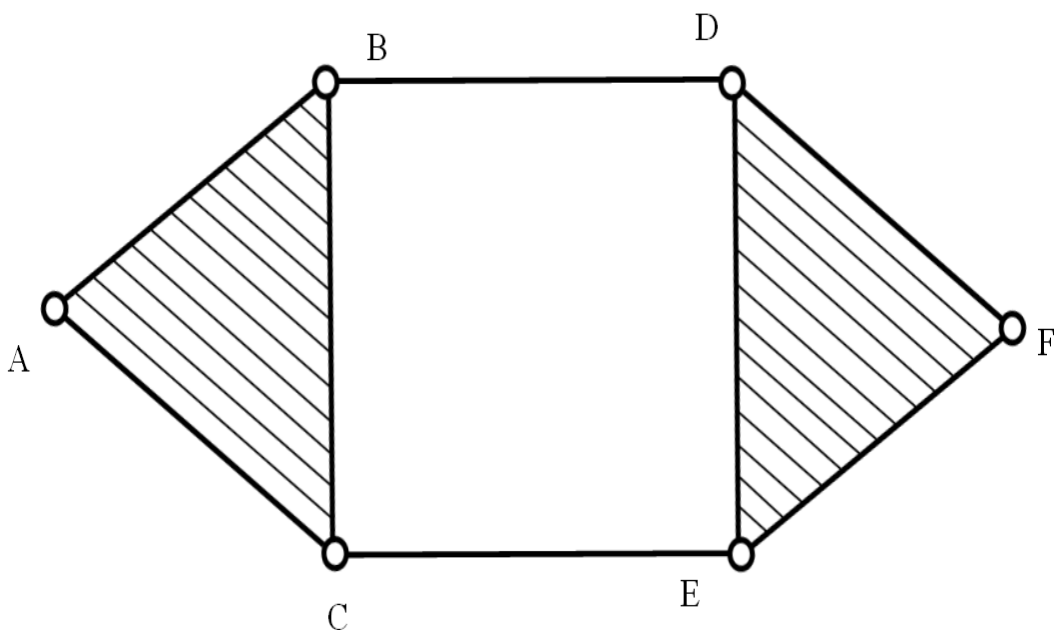
1.4.4 – shakl. II kalss mexanizm

⁸ Федоров Н.Н., Гололобов Г.И. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Учебное пособие для студентов дистанционной формы обучения. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. 139 с.

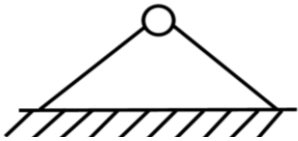
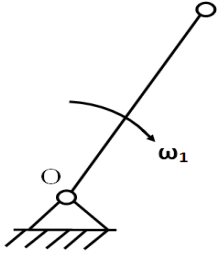
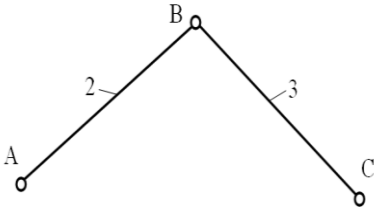
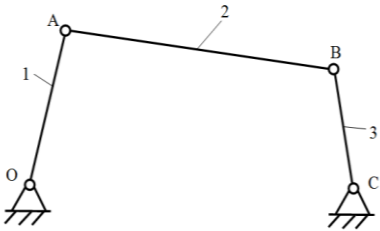
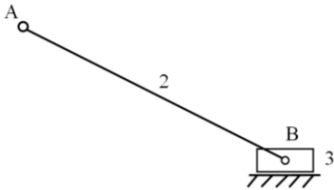
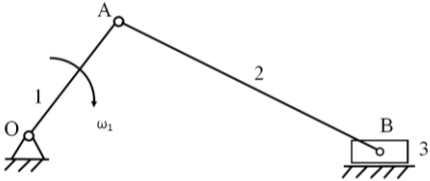
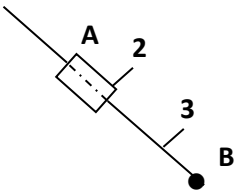
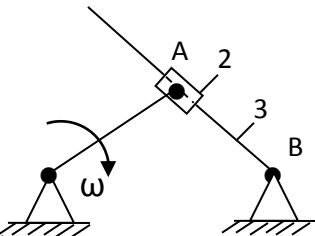
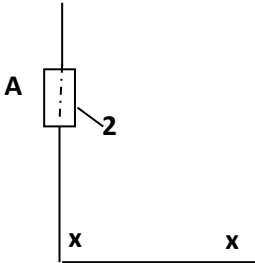
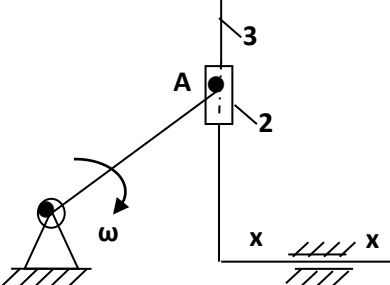
To'rta zvenosi va oltita V klass kinematik jufti bo'lgan yopiq kinematik zanjirni ko'rib shiqamiz (1.4.5. – shakl). Bu qo'zg'aluvchi yopiq sistema hisoblanadi.

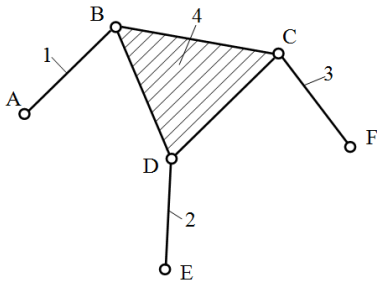
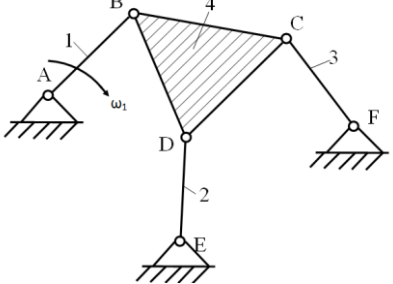
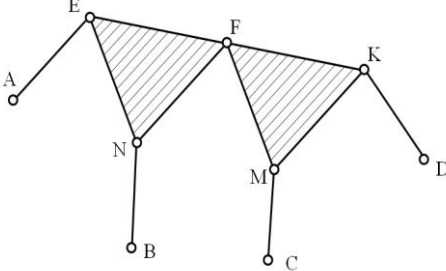
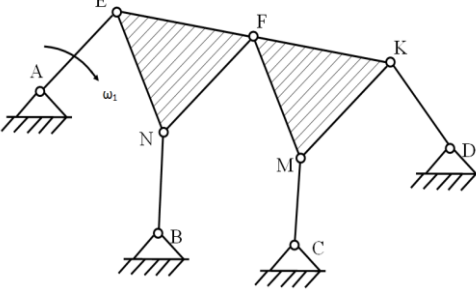
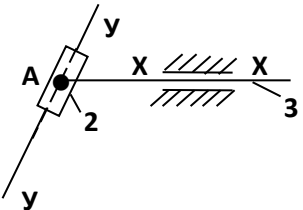
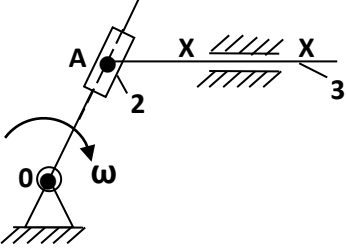
Shakldan ko'rinib turibdiki, yopiq konturning basesli zvenolaridagi kinematik juftning A va F elementlari erkin holdadir. Yopiq konturning A va F erkin elementlari konturning nisbiy harakatiga ta'sir etmaydi. Konturning istalgan zvenosiga nisbatan qo'zg'aluvchi ekanligini bilish va tuzilish formulasidan foydalanib, qo'zg'aluvchanlik darajasini topish mumkin.

Shunday qilib, bu yopiq konturdagi erkin elementlardan birini (A ni) I klass mexanizm krivoshipdagi erkin element bilan, ikkinshisini qo'zg'almas zvenodagi element bilan qo'shib, Yangi mexanizm hosil qilish mumkin. 1.4.5 – shakldagi yopiq kinematik zanjirda basesli ikkita zveno (ABC va EDF) bo'lib, CBDE konturning nisbiy qo'zg'aluvchanlik darajasi birga tengdir. Shunday yopiq konturli gruppalar IV klass 2 – tartibli gruppalar deb ataladi. Bunday gruppalar asosiy mexanizmga A va F elementlari bilan qo'sxiladi va quyidagi 1.4.6 – shakldagi mexanizm hosil bo'ladi.



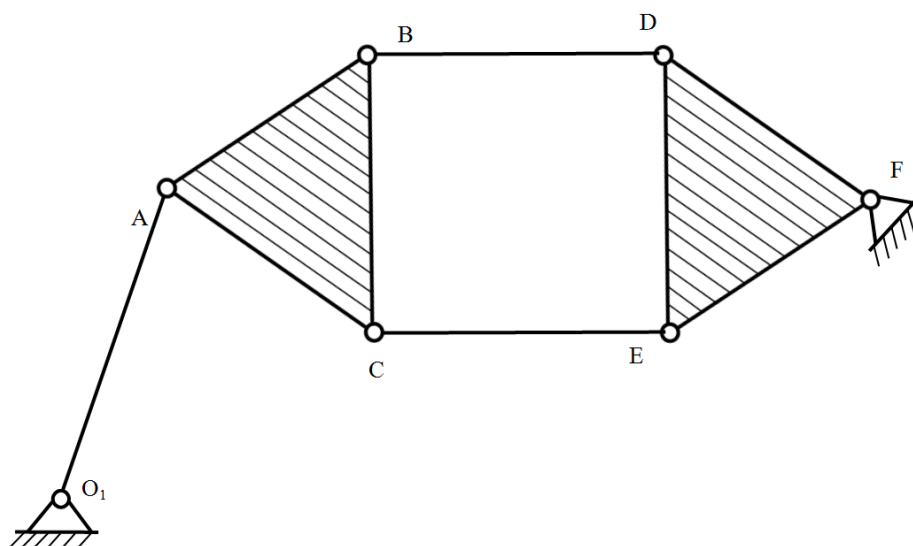
1.4.5 – Sahkl IV klass yopiq kontur.

I	 Shakl - 1a	 Shakl -1a¹
II	 Shakl 2a	 Shakl -2a¹
III	 Shakl - 3a	 Shakl -3a¹
IV	 Shakl - 4a	 Shakl -4a¹
V	 Shakl - 5a	 Shakl -5a¹

VI	 Shaki- 6a	 Shaki- 6a¹
VII	 Shaki- 7a	 Shaki- 7a¹
VIII	 Shaki- 8a	 Shaki- 8a¹

1- jadval.

Tartib raqami	Povodoklar soni	Kinematik juftlardagi erkin elementlar soni	Assur gruppasi		Gruppaning kinematik sxemasi	Gruppaning Assur bo`yicha klassi	Gruppaning Artobolevski bo`yicha klassi	Gruppaning qo`zg`aluvchanlik darajasi $W = 3n - 2p_5 - p_4$	Hosil bo`lgan mexanizmning kinematik sxemasi	Mexanizmnı qo`zg`aluvchanlik darajasi $W = 3n - 2p_5 - p_4$	Mexanizmlar klassi va tartibi		
			Gruppadagi zvenolar soni	Gruppadagi kinemat`ik juftlar soni							Artobolevskiy bo`yicha		Asur bo`yicha
											Klass	Klass	Tartib
I	-	-	-	-	Shakl 1a +	-	-	-	Shakl 1a ¹ +	I	I	I	-
II	2	2(A, C)	2	3	Shakl 2a +	I	II	0	Shakl 2a ¹ +	I	II	I	2
III	2	2(A, xx)	2	3	Shakl 3a +	I	II	0	Shakl 3a ¹ +	I	II	I	2
IV	2	2(A, B)	2	3	Shakl 4a +	I	II	0	Shakl 4a ¹ +	I	II	I	2
V	2	2(A, xx)	2	3	Shakl 5a +	I	II	0	Shakl 5a ¹ +	I	II	I	2
VI	3	3(A ₁ F ₄ E)	4	6	Shakl 6a +	I	III	0	Shakl 6a ¹ +	I	III	I	3
VII	4	4(A,B,C,D)	6	9	Shakl 7a +	I	III	0	Shakl 7a ¹ +	I	III	I	4
VIII	2	2(xx, yy)	2	3	Shakl 8a +	I	II	0	Shakl 8a ¹ +	I	II	I	2



1.4.6 – shakl IV kalss mexanizm

Shunday qilib, tarkibida IV klass 2 – tartibli gruppalar boʻlgan mexanizmlar **IV klass mexanizmlar** deb ataladi.

Agar bir mexanizm tarkibida I, II, III va IV klass gruppalar boʻlsa, shu mexanizm klassi eng yuqori klassli grupp nomi bilan yuritiladi.

Hozirgi zamon texnikasida eng koʻp tarqalgan mexanizmlar II, III klass mexanizmlardir. Shuning uchun biz, asosan II va III klass mexanizmlar bilan tanishib oʻtamiz.

Quyi kinematik juftli II klass 2 – tartibli gruppaning modifikatsiyalari.

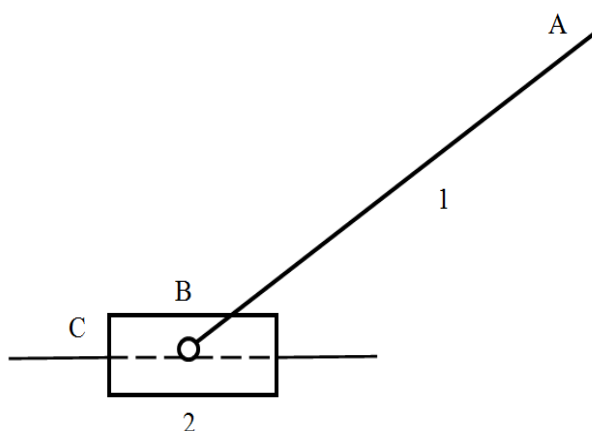
Mashina va mexanizmlar hozirgi zamon texnikasining asosidir. Texnikaning turli tarmoqlarida tarkibiga II klass 2 – tartibli gruppalar kirgan mexanizmlar juda koʻp uchiraydi. Shuning uchun ham Asur gruppasiga alohida toʻtalish maqsadga muvofiq boʻladi.⁹

Agar bu gruppada ikkita zveno va uchta aylanma juft boʻlsa, bunday grupp II klass 1 – tur grupp deb ataladi (1.4.7 shakl). Bu gruppani asosiy mexanizmga qoʻshish yoʻli bilan V klass aylanma juftli har xil II klass mexanizmlar, masalan, toʻrt zvenoli, besh zvenoli, olti zvenoli, sakkiz zvenoli va shu kabi mexanizmlar hosil qilinadi.

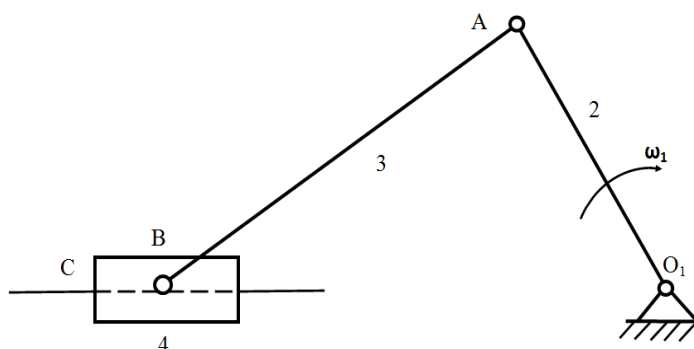
Agar grupp tarkibida ikkita zveno, ikkita aylanma va bitta ilgarilama juft boʻlsa, bunday grupp II klass 2 – tur grupp deb ataladi (1.4.7 shakl). Bunday

⁹ Артоблевский И.И. Теория механизмов и машин. М., Наука, 1975.

gruppalarni asosiy mexanizmga qo'shish yo'li bilan V klass aylanma va ilgarilama kinematik juftlari bo'lgan har xil II klass mexanizmlar hosil qilinadi. 1.4.8 – shakl krivoship – shatunli mexanizm.

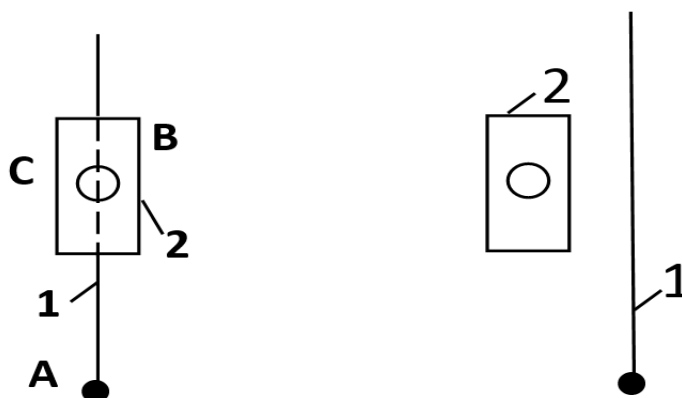


1.4.7 – shakl. II klass 2 – tur grupp



1.4.8 – shakl. II klass 2 – tur grupp

Agar II klass 1 – tur gruppning o'rta sharnirini (aylanma juftni) ilgarilanma juft bilan almashtirsak, hosil bo'lgan grupp II klass 3 – tur Asur gruppasi deb ataladi (1.4.9 shakl).



1.4.9 – shakl II klass 3 – tur grupp

Bunday gruppalarni asosiy mexanizmga qo'shish yo'li bilan V klass aylanma va ilgarilanma juftlari bo'lgan kulisali har xil mexanizmlar hosil qilinadi.

Takrorlash uchun savollar.

1. Asur gruppaga deganda nimani tushunasiz.
2. Klasslar bir – birlaridan qanday farqlanadi.
3. Hozirgi zamon texnikasida eng ko'p tarqalgan mexanizmlar qaysi klass mexanizmlar hisoblanadi.
4. Qanday ochiq kinematik zanjir uch povodokli grupp yoki III klass gruppaga deb ataladi.
5. Agar mexanizmning qo'zg'aluvchanlik darajasi birga teng bo'lsa, u holda, uning yetaklovchi zvenosi nechiga teng bo'ladi,

1.5. KINEMATIK JUFTLAR VA ULARNING KLASSIFIKATSIYASI. KINEMATIK ZANJIRLAR ULARNING TURLARI.

Kinematik juftliklarning klassifikatsiyasi

Akademik Artobolovskiy kinematik juftlarning ma'lum klasslarga bo'lib kinematik juftlarning klassifikatsiyani tuzdi. Bu klassifikatsiya kinematik juftlar tarkibiga kiruvchi zvenolarning nisbiy harakatiga qo'yilgan cheklovlar soniga qarab tuziladi. Dobrovelskiyning aniqlashiga asosan fazoda kinematik juftlar 5 xil klassga yoki turga bo'linadi.¹⁰

Golonomli bo'linishga buysonuvchi biror ob'ektning fazodagi holatini aniqlovchi bir biriga bog'liqsiz fermentlar soni shu ob'ektning fazodagi holatini aniqlovchi bir - biriga bog'liqsiz sonlari shu ob'ektning erkinlik darajasi deyiladi.

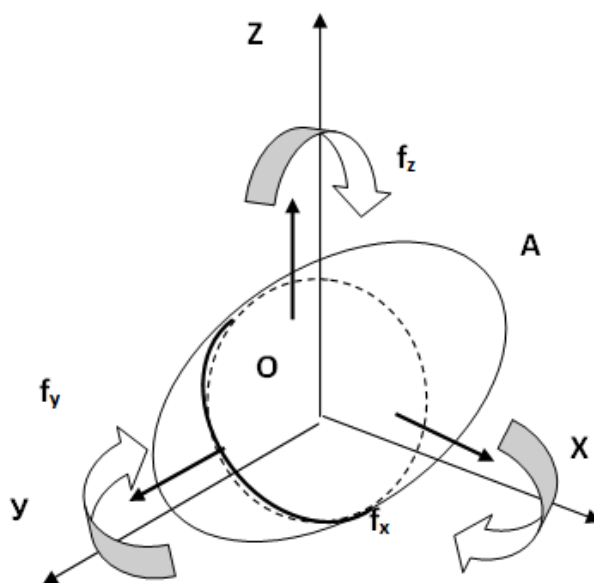
Agar ozod jism tekislikda harakat qilsa shu jismga tegishli ikki nuqta oralig'i o'zgarmas bo'lib, uning bog'lanish tenglamasi tekislikda va fazoda quyidagicha bo'ladi.

¹⁰ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 = L^2$$

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 = L^2$$

Ikki nuqtaning koordinatalari turtta bo'lib, ular bir - biri bilan tenglamadagi bog'lanish sharti orqali aloqada bo'ladi. Demak tekislikdagi ozod jismning erkinlik darajasi uchga teng ekan. Umumiy holda fazoda harakat qilayotgan har qanday qattiq jismning erkinlik darajasi oltita bo'lib, ulardan uchta x, y, z o'qlari bo'ylab ilgarilanma harakatdan uchta esa shu o'qlar atrofida aylanma harakatdan iborat bo'lishi mumkin (1.5.1 - shakl).



1.5.1 - shakl:

Shunday qilib, fazodagi har bir zveno vaziyatini 9 ta koordinata orqali ifodalasak, tekislikdagi zvenoning vaziyatini 4 ta koordinata orqali ifodalash mumkin. Agar n ta zveno bo'lsa, u holda, fazodagi n ta zveno vaziyati $9n$ ta koordinata orqali, tekislikdagi n ta zvenoning vaziyati esa $4n$ ta koordinata orqali ifodalanadi.

Agar bu koordinatalar bir – biri bilan hech qanday bog'lanish orqali cheklanmagan bo'lsa, u holda, tekislikda ularning erkinlik darajalari $4n - n$ bo'lib, fazoda $9n - 3n$ bo'ladi. Aksincha, tekislikdagi sistemalar sistemasi $4n$ ta bog'lanish orqali, fazodagi zvenolar sistemasi esa $9n$ ta bog'lanish orqali cheklangan bo'lsa,

zvenolar sistemasi qatiq jismga aylanadi, ya`ni ularning erkinlik darajasi nolga teng bo`ladi.

Shunday qilib sistemaning qo`zg`aluvchanligi shu sistemaning kordinatalar soni bilan ularga qo`yilgan bog`lanishlar sonining ayirmasi orqali belgilanadi. Bu ayirma sistemaning *erkinlik darajasi* deb ataladi. Nisbiy harakatga qo`yilgan cheklar soni 6 tadan kam bo`lishi kerak. Agar 6 ta bo`lsa, kinematik juftlar xususiyati yo`qolib juft qattiq nisbiy harakatsiz jismga aylanadi.

Demak, bog`lanishlar soni 1 - 5 chegarada o`zgarar ekan. Endi nisbiy harakatdagi erkinlik darajasini N bilan, bog`lash shartlari soniga S bilan belgilab quyidagi tenglamani hosil qilamiz.

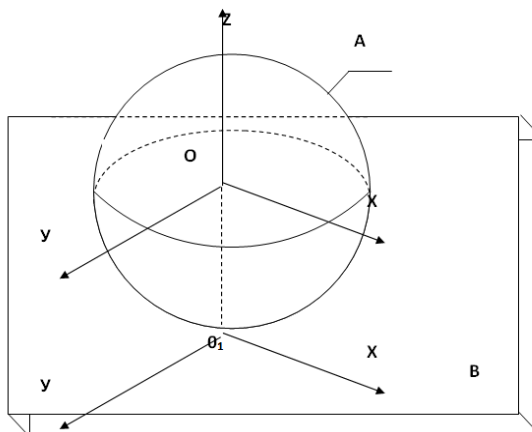
$$S + N = 6$$

Butun kinematik juftlar, ular tarkibidagi zvenolarning nisbiy harakatiga qo`yilgan cheklar soniga qarab, boshqa klassga bo`lishni ko`rib o`rganamiz. Buning uchun formuladan foydalanib kinematik juftlarning bog`lanishlarining sonini aniqlaymiz.

$$S = 6 - N$$

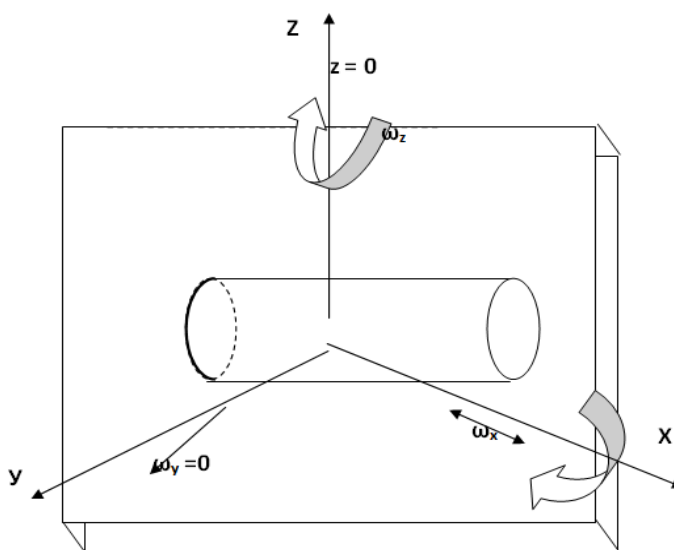
tenglamadan foydalanib, kinematik juftlarning klasslariga oid misollarni ko`rib chiqamiz.

Tekislik ustida shar turibdi, deb faraz qilaylik (1.5.2-shakl). Shar bilan tekislik birgalikda kinematik juft hosil qiladi. Shar A harfi bilan, tekislik B harfi bilan belgilangan. Shar teksilikda uchta x , y , z o`qlari atrofida aylanma harakat va  $x$ ,  $y$  o`qlari bo`ylab ilgarilama harakat qiladi.



1.5.2-shakl

Shar z o`qi bo`ylab pastga tomon harakat qila olmaydi, chunki, uning harakatiga tekislik to'sqinlik qiladi. Demak, shar bilan tekislik o'rtasida bog'lanish hosil bo'ladi. Sharining fazodagi vaziyatini o'zaro uchta bog'lanish tenglamasi bilan bog'langan 9 ta koordinata orqali belgilab olinadi. Bir – biriga bog'liqsiz 9 ta koordinata sonidan 3 ta bog'lanish sonini ayirib, 6 ta erkinlik darajasini hosil qilish mumkin. Sharining tekislikka doimo tegib turish shartiga asosan, sharining erkin harakatiga yana bitta chek qo'yamiz. Shunday qilib, sharining 3 ta o`q atrofida aylanma va ikki  $x, y$  o`qlari bo`ylab ilgarilama harakatini olamiz. Shunda shar 5 xil harakatda bo'ladi, bu esa sharining erkinlik darajasi sonini bildiradi, bunda bog'lanish tenglamalar soni quyidagicha bo'ladi. Tekislik bilan shar $S = 6 - N = 6 - 5 = 1$ birinchi klass juft hosil qilinadi¹¹.



1.5.3 – shakl. II klass kinematik juft.

Agar tekislik ustida slindr bo'lsa, bu slindr z va x o`qlari atrofida harakat,  $x$  va  $y$  o`qlari bo`ylab ilgarilama harakat qiladi. Demak kinematik juft zvenosi bo'lgan slindrning erkinlik darajasi soni 4 ga tengdir (1.5.3 - shakl).

Slindrga qo'yilgan bog'lanish shartlarining soni quyidagicha bo'ladi $S = 6 - 4 = 2$ II – klass kinematik juftidir.

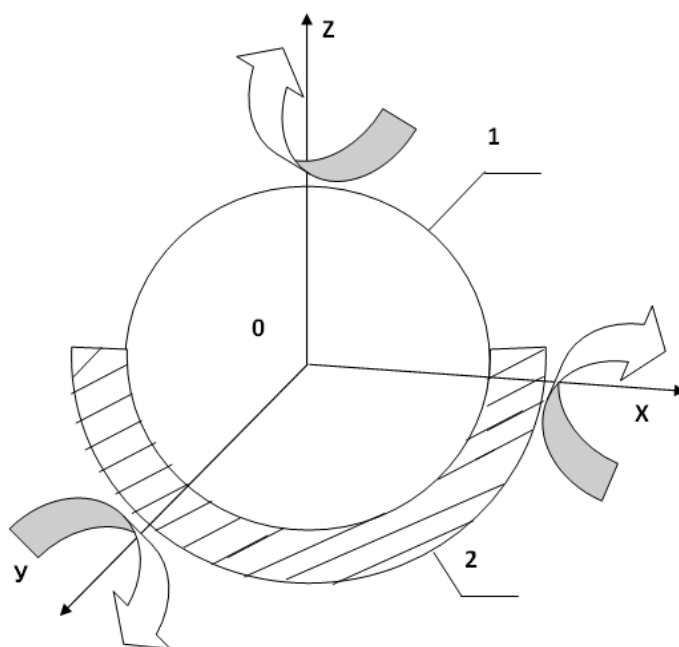
¹¹ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

Sferik qobiq ichiga solingan shar bog'lanishlar soni 3 uchga teng bo'lgan kinematik juftga misol bo'la oladi.

1 zveno (shar) sirtqi yuzasi bilan 2 zvenoning ichki yuzasiga doimo tegib turishi va zvenolardan biri ikkinshisiga nisbatan faqat shu yuzalar orqaligina nisbiy harakat qilishi mumkin. Bunday kinematik juft *sharli sharnir* deb ataladi.

1 zvenoning 2 zvenoga nisbatan yoki 2 zvenoning 1 zvenoga nisbatan harakati faqat x , y , z o'qlari atrofida bo'ladigan aylanma harakatdan iboratdir (1.7.4 - shakl). Unga qo'yilgan bog'lanishlar soni quyidagicha bo'ladi:

Sharli sharnir: $S = 6 - N = 6 - 3 = 3$ uchinchi klass kinematik juft

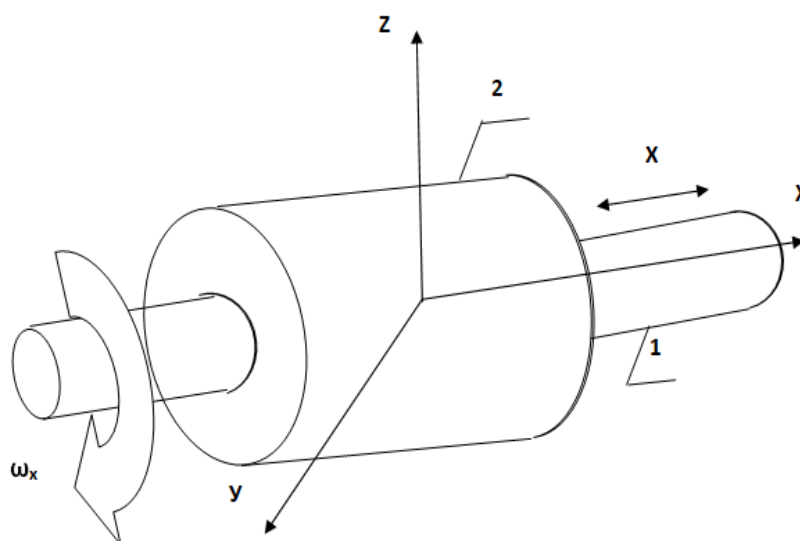


1.5.4 – shakl. III klass kinematik juft.

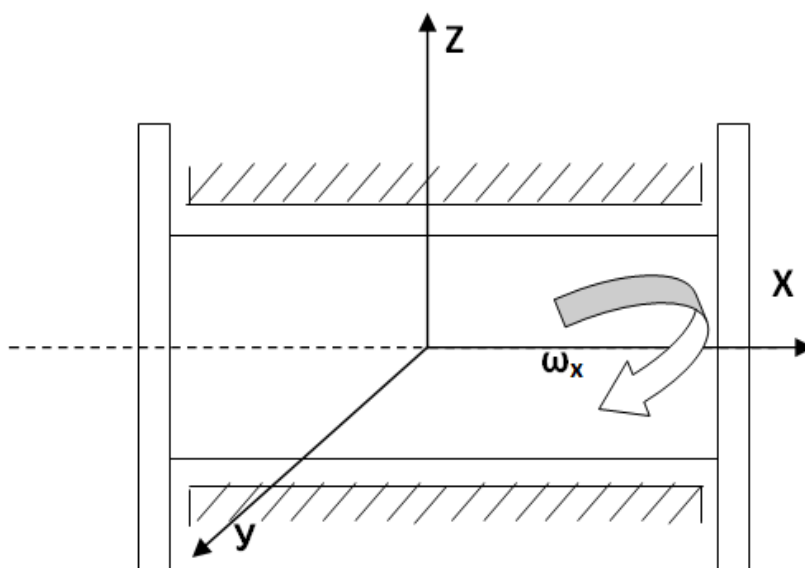
IV klassga oid kinematik juftni ko'rib shiqaylik. Kovak slindr ishiga slindr joylashgan, deb faraz qilaylik (1.5.5 - shakl). Shaklda ko'rsatilgan yaxlit va kovak slindrlarning elementlari slindrik yuzalar bo'lib, ulardan birining yuzasi (1 - zvenoniki) sirtqi slindrik yuza bo'lsa, ikkinchisniki (2 - zvenoniki) ichki slindrik yuzadir (1.5.5 shakl).

Uning bog'lanishlar soni quyidagicha. Ichma - ich joylashtirilgan slindr $S = 6 - N = 6 - 2 = 4$ to'rtinchi klass kinematik juft.

V klassga oid kinematik juftlar bilan tanishib o'taylik. Agar x o'qi bo'ylab ilgarilama harakatga chek qo'ysak, u holda zveno faqat shu o'q atrofida aylanadi, bordi-yu, aylanma harakatga chek qo'ysak, zveno faqat x o'qi bo'ylab ilgarilama harakat qiladi (1.5.6 - shakl). Demak kinematik juft zvenosiga qo'lgan bog'lanish shartlarining soni qo'yidagicha bo'ladi: Yon tomonlariga cheklama o'rnatilgan ichki va tashqi slindrik bog'lanish $S = 6 - N = 6 - 1 = 5$ beshinchi klass kinematik juft.



1.5.5 – shakl. IV klass kinematik juft.

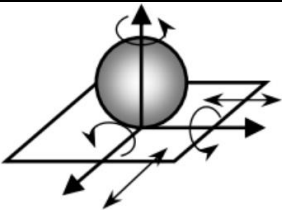
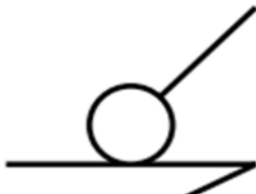
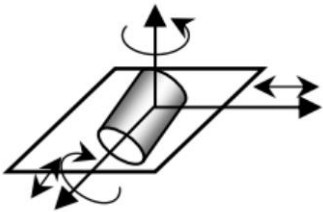
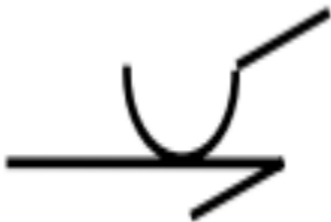
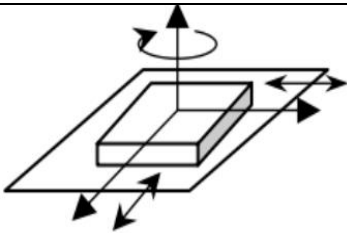
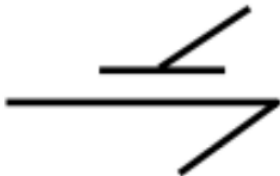


1.5.6 – shakl. V klass kinematik juft.

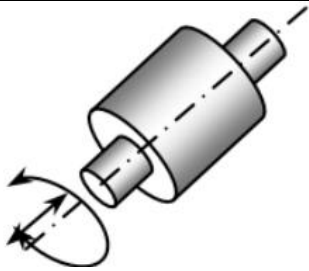
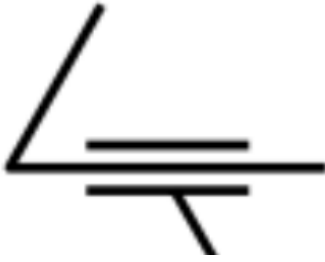
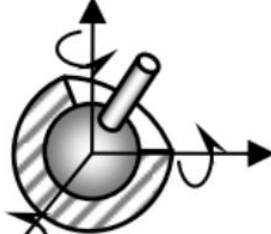
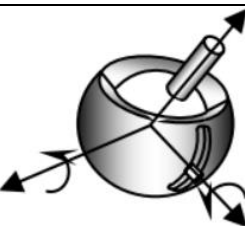
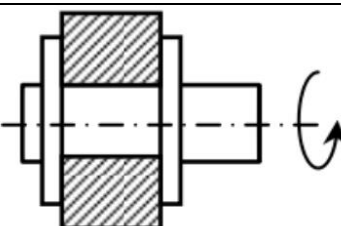
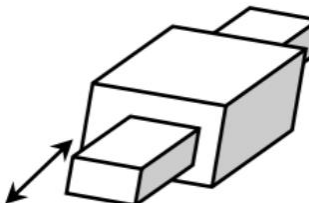
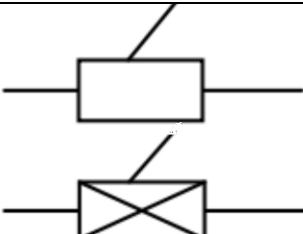
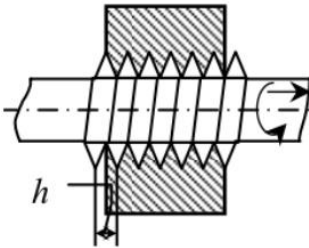
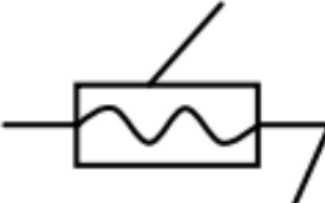
Shaklda ko`rsatilgan V klass kinematik juftning elementlari ichki va tashqi silindrik yuzalar bilan bir qatorda, ularning yon tomonlariga o`rnatilgan cheklanish tashkil qilgan tekislikdan ham iboratdir.

Yuqorida bayon qilingan kinematik juftlar tarkibidagi zvenolarning oniy nisbiy harakatlari bir – biriga bog`liq emas. Ammo hozirgi zamon texnikasida zvenolarning mumkin bo`lgan oniy nisbiy harakatlari bir – biriga bog`liq, ya`ni bir – biri bilan biror qo`shimcha tenglama orqali bog`langan kinematik juftlar ham ko`p uchraydi.

Yuqorida bayon qilingan beshta klass kinematik juftlarning birinshi klassdan boshqalarining har xil ko`rinishlari bor. Bu ko`rinishlar kinematik juft tarkibiga kiruvchi zvenolar nisbiy harakatlarning aylanma yoki ilgarilanma bo`lishiga bog`liqdir. Masalan: II, IV klass kinematik juftlarning ikki xil ko`rinishi, III, V klass kinematik juftlarning uch xil ko`rinishi bo`ladi (aylanma, ilgarilanma hamda vintli juftlar).¹²

Kinematik juft	Shakli	Sxema ko`rinishda belgilanishi
Tekislikdagi shar $H=5$ $S=6-H=1$		
Tekislikdagi tsilindir $H=4$ $S=6-4=2$ AAII		
Tekislikdagi prizma $H=3$ $S=6-3=3$ AII		

¹² Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

<i>Slindr</i> $H = 2$ $S = 6 - 2 = 4$ AI		
<i>Sferik</i> $H = 3$ $S = 6 - 3 = 3$ AAA		
<i>Barmoqli sferik</i> $H = 2,$ $S = 6 - 2 = 4$ AA		
<i>Aylanma to'siqli</i> $H = 1$ $S = 6 - 1 = 5$ A		
<i>Ilgarlanma</i> $H = 1$ $S = 6 - 1 = 5$ I		
<i>Vintli</i> $H = 1$ $S = 6 - 1 = 5$ AI		

Quyi va oliy kinematik juftliklar.

Kinematik juftlar quyi va oliy juftlarga bo'linadi. Kinematik juft elementlari bir biriga tekislik yoki sirt orqali tegishib tursa, bunday juft **quyi**

kinematik juft deb, agar elementlari nuqta yoki chiziq orqali tegishib tursa, **oliy kinematik juft** deb ataladi.

Kinematik juftlardagi elementlar bir – biriga doimo tegib turishi uchun juftlar yopiq bo'lishi kerak. Kinematik juftlar ikki yo'l bilan, ya'ni kinematik va kuch orqali yopiladi.

Juft shu juft konstruksiyasi orqali kinematik yopiladi.

Kinematik juftlarning normal ishlashi uchun ularning kinematik yopilishi shart. Kinematik biriktirilgan juftlar kuch bilan yopilgan juftlarga nisbatan qulaydir.

Oliy kinematik juftlardagi bog'lanish nuqtalarning bir – biriga nisbatan olingan harakat trayektoriyalari turlicha bo'ladi.

Quyi juftlarda bunday hollar bo'lmaydi. Shuning uchun, nisbiy harakatdagi bog'lanish nuqtasi trayektoriyasiga ko'ra, quyi juftlar **qaytar**, oliy juftlar esa **qaytmaz** bo'ladi.

Detal va zvenolar.

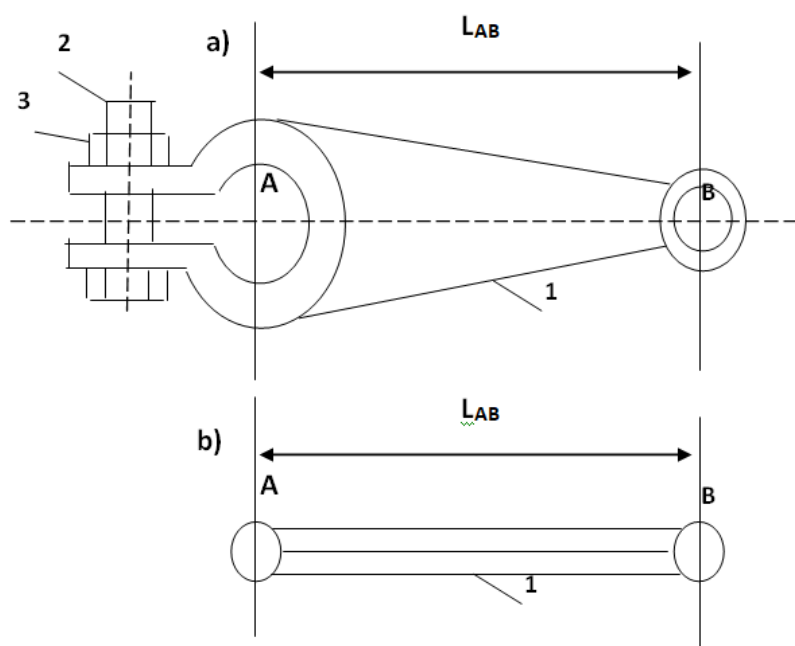
Har qanday mashina yoki mexanizm ayrim qismlardan iborat o'ladi. Ana shu qismlar detallar deb ataladi. Detaillar jumlasiga bolt, gayka, shesternya, shkiy, val, porshen, shatun va boshqa qismlar kiradi. Har bir detalni maxsus yo'l bilan hisoblab topilgan o'lchamlari bo'ladi. Masalan, tirsakli valini olsak, bu val ma'lum uzunlikka, diamerga, tirsak radiusiga va og'irlikka ega.¹³

Bir yoki bir necha detalning mustahkam birikmasi zveno bo'ladi. Zveno xususiy holi detaldir. 1.5.7 - shakl (a) da shatun zvenosi tasvirlangan. Bu zveno asosan uch qismdan yani (uch detaldan): Shulardan shatun (1), bolt (2) va gayka (3) lardan iborat. 1.5.7 – shakl (b) da shu zvenoning kinematik sxemasi tasvirlangan.

Mexanizmlar nazariyasini o'rganishda, asosan, mexanizmlarning kinematik sxemasini tuza bilish va u bilan ishlash katta ahamiyatga egadir. Odatda, mexanizm tarkibidagi zvenolar (yoki detallar) va kinematik juftlar

¹³ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

konstruktiv jihatdan ishlab chiqilgan va texnologik jarayonga moslashtirilgan maxsus shakllarga (konfiguratsiyalarga) muvofiqlashtiriladi.

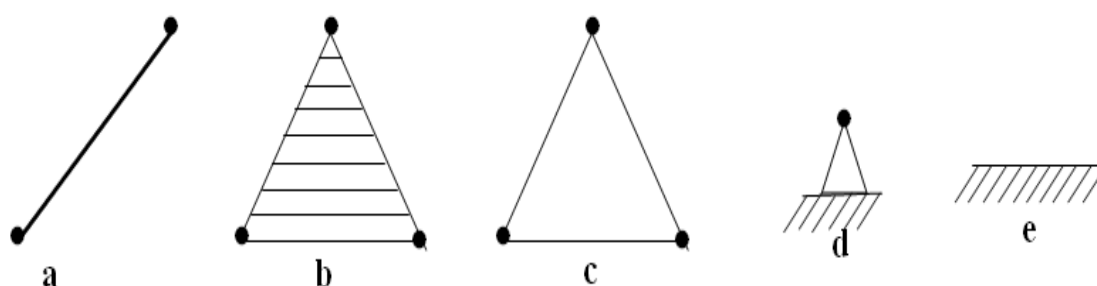


1.5.7- shakl. a) Zveno. b) Kinematik sxema.

Zvenolar va kinematik juftlarni shartli belgilash.

1. Zvenolarni belgilash

- 1) Ikki kinematik juft hosil qiluvchi harakatlanuvchi zveno (1.5.8- shakl, a);
- 2) uchta kinematik juft hosil qiluvchi harakatlanuvchi zveno (1.5.8-shakl, b, c)
- 3) qo'zg'almas zveno (1.5.8-shakl d, e).



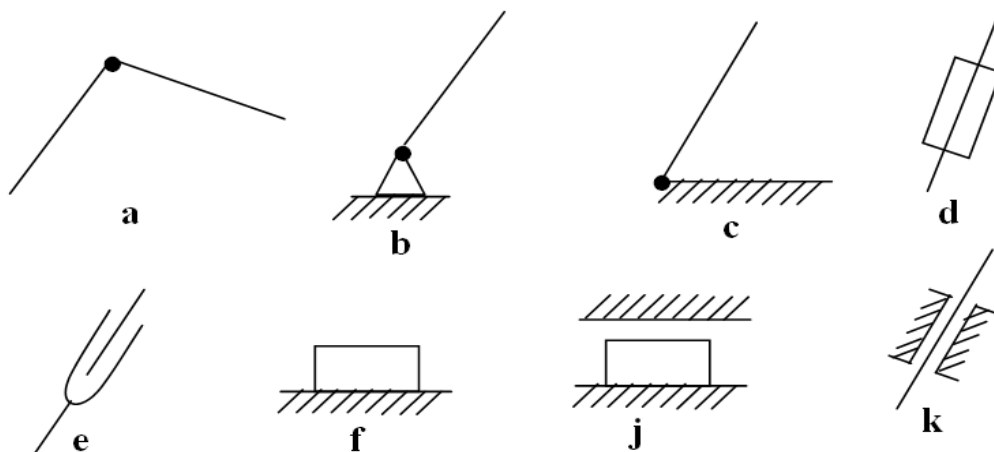
1.5.8 – shakl.

2. Quyi kinematik juftlarni belgilash.

- 1) Ikkita harakatlanuvchi zvenoning aylanma kinematik juft hosil qilishi (1.5.9 - shakl, a);
- 2) qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan zvenolarning aylanma kinematik juft hosil qilishi (1.5.9 – shakl, b, c)

3) qo'zg'aluvchan zvenolarning ilgarilama kinematik juft hosil qilishi (1.5.9 - shakl, d, e);

4) qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas zvenolarning ilgarilama kinematik juft hosil qilishi (1.5.9 - shakl, f, j, k).

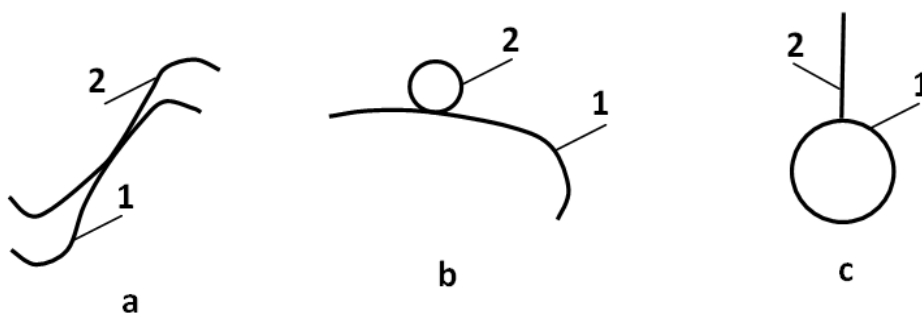


1.5.9 - shakl

3. Oliy kinematik juftlarni belgilash.

1) Tishli g'ildiraklarda tishlarning kinematik bog'lanishi (1.5.10- shakl, a);

2) Kulachokli mexanizmlarda zvenolarning kinematik bog'lanishi (1.5.10–shakl, b, c).



1.5.10 - shakl

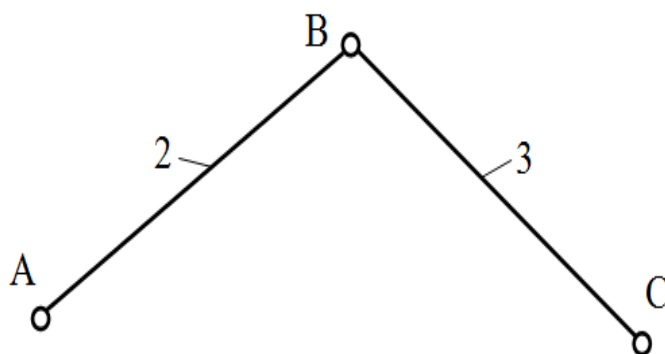
Bir necha zvenolarning kinematik juftlar vositasi bilan birikishidan (bog'lanishidan) hosil bo'lgan qo'zg'aluvchi sistema kinematik zanjir deb ataladi.

Mexanizm shunday yopiq kinematik zanjirki, undagi bir yoki bir necha zvenoga harakat berilganda qolgan zvenolar aniq harakat qiladi.

Kinematik zanjirlar va ularning turlari

Bir necha zvenoning kinematik juftlar vositasi bilan birikishidan (bog'lanishidan) hosil bo'lgan qo'zg'aluvchi sistema kinematik zanjir deb ataladi. Masalan. 2 va 3 zvenolar V klass aylanma kinematik juft orqali B nuqtada bog'lanib, kinematik zanjir hosil qiladi (1.5.11 - shakl). Shaklda ko'rsatilgan zvenolarda ikki hol bo'lishi mumkin: birinchidan, zvenolarning ikkalasi ham qo'zg'aluvchan bo'lib, bir - biriga nisbatan aylanma harakat qila oladi. Ikkinchidan zvenolarning biri qo'zg'almas bo'lib, ikkinchisi birinchisiga nisbatan (yoki, aksincha, birinchisi ikkinchisiga nisbatan) V sharnir vositasida aylanma harakat qiladi.

Kinematik zanjirlar, tarkibidagi zvenolar turiga ko'ra oddiy va murakkab zanjirlarga bo'linadi. Agar kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi zvenolarning biri faqat ikkitadan kinematik juftga kirs, bunday zanjir oddiy zanjir deb ataladi.

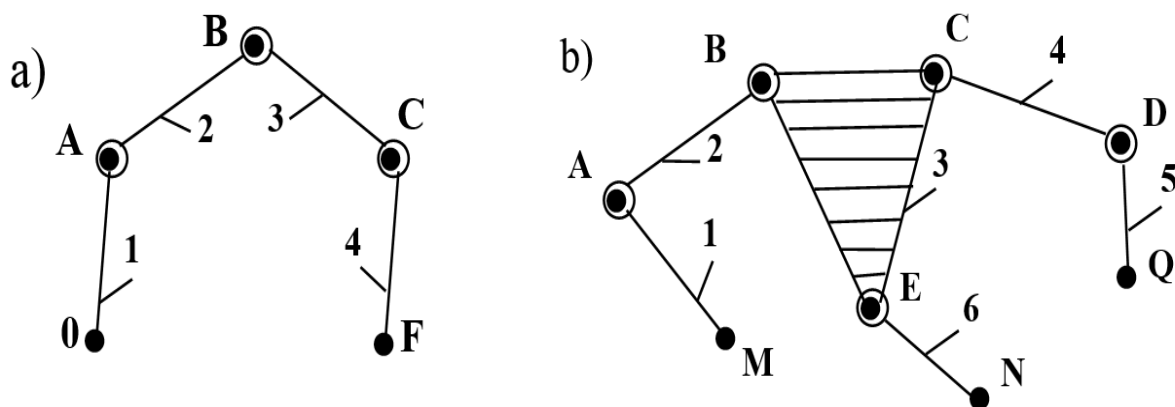


1.5.11 – shakl. Ikki povodokli grupp

Agar kinematik zanjir tarkibidagi zvenolarning biri ikkitadan ortiq kinematik juftga biriktirilsa, bunday zanjir murakkab zanjir deb ataladi (1.5.12 – shakl, a, b).

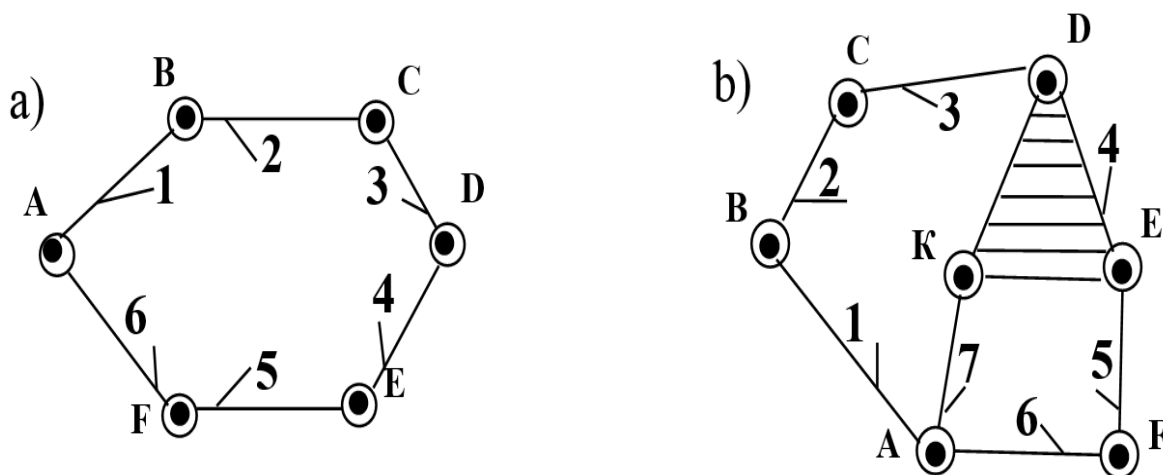
Shunday qilib 1.5.12 - shakl (a) da hosil qilingan 4 zvenoli kinematik anjir oddiy ochiq zanjir bo'lib, uning O va F elementlari erkin elementlardir. 1.5.12 - shakl, (b) da esa M, N, va Q lar erkin elementlar hisoblanadi.

1.5.12 - shakldagi tasvirga ko'ra, murakkab kinematik zanjirlar tarkibida basesli zvenolar bo'lib, bu zvenolar uch yerdan kinematik juftlarga bog'lanish imkoniyatiga egadir.



1.5.12 – shakl. a) Oddiy, b) Murakkab ochiq kinematik zanjirlar

Zanjirlar oddiy va murakab turlarga bo'linibgina qolmay balki ochiq va yopiq kinematik zanjirlarga ham bo'linadi. Oddiy va murakab ochiq zanjirlar 1.5.12 – shakl a va b da ko'rsatilgan. Kinematik zanjirlar tarkibiga kiruvchi har bir zveno eng kamida ikkita kinematik juftga bog'lansa, bunday zanjirlar yopiq zanjirlar deb ataladi (1.5.13 - shakl).



1.5.13- shakl. a-Oddiy yopiq kinematik zanjir

b- murakkab yopiq kinematik zanjir

Yopiq kinematik zanjirlarda erkin elementlarning bo'lmasligi shakldan ko'rinib turibdi. 1.5.13 a – shakldagi oddiy yopiq kinematik zanjir oltita zveno va oltita kinematik juftdan tashkil topgpn.

1.5.13 b – shakldagi murakab yopiq kinematik zanjirda zvenolar soni 7 ta, kinematik juftlar soni esa 8 ta, chunki A nuqtada 1, 6, 7 zvenolar kinematik juft hosil qilgan. Bunday hollada A nuqtada ikkita kinematik juft bo'ladi.

Kinematik zanjirlarning erkinlik darajasi.

Kinematik zanjirlar bir necha zvenoning kinematik juftlar vositasida birikishidan hosil bo`ladi.

Kinematik zanjirning qo`zg`aluvchanlik darajasi N , kinematik zanjir tarkibidagi zvenolar soni K demak turli klass kinematik juftlar soni orasidagi bog`lanishni aniqlaymiz.

K ta zvenoning umumiy erkinlik darajasi $6K$ ga ega bo`ladi. Agar  $K$  ta zvenodan tuzilgan kinematik zanjir tarkibida I, II, III, IV va V klass kinematik juftlar bor deb faraz qilib shu kinematik juftlar sonini tegishlicha  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  va  $P_5$  harflari bilan belgilasak, u holda kinematik zanjirning umumiy erkinlik darajasi qo`yidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$N = 6K - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$$

bu formuladan N – kinematik zanjirning erkinlik darajasi;

K – kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi zvenolarning umumiy soni;

P_5 - kinematik zanjir tarkibidagi V klass kinematik juftlar soni (ularning har biri 5 tadan erkinlik darajasini yo`qotadi);

P_4 - kinematik zanjir tarkibidagi IV klass kinematik juftlar soni (ularning har biri 4 tadan bog`lanish qo`yilgan);

P_3 - kinematik zanjir tarkibidagi III klass kinematik juftlar soni (ularning har biri 3 ta dan bog`lanish qo`yilgan);

P_2 - kinematik zanjir tarkibidagi II klass kinematik juftlar soni (ularning har biri 2 tadan bog`lanish qo`yilgan);

P_1 - kinematik zanjir tarkibidagi V klass kinematik juftlar soni (ularning har biri 1 tadan bog`lanish qo`yilgan);

Agar kinematik zanjir tekislikda bo`lsa, u holda:

$$N = 3K - 2P_5 - 1P_4$$

Demak bir zvenosi qo`zg`almas bo`lgan kinematik zanjirning qo`zg`aluvchanlik darajasi quyidagicha aniqlanadi:

$$W = N - 6 = 6(K - 1) - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$$

$K - 1 = n$ deb olsak, yuqoridagi ifodani qo'yidagicha yozib olishimiz mumkin: $W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$

bu yerda, W – bir zvenosi qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirning qo'zg'aluvchanlik darajasi; n - kinematik zanjirdagi qo'zg'aluvchan zvenolar soni.

Bu formulasi bir zvenosi qo'zg'almas bo'lgan kinematik zanjirning umumiy holdagi qo'zg'aluvchanlik formulasi yoki struktura formulasi deb ataladi. Bu formula Somov – Malishev formulasidir.

Takrorlash uchun savollari.

1. Erkinlik darajasi deganda nimani tushunasiz?
2. Jismning erkinlik darajasi nechta bo'ladi?
3. Fazodagi har bir zveno vaziyati nechta koordinata orqali ifodalanadi?
4. Tekislikdagi sistemalar sistemasi nechta bog'lanish orqali aniqlanadi?

II.BOB. MEXANIZMLAR KINEMATIKASI TAXLILI

2.1. MEXANIZM ZVENOLARINING HOLATLARI VA NUQTALAR TRAYEKTORIYALARI.

Mexanizmlar kinematikasining asosiy masalalari.

Mexanizmlar kinematikasi alohida fan bo'lib, u asosan mexanizmlar kinematikasini uning harakati bilan bog'liq bo'lgan kuchlarni hisobga olmagan holda o'rganiladi.

Mexanizmlar kinematikasida, asosan, mexanizmlar holatlari tuziladi, mexanizmlar zvenolaridagi nuqtalarning trayektoriyalari va shu zvenolardagi nuqtalarning chiziqli siljishi, tezligi va tezlanishlari, zvenolarning esa burchak siljishi, tezligi va tezlanishlari topiladi.¹⁴

Kinematikani o'rganishning analitik, grafik va grafoanalitik metodlari bo'lib, bo'g'larning ham o'ziga hos xillari bor. Masalan: analitik metoda yopiq vektorli konturlar metodi, to'g'ri burchakli koordinatalar metodi va trigonometrik metodlar bor.

Hozirgi kunning muhim masalalaridan biri barcha ish jarayonlarini mashinalashtirishdan iboratdir. Mashinalashtirishning oliy formasi esa avtomatlashtirishdir. Har qanday mexanizm tarkibidagi har bir zvenoning harakat qonunlarini bilmay turib, shu mexanizmga kinematik jihatdan to'g'ri baho berib bo'lmaydi.

Har qanday mexanizm ma'lum tartibda harakat qilishi shart, bu harakat mexanizm tarkibidagi yetaklovchi zvenoning harakat qonuniga bog'liq bo'ladi. Mexanizmlardagi ana shu harakatlarni o'rganish mexanizmlar kinematikasining asosiy masalasidir.

Kinematik tahlil vazifalari

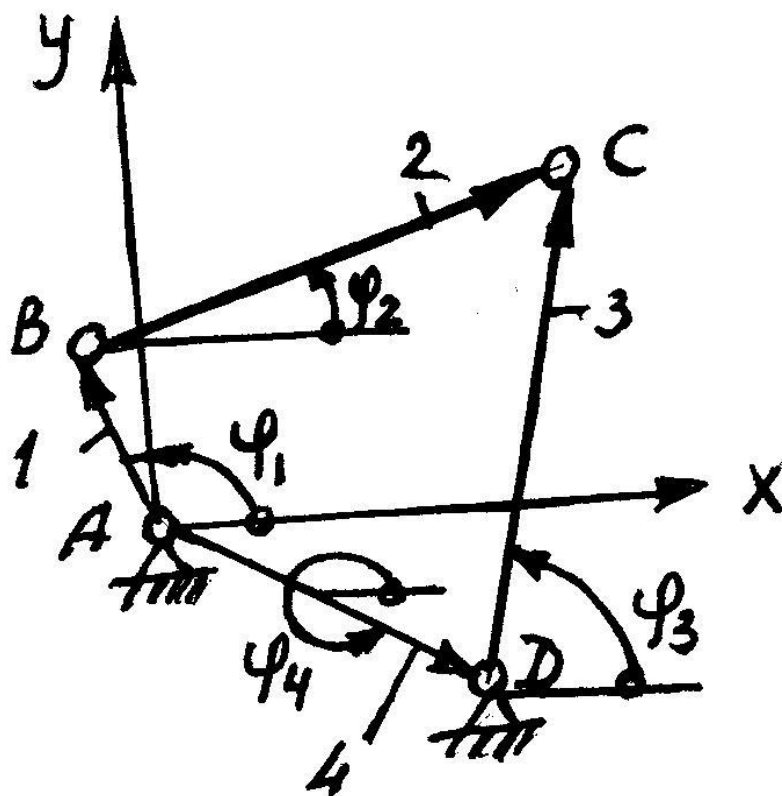
Richagli mexanizmning kinematik tahlili harakatning bitta kinematik sikli masalan, krivoshipni bir marta aylanish davri uchun bajariladi. Har qanday tekis richagli mexanizmlarning kinematik tahlili Assur asosida hosil bo'lish tartibiga

¹⁴K.J. Waldron, G. L. Kinzel "Kinematics, Dynamics and Design of Machinery", John Wiley, 2014

mos holda amalga oshirildi. Dastlab boshlangich bo`g`inni, so`ngra Assur guruhlarini ketma-ket 1-sinf 1-tartibli mexanizmga qo`shilish tartibida nuqtalar va bo`g`inlar kinematik harakteristikalari aniqlanadi. Kinematik tahlilning asosiy vazifalari quyidagilardir:

- a) Bo`g`inlarning holati va ularga tegishli nuqtalarning trayektoriyalarini aniqlash;
- b) Ayrim nuqtalarning chiziqli (V) va burchak (ω) tezliklarini aniqlash;
- c) Nuqtalarning chiziqli (a) va burchak (ϵ) tezlanishlarini aniqlash.

Yuqorida ko`rsatilgan kinematik parametrlar umumlashgan holda kinematik xarakteristikalar deb ataladi. 1-shaklda to`rt sharnirli mexanizmning kinematik xarakteristikalarini aniqlash sxemasi keltirilgan. Bu erda bo`g`inlar vektor sifatida tasvirlangan.



2.1.1-shakl. To`rt sharnirli mexanizmning kinematik harakteristikalarini aniqlash sxemasi.

№	Chiquvchi bo`g`in C nuqtasi uchun	Chiquvchi CD bo`g`in uchun
1	Harakat qonuni $S_C = S_C(t)$	Harakat qonuni $\varphi_3 = \varphi_3(t)$
2	Chiziqli tezliklar $V_C = \frac{dS_C}{dt}$	Burchak tezliklar $\omega_3 = \frac{d\varphi_3}{dt}$
3	Chiziqli tezlanishlar $a_c = \frac{dV_c}{dt}$	Burchak tezlanishlar $\varepsilon_3 = \frac{d^2\varphi_3}{dt^2}$

Jadvalda ko`rsatilgan kinematik xarakteristikalar boshlangich bo`g`inning  $\varphi_1 = \varphi(t)$  berilgan holatlari orqali aniqlanadi. Agarda boshlang`ich bo`g`inning harakat qonuni noma`lum bo`lsa, mexanizm uchun boshqa kinematik xarakteristikalar aniqlanadi:

a) holat funktsiyalari $S_C = S_C(\varphi_1)$ yoki $\varphi_3 = \varphi_3(\varphi_1)$

b) tezlik analoglari $V_{qc} = \frac{dS_C}{d\varphi_1}$ yoki $\omega_{qc} = \frac{d\varphi_3}{d\varphi_1}$

c) tezlanish analoglari $a_{qc} = \frac{d^2S_C}{d\varphi_1^2}$ yoki $\varepsilon_{q^3} = \frac{d^2\varphi_3}{d\varphi_1^2}$

Kinematik xarakteristikalaridan birini bilib ikkinchisiga o`tishi oson. Nuqtalarning tezliklari bilan ularning analoglari orasida quyidagicha bog`lanish mavjud:

$$V_C = \frac{dS_C}{dt} = \frac{dS_C}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} = V_{qc}\omega_1$$

Shunga o`xshash tezlanish bilan tezlik analogi orasida bog`lanish bor:

$$a_C = a_{qC} \omega_1^2 + Vq_C \varepsilon_1$$

Kinematik tahlil usullari.

Richagli mexanizmlarning kinematik taxlilida universal usul yo`qligini ta`kidlab, turli sinf va tartibdagi mexanizmlarning tadqiqoti turli usullarda bajarilishini aytib o`tish zarur. Faqat 1-sinf 2-tartibli mexanizmlarning kinematikasi aniq echimga ega. Mexanizmning tartibi oshishi bilan yakunlovchi tenglamalar yuqori tartibli bo`lib, ildiz ostida yechish mumkin emas. Ularni faqat taxminiy usullarda yechish mumkin.

Mashina va Mexanizmlar nazariyasida analitik, grafik, grafoanalitik, tajriba va modellashtirish usullari qo`llanadi. Analitik usul turlicha matematik uslublardan foydalanib, ikki guruhga bo`lib, bajariladi:

1. Geometrik (trigonometrik) usulda
2. Algebraik usulda

Geometrik usul vektorlar konturlaridan foydalanishga asoslangan. Vektorlar konturlarini koordinata o`qlariga proektsiya tenglamalaridan foydalanib, mexanizmlar kinematik tahlilining ko`p masalalarini echish mumkin. Shuningdek, yopiq vektorlar konturlari tenglamalarini kompleks va giperkompleks funktsiyalar bilan ifodalash va boshqa geometrik usullar xam qo`llanilmoqda. Geometrik usul afzalliklari bilan fazoviy mexanizmlarning tahlilida kamchiliklarga ega ekanligi namoyon bo`lmoqda.

Algebraik usulda geometrik bog`lanishlar va koordinat sistemasidagi yopiq zanjir tenglamalari matritsa shaklida bitta tenglama bilan ifodalanadi. Shuning uchun kinematik juftlarning barcha harakatlanuvchanligini nazarga olinishi algebraik usulning fazoviy mexanizmlarni tahlil qilishdagi afzalligi hisoblanadi.

Matematik apparatni qo`llab, EHM yordamida mexanizmlar kinematik tadqiqotini avtomatlashgan sistemasini yaratish mumkinligi analitik usulning muhim afzalligidir.

Hozirda 1-sinf 2-tartibli mexanizmlar tadqiqotini avtomatlashtirishda, boshlang'ich bo'g'in va ikki povodokli Assur guruhlarining kinematik tahlili algoritmlari ishlab chiqilgan. Bu esa natijalar aniqligini oshirib, muxandis va konstruktorlar ishini engillashtiradi.

Mexanizmlar kinematik tahlilining grafik usuli uzoq vaqt asosiy usul hisoblanagan. 1-sinf 2-tartibli mexanizmlarning bo'g'inlari holatlarini chizmada aniqlash uchun «kesishtirish» usuli qo'llanadi. Yuqori tartibli tekis mexanizmlar holatini grafik usulida aniqlashda bo'g'inlarning shabloni, geometrik o'rni va h. k qo'llanadi.

Mexanizm nuqtalarining siljishi, tezligi va tezlanishlarini aniqlashda kinematik diagrammalar usulini qo'llash qulaydir. Natijalar geometrik qurilmalar orqali olinadi. Bu usul analitik usulga nisbatan noaniq bo'lib, hisoblash mashinalarining rivojlanishi natijasida ikkinchi darajaliga aylandi. Ammo bu bilan grafik usul o'z mohiyatini yo'qotgani yo'q va uning aniq natijalarini olish zarurati bo'lmaganda qo'llash mumkin.

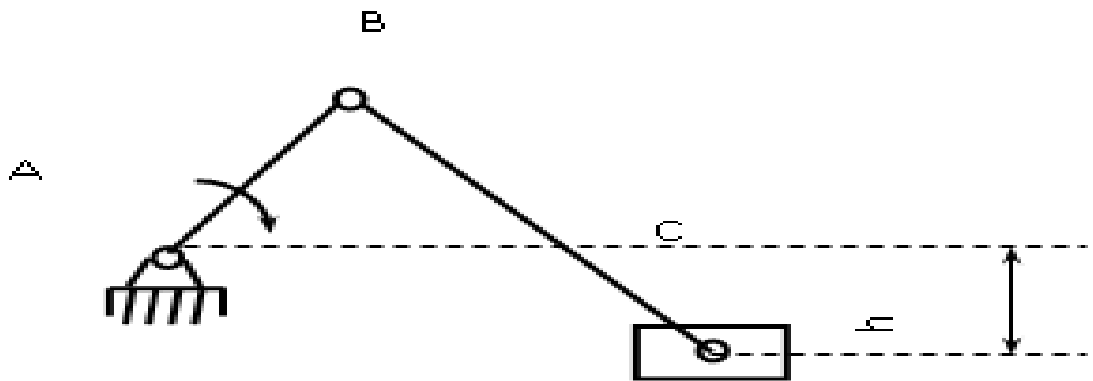
Mexanizmlar kinematik tahlilining uchinchi usuli grafoanalitik usuldir. Bunda chizmadagi qurilmalar ba'zi hisoblar bilan bajariladi. 1-sinf 2-tartibli mexanizmlar tezlik va tezlanish rejalari yuqori tartibli mexanizmlar uchun «noto'g'ri» holat bo'lib, bunda Assurning «maxsus» nuqtasi usullari qo'llanadi. Grafik va grafoanalitik usullarning soddaligi va ko'zga tashlanuvchanligi ularning katta afzalligi hisoblanadi.

Kinematik tahlilning tajribalar usuli kinematik xarakteristikalarini o'lchash va nazariy tadqiqot natijalarini amaldagilari bilan solishtirib, baholash maqsadida harakatlanuvchi mashina va mexanizmlarda o'tkaziladi. Harakatga ta'sir qiluvchi faktorlarni (kinematik juftlardagi bo'shliqlar, bo'g'inlar deformatsiyasi va h.k) to'liq inobatga olib bo'lmaslik tajribaviy tadqiqotlar o'tkazishni taqazo qiladi. Mexanizmlarning kinematik tadqiqotida matematik yoki fizik va elektron modellash usullari ham qo'llaniladi.

Kinematik tahlilning grafik usuli. Mexanizm holatlari va nuqtalar trayektoriyalarini aniqlash

Mexanizm chizmada masshtab koefitsientini qabul qilib chiziladi. Masshtab koefitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_e = \frac{\text{bo'g'inining haqiqiy uzunligi (mm)}}{\text{chizmadagi kesma uzunligi (mm)}}$$



2.1.2-shakl. Krivoship-polzunli mexanizm kinematik sxemasi.

Masalan, 2.1.2-shakldagi mexanizm bo`g`inlarining haqiqiy uzunliklari

$$l_{AB}=100\text{mm}, l_{BC}=300\text{mm}, h_h=30\text{mm}$$

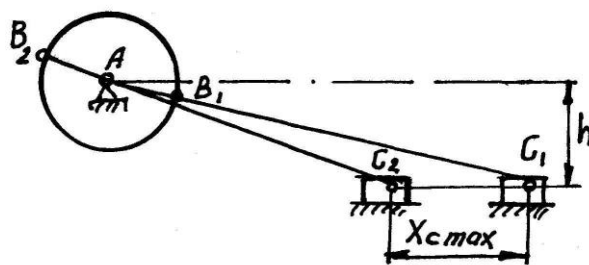
chizmadagi uzunliklari.

$$AB=50\text{mm}, BC=150\text{mm}, h=15\text{mm bo'lsin.}$$

Mexanizm mashtabi $\mu_e = \frac{l_{AB}}{AB} = \frac{100}{50} = 2 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$

Bo`g`inlar nuqtalarining holatini aniqlash uchun «kesishtirish» usuli qo`llanadi. Bo`g`inlarning ketma-ket holatlarini boshlang`ich bo`g`inning ixtiyoriy holatidan boshlash mumkin, ammo ba`zida uni chiquvchi bo`g`inning ixtiyoriy holatidan boshlaydilar. Masalan, krivoship-polzunli mexanizm C nuqtasining chetki holatlarini aniqlash uchun (2.1.3-shakl). Polzun harakat chizig`ida

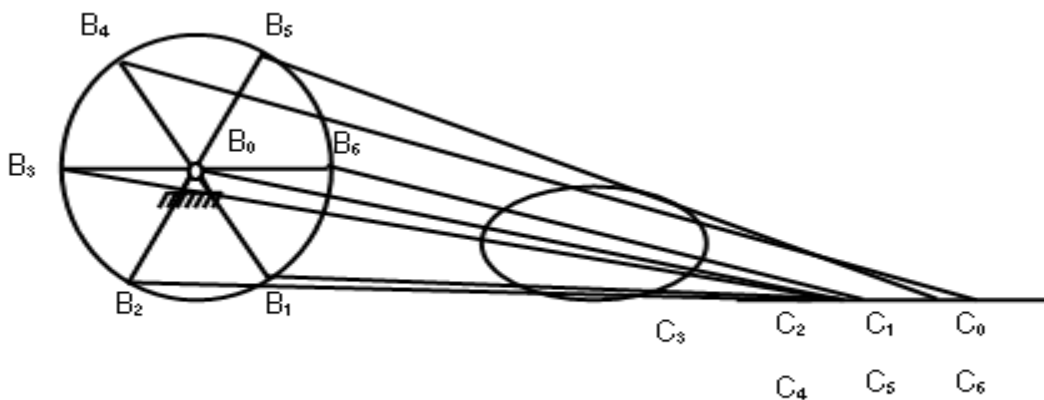
$R_1=AB+BC$ va $R_2=BC-AB$ radiusli yoylarni kesishtirib, C nuqtani C_1 o`ng va C_2 chap holatlari topiladi.



2.1.3-shakl. Krivoship-polzunli mexanizm C nuqtasining chetki holatlarini aniqlash.

C_1 va C_2 nuqtalarni A nuqta bilan tutashtirib, bo`g`inlar holatlari aniqlanadi.

Mexanizmning ketma-ketlik xolatlarini qurish uchun boshlang`ich bo`g`inning harakatiga mos holda krivoshipning B nuqtasi trayektoriyasi chiziladi. Agar  $\omega_1 = const$  bo`lsa, krivoship aylanasi teng bir necha qismlarga bo`linadi. «Kesishtirish» orqali C va B nuqtalarining (2.1.4-shakl) holatlari aniqlanadi. Hosil bo`lgan nuqtalar tutashtirilib, B nuqtaning trayektoriyasi chiziladi.



2.1.4-shakl. Krivoship-polzunli mexanizmning ketma-ketlik holatlari rejasi.

Mexanizm nuqtalarining trayektoriyalari boshlang`ich bo`g`inni bir xil burchakka aylanishida C va B nuqtalarining siljishi har xil ekanligini, ya`ni nuqtalar notekis harakatlanishini ko`rsatib turibdi.

Takrorlash uchun savollari.

1. Mexanizmlar kinematik tahlilining asosiy vazifalarini ko`rsating.
2. Kinematik xarakteristikalarga nimalar kiradi?
3. Tezlik analoglari qanday aniqlanadi?
4. Tezlanish analogiyalari qanday aniqlanadi?
5. Kinematik tahlil usullarini ko`rsating.
6. Kinematik tahlilning grafik usuliga izoh bering.
7. Analitik usul nechtaga bo`linadi?
8. Kinematik tahlilning grafik usulida bo`g`inlar holati qanday aniqlanadi?
9. Mexanizning chetki holatlari qanday aniqlanadi?
10. Nuqtalarning trayektoriyalarini aniqlash qanday bajariladi?

2.2. MEXANIZMLARNING KINEMATIK

XARAKTERISTIKALARI. DIAGRAMMALAR USULI.

Kinematik diagrammalar mexanizmlar kinematik xarakteristikalarining grafik tasviri hisoblanadi

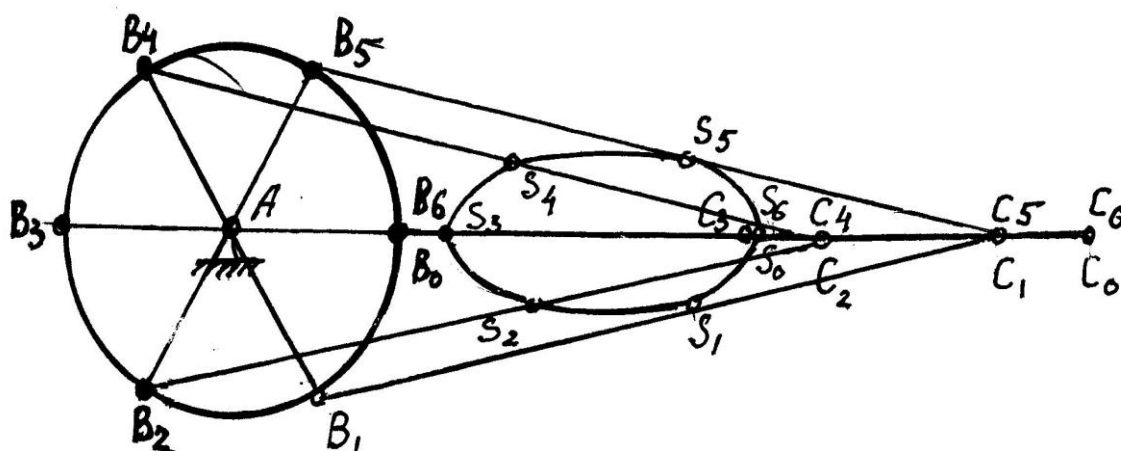
Kinematik diagrammalarga quyidagilar kiradi:

- a) ko`chish (siljish) diagrammasi, $S=S(t)$
- b) tezliklar diagrammasi, $V=V(t)$
- c) tezlanishlar diagrammasi, $a=a(t)$

Kinematik diagrammalar o`zaro bog`langan. Ulardan biri ma`lum bo`lsa, qolganlarini topish mumkin.

Nuqtalar harakat trayektoriyalari bo`ylab doimo ilgarilanma-qaytma harakatlanishi mumkin. Ilgarilanma harakatlanuvchi nuqta uchun yo`l, ilgarilanma-

kaytma harakatlanuvchi nuqta uchun oraliq grafiklari quriladi. Krivoship-polzunli mexanizmning ketma-ket vaziyatlari rejasidagi C nuqtaning chetki C_0 holatidan oʻlchangan masofa diagrammasini kuramiz.



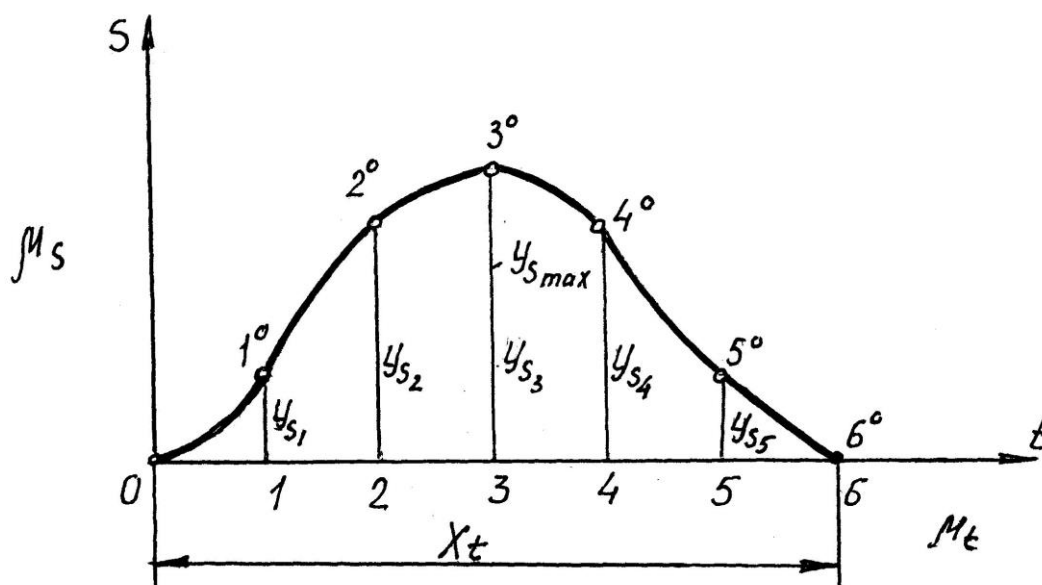
2.2.1-shakl.

Absissa oʻqiga krivoshipning aylanish burchagiga proporsional boʻlgan teng qismlarini, ordinatalarga S nuqta masofalarini qoʻyamiz.

$$Y_{s1}=C_0C_1, \quad Y_{s4}=C_0C_4,$$

$$Y_{s2}=C_0C_2, \quad Y_{s5}=C_0C_5,$$

$$Y_{s3}=C_0C_3, \quad Y_{s6}=C_0C_6,$$



2.2.2-shakl.

Agarda grafik kichik bo`lsa, hamma ordinatalarni «C» marta ( $C=2,3,4..$ ) kattalashtirish mumkin. Aksincha grafik katta bo`lsa, ordinatalarni «C» marta kichiklashtirish mumkin. Masofa diagrammasining masshtablari aniqlanadi

$$\mu_s = \frac{S_{\max}}{Y_{S_{\max}}}, \quad \frac{mm}{mm}$$

bu erda, $S_{\max}$ -C nuqtani haqiqiy maksimal siljishi,

$Y_{S_{\max}}$ - grafikdagi maksimal ordinata.

Absissa o`qining vaqt masshtabi:

$$\mu_t = \frac{60}{n_1 x_t}$$

n_1 -(min^{-1})-krivoshipning aylanish chastotasi,

x_t -(mm)-abstsissa o`qining uzunligi.

Yuqoridagidek usulda C nuqtaning yo`l grafigi (Y_s)quriladi. (2.2.3-shakl).

$$Y_{s1}=S_0S_1$$

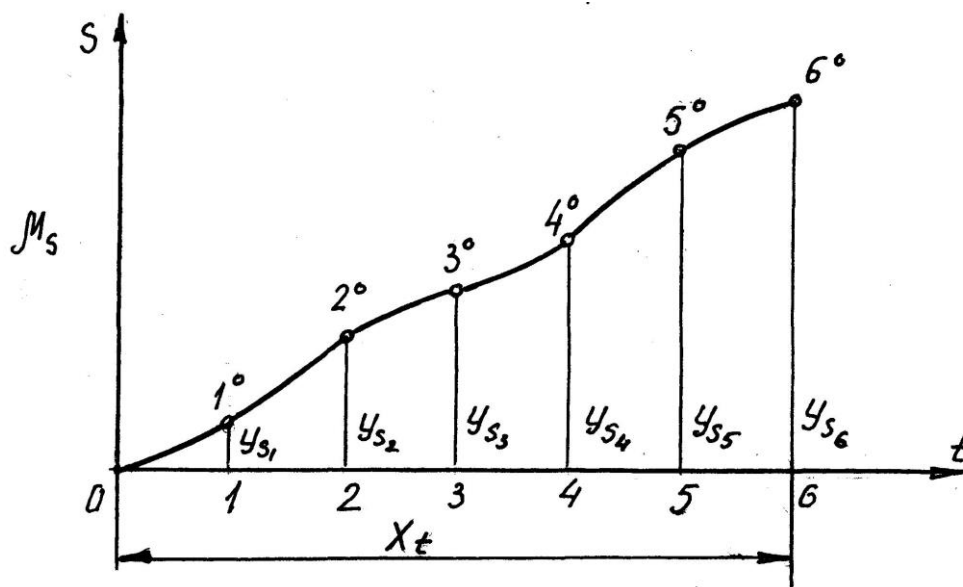
$$Y_{s2}=S_0S_2$$

$$Y_{s3}=S_0S_3$$

$$Y_{s4}=S_0S_4$$

$$Y_{s5}=S_0S_5$$

$$Y_{s6}=S_0S_6$$



2.2.3-shakl.

Agarda grafik kichik bo'lsa, «S» marta kattalashtirish, katta bo'lsa, aksincha kichiklashtirish mumkin. Yo'l grafigining μ_s, μ_t masshtablari aniqlanadi.

Grafik differensiallash

Yo'l yoki oraliq grafiklari ma'lum bo'lsa, vaqtga nisbatan differentsiallab tezlik va tezlanish diagrammalarini olish mumkin, chunki

$$V = \frac{dS}{dt}, a^t = \frac{dV}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2}$$

Amalda quyidagi grafik differensiallash usullari ko'proq qo'llaniladi:

1) Vatarlar usuli

2) Ordinata ortirmalarini o'lchash usuli.

Vatarlar usuli quyidagicha bajariladi. S-t egri chizig'ini O-1°, 1 -2°... sinig chiziqlari (vatarlar) bilan almashtiramiz.

Intervaldagi o'rtacha tezlik aniqlanadi

$$V_{or} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\mu_s \Delta Y_s}{\mu_t \Delta X_t} = \frac{\mu_s}{\mu_t} \operatorname{tg} \alpha$$

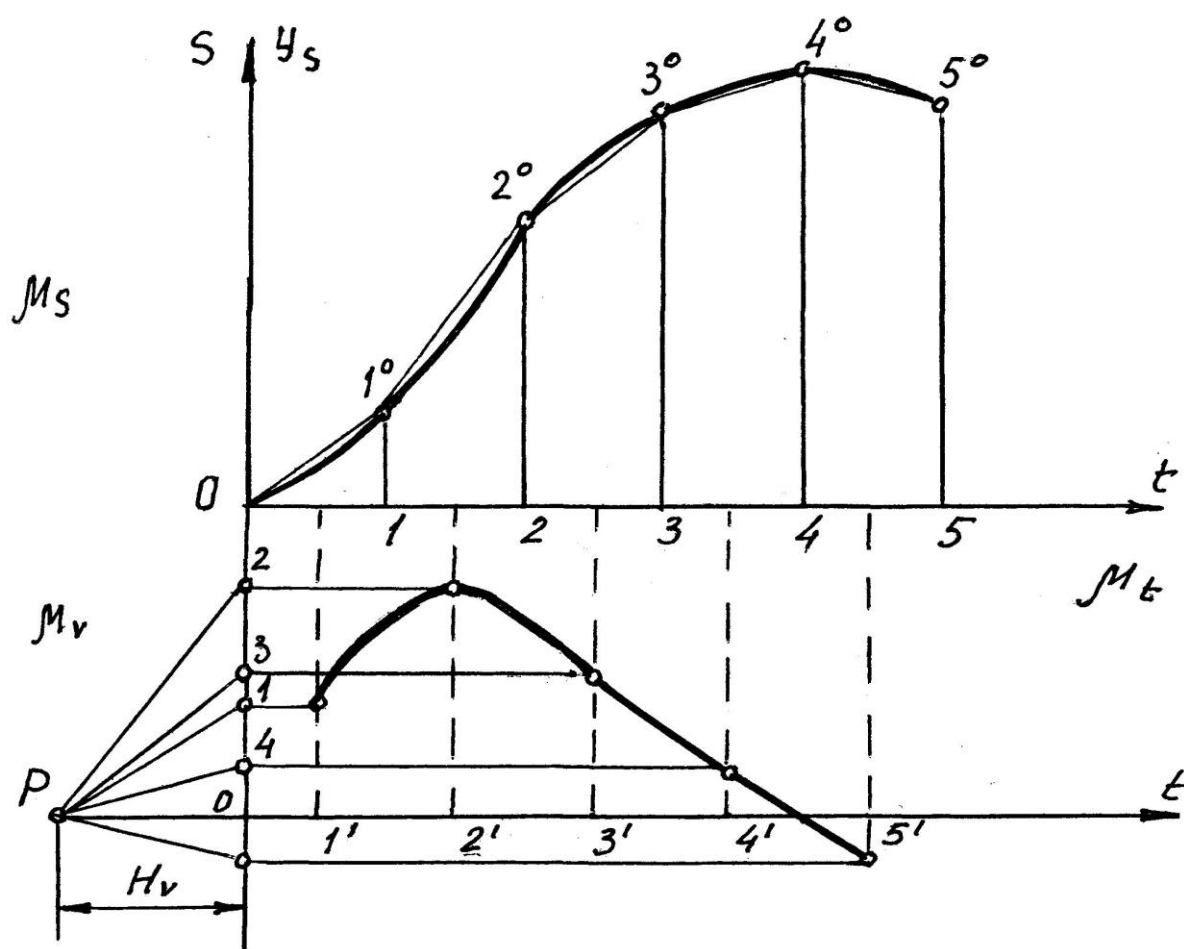
Intervaldagi o'rtacha tezlik vatarni α qiyalik burchagi tangensiga proporsionaldir. P_V nuqtani belgilab har bir intervaldagi vatarlarga 01°, 1°20'... P_{V1} , P_{V2} parallel chiziqlar o'tkaziladi. $\Delta 011^0_{\Delta}$ P_{V01} bo'lgani sababli P_V nuqtadan tarqaluvchi chiziqlar ordinata o'qi bilan kesishib o'rtacha tezliklarga proporsional kesmalar hosil qiladi. Ordinata o'qidagi 1,2,3,.. nuqtalardan 1°2°3°... o'rtacha ordinatalar bilan kesishguncha gorizontall chiziqlar o'tkazib tezlik diagrammasi aniqlanadi. Diagrammaning masshtab koeffitsienti:

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{\mu_t H_v}$$

Bu erda: μ_s – S – t -grafigi masshtabi,

μ_t -vaqt masshtabi.

H_v -tezlik grafigidagi qutb masofasi, mm.



2.2.4-shakl.

$V(t)$ -diagrammani vaqtga nisbatan differensiallab, a^t -tangentsial tezlanish diagrammasi keltirib chiqariladi.

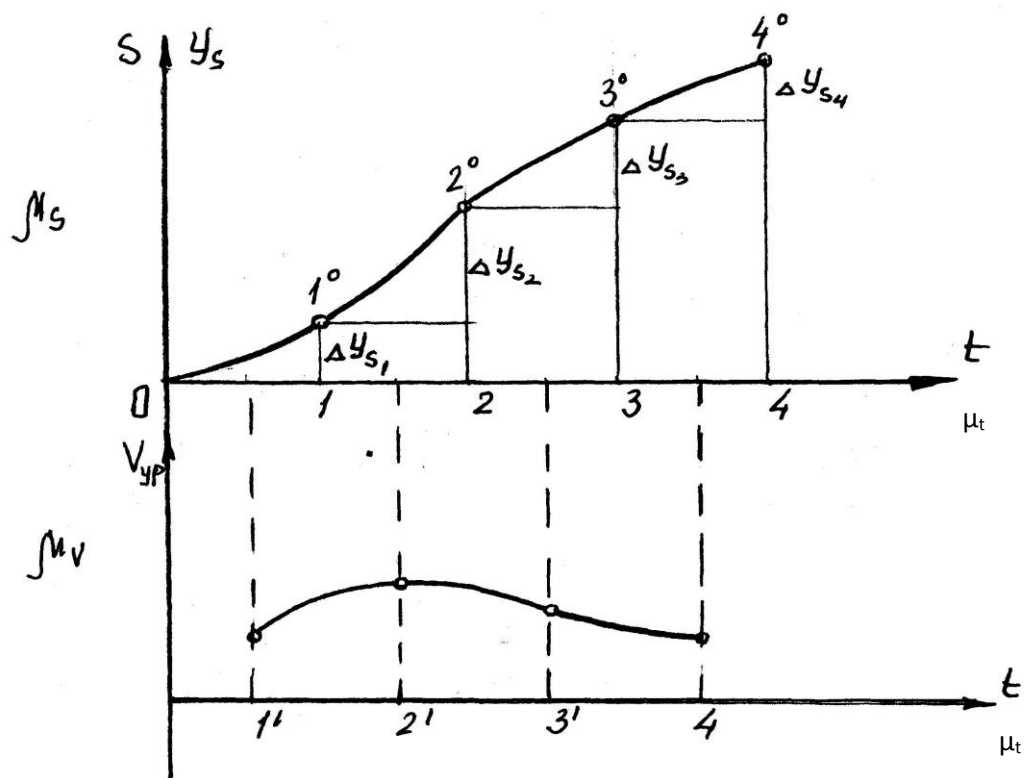
Tezlanish grafigi masshtabi koeffitsienti:

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{\mu H_a}$$

bu erda: H_a -tezlanish grafigidagi qutb masofasi, mm.

Agarda ko`chish diagrammasining ordinata o`qiga ϕ burchagi qo`yilsa, vaqtga nisbatan differensiallab,  $\omega$ -burchak tezlik, so`ngra ε -burchak tezlanish diagrammasi aniqlanadi.

Ordinata orttirmalarini o`lchash usuli quyidagicha bajariladi. Nuqtaning  $S(t)$  egri chizig`i intervallaridagi ordinatalar $\Delta V_{s1}, \Delta V_{s2} \dots$ farqlarini belgilaymiz.



2.2.5-shakl.

$S-t$ grafigi 0-1, 1-2, 2-3.. intervallari o`rtasidagi punktir  $1^1, 2^1, 3^1 \dots$  ordinatalarni o`tkazamiz va $\Delta V_{s1}, \Delta V_{s2} \dots$ -kesmalarini o`lchab, « $C_V$ » marta ( $C_V=1,2,3$ ) kattalashtirib, tezlik grafigidagi  $1^1, 2^1$  ordinatalarga qo`yiladi va o`rtacha tezlik diagrammasi keltirib chiqariladi. Diagramma masshtabi aniqlanadi:

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{\mu_t C_V \Delta X_t}$$

bu erda: C_V - ordinata orttirmalarini kattalashtirish koeffitsienti.

ΔX_t - bitta interval uzunligi, mm.

μ_t – vaqt masshtabi, s/mm.

μ_s – $s - t$ grafigi masshtabi.

Tezlik grafigidagi ordinatalar orttirmalarini o`lchab tezlanish diagrammasini chizish mumkin.

Diagrammaning masshtabi quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_a = \frac{\mu_v}{\mu_t C_a \Delta X_t}$$

bu erda: C_a – ortirmani kattalashtirish.

ΔX_t – interval uzunligi, mm.

μ_t – vaqt masshtabi, s/mm.

μ_v – tezlik grafigi masshtabi.

Kinematik diagrammalar usulining afzalliklari va kamchiliklari

Kinematik diagrammalar afzalliklar va kamchiliklarga ega. Uning afzalliklari quyidagilardir:

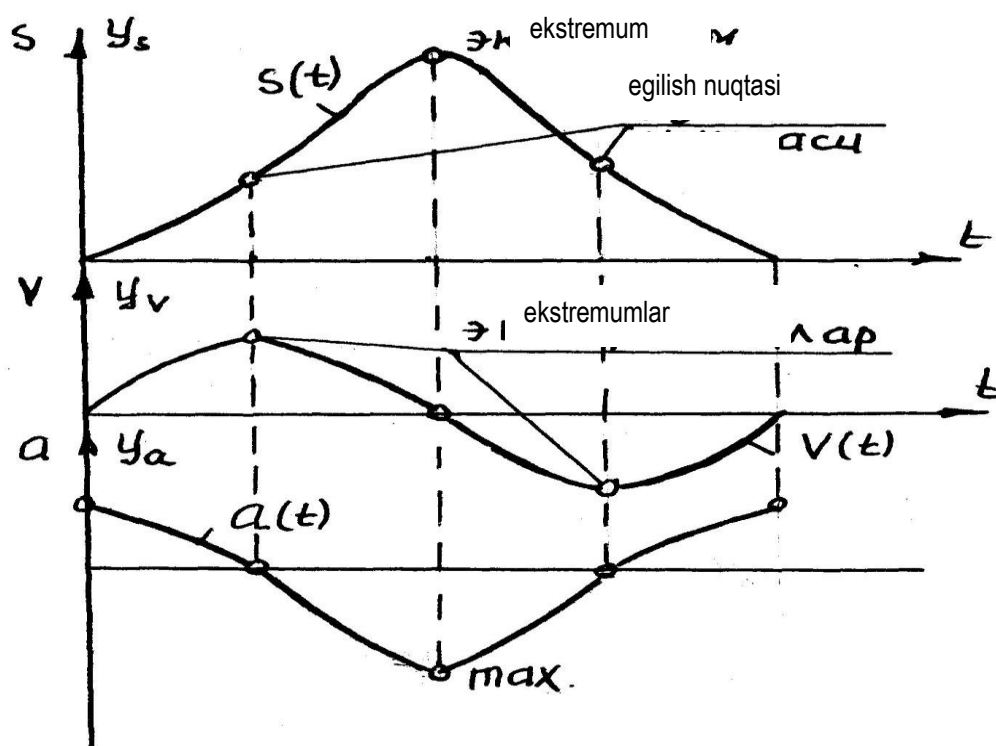
1. Sodda va ko`zga ko`rinarli;
2. Nuqta tezligi va tezlanishining bir tsikldagi o`zgarish xarakteri ma`lum.

Kamchiliklari quyidagilardir:

1. Usul taxminiy bo`lib, tezlik va tezlanishlarning o`rtacha qiymatlari kelib chiqadi;
2. Tezlik va tezlanishlarning yo`nalishi no`malum;
3. Normal tezlanishlar yo`q.

Kinematik diagrammalarning moslik alomatlari:

1. Funktsiyaning ekstremal qiymatida uning xosilasi nolga teng.



2.2.6-shakl.

2. Funktsiyaning egilish nuqtalarida uning hosilasi ekstremal (eng katta) qiymatga ega bo'ladi. 5-shaklda kinematik diagrammalarning mos nuqtalari tasvirlangan. Masofaning ekstremal qiymatida tezlik nolga teng, tezlik maksimumga (ekstremalga) erishganda tezlanish nol bo'lishi ko'rsatilgan.

Takrorlash uchun savollari.

1. Masofa grafigi qanday nuqtalarning qanday traektoriyada harakatlanishida quriladi?
2. Yo'l grafigi nuqtaning qanday traektoriya bilan harakatlanishida quriladi?
3. Kinematik diagrammalarga nimalar kiradi?
4. Vatarlar usulini tushuntiring.
5. Ordinata orttirmalari usulini tushuntiring.
6. Tezlik va tezlanish grafiklari masshtablari qanday aniqlanadi?
7. Grafik usulining afzalliklari va kamchiliklari nimada?
8. Kinematik diagrammalarning moslik alomatlarini ko'rsating.

9. Vatarlar usulida mashtablar qanday aniqlanadi?
10. Ortirma usulida mashtablar qanday aniqlanadi?
11. Tezlik grafigidan foydalanib, tezlanishlar qiymati qanday aniqlanadi?
12. Tezlanish grafigidan foydalanib, tezlanishlar qiymati qanday aniqlanadi?
13. Vaqt mashtabi qanday aniqlanadi?
14. Tezlanish grafigida qanday tezlanish ko`rsatilgan?
15. Grafik usulining kamchiliklarini ko`rsating.

2.3. MEXANIZMLARNING KINEMATIK XARAKTERISTIKALARI (TEZLIKLAR REJASI).

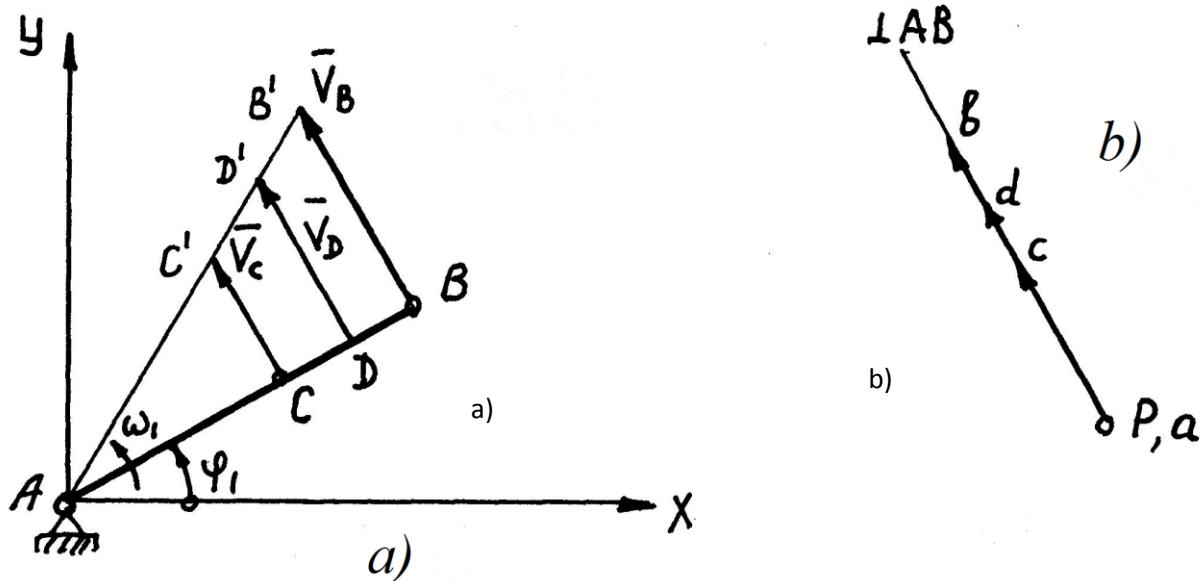
Tezlik rejalarining nazariy asosi

Mexanizmlarni kinematik taxlil qilishda grafoanalitik usul qo`llaniladi. Bunda vektor tenglamalardan foydalanib, tezlik rejaları quriladi. Tezlik va tezlanish rejalarining vektor tenglamalardan foydalanib qurishni birinchi bo`lib 1870 yilda Otto Mor taklif etgan va ishlab chiqqan.

Mexanizm bo`g`inlari nuqtalarining shu ondagi tezliklari miqdorlari va yo`nalishlariga teng vektorlarni kesmalar tarzida chizmada ko`rsatilishiga yoki bo`g`inlarning tezlik rejaları qutblari bitta nuqtada bo`lgan chizmaga mexanizmni tezlik rejasi deb ataladi.

Mexanizm tarkibida bo`g`inlarning uch xil tekis harakatini uchratish mumkin: qo`zg`almas o`q atrofida aylanma harakat, to`g`ri chiziqli ilgarilanma-qaytma harakat va ikkala harakatni o`z ichiga oluvchi tekis murakkab harakatdir. Quyida turli harakatlanuvchi bo`g`inlarning tezlik rejalariga to`xtalamiz.

1. Aylanma harakatlanuvchi boshlang`ich bo`g`inning tezliklar rejaları.
Mexanizm boshlang`ich bo`g`ini aylanma harakatlansa, uning φ_1 burchak koordinatasi umumlashgan koordinata hisoblanadi. (2.3.1a-shakl)



2.3.1-shakl.

Bo`g`in B nuqtasining chiziqli tezligi $V_B = \omega_1 l_{AB}$, m/s. B nuqta tezligi AB ga tik yo`nalgan va  $\vec{V}_B$  vektor bilan ifodalanadi. Tezlik rejasida (2.3.1b-shakl) B nuqta tezlik vektori  $P_B = \mu_v V_B$ . Bo`g`inning C nuqtasi  $V_C = \omega_1 l_{AC}$  tezlik vektori  $P_C = \mu_v V_C$  ham AB bo`g`inga tik yo`nalgan va hokazo.

Aylanma harakatlanuvchi AB bo`g`inga tegishli nuqtalarning tezligi chiziqli qonun bilan o`zgarib, A-aylanish nuqtasiga qarab kamayib boradi. Demak, bo`g`in nuqtalarining chiziqli tezliklari turlicha bo`lib, koordinata boshidan o`tuvchi to`g`ri chiziqli qonuni bilan o`zgaradi. (2.3.1a-shakl).

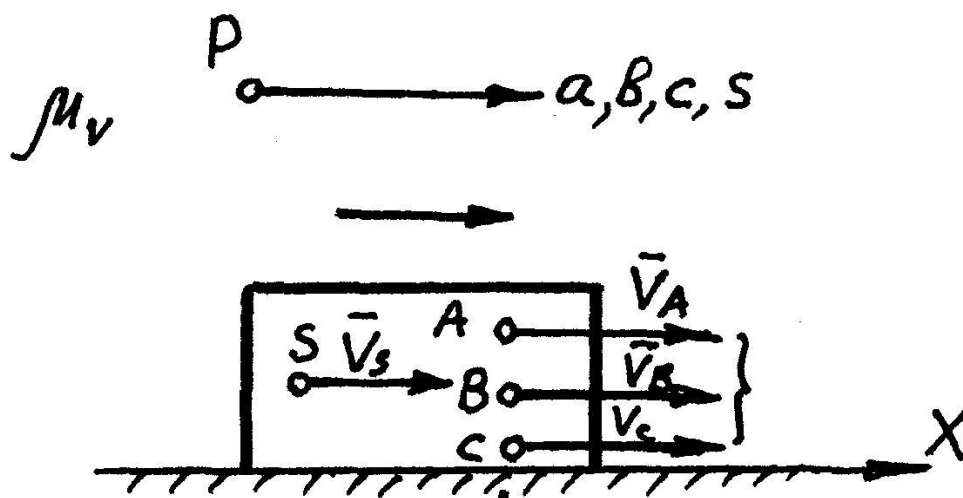
V_B , V_C , V_D tezliklar qo`zg`almas nuqta atrofida aylanuvchi nuqtalar tezliklari bo`lganligidan ular absolyut tezliklar deb ataladi. Bunda $V_B > V_C > V_D$.

Bo`g`ining ω_1 burchak tezligi uning uchun asosiy qabul qilingan aylanish nuqtasiga bog`liq emas.

2. Ilgarilanma-qaytma harakat qiluvchi bo`g`inning tezliklar rejalari.

Mexanizmدا tekis parallel harakatlanuvchi bo`g`inlar ko`p uchraydi (2.3.2-shakl).

Bunda bo'g'inning barcha A,B,C,S, nuqtalari qo'zg'almas bo'g'inga nisbatan parallel harakat qiladi. Bo'g'inning harakati x tekislikdagi harakati orqali belgilanadi.



2.3.2-shakl.

Agar bo'g'in qo'zg'almas tekislikka nisbatan ilgarilanma harakatda bo'lsa (yoki shu tekislik bo'ylab harakat qilsa), u holda bo'g'indagi istalgan nuqtaning tezligi shu tekislikka parallel va bir-biriga teng bo'ladi. (2.3.2-shaklda $V_A=V_B=V_C=V_S$; $P_a=P_B=P_C=P_s$) bunday bo'g'inlar, masalan, ichki yonuv yuritmalarining porsheni, randalash stanogining supporti, to'quv stanogining mokisi va h.k.

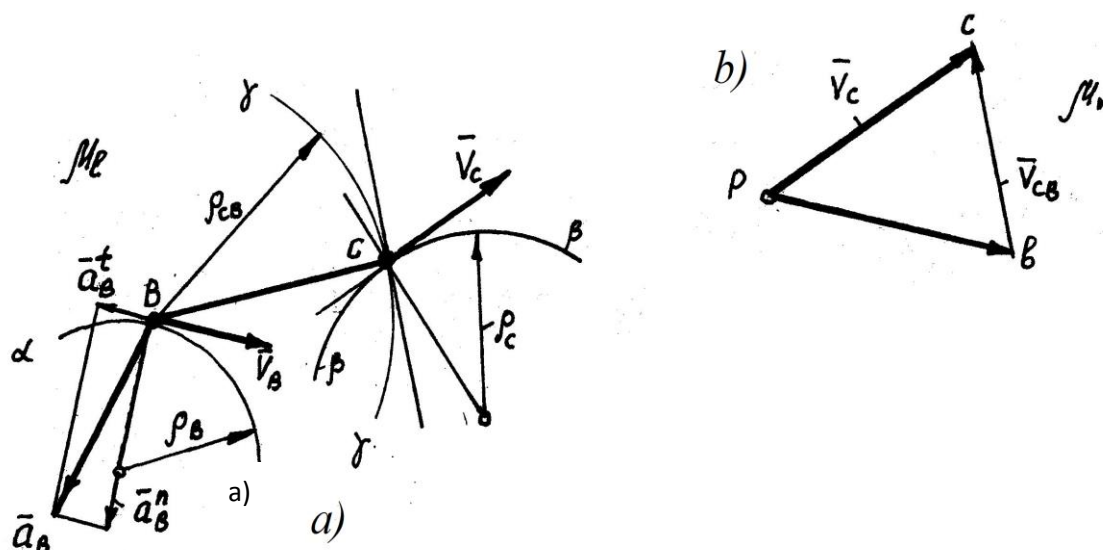
3. Murakkab harakatlanuvchi bo'g'inning tezliklar rejalari. Nuqtani yoki bo'g'inni murakkab harakatda bir vaqtda asosiy va harakatlanuvchi sistemalarga nisbatan tekshiriladi.

Bo'g'in yoki nuqtaning asosiy sistemaga nisbatan harakati absolyut harakat deb ataladi.

Nuqtaning murakkab harakatida uning $\bar{V}_a$ - absolyut tezligi $\bar{V}_e$ – ko'chirma va $\bar{V}_r$ - nisbiy tezliklarining geometrik yig'indisiga teng.

$$\bar{V}_a = \bar{V}_e + \bar{V}_r$$

Ko`chirma tezlikni aniqlashda nuqtaning nisbiy harakati to`xtatilgan deb taxminlanadi.



2.3.3-shakl.

Absolyut harakatning elementi «a» nisbiyniki «r» ko`chirmaniki «e» indekslar bilan belgilanadi. Amalda indeks sifatida nuqta belgisi va bo`g`in raqami kiritiladi. Masalan, V_{D2} , V_{S3} , ... va h.k.

2.3.3a-shaklda keltirilgan BC bo`g`inning tekis murakkab harakatda vektor tenglama quyidagicha ifodalanadi.

$$\bar{V}_C = \bar{V}_B + \bar{V}_{CB}$$

bu tenglama bo`yicha C nuqtaning  $\bar{V}_C$  absolyut tezligi B nuqta harakati bilan aniqlanadigan  $\bar{V}_B$  ko`chirma va B nuqta atrofida C nuqtaning aylanma harakatidagi $\bar{V}_{CB}$ nisbiy tezliklarning geometrik yig`indisiga tengdir. Absolyut harakatda C va B nuqtalarning  $\alpha\alpha$  va  $\beta\beta$  traektoriyalari ma`lum bo`lsa, hamma tezliklarning yo`nalishlari harakat traektoriyalariga urinma bo`ladi. Vektor tenglamalarni tahlil qilganda vektorlar bitta yoki ikkita chiziqlar bilan belgilanadi. Ikki chiziq vektor yo`nalishi yoki miqdori ma`lumligini ko`rsatadi. Ifodada keltirilgan vektor tenglamaning echimi tezliklariga proporsional kesmalar ko`rinishda 2.3.3b-

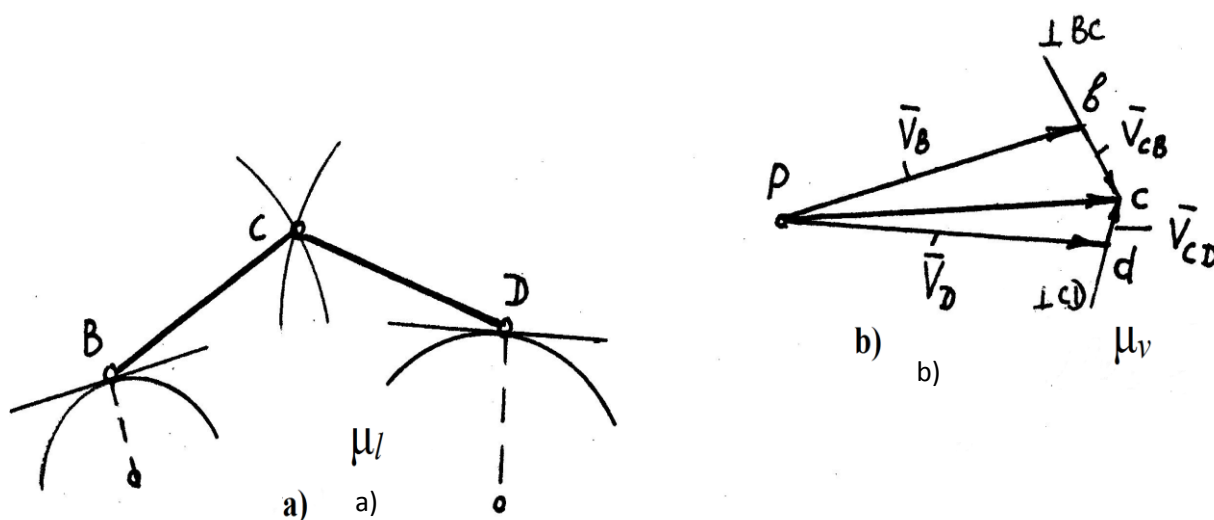
shaklda tasvirlangan. Ikki povodokli Assur guruhlarining tezlik rejalarini qurish uchun har bir bo`g`inga tegishli vektor tenglamalar tuzib, birgalikda echish kerak. Masalan, 1 modifikatsiyali BC va CD bo`g`inlardan iborat tenglamalar tuziladi.

$$\begin{cases} \vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB \perp CB} \\ \vec{V}_C = \vec{V}_D + \vec{V}_{CD \perp CD} \end{cases}$$

tenglamani chap tomoni teng, demak o`ng tomoni ham teng bo`lishi kerak

$$\vec{V}_B + \vec{V}_{CB} = \vec{V}_D + \vec{V}_{CD}$$

C nuqta tezligini aniqlash uchun B va D nuqtalar tezliklarining yo`nalish va miqdorlari ma`lum bo`lishi kerak. Bunda B nuqta boshlang`ich, D nuqta tayanchga yoki ilgari biriktirilgan guruhga bog`langan bo`lishi kerak. Ifodani echimi 2.3.4-shaklda ko`rsatilgan.



2.3.4-shakl.

2.3.4-shaklda B nuqtaning V_B absolyut tezlik vektoriga CB bo`g`in holatiga tik nisbiy tezlik vektorini qo`shamiz, ya`ni tezlik rejasining b nuqtasidan BC – bo`g`inga tik chiziqli o`tkazamiz. Shuningdek, D nuqta  $V_D$  tezlik vektori uchidan CD bo`g`in holatiga tik o`tkazib, ikkita tik chiziqlar kesishgan nuqta C nuqta bo`lib, uni R-qutb nuqtasi bilan tutashtirsak, C nuqtaning absolyut tezlik vektori kelib chiqadi.

Tezlikning haqiqiy qiymatini topish uchun P_s kesmani tezlik rejasi μ_v masshtabiga ko'paytirish kerak:

$$V_C = \mu_v P_C$$

Tezliklar rejasida:

$V_B = \mu_v P_B$ B nuqtaning absolyut tezligi;

$V_D = \mu_v P_D$ D nuqtaning absolyut tezligi;

$V_{CB} = \mu_v P_{CB}$ C nuqtaning B nuqtaga nisbatan tezligi;

$V_{CD} = \mu_v P_{CD}$ C nuqtaning D nuqtaga nisbatan tezligi;

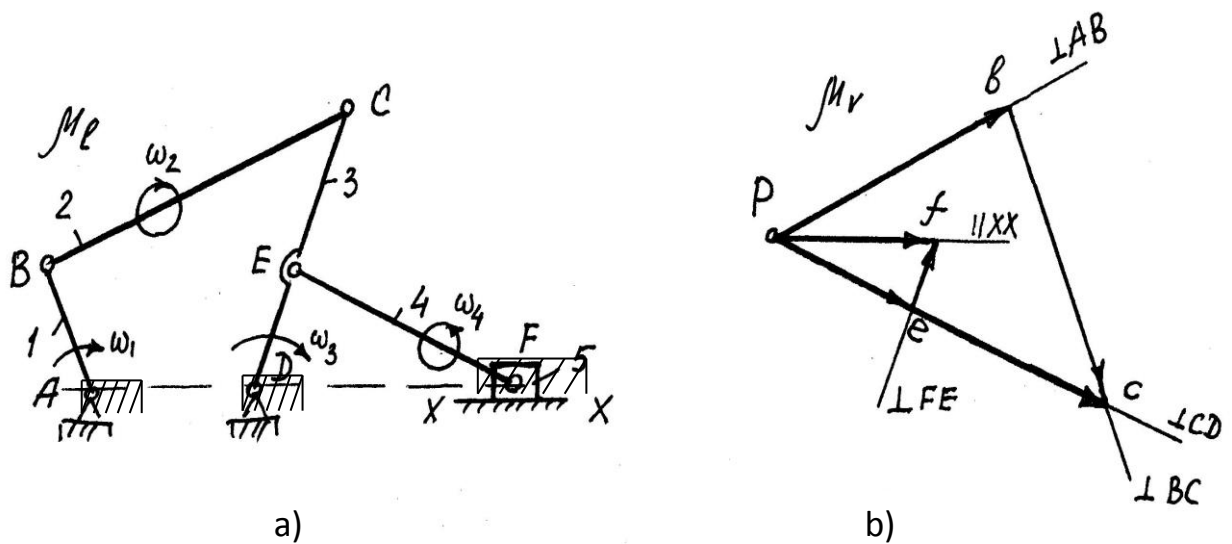
II. Tezlik rejalarining xossalari quyidagilardir

1. Tezlik rejasining P-qutbidan o'tuvchi vektorlar absolyut tezliklarni ifodalaydi (P_B, P_C).
2. Nuqtalarni o'zaro tutashtiruvchi va qutbdan o'tmaydigan vektorlar nisbiy tezlikni ifodalaydi (bc, cd...)
3. Tezliklari nolga teng nuqtalar qutbda yotadi.
4. Tezliklar rejasidagi nisbiy tezliklardan xosil bo'lgan shakl mexanizmdagi bo'g'in shakliga o'xshash bo'lib, unga nisbatan 90° burilgan bo'ladi.

III. 1-sinf 2-tartibli mexanizmning tezliklar rejasi

Turli Assur guruxlaridan iborat bo'lgan mexanizmning (2.3.5a-shakl) berilgan holati uchun tezlik rejasi qurish bilan tanishamiz.

Quyidagilar berilgan $l_{AB}, l_{BC}, l_{CD}, l_{ED}, l_{EF}$, (mm), $n_1 \frac{ayl}{min}$



2.3.5-shakl.

Vazifa quyidagi tartibda bajariladi:

1. Krivoship V nuqtasining tezligi aniqlanadi $V_B = \omega \cdot l_{AB} = \frac{\pi n_1}{30} l_{AB}$, m/s; V_B

krivoship xolatiga tik yo`naladi.

2. Tezlik rejasining masshtabi xisoblanadi.

$$\mu_v = \frac{V_B}{P_b}$$

Bu erda P_b -tezlik rejasida qabul qilingan kesma, mm.

P-qutb nuqtasini tanlab, AB-krivoship xolatiga tik chiziq o`tkazamiz va P_b kesmani qabul qilamiz.

3. C nuqtaning tezligini aniqlash uchun B va D nuqtalarning tezliklari bilan bog`lab vektor tenglamalar tuziladi.

$$\begin{cases} \vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB}^{\perp CB} \\ \vec{V}_C = \vec{V}_D + \vec{V}_{CD}^{\perp CD} \end{cases}$$

Tenglamani birinchisiga binoan (vektorlarni qo`shish qoidasiga binoan) tezliklar rejasidagi V nuqtadan BC bo`g`in holatiga tik o`tkazamiz.

D nuqta tezligi nolga teng bo'lgani uchun, ikkinchi tenglamaga ko'ra, qutubdan CD ga tik o'tkazib, ikkala tik chiziqning kesishuv nuqtasini C bilan belgilaymiz. Natijada C nuqtaning absolyut tezlik vektori aniqlanadi.

4. E nuqtaning tezliklar rejasidagi o'rnini quyidagi proportsiya orqali belgilaymiz

$$\frac{DE}{DC} = \frac{Pe}{Pc}; \quad Pe = \frac{DE \cdot Pc}{DC}, \text{ mm}$$

Aniqlangan Pe kesma Pc chiziqda P qutubdan boshlab qo'yiladi va «e» nuqta aniqlanadi.

5. F nuqtaning tezligi 4 va 5 bo'g'inlarning harakatiga bog'lab quyidagi vektor tenglamalardan aniqlanadi.

$$\begin{cases} \vec{V}_F = \vec{V}_E + \vec{V}_{\perp FE}^{FE} \\ \vec{V}_F = \vec{V}_X + \vec{V}_{\perp XX}^{FX} \end{cases}$$

Birinchi tenglamaga binoan «e» nuqtadan FE ga (4 bo'g'in holatiga) tik chiziq, qutbdan esa xx ga paralel chiziq o'tkazamiz. Bu ikkala chiziq f nuqtada kesishadi. Natijada Pf - F nuqtaning absolyut tezlik vektori kelib chiqadi.

6. Tezliklar rejalari va mashtabdan foydalanib, nuqtalar tezliklarining qiymatlari aniqlanadi:

$$V_C = \mu_v P_C, \quad V_E = \mu_v P_E, \quad V_F = \mu_v P_F$$

Nisbiy tezliklar aniqlanadi:

$$V_{CB} = \mu_v \cdot cb \quad V_{FE} = \mu_v fe$$

7. Bo'g'inlarning burchak tezliklari aniqlanadi:

$$\omega_2 = \frac{V_{CB}}{l_{CB}}; \quad \omega_3 = \frac{V_{CD}}{l_{CD}} = \frac{V_C}{l_{CD}}; \quad \omega_4 = \frac{V_{FE}}{l_{FE}}$$

Takrorlash uchun savollari

1. Tezlik rejasi deganda nima tushuniladi?

2. Aylanma harakatda boshlang'ich bo'g'inning tezlik rejasi qanday quriladi?
3. Ilgarilanma harakatlanuvchi bo'g'in nuqtalarining tezliklari qanday aniqlanadi?
4. Murakkab harakatlanuvchi bo'g'inlarning tezlik rejasini qurishda absolyut, nisbiy va ko'chirma harakatlar qanday harakatlar hisoblanadi?
5. Murakkab harakatlanuvchi bo'g'inni (shatunni) tezlik rejasi qanday quriladi?
6. 1-sinf 2-tartibli Assur guruhining tezlik rejasini qurish tartibini misollarda tushuntiring.
7. Tezliklar rejasining asoslarini izohlab bering.
8. 1-sinf 2-tartibli tekis richagli mexanizmning tezliklar rejasi qanday tartibda bajariladi?
9. Nisbiy tezlik qanday tezlik?
10. Absolyut tezlik qanday tezlik?
11. Tezligi nolga teng nuqta rejada qayerda bo'ladi?
12. Bo'g'inning burchak tezligi qanday aniqlanadi?
13. Tezlik rejasini qurishda o'xshashlik teoremasini qo'llanilishini tushuntiring.
14. Tezlik rejasidan foydalanib, chiziqli tezliklar qanday aniqlanadi?
15. Oniy tezlik markazi nima?

2.4. MEXANIZMLARNING KINEMATIK XARAKTERISTIKALARI (TEZLANISHLAR PLANI).

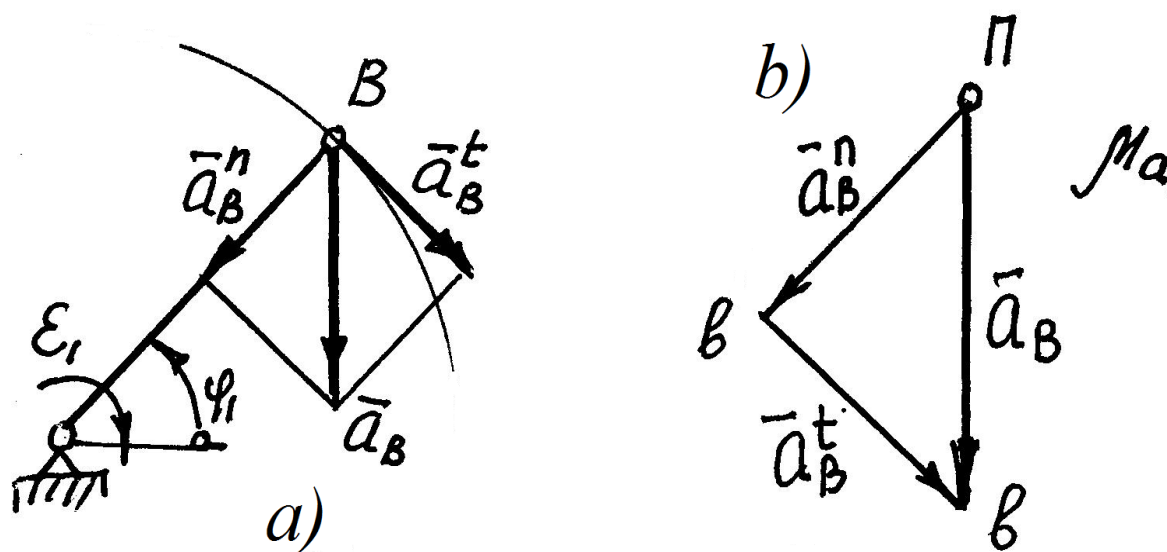
Tezlanish rejalarining nazariy asosi

Mexanizmning vaziyati tezlanishlarining miqdor va yo'nalishlariga teng kesmalar shaklidagi vektorlardan iborat chizma tezlanishlar rejaları deb ataladi.

Tezlanishlar rejaları mexanizm bo'g'inlari harakatining tahlili asosida bajariladi.

a) Boshlang'ich bo'g'inning tezlanishlar rejasi.

Mexanizmda aylanma harakatlanuvchi krivoship boshlang'ich bo'g'in hisoblanadi. (2.4.1-shakl).



2.4.1-shakl.

Bo'g'inning B nuqtasi A nuqta atrofida aylanganda a_B^n - normal (B nuqtadan A nuqtaga qarab yo'naladi) va a_B^t - urinma (B nuqta traektoriyasiga urinma yo'naladi) tezlanishlar hosil bo'ladi.

Tezlanishlar rejasida vektorlar (2.4.1b-shakl) quyidagi bog'lanishlar orqali qurilgan

B nuqtaning normal tezlanishi:

$$a_B^n = \omega_2 l_{AV}, \quad \pi \ddot{\alpha} = \mu_a \ddot{\alpha}_B^n$$

B nuqtaning urinma tezlanishi:

$$a_B^t = \varepsilon_1 l_{AV},$$

$$v^1 v = \mu_a \dot{\alpha}_B^t$$

B nuqtaning tezlanishi:

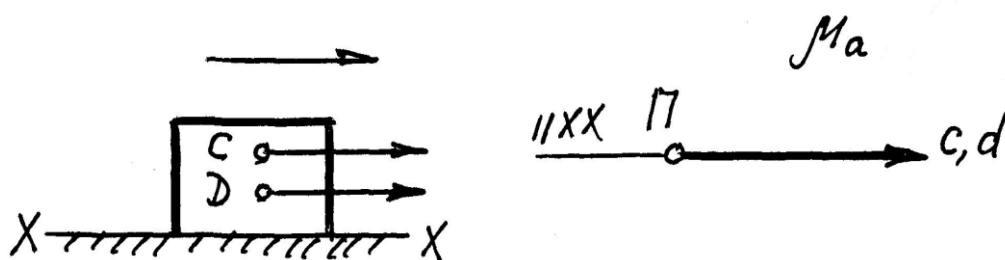
$$\ddot{\alpha}_B = \ddot{\alpha}_B^n + \ddot{\alpha}_B^t;$$

$$\pi v = \pi v^1 + v^1 v = \mu_a \ddot{\alpha}_B$$

Normal tezlanish vektori aylana radiusi bo'ylab, uning markaziga, ya'ni krivoshipning aylanish o'qiga qarab yo'naladi ($\pi v^1 // AB$) va tezlik yo'nalish o'zgarishini ifodalaydi.

Urinma tezlanish tezlik modulining o'zgarishini ifodalaydi va nuqtaning harakat traektoriyasiga urinma yo'naladi. ($v^1 v \perp AB$).

b) Ilgarilanma harakatlanuvchi bo'g'inning tezlanishlar rejasi. Mexanizmدا ilgarilanma-qaytma harakatlanuvchi bo'g'inlar ko'p uchraydi. Bunday bo'g'in polzun deb ataladi. (2.4.2.-shakl)



2.4.2-shakl.

Sudralgich XX tekislikda ilgarilanma harakatlanganda unga tegishli C,D nuqtalar tezlanishlari miqdorlari teng bo'lib, yo'nalishlari bir xil xx harakat tekisligiga parallel bo'ladi (2.4.2b-shakl).

c) Murakkab harakatlanuvchi bo'g'in-shatunning tezlanishlar rejalari.

Murakkab harakatlanuvchi bo'g'inning harakati bir vaqtda asosiy va qo'zg'aluvchan hisoblash sistemalariga nisbatan qaraladi.

Bo'g'inning tekis parallel harakatida uning xohlagan nuqtasini absolyut tezlanishi ikki tezlanish-ilgarilanma ko'chirma va nisbiy aylanma harakatlardagi tezlanishlarning geometrik yig'indisiga teng.

Ya'ni:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r = \bar{a}_e + \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^t$$

Murakkab harakatlanuvchi BC bo'g'inning murakkab nuqtalari tezlanishlarini aniqlash uchun tenglama quyidagicha yoziladi.

$$\vec{a}_c = \vec{a}_c^n + \vec{a}_c^t = \vec{a}_B^n + \vec{a}_B^t + \vec{a}_{CB}^n + \vec{a}_{CB}^t$$

bu yerda:

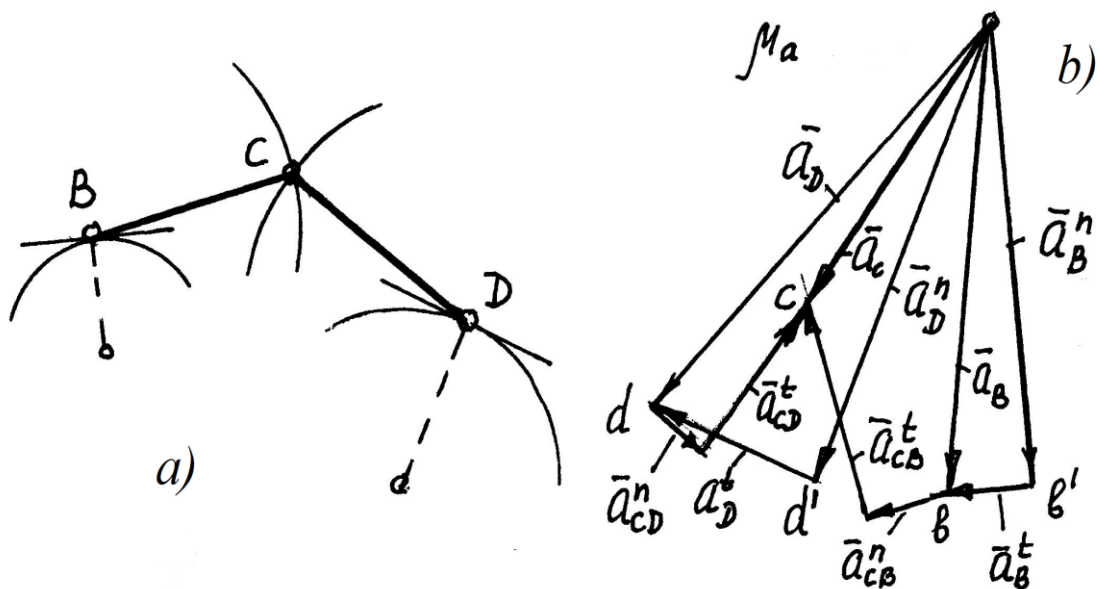
$$a_c^n = \frac{V_c^2}{\rho_c}, \quad a_B^n = \frac{V_B^2}{\rho_B}; \quad a_{CB}^n = \frac{V_{CB}^2}{\rho_{CB}} = \frac{V_{CB}^2}{l_{CB}}$$

ρ_s , ρ_v va $\rho_{sv} = l_{sv}$ – absolyut va nisbiy harakat trayektoriyalarining egrilik radiuslari va urinma $a_B^t = \frac{dV_B}{dt}$ tezlanishi ham berilgan.

1-sinf 2-tartibli Assur guruhlarining tezlanishlar rejaları

Yuqorida bayon qilingan boʻgʻinlarning turli harakatidagi tezlanishlar rejalarini qurish usuli asosida 1-sinf 2-tartibli Assur guruhlarining tezlanishlar rejalarini qurish mumkin. Buning uchun har bir boʻgʻinga vektor tenglamalar tuzib, birgalikda echimini topish kerak.

Ikki povodokli uchta aylanma kinematik juftlardan iborat Assur guruhining tezlanishlar rejasini quraylik (8-shakl)



2.4.3-shakl.

C nuqtaning tezlanishi quyidagi tenglamalardan aniqlanadi:

$$\overline{a_c} = \overline{a_s} + \overline{a_{cs}} = \overline{a_B^n} + \overline{a_B^t} + \overline{a_{CB}^n} + \overline{a_{CB}^t}$$

$$\overline{a_c} = \overline{a_D} + \overline{a_{CD}} = \overline{a_D^n} + \overline{a_D^t} + \overline{a_{CD}^n} + \overline{a_{CD}^t}$$

tenglamani o'ng tomonini tenglashtiramiz:

$$\overline{a_B^n} + \overline{a_B^t} + \overline{a_{CB}^n} + \overline{a_{CB}^t} = \overline{a_D^n} + \overline{a_D^t} + \overline{a_{CD}^n} + \overline{a_{CD}^t}$$

Demak, C nuqta tezlanishini ikkala povodoklarning B va D nuqtalarini normal va urinma tezlanishlari ma'lum bo'lganda aniqlash mumkin.

Ikkita aylanma va bitta ilgarilanma kinematik juftdan iborat kulisali guruhning (2.4.4a-shakl) tezlanishlar rejalari quyidagicha bajariladi. Kulisa aylanma harakat qilsa, u holda toshning umumiy (absolyut) tezlanishi uchta tezlanish yig'indisidan iborat bo'ladi: toshning kulisa bilan birga ko'chirma harakatidagi tezlanishi (a_3), toshning kulisaga nisbatan tezlanishi va Koriolis tezlanish:

$$\overline{a_{B2}} = \overline{a_{B3}} + \overline{a_{B2B3}} + \overline{a_{kop}}$$

Ikkinchi tomondan kulisa o'z navbatida A nuqtaga nisbatan aylanma harakatlanganda:

$$A_{B3} = \overline{a_A^n} + a_{B3A} = a_A^n + a_{B3A}^n + \overline{a_{B3A}^t}$$

Agarda a_{V2} va a_A^n larning skalyar va vektor qiymatlari ma'lum bo'lsa kulisa V_3 nuqtasining a_{V3} tezlanishini (5) o'zgartirib, (6) bilan birgalikda topish mumkin.

$$a_{B3} = \overline{a_{B2}} + \overline{a_{B3B2}} + a_{B3B2}^{kop}$$

$$a_{B3} = \overline{a_A^n} + \overline{a_{B3A}^n} + \overline{a_{B3A}^t}$$

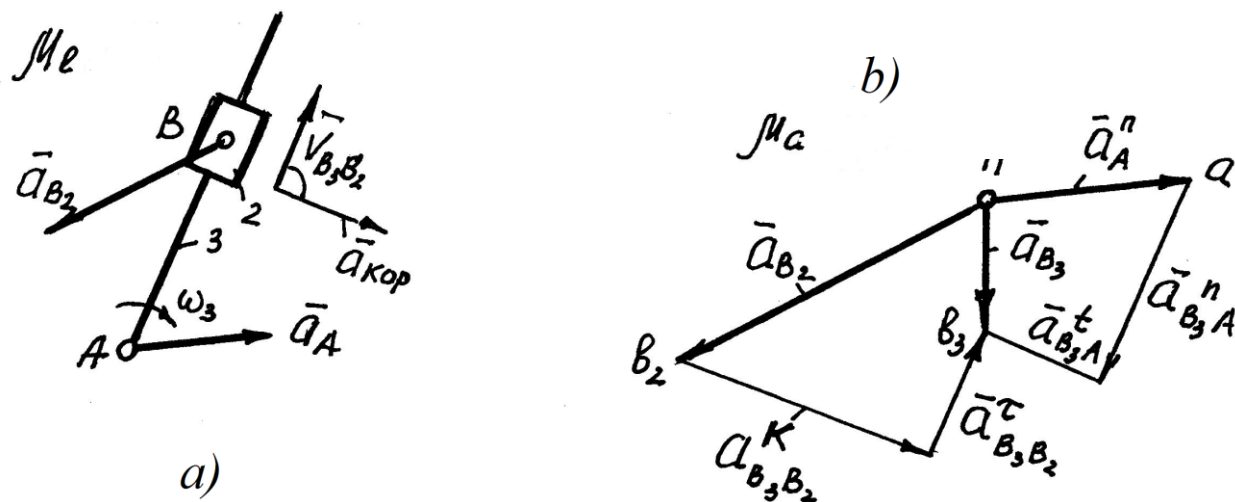
tenglamadagi frantsuz olimi Koriolis nomi bilan ataluvchi tezlanish quyidagicha aniqlanadi:

$$a_{B3B2}^{kop} = V_{B3B2} \omega_3$$

bu yerda: V_{B3B2} – tosh bilan kulisa orasidagi nisbiy tezlik,

ω_3 – kulisaning burchak tezligi.

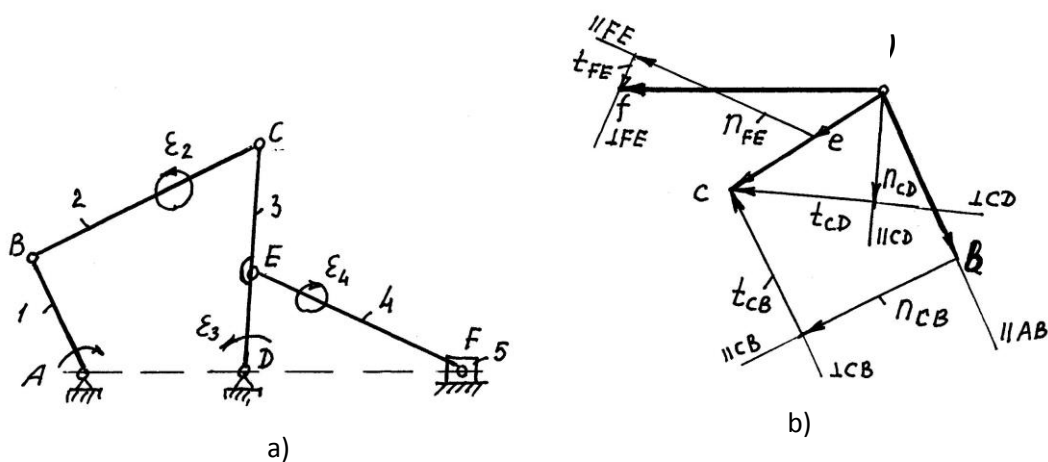
Koriolis tezlanish yo`nalishi tosh nisbiy tezlik vektorining ($\vec{V}_{B_3B_2}$) kulisa burchak tezligi (ω_3) aylangan tomonga qarab 90° aylantirilib topiladi.



2.5.4-shakl.

1-sinf 2-tartibli mexanizmning tezlanish rejasi

Turli Assur guruhlaridan iborat bo`lgan mexanizm holati uchun tezlanish rejasi qurish talab qilinsin. Kinematik sxemadagi (2.5.5a-shakl) bo`g`inlarning geometrik o`lchamlari va krivoshipning aylanish chastotasi berilgan. Krivoship tekis harakatlansin, ya`ni; $\omega_1 = \text{sonst}$, $\varepsilon_1 = 0$, $a_B^t = 0$



2.5.5-shakl.

Vazifa quyidagi tartibda bajariladi.

1. B nuqtaning normal tezlanishi aniqlanadi.

$$a_B^n = \frac{V_B^2}{l_{AB}}, \frac{M}{c^2}$$

2. Tezlanish rejasi hisoblanadi.

$$\mu_a = \frac{a_B^n}{\pi B}, \frac{M}{c^2 M.M}$$

3. C nuqta tezlanishini aniqlash uchun 2 va 3 bo`g`in harakatlarini tahlil qilib, quyidagi vektor tenglamalar tuziladi.

$$\begin{cases} \vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}^n + \vec{a}_{CB}^t \\ \vec{a}_C = \vec{a}_D + \vec{a}_{CD}^n + \vec{a}_{CD}^t \end{cases}$$

Bu erda a_{CB}^n a_{CD}^n nisbiy normal tezlanishlar,

$$a_{CB}^n = \frac{V_{CB}^2}{l_{CB}}, \frac{M}{C^2}; \quad n_{CB} = \frac{a_{CB}^n}{\mu_a}, mm$$

$$a_{CD}^n = \frac{V_{CD}^2}{l_{CD}}, \frac{M}{c^2}; \quad n_{CD} = \frac{a_{CD}^n}{\mu_a}, mm$$

p_{cb} va p_{cd} nisbiy normal tezlanishlarni ifodalovchi kesmalar yuqoridagi vektor tenglamalar asosida B nuqtaning a_v tezlanish vektori uchidan CB bo`g`in holatiga parallel qilib o`tkaziladi. C nuqta B nuqta atrofida aylanadi deb faraz qilsak,  $a_{CB}^n$  vektori C nuqtadan B nuqtaga qarab yo`naladi. Huddi shu usulda $\vec{V}_D = 0$ nazarga olib, qutb nuqtadan CD bo`g`inga parallel chiziq o`tkazib  $n_{CD}$  kesma qo`yiladi.

$\vec{a}_{CB}^n$ va $\vec{a}_{CD}^n$ tezlanishlar vektorlariga $a_{CB}^t(t_{CB}^t)$ va $a_{CD}^t(t_{CD}^t)$ vektorlarini qo`shib, C nuqtaning absolyut tezlanish vektori aniqlanadi.

4) Koromislone E nuqtasi tezlanishi proporsiya tuzib aniqlanadi

$$\frac{DC}{DE} = \frac{\pi c}{\pi e}; \quad \pi e = \frac{DE \cdot \pi c}{DC} mm$$

bu erda: DC, DE bo`g`inlarning uzunliklari;

$\pi c, \pi e$ – tezlanish rejasidagi kesmalar.

πe ning hisoblangan natijasi asosida E nuqtaning tezlanish vektori aniqlanadi.

5. F nuqtaning absolyut tezlanishi quyidagicha vektor tenglamadan aniqlanadi.

$$\text{bu erda: } a_{FE}^n = \frac{V_{FE}^2}{l_{FE}}, \frac{m}{s^2}; \quad n_{FE} = \frac{a_{FE}^n}{\mu a}, mm.$$

6. Absolyut va nisbiy tezlanishlarning qiymatlari hisoblanadi.

$$a_s = \mu a \pi s, \quad a_E = \mu a \pi e, \quad a_F = \mu a \pi f, \text{ m/s}^2$$

$$a_{CB}^t = \mu a \pi_{CB}, \quad a_{FE}^t = \mu a \pi_{FE}, \quad \text{m/s}^2.$$

7. Bo`g`inlar burchak tezlanishlarining yo`nalish va miqdorlari aniqlanadi.

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{CB}^t}{l_{CB}}, \text{ rad/sek}^2, \quad \varepsilon_4 = \frac{a_{FE}^t}{l_{FE}}, \text{ rad/sek}^2$$

Takrorlash uchun savollar.

1. Aylanma harakatda bo`g`in nuqtasining tezlanishlar rejasi qanday quriladi?

2. Ilgarilanma harakatlanuvchi bo`g`in nuqtalarining tezlanishlari qanday aniqlanadi?

3. Murakkab harakatlanuvchi bo`g`inning tezlanishlar rejasi qanday quriladi?

4. Koriolis tezlanishi qanday tezlanish?

5. 1-sinf 2-tartibli Assur guruhlarining tezlanish rejaları qanday quriladi?

6. Bo`g`inlarning burchak tezlanishlari qanday aniqlanadi?

7. Tezlanish rejasini qurishda o`xshashlik teoremasi qachon qo`llaniladi?

8. 1-sinf 2-tartibli mexanizmning tezlanishlar rejasi qanday tartibda bajariladi?

Misollar keltiring.

9. Koriolis tezlanishining miqdori qanday aniqlanadi?
10. Koriolis tezlanishi yo`nalishi qanday aniqlanadi?
11. Burchak tezlanish yo`nalishi qanday aniqlanadi?
12. Tezlanish rejasidan foydalanib, nisbiy tangentsial tezlanish miqdori qanday aniqlanadi?
13. Oniy tezlanish markazi qanday aniqlanadi?
14. Nisbiy normal tezlanish qanday yo`nalgan?
15. Nisbiy urinma tezlanish qanday yo`nalgan?.

III.BOB. MEXANIZMLAR DINAMIKASI.

3.1.MEXANIZMLARNING DINAMIK PARAMETRLARI VA ULARNING XARAKTERISTIKALARI.

Mexanizmlar dinamikasining asosiy masalalari.

Umuman, harakatdagi har qanday zvenoda quyidagi tashqi kuchlar va momentlar bo'lishi mumkin:

a) zvenoning o'z og'irligi-bu ham kuch bo'lib, uning vektori hamma vaqt yer markazi tomon yo'nalgan. Uni G harfi bilan belgilaymiz.

b) zveno o'zgaruvchan tezlik bilan ilgarilanma harakat qilsa, inersiya kuchi paydo bo'ladi. Bu kuchni P_u harfi bilan belgilaymiz.

c) zveno o'zgaruvchan tezlik bilan murakkab harakat qilsa, u holda zvenoda P_u bu kuchdan tashqari, yana inersiya kuchining momenti ham paydo bo'ladi; bu momentni M_u harfi bilan belgilaymiz.

d) mexanizm zvenolari bir – biri bilan oliy yoki quyi kinematik juftlar orqali bog'lanadi. Shuning uchun mexanizmning harakati vaqtida shu kinematik juftlarda reaksiya kuchlari paydo bo'ladi. Bu kuchlarni R_{12} , R_{23} , R_{34} , bilan belgilaymiz. Bu yerda R_{12} – 1 zvenoning 2 – zvenoga ta'sir kuchi va R_{34} – 3 zvenoning 4 – zvenoga ta'sir kuchi. Jismni qo'zg'atuvchi sabab kuch deb ataladi¹⁵.

Kuchning ta'siri ish bilan aniqlanadi.

Mashina va mexanizmlar dinamikasi asosan quyidagi masalalar bilan shug'ullanadi.

1. Mashina va mexanizm kinematik juftlaridagi reaksiya kuchlarni inersiya kuchlari hisobga olingan holda aniqlash.

Bu dinamikaning kinetostatika qismi (harakatdagi statika) deb ataladi.

2. Mashina va mexanizmlarga berilgan energiyaning tarqalish qonuni, ya'ni energetik balans orqali mashina yoki mexanizmlarning foydali ish koeffitsientlarini topish.

¹⁵ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

3. Mashina va mexanizmlardagi ayrim zvenolarning yoki zveno nuqtalarining berilgan kuchlar ta'siridagi haqiqiy harakat qonunlarini topish.

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

5. Mashina va mexanizmlardagi zveno massalarini muvozanatlash.

Mexanizm yoki mashinaga ta'sir etayotgan barcha kuchlarni asosan quyidagi beshta guruhga bo'lib o'rganish maqsadga muvofiqdir.

1. Mashina yoki mexanizmni harakatlantiruvchi kuchlar.

2. Mashinaga ta'sir qiladigan foydali qarshilik kuchlari.

3. Mashina harakati vaqtida paydo bo'ladigan zararli qarshilik kuchlari.

4. Mashina tarkibidagi zvenolarning og'irlik kuchlari.

5. Mashina zvenolarining egri chiziqli va o'zgruvchan tezlikdagi harakatlari vaqtida paydo bo'ladigan inersiya kuchlari va shu kuchlarni momentlari.

Yuqorida aytib o'tilgan kuchlarni har birini alohida – alohida ta'riflab utamiz:

Harakatlantiruvchi kuchlar. Mashinaning qabul organiga (zvenosiga) ta'sir qilib, uni harakatga keltiruvchi kuchlarga **harakatlantiruvchi kuchlar** deyiladi¹⁶. Harakatlantiruvchi kuchlarning yo'nalishlari harakat yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi, shuning uchun harakatlantiruvchi kuchning bajargan ishi musbat bo'ladi.

3.1.1 – shaklda F_a – harakatlantiruvchi kuch krivoship – shatunli mexanizmning etaklovchi zvenosi OA (2) ning A – sharniriga qo'yilgan bo'lib, u A nuqta tezligi bilan bir yo'nalishda bo'ladi. Bazi hollarda harakatlantiruvchi kuch harakat yo'nalishi bilan faqat o'tkir burchak tashkil qiladi. Shuning uchun P_g kuch bilan A nuqta tezligi orasidagi burchak quyidagi tengsizlik bilan belgilanadi:

$$90^0 \leq F_a \leq 180^0$$

Shuning uchun R_g kuchning ishi musbatdir.

Foydaliqarshilik kuchlari. Qanday kuchning ishini mashina yengishi zarur bo'lsa, u kuchga **foydali qarshilik kuchi** deyiladi. Asosan mashinalar foydali qarshilik kuchlarni engish uchun ishlaydi. 3.1.1 – shakldagi krivoship – shatunli mexanizm orqali slindr ishidagi qotishma presslanadi. Qotishmaning porshenga ko'rsatgan qarshiligi foydali qarshilik kuchi bo'lib, u shaklda P_f deb belgilangan.

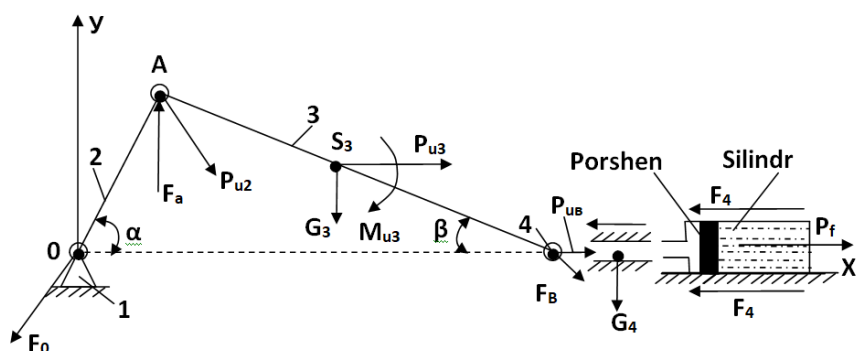
¹⁶ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

Foydali qarshilik kuchi hamma vaqt harakatga teskari yo`nalgan bo`lib, kuch bilan harakat (tezlik) orasidagi burchak quyidagi tengsizlik bilan ifodalanadi.

$$90^0 \leq F_a \leq 180^0$$

Foydali qarshilik kuchlarini bajargan ishlari hamma vaqt manfiy bo`ladi.

Zararli qarshilik kuchlar. Bu kuchlar mashinaning harakati vaqtida paydo bo`ladi. Masalan, 3.1.1 – shakldagi mexanizmning harakati vaqtida uning tarkibiga kiruvchi kinematik juft elementlari orasidagi ishqalanish kuchlari ( $F_0$ ,  $F_A$ ,  $F_B$ ,  $F_4$  kuchlar). Shuningdek, mashina harakatlanayotganda uning zvenolariga tashqi muhit ham ta`sir qiladi (masalan, havo, suv va boshqa qarshiliklar). Bunday ta`sir kuchlar ham harakat yo`nalishini (tezlik) bilan o`tkaz burchak tashkil etadi va bu burchak tengsizlik bilan belgilanadi. Shuning uchun bunday kuchlarning ham bajargan ishlari manfiy bo`ladi¹⁷.



3.1.1 – shakl. Krivaship-shatunli mexanizm.

**Og`irlik kuchlari.** Mashinaning gorizontga nisbatan harakat qiluvchi qismlarning og`irlik markazlari o`zgarganda og`irlik kuchlarining bajargan ishlari ham o`zgarib boradi. Bu kuchlarning bajargan ishlari harakat qiluvchi zvenolarning og`irlik markazi ko`tarilishi yoki pasayishiga qarab musbat yoki manfiy bo`lishi mumkin. Agar 3.1.1 – shakl-dagi G_3 – shatunning og`irligi va  $G_4$  – shtok bilan porshenning og`irligi bo`lsa, u holda  $G_3$  yuqoriga ko`tarilganda uning bajargan ishi manfiy bo`ladi.  $G_4$  og`irlik kuchi harakat yo`nalishiga tik bo`lgani uchun uning bajargan ishi nolga teng bo`ladi.

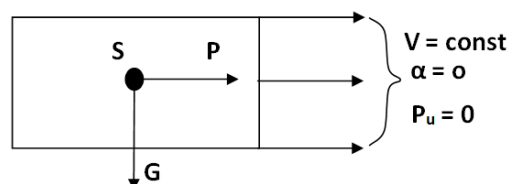
Inertiya kuchlari. Mashina qismlarining (zvenolarining) egri chiziqli va o`zgaruvchan tezlikdagi harakatlari vaqtida inertiya kuchlari paydo bo`ladi.

¹⁷ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

Ayniqsa katta tezlik bilan notekis harakatlanuvchi zvenolarda inersiya kuchlari ko'p bo'ladi. Inertsia kuchi tezlanishga teskari yo'naltirildi, shuning uchun inertsia kuchning ifodasida minus ishora qo'yiladi. Inertsia kuchining skalyar ifodasida minus ishora ma'nosini yo'qotadi.

Mexanizm zvenolaridagi inersiya kuchlarini hisobga olish.

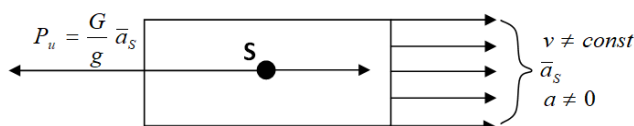
Zvenoga ta'sir etuvchi kuchlar ichida inersiya kuchi katta ahamiyatga ega. Inersiya kuchi o'zgaruvchan chiziqli tezlik yoki burchak tezligi bilan harakatlanuvchi zvenolardagina uchraydi. Tezlanish bilan haraktlanuvchi zvenoning harakatlantiruvchi zvenoga ko'rsatgan ta'sir kuchi **inersiya kuchi** deb ataladi. Agar zveno o'zgarmas tezlik bilan harakat qilsa, u holda, inersiya kuchi ham bo'lmaydi (3.1.2 – shakl).



3.1.2 - shakl

Ilgarilanma (to'g'ri chiziqli) harakatdagi zvenoni olaylik (3.1.3 – shakl). Shakldagi zveno o'ng tomonga v – tezlik bilan va a – tezlanish bilan harakatlanayotgan bo'lsin, u holda zvenoning barcha nuqtalari bir xil tezlik va tezlanishga ega bo'ladi. Agar zvenoning m – massasining inersiya kuchini hisoblasak, u quyidagicha bo'ladi:

$$dp_u = - dm \cdot a$$



3.1.3 – shakl

$\alpha = \alpha_s$ ekanligini etiborga olib va zvenoni bir jinsli deb qarab, tenglikni integrallaymiz:

$$p_u = - \int dm \cdot a_s = - m \cdot a_s$$

bunda

$$m = \frac{G}{g}$$

bu yerda, P_u – zvenoning inersiya kuchi;

α_S – zveno og'irlik markazining tezlanishi;

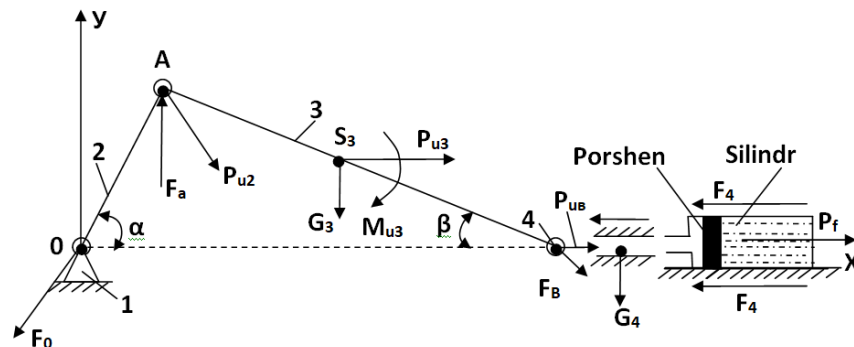
m – zvenonineg massasi;

G – zvenoning og'irligi;

g – og'irlik kuchining tezlanishi.

Nyutonning har qanday ta'sir aks ta'sirni vujudga keltiradi degan qonuniga binoan, inersiya kuchi tezlanish oluvchi zvenodan tezlanish beruvchi zvenoga qarama – qarshi qo'yilganligi uchun tenglamaning o'ng tomoniga minus ishorasi qo'yiladi. Bu minus ishorasi P_u kuchining tezlanishga qarama – qarshi yo'nalganligini bildiradi.

Agar (10.3 - shakl) dagi masaladan S nuqtaning tezlanishi topilsa u holda P_u inersiya kuchining miqdori va yo'nalishi topish mumkin. Buning uchun S nuqtani krivoship – polzunli mexanizmning polzun markazi deb qaraymiz va uning harakat qonunini quyidagicha topamiz (3.1.4 - shakl):



3.1.4 – shakl. Krivoship-polzunli mexanizm

$$OB = X_B = r \cdot \sin \varphi + l \sin \psi$$

ΔOAB ga sinuslar teoremasini tadbiq etsak:

$$\frac{r}{\sin \alpha} = \frac{l}{\sin \beta} \quad \text{bundan} \quad \sin \alpha = \frac{r}{l} \cdot \sin \beta, \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \quad \text{ekanini etiborga}$$

olsak, X_C ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$X_c = r \cdot \cos \beta + l \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \beta}$$

Bu yerda α umumlashtirilgan koordinatalarda X_B – B nuqtaning harakat qonunini ifodalaydi.

Yuqorida aytib o'tilgan fikrlar tushinarliroq bo'lishi uchun bir necha xususiy holni tekshirib chiqamiz:

1. OA zvenoning og'irlik markazi (S) o'zgarmas burchak tezligi bilan O o'qi atrofida aylanayotgan bo'lsin. U holda $\varepsilon = 0$, $M_u = 0$ (3.1.5 – shakl, a) bo'ladi. Yolg'iz bitta normal inersiya kuchi paydo bo'lib, uning qiymati quyidagicha topiladi:

$$P_u = -\omega^2 \cdot l_{OS} \cdot \frac{G}{g}$$

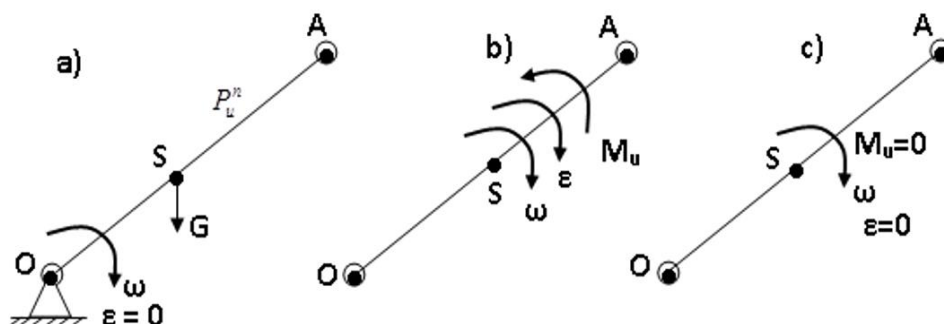
2. OA zveno S og'irlik markazidan o'tuvchi va shaklga tik o'q atrofida o'zgaruvchan burchak tezlanishi bilan aylanmoqda, deb faraz qilaylik (3.1.5 - shakl, b), u holda, $P_u^n = 0$, $P_u^t = 0$ bo'lib, quyidagi momentgina qoladi:

$$M_u = -I_S \cdot \varepsilon$$

3. OA zveno S og'irlik markazidan o'tuvchi va shaklga tik o'q atrofida **o'zgarmas** burchak tezligi bilan aylanmoqda, deb faraz qilaylik (3.1.5 – shakl, c). U holda $P_u^t = 0$; $M_u = 0$ bo'ladi. Bu eng yaxshi va ideal vaziyatdir.

Agar mexanizm tarkibidagi zveno murakkab tekis harakat qilsa, u holda bunday zvenoning inersiya kuchini bir necha usulda topish mumkin, quyida shunday usullar bilan tanishib utamiz:

- 1) grafik usul;
- 2) qo'shimcha momentlar usuli;
- 3) oniy tezlanishlar markazidan foydalanish usuli;
- 4) almashinuvchi masalalar usuli.



3.1.5 – shakl. Aylanma harakatdagi zvenoning uch vaziyati

1. **Grafik usul.** Ushbu masala tushunarli bo'lishi uchun misolni aniq mezxanizmda ko'rib chiqamiz.

OAB krivoshipli – shatunli mexanizm berilgan bo'lsin (3.1.6–shakl, a). AB shatun murakkab, ya'ni ilgarilanma va aylanma harakat qiladi. AB shatunning og'irlik markazi (S) shatunning inersiya kuchi qo'yilgan nuqta va inersiya kuchi qiymati topilsin. Uning uchun mexanizmni shu ondagi vaziyati uchun tezlanishlar planini tuzamiz (3.1.6–shakl, b). tezlanishlarning vektor tenglamasiga asoslanamiz:

$$\bar{a}_S = \bar{a}_A + \bar{a}_{SA}$$

tenglamaning ikkala tomonini shatun massasiga ko'paytirsak, quyidagi tenglama hosil bo'ladi:

$$m_S \cdot \bar{a}_S = m_S \cdot \bar{a}_A + m_S \cdot \bar{a}_{SA}$$

bu yerda, $\bar{P}_u = -m_S \cdot \bar{a}_S$ - shatunning to'la inersiya kuchi;

$\bar{P}_{uA} = -m_S \cdot \bar{a}_S$ - shatunning og'irlik markaziga qo'yilgan massasining $\bar{a}_A$ tezlanish bilan qilgan ilgarilanma harakatidan hosil bo'lgan inersiya kuchi;

$\bar{P}_{uSA} = -m_S \cdot \bar{a}_{SA}$ - shatun massasining A nuqta atrofida aylanishdan hosil bo'lgan inersiya kuchi.

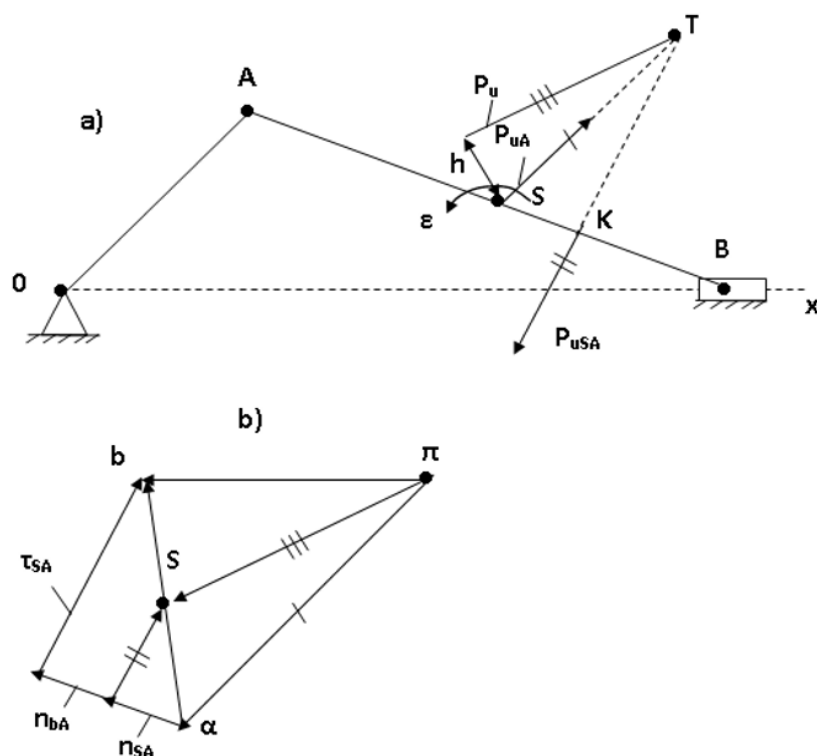
P_{uA} vektori $\pi\alpha$ vektoriga qarama – qarshi va parallel yo'nalgan bo'lib, S nuqtadan o'tadi. $\bar{P}_{uSA}$ esa τ_{SA} ga parallel va qarama – qarshi yo'nalgan. Uning qo'yilgan nuqtasi, ya'ni zarb markazi (k) quyidagicha topiladi:

$$I_k = I_{Ak} + I_{Sk}$$

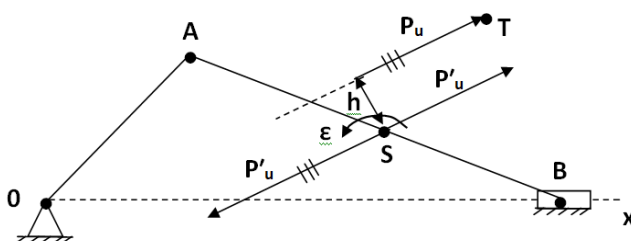
$$I_k = I_{Ak} + \frac{I_S}{m_S \cdot l_{AS}}$$

P_{uA} vektori P_{uSA} vektori bilan T nuqtada kesishadi. Bu nuqta shatunning zarb markazidir¹⁸. Demak, shatunning to'la inersiya kuchi shu nuqtadan o'tib, πS tezlanish vektoriga parallel va qarama – qarshi yo'nalgan (3.1.7 – shakl).

¹⁸ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

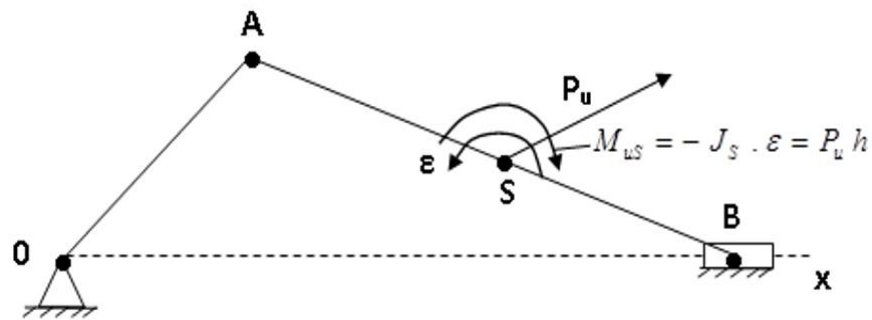


3.1.6 – shakl. a – krivoshipli – shatunli mexanizm;
b – tezlanishlar rejasi (plani).



3.1.7 – shakl. krivoshipli – shatunli mexanizm, shatunning inertsiya kuchini qoʻshimcha moment usuli bilan topish.

2. Qoʻshimcha momentlar usuli. Shatun markazi (S) ga 3.1.6 – shakl, a dagi P_u kuchni keltiramiz. U holda shatun markaziga $(\bar{P}_u, \bar{P}_u)$ nol sistema kuchi qoʻyiladi (3.1.7 - shakl). Agar T nuqtadagi P_u inersiya kuchini shatun markazi S ga nazariy mexanika qoidasiga binoan keltirsak, S ga qoʻyilgan P inersiya kuchi bilan $M_{us} = - \varepsilon I_s$ momenti paydo boʻladi (3.1.8 – shakl) $P'_u = P_u$.



3.1.8 – shakl. Krivoshipli-shatunli mexanizm shatuniga inersiya kuchi va inersiya kuchining momenti qo'yilgan.

Takrorlash uchun savollar.

1. Harakatdagi har qanday zvenoda qanday kuchlar va momentlar bo'lishi mumkin.
2. Mexanizmlarning harakati vaqtida kinematik juftlarda qanday kuchlar paydo bo'ladi.
3. Qanday kuchga jismni qo'zg'atuvchi sabab kuch deb ataladi.
4. Mashina va mexanizmlarga ta'sir etayotgan barcha kuchlarni asosan nechta guruhga bo'linadi.

3.2. INERTSIYA KUHLARI VA INERSIYA MOMENTINI ANIQLASH. KINEMATIK JUFTLIKDAGI REAKSIYA KUHLARINI KUCH REJASI YORDAMIDA ANIQLASH

Kinematik zanjirning statik aniqlik shartlari.

Materiallar qarshiligi fanida statik aniq balkalar to'g'risida ma'lumotlar berilgan. Agar biz masaladagi noaniq (topilishi lozim bo'lgan) kattaliklar soniga teng tenglama tuza olsak, u holda masalani hal qilish oson kechadi.

Mashina va mexanizmlar tarkibidagi zvenolarni kinematik bog'lab turuvchi oliy va quyi juftlar borligi darslikning kinematika bobida aytib o'tildi. Bu bo'limda mexanizmlar harakati vaqtida shu kinematik juftlardagi reaksiya kuchlarining

yo`nalishi va ular qo`yilgan nuqtalarning vaziyatiga qarab, mexanizmlarning statik aniq yoki statik aniqmasligi bilinadi¹⁹.

Agar mexanizm zvenolar tarkibidagi zvenolar soni n ta bo`lsa, shu  $n$  ta zveno uchun  $3n$  ta muvozanat tenglamasi tuzish mumkin. Mexanizm tarkibida faqat quyi juftlar bo`lsa, har qaysi quyi juftda ikkita nomalum bo`ladi. Bo`lardan biri quyi kinematik juftdagi reaksiyaning qiymati bo`lsa, ikkinchisi shu reaksiya kuchining yo`nalishidir. Shunday qilib, kinematik zanjirdagi quyi kinematik juftlar soni P_5 bo`lsa, nomalum kattalik soni  $2P_5$  bo`ladi.

2. Aniqlanishi kerak bo`lgan parametrlar soni muvozanat tenglamalari soniga teng bo`lgan kinematik zanjirlar **statik aniq zanjirlar** deb ataladi. Yuqorida bayon etilganlarning matematik ifodasi quyidagicha yoziladi:

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

tenglamadan ma`lum bo`lishicha, barcha Assur gruppasi statik aniq zanjirlar ekan.

Mexanizm kinematik juftlaridagi reaksiyalarini topish.

Mexanizm kinematik juftlaridagi reaksiya kuchlarini topish uchun avval mexanizmni Assur gruppalariga bo`lamiz. Mexanizmlar kinematikasi o`rganilganda ish (tekshirish) yetaklovchi zvenodan boshlanib, eng oxirgi zvenoga kelingan edi. Ammo statik va kinematik tekshirishlarda ish mexanizmga qo`shilgan eng oxirgi Assur gruppasidan boshlab, eng oxirida etaklovchi zvenoning statikasi bilan kinetostatikasi o`rganiladi.

Masala aniq bo`lishi uchun 3.2.1 – shaklda, a da ko`rsatilgan mexanizmning shaklida ko`rsatilgan vaziyati uchun zvenolarga ta`sir etuvchi kuchlarni va ularning yo`nalishlarini aniqlab olamiz. Mexanizm  $K_m$  masshtabda chizilgan:  $L_{OA}$ ,  $L_{AV}$ ,  $L_{SD}$ ,  $L_{DO2}$  lar ma`lum bo`lib, bundan  $O_1A$  – krivoship,  $\omega_1$  – burchak tezligi bilan aylanadi. Krivoshipning og`irligi e`tiborga olinmaydi, qolgan zvenolarning og`irliklari quyidagicha bo`ladi:

G_2 – AB shatunning og`irligi;  $S_2$  – shatunning og`irlik markazi;

G_3 – polzunning og`irligi;  $G_4$  – CD shatunning og`irligi;

¹⁹ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

S_4 – shatunning og'irlik markazi; G_5 – DO_2 koromislarning og'irligi;

S_5 – koromislarning og'irlik markazi;

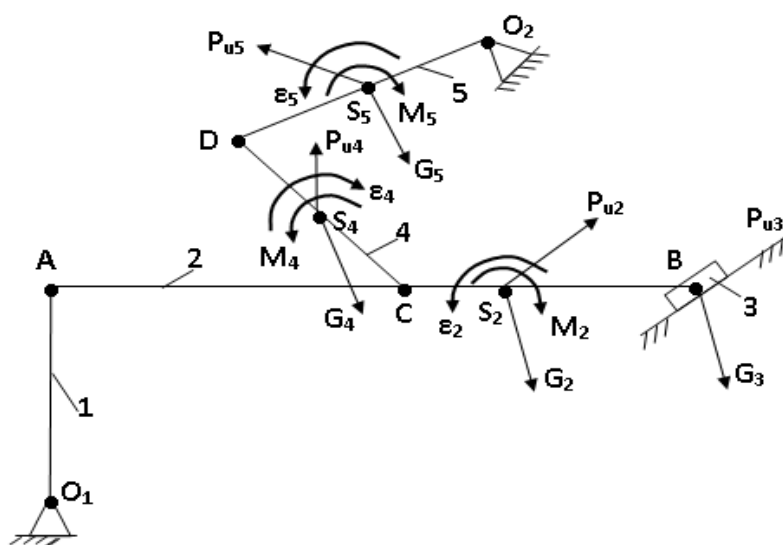
I_{S_2} – AB shatun massasining S_4 nuqtadan o'tuvchi o'qqa nisbatan olingan inersiya momenti;

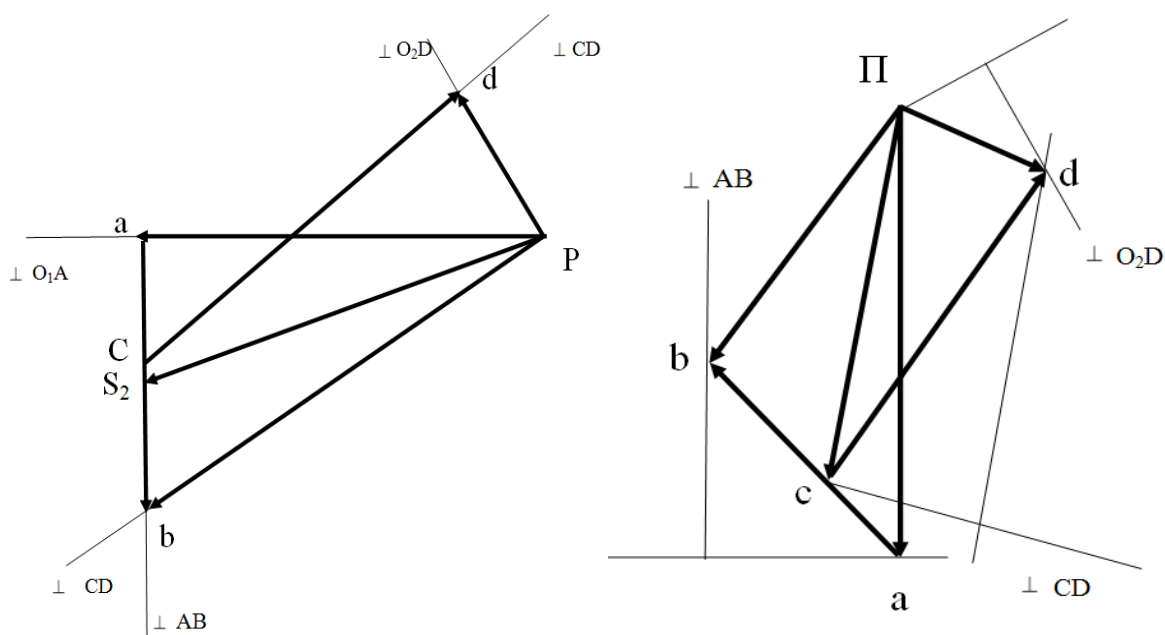
I_{S_4} – CD shatun massasining S_4 nuqtadan o'tuvchi o'qqa nisbatan olingan inersiya momenti;

I_{S_5} – DO_2 koromislo massasining S_5 nuqtadan o'tuvchi o'qqa nisbatan olingan inersiya momenti.

Masalani eshish qo'yidagi tartibda olib boriladi.

Yeshish: avval mexanizmning shu ko'rinish shakldagi vaziyati uchun K_v - masshtabda tezliklar planini tuzamiz (3.2.1 – shakl, b), so'ngra K_a – masshtabda tezlanishlar rejasi (plani)ni tuzamiz (3.2.1 – shakl, c) va tezlik, tezlanish rejalari yordamida mexanizmning quyida keltirilgan qiymatlarini aniqlaymiz:





3.2.1 – shakl. a – mexanizm zvenolarining inertsiya kuchlarini topish;

b – tezliklar rejasi (plani); c – tezlanishlar rejasi.

$a_{S_2} = K_a \cdot \overline{\pi S_2} [msek^{-2}]$ - AB shatun markazining tezlanishi;

$a_B = K_a \cdot \overline{\tau b} [msek^{-2}]$ - B polzunning absalyut tezlanishi;

$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{l_{BA}} = \frac{K_a \cdot \tau_{ba}}{l_{BA}} [sek^{-2}]$ - AB shatunning burchak tezlanishi;

$a_{S_4} = K_a \cdot \overline{\pi S_4} [msek^{-2}]$ - S_4 – nuqtaning absalyut tezlanishi;

$\varepsilon_4 = \frac{a_{DC}^r}{l_{DC}} = \frac{K_a \cdot \tau_{dc}}{l_{DC}} [sek^{-2}]$ - CD shatunning burchak tezlanishi;

$a_{S_5} = K_a \cdot \overline{\pi S_5} [msek^{-2}]$ - S_5 nuqtaning absalyut tezlanishi;

$\varepsilon_5 = \frac{a_{D0_2}^r}{l_{D0_2}} = \frac{K_a \cdot \tau_{d0_2}}{l_{D0_2}} [sek^{-2}]$ - DO_2 koromislone burchak tezlanishi.

Tegishli nuqtalarning chiziqli tezlanishlari bilan tegishli zvenolarning burchak tezlanishlari aniqlangach, inertsiya kuchlari bilan inertsiya momentlarini quyidagicha aniqlaymiz.

$\overline{P}_{u_2} = -\frac{\overline{G}_2}{g} \cdot a_{S_2} [N]$ - AB shatunning inertsiya kuchi;

$\overline{M}_2 = -\overline{\varepsilon}_2 \cdot I_{S_2} [Nm]$ - AB shatun inertsiya kuchining momenti;

$$\bar{P}_{u_3} = - \frac{\bar{G}_3}{g} \cdot a_{S_3} [N] - B \text{ polzunning inertsiya kuchi};$$

$$\bar{P}_{u_4} = - \frac{\bar{G}_4}{g} \cdot a_{S_4} [N] - CD \text{ shatunning inertsiya kuchi};$$

$$\bar{M}_4 = - \bar{\varepsilon}_4 \cdot I_{S_4} [Nm] - CD \text{ shatun inertsiya kuchining momenti};$$

$$\bar{P}_{u_5} = - \frac{\bar{G}_5}{g} \cdot a_{S_5} [N] - DO_2 - \text{koromislone} \text{ inertsiya kuchi};$$

$$\bar{M}_4 = - \bar{\varepsilon}_4 \cdot I_{S_4} [Nm] - DO_2 - \text{koromislo inertsiya kuchining momenti}.$$

Inersiya kuchlarini tegishli chiziqli tezlanishlarga qarma-qarshi va paralel yo`naltirib, zvenolardagi tegishli nuqtalarga qo`yamiz; momentlarni esa tegishli burchak tezlanishlariga qarma-qarshi yo`naltiramiz. Kuchlar va momentlar qo`yilgan mexanizmlarning vaziyati (3.2.1 – shakl, a) da tasvirlangan.

Har qanday mexanizm ikki yo`l bilan – statik va kinetostatik yo`llar bilan hisoblanishi mumkin. Statik yo`l bilan hisoblashda faqat og`irlik kuchi va boshqa kuchlar hisobga olinadi. Kinetostatik yo`l bilan hisoblashda esa shu kuchlarga inersiya kuchi ham qo`shiladi.

Statik yo`l bilan hisoblash faqat sekin aylanuvchi (harakat qiluvchi) mexanizmlar uchun tadbiq qilinadi.

Kinetostatik yo`l bilan esa tez harakat qiluvchi mexanizmlar hisoblanadi.

Kinetostatik yo`l bilan hisoblashda asosan, D'alamber usulidan foydalaniladi.

Bu usul quyidagicha ta`riflanadi: ***zvenoga ta'sir qiluvchi barcha kuchlarga inersiya kuchini qo'yib, sistemani shu onda muvozanatda deb qarash mumkin.***

Buning matematik ifodasi quyida keltirilgan:²⁰

$$\sum_{l=1}^k \bar{P}_l + \bar{P}_u = 0$$

Asur gruppalarining kinetostatikasi.

3.2.2 – shaklda 1 modifikasiyalı Asur gruppasi K_m masshtabda chizilgan. Uning 2 va 3 zvenolariga G_2 , P_2 , M_2 va G_3 , P_3 , va M_3 kuchlar bilan momentlar

²⁰ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

taʼsir etadi. Shu kuch va momentlar taʼsirida A, B va C sharnirlardagi (kinematik juftlardagi) reaksiya kuchlari topilsin.

1 – zveno tashlab yuborilgan, uning 2 – zvenoga taʼsirini R_{12} orqali, 4 – zvenoning 3 – zvenoga taʼsirini esa R_{43} orqali va 2 – zvenoning 3 – zvenoga taʼsirini R_{23} orqali belgilab olamiz.

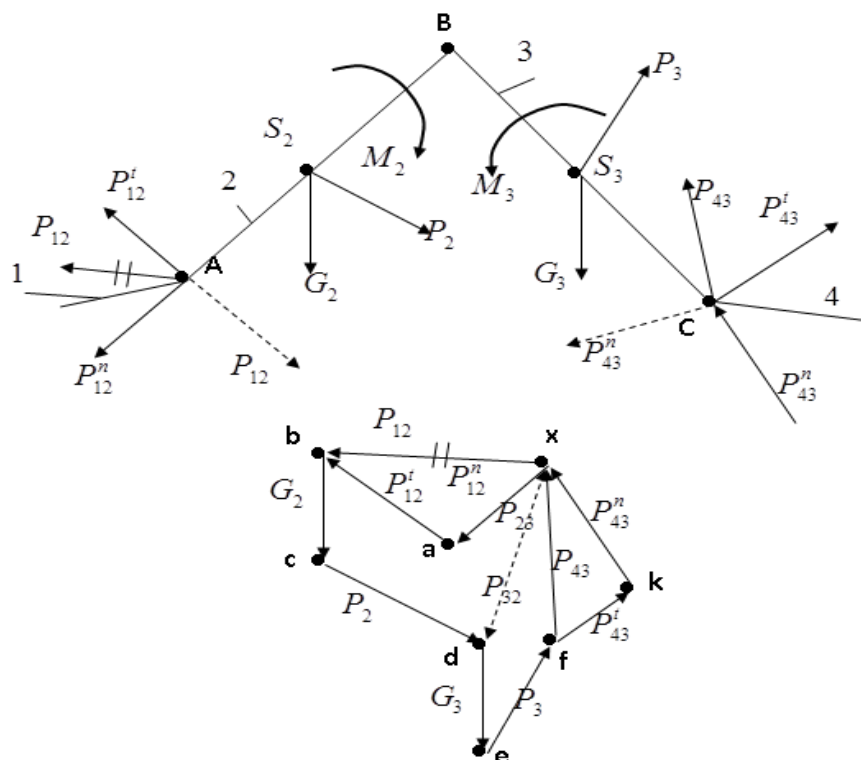
Kinematik juft elementlari va zvenolarida mustahkamlik sharti mavjud ekanligini etiborga olib va Nyutonning taʼsir aks taʼsirga teng degan qonunidan foydalanib, quyidagi tengliklarga toʻxtalib oʻtamiz:

$$\bar{P}_{12} = -\bar{P}_{21}$$

$$\bar{P}_{23} = -\bar{P}_{32}$$

$$\bar{P}_{43} = -\bar{P}_{34}$$

Masalani yechish uchun akademik Bruyevish metodidan foydalanib, R_{12} va R_{34} reaksiya kuchlarini quyidagicha tashkil etuvchilarga ajratamiz:



3.2.2 – shakl.

$$\bar{P}_{12} = \bar{P}_{12}^n + \bar{P}_{12}^t$$

$$\bar{P}_{43} = \bar{P}_{43}^n + \bar{P}_{43}^t$$

tenglamalardagi $\bar{P}_{12}^n$ - AB zveno o`qi bo`lab, $\bar{P}_{12}^t$ esa shu o`qqa tik,  $\bar{P}_{43}^n$  esa BC zveno o`qi bo`ylab hamda  $\bar{P}_{43}^t$  esa shu o`qqa tik yo`nalgan deb faraz qilamiz.

Gruppadagi 2 – va 3 – zvenolarni o`zlariga ta`sir etayotgan kuchlar va momentlar ta`sirida, hozirgi vaqtda, muvozanatda deb qaraymiz. Gruppa tarkibidagi har bir zveno ham muvozanatda bo`ladi.

2 – zvenoga ta`sir etayotgan kuchlarning B sharnir markaziga nisbatan olingan momentlarning yig`indisini nolga tengligidan foydalanib, $\bar{P}_{12}^t$ ni topamiz:

$$\sum mom_B (P_i) = 0$$

bundan

$$\bar{P}_{12}^t \cdot l_{AB} - M_B (G_2) - M_B (P_2) + M_2 = 0$$

$$\bar{P}_{12}^t = \frac{M(G_2) + M(P_2) - M_2}{l_{AB}}$$

3 – zvenoga ta`sir etuvshi kuchlarning B sharnir markaziga nisbatan olingan momentlari yig`indisining nolga tengligidan foydalanib, $\bar{P}_{43}^t$ ni topamiz:

$$\sum mom_B (P_i) = 0$$

Bundan

$$\bar{P}_{43}^t \cdot l_{BC} + M_B (G_3) - M_B (P_3) - M_3 = 0$$

$$\bar{P}_{43}^t = \frac{M_B (P_3) + M_3 - M_B (G_3)}{l_{BC}}$$

$\bar{P}_{12}^t$ ning qiymati musbat, $\bar{P}_{43}^t$ ning qiymati manfiy chiqqan deb faraz etib, yo`nalishlarni shaklda ko`rsatilgandek qilib joylashtirib qo`yamiz.

2 – 3 – gruppaga ta`sir etayotgan kuchlarning muvozanat shartini yozamiz:

$$\sum_{i=1}^n \bar{P} = 0 \quad \bar{P}_{1,2}^t + \bar{P}_{1,2}^n + \bar{G}_2 + \bar{P}_2 + \bar{G}_3 + \bar{P}_3 + \bar{P}_{4,3}^t + \bar{P}_{4,3}^n = 0$$

$\bar{P}_{1,2}^n$ - bilan $\bar{P}_{4,3}^n$ larning ta'sir chiziqlari ma'lum. Shu vektor tenglikka $K_p \left[\frac{kg}{mm} \right]$ masshtabda kuchlar rejasini tuzib, shu kuchlar rejasidan $\bar{P}_{1,2}^n$ - va $\bar{P}_{3,4}^n$ larni topamiz:

$$\bar{P}_{1,2}^n = K_p \cdot (x a) \quad \bar{P}_{4,3}^n = K_p \cdot (x \kappa)$$

R_{12} va R_{43} - to'liq reaksiya kuchlari esa kuchlar rejasidan topiladi va ular quyidagicha ifoda bilan belgilanadi.

$$R_{12} = K_R (x b)$$

$$R_{43} = K_R (x f)$$

2- zvenoning 3 zvenoga bo'lgan ta'sir kuchini, ya'ni R_{23} ni topish uchun quyidagi vektor tenglamani tuzamiz:

$$\bar{P}_{4,3} + \bar{G}_3 + \bar{P}_3 + \bar{P}_{23} = 0$$

3.2.2 – shakl, b dan R_{23} ni quyidagicha topamiz:

$$R_{23} = K_R (x d)$$

$R_{2,3} = - R_{3,2}$ – ekanligi kuchlar rejasidan aniq ravshandir.

Yetaklovchi zvenoning kinetostatikasi.

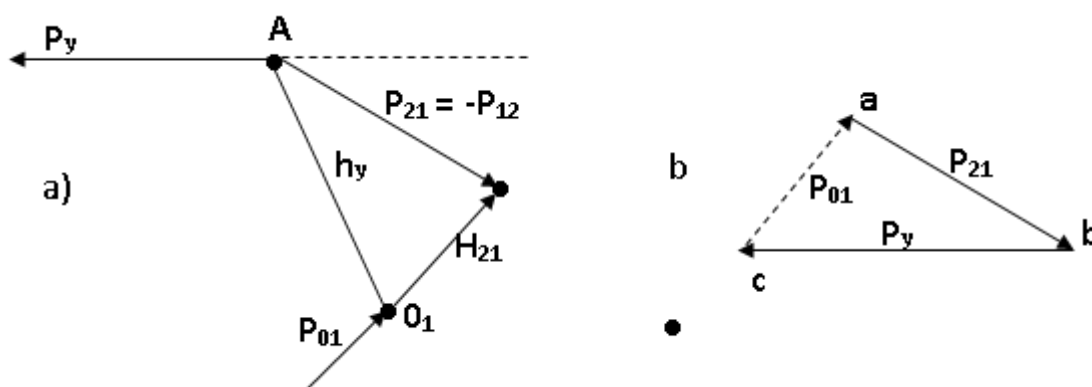
3.2.3 – shakl, a da yetaklovshi zveno ($O_1 A$) va unga ta'sir qiluvchi $\bar{P}_{1,2} = - P_{21}$ kuch berilgan. Yetaklovchi zvenoning kinetostatikasini o'rganishda, asosan, O_1 nuqtadagi reaksiya kuchi bilan muvozanatlovchi kuchni topish talab etiladi. Odatda muvozanatlovchi kuchning ta'sir chizig'i berilgan bo'ladi. 3.2.3 – shakl, a da muvozanatlovchi kuch O_1A krivoshipga tik bo'lib, A nuqtadan o'tadi,

deb faraz qilamiz. Muvozanatlovchi kuchni P_u bilan belgilab, uni quyidagi momentlar muvozanatidan topamiz²¹.

$$\sum M_{O_1}(P_i) = 0; P_y = P_{21} \frac{h_2}{h_y}$$

Muvozanatlovchi kuchning moment va quvvati quyidagi tenglamadan topiladi:

$$M_y = P_y \cdot l_{O_1 A} \quad N_y = M_y \quad \omega = P_y \nu_A$$



3.2.3 – shakl. a – yetaklovchi zveno; b – kuchlar rejasi.

1 - zveno uchun.

3.2.3 – shakl, a da etaklovshi zveno va unga ta'sir etuvchi kuchlar berilgan, muvozanatlovchi kuch qo'yilgan nuqta k dir, muvozanatlovchi kuchning yo'nalishi krivoship o'qi bilan α burchak hosil qilib o'tadi. Bunday hol uchun ham muvozanatlovchi kuch avvalgiday O_1 nuqtaga nisbatan olingan momentlar muvozanatidan topiladi:

$$\sum_{i=1}^2 mom_{O_1}(P_i) = 0 \quad P_y = P_{21} = \frac{h_{21}}{h_y}.$$

endi, O_1 nuqtadagi R_{O1} reaksiya kuchini topish kerak. Bu kuch fundamentni hisoblashda zarur bo'ladi. Buning uchun krivoshipning muvozanat shartini tekshirib chiqamiz. Ularning ta'siridan krivoship muvozanatda bo'ladi:

²¹ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

$$\sum_{i=1}^3 \bar{P}_i = \bar{P}_y + \bar{P}_{21} + \bar{P}_{01} = 0$$

tenglama uchun kuchlar plani 11.3 – shakl, b va 11.4 – shakl, b larda ko`rsatilgan, punktir vektor – kesmalar orqali P_{01} topilgan:

$$P_{01} = K_p \cdot \overline{c\alpha}$$

3.3. Prof. N.E.JUKOVSKIYNING QATTIQ RICHAG TO`G`RISIDAGI TEOREMASI.

N.E.Jukovskiy har qanday mexanizmning muvozanati haqidagi masalani qanday richagning muvozanati haqidagi masalaga keltirib o`rganishni tavsiya etadi. Bu richag oddiy richag bo`lmay, uning zaminida quyidagi mulohazalar yotadi.

3.3.4 – shaklda mexanizmning bir zvenosi tasvirlangan. Shu zveno A nuqtasining tezligi $\bar{v}_A$ bo`lib, uning yo`nalishi bizga ma`lum deb faraz qilamiz. Zvenoning  $\bar{v}_A$  tezlikning yo`nalishi bilan qandaydir α burchak tashkil etuvchi P kuch ham berilgan bo`lsin. U holda A nuqtaning elementar (mumkin bo`lgan) ko`chishidagi P kuchning bajargan ishi quyidagicha bo`ladi:

$$dA = P \cdot dS_A \cdot \cos \alpha$$

Kuchning quvvati esa tenglikni dt elementar vaqtga bo`lish bilan topiladi:

$$N = \frac{dA}{dt} = P \frac{dS_A}{dt} = P \cdot v_A \cdot \cos \alpha$$

Agar biz v_A 3.3.4 – shaklda ko`rsatilganiday qandaydir qutibdan  $\bar{P}a \perp v_A$  qilib qo`yamiz va $\bar{P}a$ kesmani uchi α dan $\bar{P}$ kuchning qutibiga nisbatan momenti quyidagicha bo`ladi:

$$M_p = P \cdot h$$

$v_A = K_v \cdot \bar{P}a$ ekanligini e`tiborga olganda tenglikni quyidagicha yozish mumkin:

$$M_P = P \cdot \frac{v_A}{K_v} \cdot \cos \alpha$$

tengliklardan ma'lum bo'lishicha, ular ham tezlikning qandaydir K_v masshtabida $\bar{P}$ kuchning quvvatini ifoda etar ekan.

Agar qandaydir mexanizmning zvenolariga P_1, P_2, P_3 kuchlar ta'sir etib, shu kuchlar ta'sirida u muvozanatda bo'lsa, u holda kuch qo'yilgan nuqtalarning kuchlar ta'siridan mumkin bo'lgan (virtual) ko'chishlardagi kuchlarning bajargan elementar ishlarining yig'indisi yoki quvvatlarning yig'indisi nol bo'lar edi, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^k P_i \cdot ds_i \cdot \cos (P_i \cdot ds_i) = 0$$

yoki

$$\sum_{i=1}^k P_i \cdot \frac{ds_i}{dt} \cdot \cos \left(P_i \cdot \frac{ds_i}{dt} \right) = \sum_{i=1}^k P_i \cdot v_i \cdot \cos (P_i \cdot v_i) = 0$$

tengliklarga amal qilib, agar $P_1, P_2, \dots, P_k$ kuchlar qo'yilgan nuqtalarning 90° ga burilgan tezliklari rejasini tuzsak va shu tezliklari rejasidagi nuqtalarga tegishli kuchlarni o'z holicha keltirib qo'ysak, u holda shu kuchlar tezliklar rejasining qutbi P ga nisbatan momentlarning yig'indisi nol bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^k P_i \cdot \frac{v_i}{K_v} \cdot \cos (P_i \cdot v_i) = \sum_{i=1}^k P_i \cdot h_i = 0$$

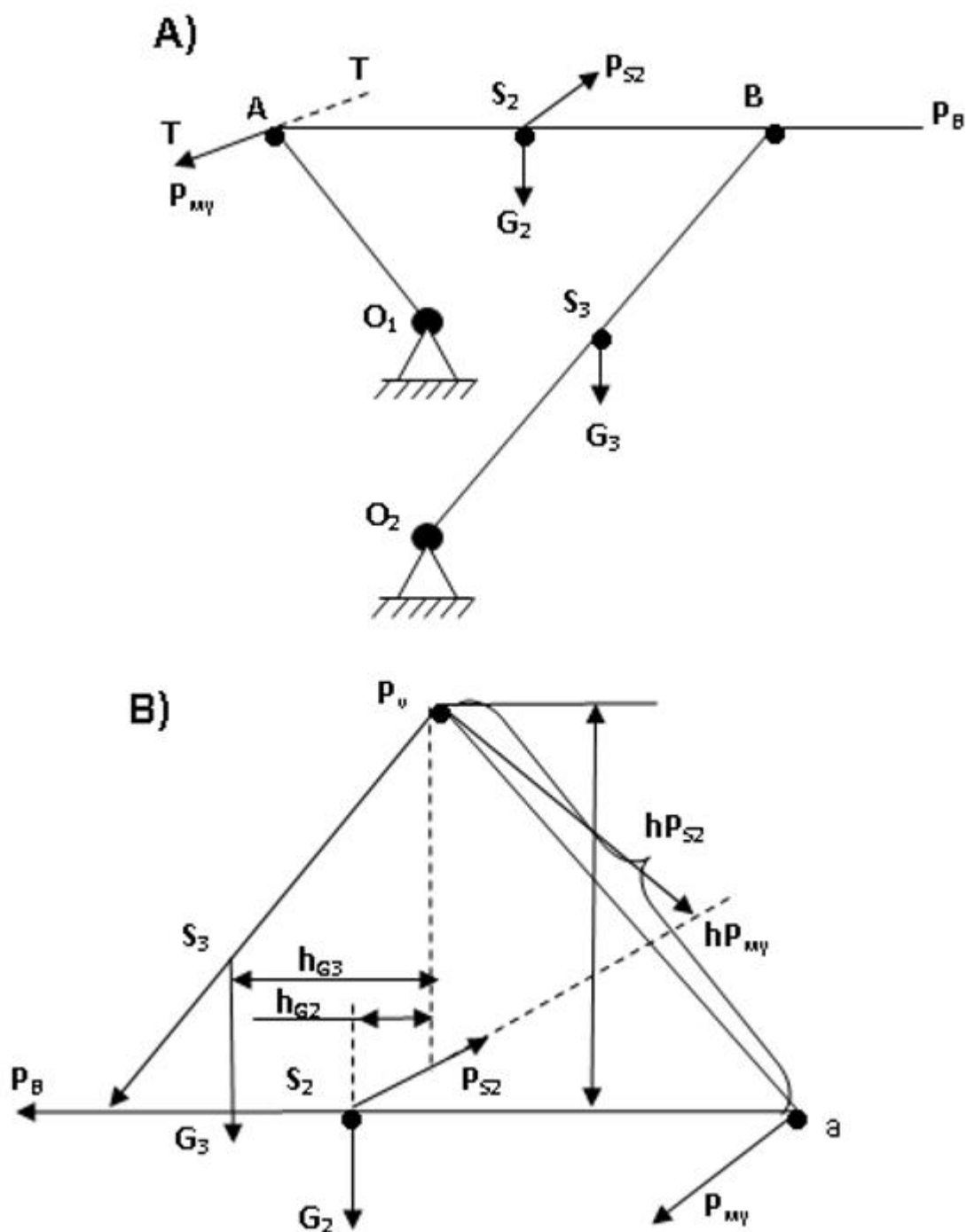
Shunday qilib 90° ga burilgan tezliklar rejasi o'z qutbi P ga nisbatan aylanuvchi qattiq richag deb ataladi, shu tezliklar rejasini Jukovskiy Richagi deb ham ataladi.

Yuqorida bayon etilgan masala faqat qo'zg'aluvchanlik darajasi $W=1$ bo'lgan har qanday mexanizmga taalluqlidir.

Masala tushunarli bo'lishi uchun quyidagi misollarni keltiramiz.

3.3.4 – shakl, a da 4 zvenoli mexanizm keltirilgan. Mexanizmning S_2, B va S_3 nuqtalariga tegishli G_2, P_{S_2}, P_B va G_3 kuchlar qo'yilgan. Shu kuchlar ta'siridagi mexanizmning A nuqtasidan o'tib, TT ta'sir chizig'ida yotuvchi muvozanatlovchi kuch va uning yo'nalishi topilsin, $TT \perp O_1A$ ekanligi etiborga olinsin²².

²² Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.



3.3.4 – shakl.

Masalani ixtiyoriy masshtabdagi tezliklar planini tuzishdan boshlaymiz (3.3.4 – shakl, b). So'ngra tezliklar rejasidagi B_1 , S_2 , va A nuqtaga tegishli kuchlarni o'z yo'nalishida keltiramiz. A ga esa TT ta'sir chizig'iga paralel chiziq o'tkazamiz. P_{ab} tezliklar rejasini P nuqta (qutb) atrofida aylanuvchi qattiq richag deb qarab, unga ta'sir etayotgan kuchlarni P ga nisbatan momentlarni olamiz va unga muvozanatlovchi kuch momentini qo'shib, nolga tenglaymiz:

$$+P_B \cdot h_{PB} - P_{S2} \cdot h_{PS2} - G_3 \cdot h_{G2} + G_2 \cdot h_{G2} + P_{mu} \cdot h_{Pmu} = 0$$

Bu yerdan P_{mu} muvozanatlovchi kuchni aniqlab olsak u holda quyidagi ifodaga ega bo`lamiz.

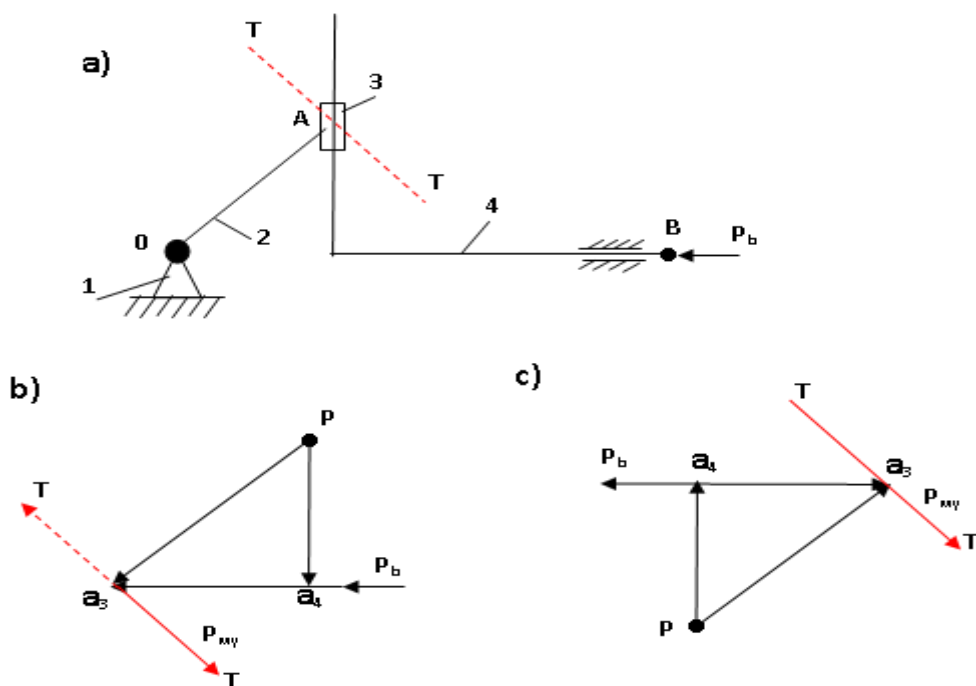
$$P_{mu} = \frac{-P_B \cdot h_{PB} + P_{S2} \cdot h_{PS2} + G_3 \cdot h_{G3} + G_2 \cdot h_{G2}}{h_{Pmu}}$$

P_{mu} ning qiymati musbat bo`lsa, u holda  $P_{mu}$  ning yo`nalishi to`g`ri tanlangan bo`ladi.

3.3.5 shakl, a da kulisali mexanizm va unga quyilgan kuch berilgan. Shu kuchni muvozanatlovchi kuchi topilsin. Muvozanatlovchi kuchning ta`sir chizig`i OA ga tik yo`nalgan.

3.3.5- shakl, b da tezliklar rejasi tasvir etilgan. Shu rejaga R_B kuchini o`z yo`nalishida; TT ta`sir shizig`iga paralel qilib, P_{mu} kuchini a_3 nuqtadan o`tkazamiz va muvozanat shartini yozamiz:

$$-R_V \cdot h_{RV} + R_{mu} \cdot h_{Pmu} = 0,$$



3.3.5 – shakl.

Takrorlash uchun savollar.

1. Kuchning quvvati qanday topiladi, bajarilgan ishni qanday topish mumkin?
2. Muvozanatlovchi kuchning momenti qanday topiladi?

3.4. MEXANIZMNING PERMANENT VA BOSHLANG'ISH HARAKATLARINI TOPISH.

Mexanizmning permanent va boshlang'ish harakatlarini topish.

Avvalo yetaklovchi zvenoning harakat qonuniqanday shaklda berilishi bilan tanishish lozim. Chunki bu qonunlarni qo'zg'alishlar funksiyasi (siljishlar funksiyasi), tezliklar funksiyasi yoki tezlanishlar funksiyasi deb ataymiz. Qo'zg'alishlar qonuni, agar yetakshi zveno aylanma harakat qilsa, quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\varphi = \varphi(t)$$

Agar yetakshi zveno ilgarilanma qayar harakat qilsa u holda qo'zg'alishlar funksiyasi quyidagicha yoziladi:

$$S = S(t)$$

$\varphi = \varphi(t)$ va $S = S(t)$ qonunlari grafik ko'rinishida berilgan bo'lishi ham mumkin.

Bazi texnikaviy masalalarda yetakchi zvenoning harakat qonuni $\omega = \omega(t)$ yoki $v = v(t)$ ko'rinishdagi tezliklar funksiyasi orqali beriladi. Unda qo'zg'alishlar funksiyalari quyidagicha topiladi:

$$\varphi_i - \varphi_0 = \int \omega(t) dt$$

$$v_i - v_0 = \int v(t) dt$$

Agar yetakchi zvenolar qonuniyatlari $\varepsilon = \varepsilon(t)$ yoki $a = a(t)$ funksiyalar ko'rinishida berilgan bo'lsalar, u holda tezlik va holatlar funksiyalari quyidagicha topiladi:

$$\omega_i = \omega_0 + \int_{t_0}^{t_i} \varepsilon(t) dt,$$

$$v_i = v_0 + \int_{t_0}^{t_i} a(t) dt$$

holatlar funksiyalari esa:

$$\varphi_i = \int_{t_0}^{t_i} \omega_i \cdot dt = \int_{t_0}^{t_i} \int_{t_0}^{t_i} \varepsilon(t) dt \cdot dt$$

Agar qundaydir j zvenoning aylanish burshagi $\varphi_j = \varphi_j(\varphi)$ funksiya ko'rinishida berilgan bo'lsa, u holda shu zvenoning burchak tezligi ω_j quyidagicha topiladi:

$$\omega_j = \frac{d\varphi_j}{dt} = \frac{d\varphi_j}{dt} \cdot \frac{d\varphi}{d\varphi} \omega \cdot i_{j\varphi}$$

Bunda ω – etakshi zvenoning burchak tezligi;

$i_{j\varphi}$ – o'lshovsiz son bo'lib, j zvenoning yetakshi zvenoga nisbatan uzatish sonidir. Tezlik va tezlanish analog miqdorlaridan birinchi bo'lib mexanizmlar kinematikasini o'rganishda L.V.Assur foydalangan.

Tezlik va tezlanish analoglari vaqtga bog'liq bo'lmay, faqat umumlashgan koordinataga bog'liq bo'lganligidan, mexanizmlar kinematikasini geometrik o'rganilsa ham bo'ladi. Bu esa agar yetakshi zveno aylanma harakat qilsa, u holda φ ning qator qiymatlari uchun mexanizm zvenolarining holatlarini aniqlash mumkin.

Agar yetakchi zveno o'zgarmas burchak tezligi bilan aylansa, u holda, uning burchak tezlanishi nol bo'ladi. Bunday hol uchun j zvenoning burchak tezligi, tezlanishi bilan zvenodagi B nuqtaning tezligi va tezlanishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega_{j0} = i_{j\varphi} \omega$$

$$\varepsilon_{j0} = \omega^2 \frac{di_{j\varphi}}{d\varphi}$$

$$v_{B0} = \omega v_{B\varphi}$$

$$a_{B0} = \omega^2 a_{B\varphi}$$

Shunday qilib, yetakchi zvenoning o'zgarmas burchak tezligi bilan aylanish holatini ko'rib chiqdik. Bunday holatlarda $\omega = \text{sonst}$ bo'lib $\varepsilon = 0$ bo'ladi. Yetakchi zvenoning o'zgarmas burchak tezligi bilan aylanishidagi harakati mexanizmning

permanent yoki **asosiy harakati** deb ataladi. Biz mexanizmlar kinematikasini o`rganishimizda faqat uning permanent harakatini tekshiramiz, xolos²³.

Agar mexanizmda $\omega = 0$ bo`lsa, u holda ω_{j0} , ε_{j0} , v_{B0} , a_{B0} lar nolga aylanib, quyidagi tenglamani olamiz:

$$\varepsilon_{ju} = \varepsilon \cdot i_{j\varphi}$$

$$a_{Bu} = \varepsilon \cdot v_{B\varphi}^a$$

Shunday qilib, mexanizmdagi yetakchi zvenoda $\omega = 0$ bo`lgandagi harakat, uning **boshlang`ish harakati** deb ataladi. Mexanizmning boshlang`ish harakatida  $\omega = 0$  bo`lib, bu holatdagi zveno va nuqta harakatlari faqat burchak va tangensial (urinma) tezlanishlardan iborat bo`lar ekan. Shuning uchun mexanizmning haqiqiy harakati asosan uning permanent va boshlang`ish harakatlar yig`indisidan iborat ekanligi bizga ma`lum bo`ladi. Harakatni bunday ikkiga bo`lib tekshirishni N.E.Jukovskiy tavsiya etgan.

Biz mexanizmlar kinematikasini o`rganishda uning permanent harakatini o`rganganligimizdan uning zvenolarining holati, tezligi va tezlanishlari faqat umumlashgan koordinataga bog`liq bo`lib, vaqtga bog`liq emas.

Mashina va mexanizm nazariyasidagi invariantlar o`xshashligi metodining asoslari haqida tushunsha.

Biz quyida o`xshashlik nazariyasi bilan o`lchovliklar nazariyasi to`g`risida tushuncha berib o`tishni lozim topdik. Mexanik o`xshashlik teorimasini birinchi bo`lib Isaak Nyuton o`zining 1686 yilda chop etilgan «Natural falsafaning matematik prinsiplari» kitobida bayon etgan. Bu masala bilan I.I.Artobolevskiy, V.P.Goryashkin, V.L.Kirpishhev va boshqa bir qancha olimlar shug`ullanganlar²⁴.

Mexanika material jismlarning fazoda vaqtga bog`liq harakatini o`rganuvchi fan bo`lganligidan barcha mexanik miqdorlar (M) ni tegishli fizik modullarda, ya`ni uzunlikni (I_0), vaqtni (t_0) va massani (m_0) quyidagi ko`rinishda yozish mumkin:

²³ Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.

²⁴ Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие. Омск, 2003.

$$M = \frac{M}{l_0^a \cdot t_0^\varphi \cdot m_0^\psi} \cdot l_0^a \cdot t_0^\varphi \cdot m_0^\psi = k \cdot l_0^a \cdot t_0^\varphi \cdot m_0^\psi$$

a, φ va ψ - haqiqiy sonlar bo'lib, ular hususiy hol uchun nolga teng bo'lishi mumkin. Ularning qiymatlari asosan M miqdor o'lchoviga bog'lidir. k o'lchamsiz koeffitsient bo'lib, u berilgan fizik modul o'lchovlarida (l_0, t_0, m_0) M miqdorni bildiruvchi sonidir:

$$k = \frac{M}{l_0^a \cdot t_0^\varphi \cdot m_0^\psi}$$

Geometrik miqdor uchun $a \neq 0, \varphi = 0, \psi = 0$; uzunlik uchun $a = 1$, yuza uchun $a = 2$, hajm uchun $a = 3$. Kinematik miqdorlar uchun $a = 1; \varphi \neq 0, \psi = 0$, ya'ni tezlik uchun $\varphi = -1$, tezlanish uchun $\varphi = -2$; dinamik miqdorlar uchun $a \neq 0, \varphi \neq 0, \psi = 0$. o'lchamsiz koeffitsient (k) fizik jihatdan bir xil o'zgaradigan sistemalar uchun ma'lum nisbiy parametrlar va umumlashgan koordinata funksiyasidan iborat. O'xshashlik nazariyasida bunday koeffitsientlarga **o'xshashlik invariantlari** deb ataladi.

Mexanik sistema masalalarini hal etishda umumlashgan koordinata o'rnida nisbiy vaqt (τ) dan foydalanish yaxshi qulaylik tug'diradi. Bunday koordinata o'lchamsiz son bo'lib, quyidagicha topiladi:

$$\tau = \frac{t}{T} = \frac{\varphi}{\varphi_s}$$

Bunda T – siklning o'tish davri,

t - o'zgaruvchan vaqt; $0 \leq t \leq T$

φ_s – mexanizm bosh valining T davrdagi aylanish burchagi,

φ – aylanish burchagi $0 \leq \varphi \leq \varphi_s$.

Mexanik sistemalarda bo'ladigan quyidagi o'xshashliklarni belgilash mumkin:

1. Geometrik o'xshashlik.
2. Material o'xshashlik.
3. Kinematik o'xshashlik.
4. Dinamik o'xshashlik.

Geometrik o'xshash sistemalarni ikki mos nuqtalari orasidagi kesmalar nisbati o'zgarmas son bo'ladi ya'ni:

$$\frac{a_i b_i}{a_i b_i} = const = \mu \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Bunday shartni bajarilishi geometrik o'xshash figuralarni yaratish imkoniyatini beradi. Mexanizmdagi zveno figurasi bilan nisbiy tezliklardan tashkil etilgan tezliklar rejasidagi yuza ham hudi shunday geometrik o'xshashlikning o'zginasidir. Geometrik o'shash burchaklar bir – birlariga teng bo'ladi²⁵.

Geometrik o'xshash sistemalardagi mos yuzlar nisbati μ^2 mos hajmlar nisbati esa μ^3 ko'rinishni beradi.

Material o'xshash sistemalardagi mos geometrik hajmlar massalarining nisbati o'zgarmay qoladi ya'ni:

$$\frac{m_{1i}}{m_{2i}} = j \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Umuman olganda massa jism og'irligini yerning tortish tezlanishiga bo'linganiga teng ekanligini e'tiborga olsak, u holda quyidagilarni yozish mumkin:

$$m_{1i} = \frac{\gamma \cdot l_i^3}{g}, \quad m_{2i} = \frac{\gamma' \cdot l_i^3}{g}.$$

Bulardan, quyidagilar kelib chiqadi:

$$j = \frac{m_{1i}}{m_{2i}} = \frac{\gamma \cdot l_i^3}{\gamma' \cdot l_i^3} = \frac{\gamma}{\gamma'} \cdot \mu^3$$

Mexanik sistemalarning sikl boshidagi geometrik o'xshashligi sikl davomidagi tegishli holatlarda geometrik o'xshash bo'lib qolsa va mos sikl fazalarida $\tau = \frac{t_1}{t'_1} const$ bo'lib qolsa, bunday sistemalar kinematik o'xshash sistemalar deb ataladi.

Dinamik o'xshash sistemalarni o'rganish uchun Nyuton qonunidan foydalanamiz:

$$P = ma$$

²⁵ Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие. Омск, 2003.

Bundan kinematik (a) va material (m) o'xshash sistemalarning dinamik o'xshash bo'lishini olish mumkin, ya'ni ikki sistemaning tegishli holatlaridagi kuchlar nisbati o'zgarmay qolsa, bunday sistemalar dinamik o'xshash bo'ladi:

$$\mu_p = \frac{p}{p'} = \frac{m \cdot a}{m_1 \cdot a_1} = j \cdot \mu \cdot \tau^{-2}$$

yoki

$$\frac{p}{p'} = \frac{j\mu}{\tau^2} = \frac{m \cdot x T_1^2}{m_1 \cdot x_1 T^2}, \quad \mu = \frac{x}{x_1}, \quad j = \frac{m}{m_1}; \quad \tau = \frac{T}{T_1}; \quad T = \frac{2\pi}{\omega}, \quad T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$$

μ_r – o'lchovsiz nisbiy kuch bo'lib, dinamik o'xshashlik invarianti yoki «Nyuton soni» deb ataladi.

Mexanizm davriy harakatining qonuniyatlari va o'xshashligining pozitsion invariantlari haqida bir oz tushuncha berib o'taman.

Mashina davriy harakatda bo'ladi, ya'ni uning barcha zvenolari va shu zvenolardagi nuqtalar vaqtga bog'liq holda, ma'lum qonun bilan siklik qaytariluvchi harakat qiladi. Davriy harakatning asosiy belgilari quyidagilardan iborat:

1) zvenoning har bir nuqtasi harakati trayektoriyasining doimiyligi va ma'lum chegarada bo'lishligi;

2) zvenoning har bir nuqtasining trayektoriya bo'ylab yoki o'q atrofidagi harakat qonuni qandaydir $S_i = S_i(t)$, $\varphi_i = \varphi_i(t)$ funksiyalari orqali ifodalanadi va ular siklning davri (T) ishidagina haqiqiydir, ya'ni $0 \leq t \leq T$ chegarada;

3) shu qonuniyatlarda o'zgarmas takrorlik bilan to'la ritmik qaytariladi. Ularning takrorlari quyidagicha topiladi:

$$\text{takrori } f = \frac{1}{T}$$

$$\text{davri } T = \frac{60''}{\Pi} \frac{\text{sek}}{\text{sikl}} - \text{mexanizm davri.}$$

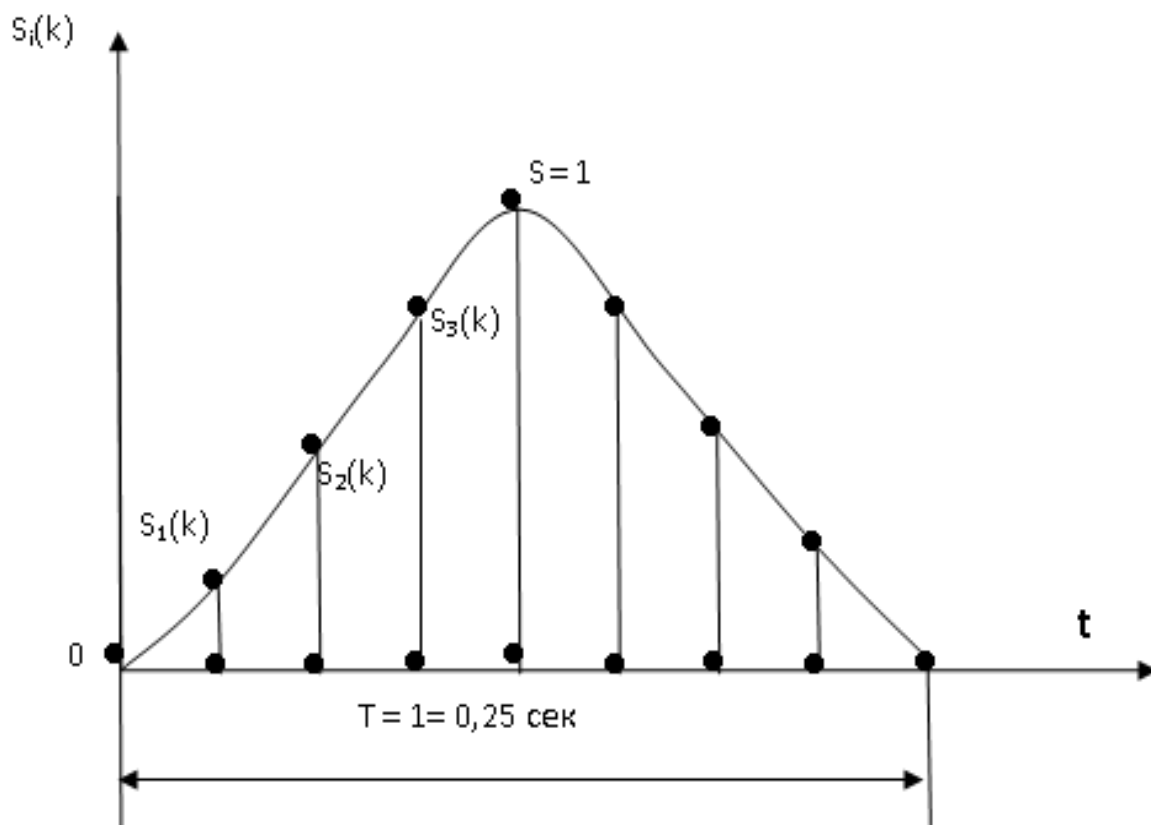
Chiziqli va burchak tezliklari quyidagicha topiladi:

$$v_i = \frac{ds_i(t)}{dt}, \quad \omega_i = \frac{d\varphi_i(t)}{dt}$$

Bu yerda ST – harakatning miqdor parametrlari deb ataladi. Miqdor parametrlari turlicha bo'lsa ham, agar ular bir tur harakat qonunini ifodalasa, sifat

jihatidan mos keladi, chunki siklning (davrning) istalgan fazasida yani nuqtasida nisbiy vaqt $\tau = \frac{t}{T}$ orqali topilib, nisbiy bosilgan yo`l o`zgarmay qoladi, ya`ni:

$$K_s = \frac{S_i}{S} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n)$$



3.4.1- shakl

Bunda $\tau_{\max} = \frac{t_n}{T} = \frac{T}{T} = 1$; $K_s = \frac{S_n}{S} = \frac{S}{S} = 1$.

T, S – davr va berilgan oraliqlar.

$S_i = S_i(t)$ funksiyani quyidagi ratsional ko`rinishda ifodalab olamiz:

$$S_i = S_i(t) = \frac{S_i\left(\frac{t}{T} \cdot T\right)}{S} \cdot S = \frac{S_i(\tau \cdot T)}{S} \cdot S$$

yoki $S_i = S_i(k) \cdot S$

$\frac{S_i(\tau \cdot T)}{S} = S_i(k)$ - nisbiy bosilgan yo`l yoki oraliq, o`lchovsiz son yoki

harakatning o`xshashlik invarianti;

$\tau = \frac{t}{T}$ - o`lchovsiz nisbiy vaqt yoki sikl oraliq vaqtning pozitsiyasi.

$S_i(k)$ – harakatning sifat tomonini bildiradi. Nisbiy vaqt va oraliq (yoʻl) quyidagi chegarada oʻzgaradi: $0 \leq \tau \leq 1, 0 \leq S_i(k) \leq 1$.²⁶

Aytilganlarga aniqlik kiritish maqsadida quyidagi misolni koʻrib oʻtamiz.

Misol tariqasida aksial krivoship – polzunli mexanizmning olamiz:

$r = 40 \text{ mm}, l = 120 \text{ mm}, S = 80 \text{ mm}, n = 240 \text{ ayl/min}$

Bu yerda T - davr quyidagicha aniqlanadi.

$T = 60/240 = 0,25 \text{ sek/ayl}$.

Mexanizmning berilgan parametrlari uchun polzun harakatidagi nisbiy bosilgan oraliq grafigi quyidagi (3.4.1 – shakl) da keltirilgan.

i.

Takrorlash uchun savollar.

1. μ_r – qanday kuch hisoblanadi va qanday nom bilan ham ataladi.
2. Davriy harakatning asosiy belgilarini sanab bering.
3. Chiziqli va burchak tezliklari qaysi ifoda orqali aniqlanadi.
4. Nyuton qonuni ifodasini keltiring.

²⁶ Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие. Омск, 2003.

IV.BOB. TISHLI MEXANIZMLARNING ANALIZI VA SINTEZI.

4.1.TISHLI MEXANIZMLAR TURLARI VA ULARNI ISHLATILISHI. TISHLI MEXANIZM GEOMETRIYASI.

Tishli mexanizmlar

Tishli mexanizmlar texnikada keng qo'llanadigan mexanizmlardan hisoblanadi. Bunday mexanizmlar mashinada qo'llanadigan hamma uzatish mexanizmi konstruksiyasida ishlatiladi. Bu mexanizmning umumiy ta'rif: tishli mexanizmda harakat ish jarayonida bir-birini almashtiruvchi zvenodagi maxsus ilashuvchi elementlar yordamida uzatiladi; bular tishlar, zvenoni esa – tishli g'ildirak deyiladi. Tishli-reykali mexanizm zvenolaridan birini tishli reyka deyiladi. Tishli mexanizmning ko'pchilik zvenosi tishli g'ildiraklar, dumaloq ko'rinishida bo'ladi. Ba'zida dumaloq bo'lmagan g'ildirakli tishli mexanizmlar uchraydi.

Tishli mexanizm ikki xilga ajratiladi: g'ildirak o'qlari qo'zg'almas va ba'zi bir g'ildirak o'qlari qo'zgaluvchan. Birinchi ko'rinishdagi mexanizmda stoykaga nisbatan g'ildirak o'qi qo'zg'almas; yuk ko'tarish kranlarning reduktori, avtomobillarning uzatish karobkasi, metallkesuvchi stanoklarning tezlik karobkasi va h.k. Ikkinchi ko'rinishdagi tishli mexanizmlarda ba'zi bir g'ildiraklarning o'qi stoykaga nisbatan qo'zgaluvchan. Bunday mexanizmlarni planetar deyiladi, ular planetar reduktor konstruksiyasining asosini tashkil etib, asosan transport mashinalarida xususan samolyot va vertolyotda harakatni dvigateldan vintga uzatishda va boshqarish sistemalarida fodalaniladi.²⁷

Tishli uzatmalar turlari

Istalgan murakkab tishli mexanizm konstruksiyasining asosini oddiy tishli mexanizmlar tashkil etadi, ularni uzatmalar deyiladi (aniqrog'i tishli uzatmalar).

²⁷ Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Том II. Зубчатые механизмы. М., Наука, 1973.

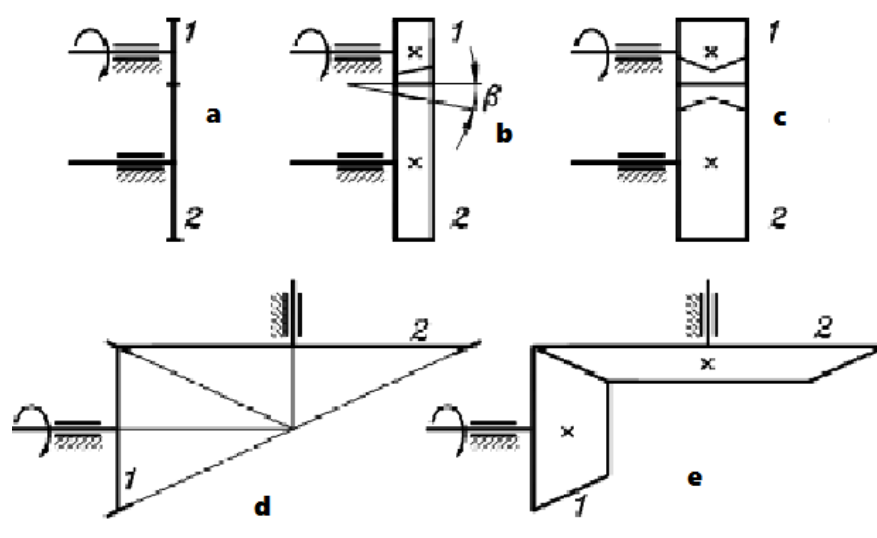
Uzatma uch zvenoli mexanizm bo'lib, u ikkita tishli g'ildirak va stoykadan iborat.

Uzatmalar uch turga bo'linadi:

- g'ildirak o'qlari parallel;
- g'ildirak o'qlari kesuvchi;
- g'ildirak o'qlari ayqash.

G'ildirak o'qlari parallel uzatmalar.

Bunday uzatmalarda tishli g'ildirak tishlari slindr yasovchisi bo'yicha joylashadi. Shuning uchun ularni slindrik uzatmalar deyiladi. Slindrik uzatma sxemasi 4.1.1-shakl a da ko'rsatilgan. Mashinaning kinematik sxemasida bunday uzatmalarni 4.1.1-shakl b da ko'rsatilganidek to'g'ri burchak ko'rinishida tasvirlanadi. To'g'ri burchak ichidagi krestlar tishli g'ildirakni valga qattiq mahkamlanganligini bildiradi. Slindrik uzatmalar tug'ri tishli, qiya tishli va shevronli tishlarga bo'linadi. Tug'ri tishli g'ildirakning tishlari uning o'qiga parallel. Qiya tishli g'ildirakning tishlari slindrdagi vint chiziqlari buyicha joylashadi. G'ildirakning o'qiga nisbatan tishning og'ma burchagi $\beta = (10 \div 15)^\circ$ (4.1.1-shakl b). Og'ma tishli uzatmalarda tishlar og'ma joylashganligi sababli o'qlar bo'yicha yo'nalgan nagruzka hosil bo'ladi. Og'ir yuklangan uzatmalarda ulardan qochish maqsadida ikkilangan og'ma tishli uzatmalardan foydalaniladi, ularni shevron tishli deyiladi (4.1.1-shakl c). Bunday tishli g'ildiraklarni tayyorlash qiyin bo'lganligi sababli kam ishlatiladi.



4.1.1-shakl

G'ildirakning o'qlari kesuvchi uzatmalar

Bunday uzatmalarda tishli g'ildirak tishlari kesik konus yasovchilari bo'yicha joylashadi, shuning uchun ularni konusli uzatmalar deyiladi. Konusli uzatma sxemasi 4.1.1-shakl d da keltirilgan. G'ildirak o'qlarning kesishish burchagi har xil bo'lishi mumkin, ko'pincha bu burchak 90° ga teng bo'ladi. 4.1.1-shakl e da ko'rsatilganidek konusli uzatmalarni ko'pincha kesik konus ko'rinishida tasvirlaydilar. Oldingi holatdagitdek krestiklar g'ildirakni valga qattiq maxkamlanganini bildiradi. Konusli uzatmalar to'g'ri tishli, og'ma tishli va yumaloq tishli uzatmalarga bo'linadi. To'g'ri tishli g'ildirak tishlari kesik konus yasovchilari bo'yicha joylashadi, og'ma tishli esa konusda vint chizig'i bo'yicha, yumaloq tishlar planda aylana bo'yicha chiziladi (ishlov berish jarayonini qisqartirish maqsadida, bunday tishlar yumaloq kesuvchi asbobda yasaladi).

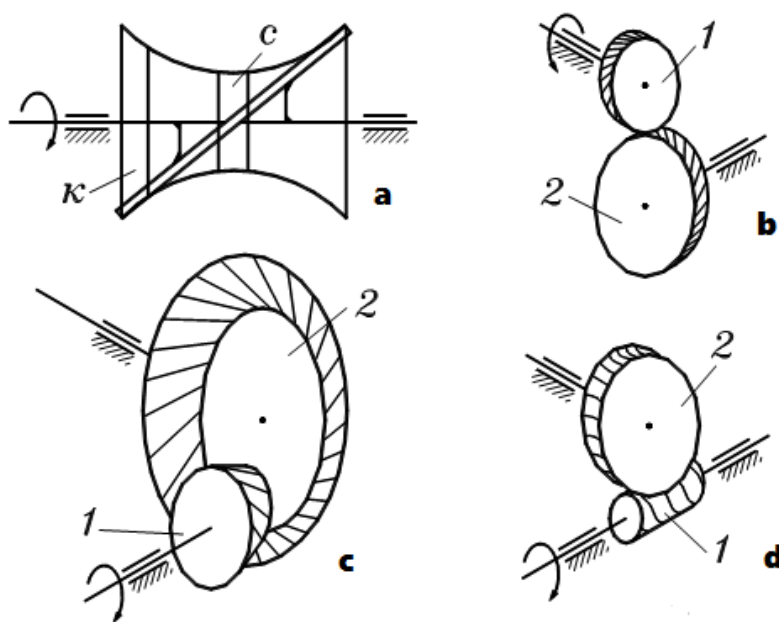
G'ildirak o'qlari ayqash uzatmalar

Bunday uzatmalarda g'ildirak tishlari giperbola aylanishidagi yasovchi bo'yicha joylashadi. Giperbola aylanish quyidagiga yasaladi. Agar podshipnikda joylashgan o'qqa (4.1.2-shakl a) boshqa tekislikda joylashgan reykani qattiq mahkamlansa, va bu qattiq sistemani o'q atrofida aylantirilsa, reyka fazoda iz qoldiradi, uni giperbola g'ildirak tishlari joylashadi. Mos ravishda, bunday uzatmalarni giperboloidli deyiladi.

Tishli g'ildirak yasash uchun giperbolaning alohida qismlaridan foydalaniladi. Agar tishli g'ildirak uchun giperbola aylanishning o'rta qismi olinsa (4.1.2-shakl a), u holda bu g'ildiraklar vintli uzatmani yasaydi (4.1.2-shakl b). Ko'pincha bunday uzatmalarda valning ayqash burchagi 90° ga teng bo'lib, ko'tarish burchagi – 45° ga teng tishlar vint chiziqlarda joylashadi. Bu g'ildiraklar qiya tishli slindrikka o'xshash tishning og'ish burchagi katta bo'ladi. G'ildirakning kichik giperbola yuzasining egriligi bilinmaydi.

Agar tishli g'ildirak uchun giperbolaning chetki qismi olinsa (4.1.2-shakl a), u holda bu g'ildiraklar gipoidli uzatmani yasaydi (4.1.2-shakl c). Ko'pincha, bunday uzatmada, oldingi holatdagidek, ayqash burchagi 90° ga teng bo'ladi. Gipoidli uzatmaning g'ildiraklari qiya tishli konuslga o'xshash 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 taminlash uchun foydalaniladi. G‘ildirak o‘qlari ayqash uzatmalarga chervyakli uzatmalar ham kiradi (4.1.2-shakl d). 1-chervyak – bu birkiuvchi vint. 2-chervyakli g‘ildirakning tishlari ma’lum burchak oralig‘ida chervyakni qamrab oladi. Chervyakli uzatmalar katta uzatish nisbatiga ega bo‘lishi mumkin, lekin ishqalanish katta bo‘lganligi sababli katta quvvatlarda foydalanish chegaralangan.²⁸



4.1.2-shakl

Ilashmaning asosiy qonuniyati. Evolventa va uning xossalari

Tish ilashmasining nazariyasi, tishli g‘ildirakning geometrik parametrlari va tishli uzatma asosan ilashma qonuniyatiga suyanadi. Ilashma – bu ikki tishli g‘ildirak tishlarining kontaktdagi ko‘rinishi (ya’ni, ilashmada bo‘lishi). Asosiy ilashma qonuniyatini ko‘rsatish uchun hamma tishlarni kontaktda bo‘lishini qurmasdan, oliy kinematik juftni hosil qiluvchi tish profillari qismi bilan chegaralansa bo‘ladi.

²⁸ Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Том II. Зубчатые механизмы. М., Наука, 1973.

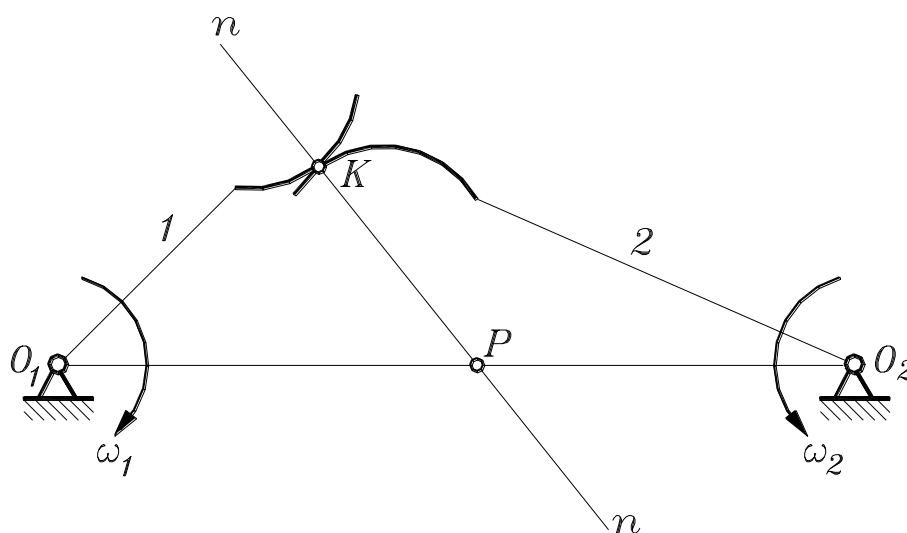
4.1.3-shaklda ikki tishli g'ildirak tishlarining kontakt sxemasi keltirilgan. 1 va 2 tishli g'ildirak tish qismining kontaktini ko'rsatish uchun, ular O_1 va O_2 g'ildirak aylanish markazlari bilan tutashtirilgan.

G'ildirak aylanish markazlarida o'tkazilgan chiziqni markaziy chiziq deyiladi. Oliy kinematik juft nazariyasiga asosan, K kontakt nuqtasidan tish profiliga n-n umumiy normal o'tkazish mumkin. Birinchi g'ildirakdan ikkinchi g'ildirakka uzatilayotgan kuch vektorlari, shu normalda joylashadi, shuning uchun uni harakat chizig'i deyiladi. Normal bilan markaz oralig'idagi chiziqni kesishgan nuqtasi R ni ilashma qutubi deyiladi.

Ilashmaning asosiy qonuniyati quyidagicha ta'riflanadi: harakat chizig'i markaz chizig'ini bog'langan tishli g'ildirak burchak tezliklarini teskari proporsional bo'laklarga bo'ladi.

Burchak tezliklar nisbati – bu uzatish nisbati, shuning uchun, yozish mumkin:

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\overline{O_2P}}{\overline{O_1P}}$$



4.1.3-shakl

Bu formulada O_1P va O_2P kesma qiymatlaridan tashqari, ularning yo'nalishlari ham topilgan. 4.1.3-shaklda sxema uchun bu kesma yo'nalishlari teskari yo'nalgan. Shuningdek, ularning uzunlik nisbati va uzatish nisbati – manfiy, bu bog'langan tishli g'ildiraklar yo'nalishi qarama-qarshi ekanligini bildiradi.

G'ildirak o'qlari qo'zg'almas murakkab tishli mexanizmlar

Faqat slindrik uzatmalardan tashkil topgan murakkab tishli mexanizmlarni ko'rib chiqamiz. Shu bobning boshida aytilganidek, bunday mexanizmlar ikki ko'rinishga bo'linadi: g'ildirak o'qlari qo'zg'almas va ba'zi bir g'ildirak o'qlari qo'zgaluvchan²⁹.

Birinchi tur ko'rib chiqamiz.

Stoykaga nisbatan bunday mexanizmning g'ildirak o'qlari qo'zg'almas, ya'ni korpusga nisbatan. Unga stanoklarning tezlik qutisi, avtomobillarning uzatma qutisi. ko'tarish kranlarining reduktorlari va h.k. kiradi.

14.4-shaklda g'ildirak o'qlari qo'zg'almas bo'lgan murakkab tishli mexanizmning sxematik ko'rinishining asosiy va tana tomonidagisi ko'rsatilgan. Kinematik sxemalarda ko'pincha bitta ko'rinish, ya'ni tana yoki yon ko'rinishi ko'rsatiladi.

Mexanizm to'rtta qo'zg'aluvchan zvenoga ega:

1-zveno – valga qattiq mahkamlangan z_1 tishlar soniga ega bo'lgan tishli g'ildirak;

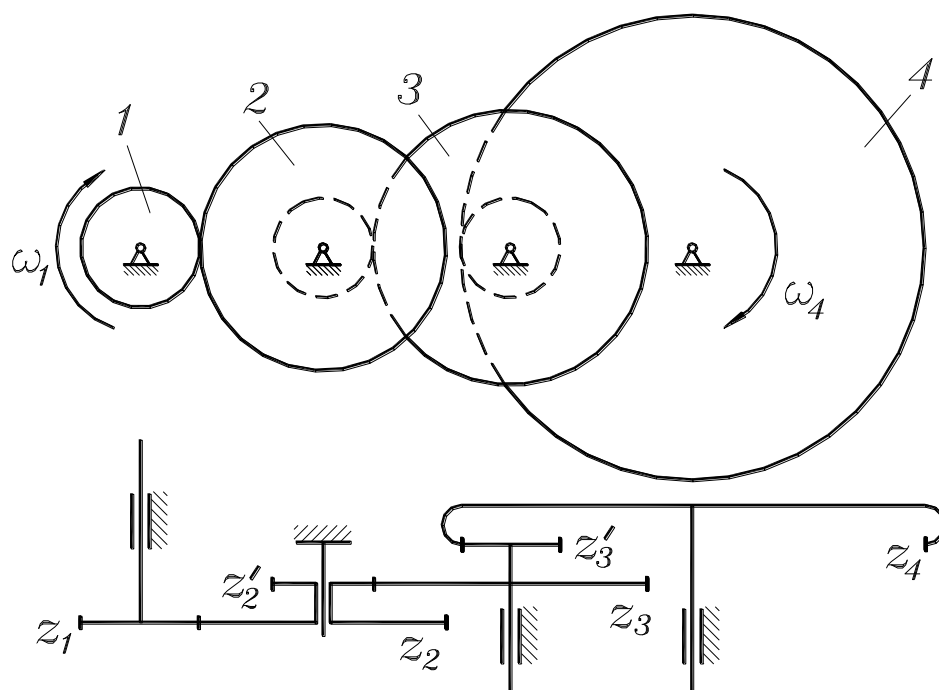
2-zveno – blok-shesternya ya'ni qo'zg'almas o'qda erkin aylanuvchi, z_2 va z'_2 tishlar soniga ega bo'lgan ikkita qattiq bog'langan tishli g'ildiraklar;

3-zveno – valga qattiq mahkamlangan z_3 i z'_3 tishlar soniga ega bo'lgan blok-shesternya;

4-zveno – valga qattiq mahkamlangan ichki tishlarga va z_4 tishlar soniga ega bo'lgan tishli g'ildirak.

Mexanizm birinchi zvenodan to'rtinchiga uzatilayotgan burchak tezliklarni kamaytirish uchun qo'llaniladi va u uchta uzatmadan tuzilgan – ikkita tashqi va bitta ichki. Bunday mexanizmni uch qatorli yoki uch pog'onali deyiladi: birinchi pog'ona z_1 - z_2 – tezyurar, ikkinchi pog'ona z'_2 - z_3 – oraliqdagi va uchinchi pog'ona z'_3 - z_4 – sekinyurar.

²⁹ Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Том II. Зубчатые механизмы. М., Наука, 1973.



4.1.4-shakl

Tishli mexanizmlarni kinematik analizi sterjenli va kulachokli mexanizmlarga nisbatan soddaroqdir. Biz hamma tishli g'ildiraklar tekis aylanyapti deb faraz qilamiz, kinematik hisoblash masalasi ko'pincha kirish zvenosining burchak tezligi ma'lum bo'lgan holatda, qolgan tishli g'ildiraklarning burchak tezliklarini aniqlashga olib keladi. Masala mexanizmga uzatish nisbati yordamida yechiladi.

4.1.4-shakldagi mexanizm uchun chiqish zvenosining burchak tezligi ω_4 mexanizmnı uzatish nisbati formulasidan topish mumkin:

$$u_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4}$$

Uzatish nisbati ishchi formulasini chiqarish uchun, bu kasrni ikkinchi va uchinchi zvenolarning burchak tezliklariga ko'paytirib, bo'lamiz. Bitta zvenodagi ikki tishli g'ildirakni faraz qilish uchun, ya'ni 2-zvenodagi z_2 va z'_2 va 3 zvenodagi z_3 va z'_3 , $\omega_2 = \omega'_2$ va $\omega_3 = \omega'_3$ lardan foydalanamiz.

$$u_{14} = \frac{\omega_1 \omega'_2 \omega'_3}{\omega_2 \omega_3 \omega_4}$$

ω_1/ω_2 burchak tezliklar nisbati – bu birinchi pog‘onadagi tishli mexanizmning uzatish nisbati, mos ravishda, ω'_2/ω_3 – ikkinchi pog‘onaning uzatish nisbati va ω'_3/ω_4 – uchinchi pog‘onaning uzatish nisbati. Unda quyidagini yozish mumkin:

$$u_{14} = u_{12} u_{23} u_{34}$$

formulaga asosan, murakkab tishli mexanizmning uzatish nisbati uning tarkibiga kiruvchi uzatma uzatish nisbatlarining ko‘paytmasiga teng.

Mexanizmning ishchi uzatish nisbati formulasini yozamiz:

$$u_{14} = \left(-\frac{z_2}{z_1} \right) \left(-\frac{z_3}{z'_2} \right) \left(\frac{z_4}{z'_3} \right)$$

Endi formuladan to‘rtinchi chiqish zvenosining burchak tezligini topish mumkin.

Qo‘zg‘almas zvenoli tishli mexanizmlar uchun umumiy ko‘rinishda uzatish nisbati formulasini yozamiz:

$$u_{1n} = \frac{z_2 z_3 \cdots z_n}{z_1 z'_2 \cdots z'_{(n-1)}} (-I^k)$$

bu erda k – tashqi ilashmalar soni. Uzatish nisbati ishorasini faqat tashqi uzatma o‘zgartiradi.

Bu formula bo‘yicha g‘ildirak o‘qlari qo‘zg‘almas bo‘lgan istalgan murakkab tishli mexanizmning uzatish nisbatini hisoblash mumkin.

Endi oldingi sxemadan farqli bo‘lgan murakkab tishli mexanizmni ko‘rib chiqamiz. Bu mexanizm 4.1.5-shaklda ko‘rsatilgan.

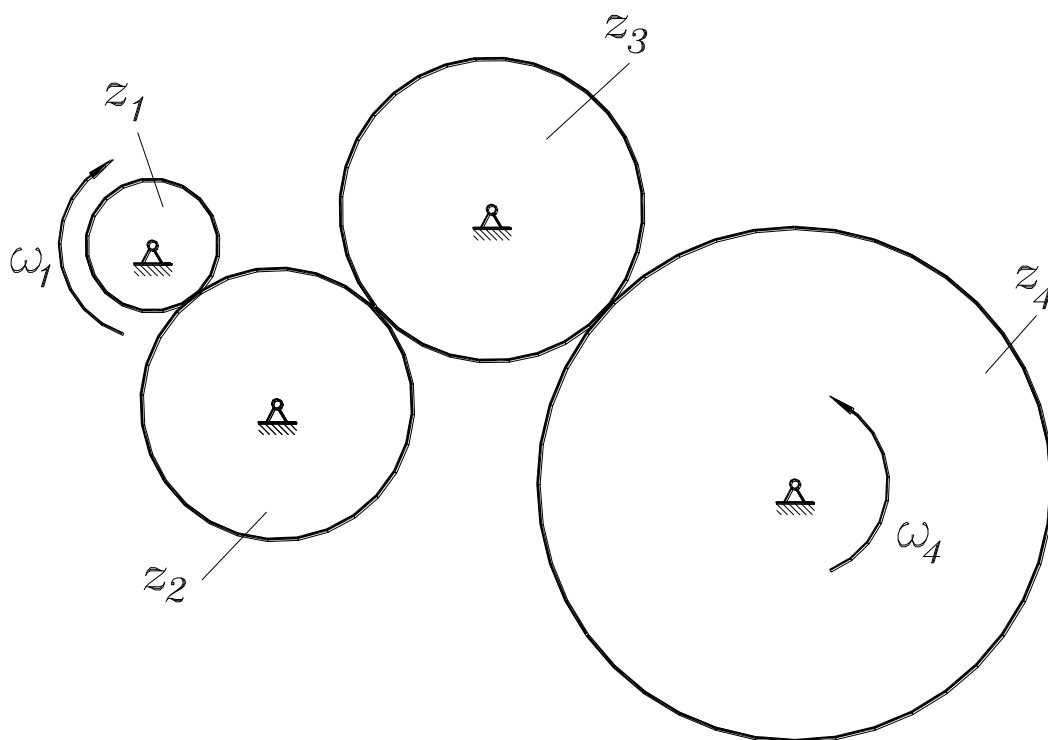
Bu mexanizmni oldingisidan farqi shundaki, uning hamma tishli g‘ildiraklari bir qatorda bo‘ladi, ya’ni, bu – bir qatorli tishli mexanizm. Bu mexanizmning kinematik masalasini echish uchun formuladan foydalanamiz:

$$u_{14} = \frac{z_2 z_3 z_4}{z_1 z'_2 z'_3} (-I^3)$$

Biroq, mexanizm sxemasidan ko‘rinib turibdiki, 2 va 3-zvenolar blokshesternya bo‘la olmaydi, ular bitta tishli gardishga ega, ya’ni $z_2 = z'_2$, $z_3 = z'_3$. SHuning uchun, qisqartirilgandan so‘ng hosil qilamiz:

$$u_{14} = \frac{z_4}{z_1} (-1^3)$$

Formulaga qaraganda, mexanizmning uzatish nisbati qiymatiga oraliq tishli g‘ildiraklar ta’sir ko‘rsatmaydi, bu qiymatga faqat bir qatorda joylashgan birinchi va oxirigi g‘ildiraklar ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli oraliq g‘ildiraklarni bunday mexanizmda planetar deyiladi. Planetar tishli g‘ildiraklar uzatish nisbatining ishorasini o‘zgartirish maqsadida (aylanish yo‘nalishini o‘zgartirish) yoki mexanizmning kirish va chiqish g‘ildirak o‘qlarining masofasi katta bo‘lganda foydalaniladi.



4.1.5-shakl

Bu mexanizmni ko‘rib, kinematik hisoblash uchun umumiy xulosa chiqarish mumkin: agar kinematik zanjirda bir qatorda bir qancha tishli g‘ildiraklar joylashgan bo‘lsa, u holda uzatish nisbati qiymatiga bu qatorda joylashgan faqat

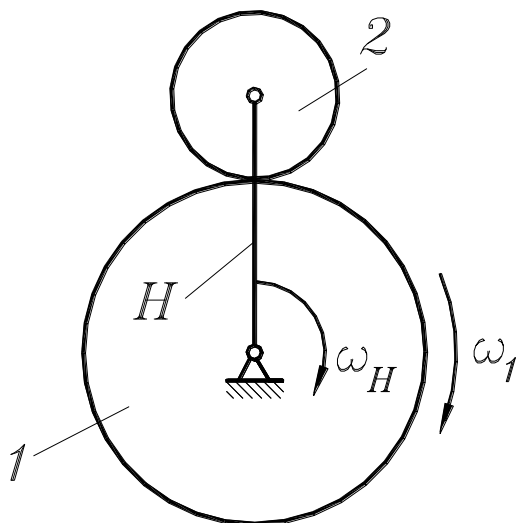
birinchi va oxirigi g'ildiraklarning tishlar soni ta'sir etib, oraliq g'ildirak esa (parazit) faqatgina uzatish nisbati ishorasiga ta'sir qiladi³⁰.

**Ba'zi bir g'ildirakning o'qlari qo'zg'aluvchan
murakkab tishli mexanizmlar (planetar mexanizmlar)**

4.1.6-shaklda oddiy planetar mexanizm sxemasi keltirilgan. 1-tishli g'ildirak va H zveno qo'zg'almas nuqta atrofida aylanishi mumkin. H zvenoda va 1 g'ildirak bilan ilashmaga kiruvchi, 2-tishli g'ildirakning aylanish markazi yotadi.

1 va H zvenolar bir biriga bog'langan holatda, ya'ni, bir xil yoki qarama-qarshi yo'nalishda, har xil tezlikda aylanishi mumkin. Mexanizm ishida 1-g'ildirakda yumalanuvchi 2-g'ildirak murakkab harakatlanadi. Zveno harakati quyosh sistemasidagi planetalar harakatiga o'xshab ketadi, shuning uchun 1-zvenoni quyoshli g'ildirak, 2-zvenoni satellit, H-zvenoni esa – vodilo deyiladi.

Quyoshli g'ildirak va vodilo – bu kirish zvenolari, chiqish zvenosi esa satellit hisoblanadi. Murakkab harakatlanuvchi satellitdan foydalanish, ishchi yoki yordamchi mashina organlarining yuritmasi



4.1.6-shakl

uchun qiyindir. Bu masalani engillashtirish maqsadida oddiy planetar mexanizmga ichki tishlar bilan 3-markaziy g'ildirak (4.1.7-shakl), satellit bilan ilashmaga kiruvchi koronniy (toj) g'ildirak qo'shilgan.

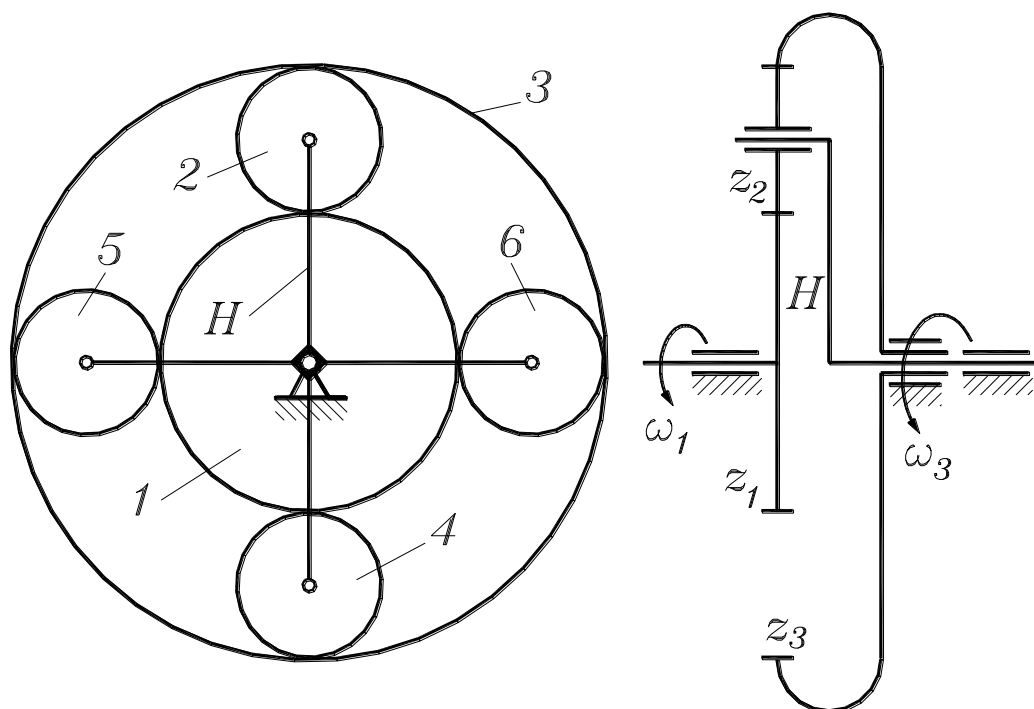
³⁰ Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Том II. Зубчатые механизмы. М., Наука, 1973.

Planetar mexanizm konstruksiyasining keyingi murakkabligi bitta satellit bilan muvozanatlanmaganligi sababli ishlay olmasligi: katta aylanish tezliklarida satellit massalari muvozanatlanmaganligi katta inersiya kuchlarini keltirib chiqazadi, bu esa mexanizmni sinishga olib keladi. Planetar mexanizmda minimal satellitlar soni – ikkita, biroq ular soni katta bo'lishi ham mumkin, o'ntagacha etadi. Bu mexanizm gabaritini kamaytirish bilan bog'langan: o'nta satellitli planetar mexanizm bir xil quvvatni uzatayotganda, ikkita satellitli mexanizmga nisbatan kichikroq gabaritta bo'lishi mumkin. Mexanizm ichida uzatilayotgan quvvat satellitlar soniga teng potoklarga bo'linadi. Natijada, o'nta satellitli mexanizmda tishli ilashmadan o'tayotgan quvvat oqimi, besh marta kichik bo'ladi, ikkita satellitli mexanizmga qaraganda, bunda modulni, o'qlararo masofani va umumiy gabaritni kamaytirish mumkin.

4.1.7-shaklda ko'rsatilgan mexanizm sxemasiga to'rtta satellit krest ko'rinishida vodilaga joylashtirilgan. Yon ko'rinishda, ko'pincha kinematik sxemalarda faqat bitta satellit ko'rsatiladi.

4.1.7-shakldagi planetar mexanizm uchun CHEbishev formulasi bo'yicha erkinlik darajasi sonini aniqlaymiz:

$$W = 3n - 2p_4 - p_5 + s$$



4.1.7-shakl

Harakatlanuvchi zvenolar soni $n=7$: quyoshli va koronniy (toj) g'ildiraklar, vodilo va to'rtta satellit. Quyi kinematik juftlar soni $P_4=7$: har bir markaziy g'ildirak stoyka bilan kinematik juft hosil qiladi, har bir satellit esa vodilo bilan. Oliy kinematik juftlar soni $P_5=8$: to'rtta tashqi ilashuvchi satellitlar bilan quyoshli g'ildiraklar va to'rtta ichki ilashuvchi koronniy g'ildiraklar bilan oliy kinematik juft hosil qiladi. ortiqcha bog'lanishlar soni yoki ortiqcha zvenolar $s=3$: yuqorida aytilganidek, uchta satellitlar 4, 5 va 6 muvozanatlash, mustahkamlash va gabaritlarini kamaytirish maqsadida kiritilgan, struktura bo'yicha ular ortiqcha zvenolar hisoblanadi. Chebishev formulasiga qiymatlarni qo'yamiz:

$$W = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 7 - 8 + 3 = 2$$

Planetar mexanizm ikkita erkinlik darajasiga ega bo'ladi: u ikkita kirish va bitta chiqish zvenosiga ega bo'ladi, yoki bitta kirish va ikkita chiqishga. Bunday mexanizm summatora va differensial ko'rinishida bo'ladi.

Summator ikkita kirish zvenosiga ega, ko'pincha markaziy g'ildirak va bitta chiqish zvenosi – vodilo. Masalan, agar quyoshli g'ildirak 5 marta aylansa, koronniy – 3 marta, vodilo esa 8 marta aylanadi. Summatorlar ko'pincha konusli uzatmaga ega bo'lib, programmali boshqarish stanoklarining uzatish mexanizmidan foydalaniladi.

Differensiallar bitta kirish zvenosiga ega, ko'pincha, vodilo va ikkita chiqish zvenosi – markaziy g'ildiraklarga. Chiqish zvenolari biri ikkinchisiga bog'liq bo'lmagan holatda aylanishlari mumkin va ularning harakat xarakterlari mexanizm konstruksiyasiga bog'liqligidan tashqari, tashqi sharoitlarga ham bog'liqdir. Differensiallar summatorlarga o'xshab, konusli uzatmaga ega bo'lib, transport mashinalarida foydalaniladi (avtomobillar, traktorlarda). o'ng va chap etaklovchi g'ildiraklar, o'lcham va yo'l sharoitiga asosan biri ikkinchisiga bog'liq bo'lmagan holatlarda aylanishlari mumkin. Masalan, agar avtomobil chapga burilganda, chap g'ildirak o'ngga qaraganda kam yo'l bosadi, huddi shunday bir vaqt oralig'ida chap g'ildirak o'ngga nisbatan, ya'ni kam burchak tezlikda aylanadi.

Biroq texnikada eng keng tarqalgan mexanizmlardan planetar mexanizmlar: agar markaziy tishli g'ildirakdan biri to'xtatilsa, u holda ikki erkinlik darajasiga

ega mexanizm planetar reduktorga aylanadi, ya'ni bitta kirish va chiqish zvenosiga ega, erkinlik darajasi birga teng bo'lgan mexanizmga aylanadi. Planetar reduktorlar texnologik va transport mashinalarida, shu jumladan samolyot va vertolyotlarning bosh reduktori sifatida foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. Tishli mexanizm nima?
2. Oddiy tishli mexanizm – uzatma nechta zvenodan iborat?
3. Slindrik, konusli va giperbolali uzatmalarning qanday turlari bo'ladi?
4. Ilashmaning asosiy qonuniyati qanday ta'riflanadi?
5. Ilashish chizig'i nima?
6. Evolventa nima va uning asosiy xossasi qanday?
7. Tishli g'ildirak moduli nima?
8. Bo'luvchi aylana bo'yicha tish qadami modul bilan qanday bog'langan?
9. Kopirovka va obkatka tishli g'ildiraklarni tayyorlash metodlari nima bilan farq qiladi?

4.2. PLANETAR REDUKTORLAR. TURLARI VA KINEMATIKASI. TISHLI ILASHMA VA UNING PARAMETRLARI.

Planetar reduktorlar

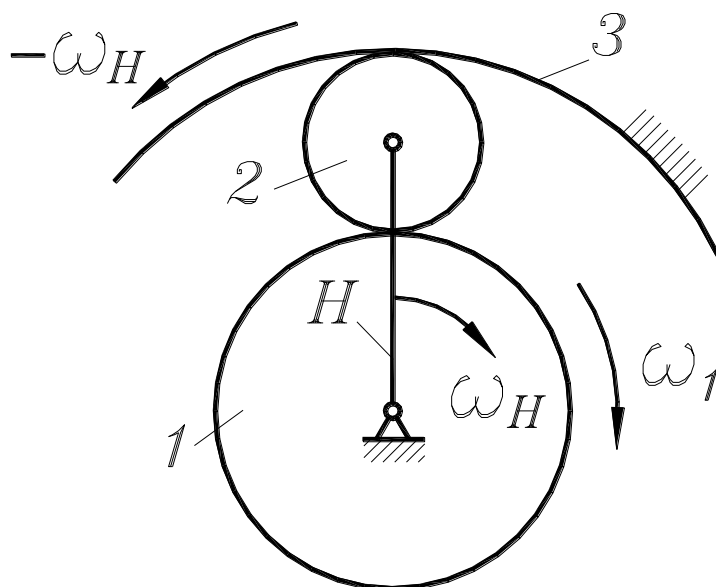
Kinematikadan boshlaymiz. Bu erda kinematikaviy analiz masalasi xuddi har qanday tishli mexanizmlardagidek, uzatish nisbatini aniqlash masalasiga keltiriladi. Eslatib o'tish lozim, bu erda so'z markaziy gildiraklaridan birini tuxtatib ko'yilgan planetar mexanizmdan tuzilgan planetar reduktorlar to'g'risida borayapti.³¹

Bunday planetar reduktorlarning ko'prok foydalaniladigani gardishli gildiragi to'xtatib ko'yilganidir (4.2.1-shakl). Bu reduktorda kirish zvenosi bo'lib quyoshli gildirak 1, chikish zvenosi bulib esa – vodilo N xisoblanadi.

³¹ М.В. Анохина, С.В. Никитин. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта «Привод к станку с использованием планетарного редуктора». МОСКВА. МАДИ. 2017.

Bu reduktorning uzatish nisbatini keltirib chikarish uchun xarakatni aylantirish usulidan foydalaniladi. (Eslatamiz, bu usul har qanday planetar mexanizm kinematikasini analiz qilishda qoʻllanadi).

Vodilo H ni toʻxtatamiz. Bunda quyoshli va toj gʻildiraklar koʻshimcha – ω_H (4.2.1-shakl) tezlikni qabul qiladi, planetar reduktor esa oʻqlari qoʻzgʻolmas tishli reduktorga aylanadi. Shu mexanizm uchun birinchi gʻildirakdan uchinchisiga uzatish nisbati (yoki vodilosini toʻxtatilgan planetar mexanizmning markaziy gʻildiraklari orasidagi uzatish nisbati)ni yozamiz:



4.2.1-shakl

$$u_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}$$

Bu formula markaziy gʻildiraklar burchak tezliklarini bogʻlovchi Villis teoremasining matematik ifodasi boʻladi.

Biz koʻrayotgan holatda toj gʻildirak qoʻzgʻolmas ($\omega_3 = 0$) boʻlgani uchun:

$$u_{13}^H = \frac{\omega_1 - \omega_H}{-\omega_H} = 1 - \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 - u_{1H}$$

Bundan koʻrilayotgan reduktor uchun uzatish nisbatining formulasi quyidagicha boʻladi:

$$u_{1H} = 1 - u_{13}^H$$

u_{13}^H miqdor planetar mexanizmning xarakteritikasi deyilib, vodilo to'xtatilgandagi markaziy g'ildiraklar orasidagi uzatish nisbatini bildiradi.

Keltirilgan formula har qanday planetar reduktorning uzatish nisbatini hisoblashda qo'llanishi mumkin.

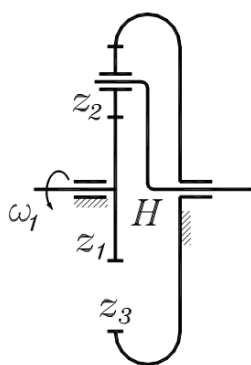
Uchta oddiy planetar reduktorlarni ko'rib chiqamiz: Djeyms reduktori, ikki qatorli va David reduktorini.

Djeyms reduktori – bu qo'zg'almas koronniy (toj) yoki quyoshli g'ildirakka ega bir qatroli planetar reduktor³². Ko'pincha qo'zg'almas koronniy (toj) g'ildirakka ega reduktorlardan foydalaniladi, uning sxemasi 14.9-shaklda berilgan. Planetar reduktor uzatish nisbati formulasi Villis teoremasiga asosan keltirib chiqariladi. Djeyms reduktori uchun qo'zg'almas toj g'ildirak bilan, quyoshli g'ildirakdan vodiloga uzatish nisbati:

$$u_{1H} = 1 + \frac{z_3}{z_1}$$

$2,5 < u_{1H} < 8$ bo'lganda reduktordan oydalaniladi. Qo'zg'almas quyoshli g'ildirakli Djeyms reduktorida harakat toj g'ildirakdan vodiloga uzatilganda:

$$u_{3H} = 1 + \frac{z_1}{z_3}$$

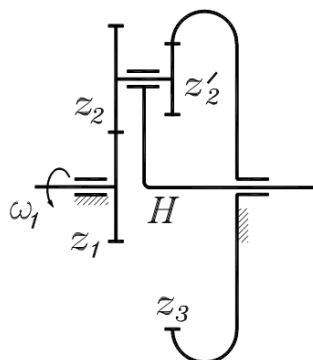


14.9-shakl

$,2 < u_{H1} < 1,8$ bo'lganda reduktordan foydalaniladi. Djeyms reduktori yer usti transport mashinalarining tezlik qutichalarida va yon uzatmalarda, yuk ko'tarish

³² М.В. Анохина, С.В. Никитин. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта «Привод к станку с использованием планетарного редуктора». МОСКВА. МАДИ. 2017.

mashinalarida, hamda samolyot va vertolyotlarda aylanma harakatni dvigateldan vintga uzatishda bosh kuchli reduktor sifatida, boshqarish sistemasi mexanizmlarida foydalaniladi.



4.2.2-shakl.

Ikki qatorli planetar reduktor ikkilangan satellit va qo'zg'almas toj g'ildirakka ega (4.2.2-shakl). Kirish zvenosi quyoshli g'ildirak, chiqish zvenosi esa vodilo hisoblanadi. Reduktorning uzatish nisbati:

$$u_{IH} = 1 + \frac{z_2 z_3}{z_1 z'_2}$$

formuladan ko'rinib turibdiki, bunday reduktorning uzatish nisbati Djeym reduktoriga nisbatan katta bo'lishi mumkin.

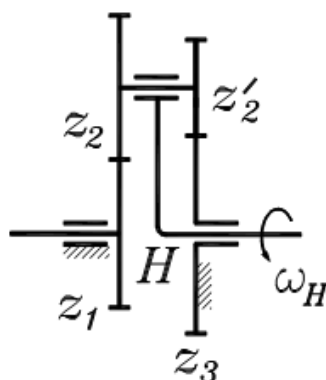
Ular $8 < u_{IH} < 5$ bo'lganda foydalaniladi. Kuchli reduktor sifatida samolyotalarda foydalaniladi.³³

Agar Djeyms reduktori va ikki qatorli reduktor quyoshli va toj g'ildiraklarga ega bo'lsa, David reduktori esa ikkita quyoshli yoki ikkita toj g'ildiraklarga ega bo'lishi mumkin 4.2.2-shakl da ikkita quyoshli g'ildiraka, ulardan biri 3 g'ildirak qo'zg'almas David reduktori ko'rsatilgan. Bunday reduktorda harakat H vodilodan 1 quyoshli g'ildirakka uzatiladi. Reduktorning uzatish nisbati:

$$u_{H1} = \frac{1}{1 - \frac{z_2 z_3}{z_1 z'_2}}$$

³³ М.В. Анохина, С.В. Никитин. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта «Привод к станку с использованием планетарного редуктора». МОСКВА. МАДИ. 2017.

formuladan ko‘rinib turibdiki, qancha kasrning maxraji birga yaqin bo‘lsa, shuncha bunday reduktorning uzatish nisbati qiymati katta bo‘ladi. Ulardan $5 < u_{H1} < 10000$ va undan katta bo‘lganda foydalaniladi.



4.2.3-shakl

Masalan, agar $z_1 = 100$, $z_2 = 99$, $z'_2 = 100$ va $z_3 = 101$, bo‘lsa

$$u_{H1} = \frac{1}{1 - \frac{99 \cdot 101}{100 \cdot 100}} = 10000$$

Biroq bunday reduktorlarda ishqalanishga katta yo‘qotish sarf bo‘lgani sababli kuchli sifatida foydalanish mumkin emas. Uzatish nisbati $u_{H1} = 10000$ ga teng reduktorning foydali ish effitsienti $\eta = 0,04$, ya’ni faqat 4% quvvati chiqishda foydalanish mumkin, 96% quvvat esa, reduktor ichidagi ishqalanishni engish uchun sarflanadi. SHunga o‘xshash reduktorlar o‘lchovchi kinematik seplarda, priborlarda va astronomiyada teleskopni burish uchun foydalaniladi³⁴.

Planetar reduktorlarni loyihalash

Loyihalash maqsadida – berilgan uzatish nisbatiga qarab reduktor sxemasini tanlash, G‘ildirak tishlar sonini aniqlash va konstruktiv shartlarni hisobga olib satellitlar soni aniqlanadi.

Bqorida aytilganidek, reduktor sxemasini talab etilgan uzatish nisbatiga bog‘liq.

Huddi shunday:

³⁴ М.В. Анохина, С.В. Никитин. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта «Привод к стенду с использованием планетарного редуктора». МОСКВА. МАДИ. 2017.

- agar $u_{1H} < 8$ – Djeyms reduktori;
- agar $8 < u_{1H} < 15$ – ikki qatorli reduktor;
- agar $u_{1H} > 15$ – David reduktori.

Reduktor g'ildiraklarning tishlar soni reduktorlarning uzatish nisbati va markaziy g'ildirak va satellit o'qlari orasidagi masofa algebraik ifodalarni birgalikda echishdan hisoblanadi. Bu masalani echishda, hamda, reduktor satellitlar sonini aniqlashda konstruktiv shartlarni o'qlarning o'zaro mos kelish sharti, qo'shnichilik va yig'ish shartlarini hisobga olish kerak. O'qlarning o'zaro mos kelishish sharti kirish va chiqish vallarining o'qi bitta to'g'ri chiziqda yotishi kerak. Qo'shnichilikning sharti satellitlar sonini chegaralaydi, yig'ish sharti esa reduktordagi hamma satellitlarni markaziy g'ildirak bilan bog'langanligini tekshiradi. Bu shartlarni to'la ko'rib chiqamiz³⁵.

O'qlarning o'zaro mos kelish sharti.

Djeyms reduktori uchun (4.2.4-shakl) vodilo o'qi, kirish va chiqish vallari ustma-ust tushishi kerak.

$$r_1 + 2r_2 = r_3$$

ni hisobga olib topamiz:

$$\frac{mz_1}{2} + 2\frac{mz_2}{2} = \frac{mz_3}{2}$$

Qisqartirilgandan so'ng Djeyms reduktori uchun o'qlarning o'zaro mos kelish shartini topamiz:

$$z_1 + 2z_2 = z_3$$

Ikki qatorli reduktor uchun (4.2.4-shakl) o'qlarining o'zaro mos kelish sharti:

$$r_1 + r_2 = r_3 - r_2'$$

O'zgartirishlardan so'ng, yuqorida keltirilganlarga asosan, ikki qatorli reduktorlar uchun o'qlarning o'zaro mos kelish sharti:

$$z_1 + z_2 = z_3 - z_2'$$

³⁵ Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981.

Qo'shnihilik sharti.

Bu shart reduktorning mumkin bo'lgan maksimal satellitlar sonini aniqlashga imkon beradi. Kuchli planetar reduktorlarni loyihalashda reduktorda qancha ko'p satellitlar bo'lsa, shuncha kirish quvvati tarmoqlarga bo'linadi va mustahkamligi kamroq bo'ladi, ya'ni G'ildirak tishlari kichikroq bo'lishi mumkin. Kichik o'lchamli reduktorlarni loyihalashda, ularga maksimal satellitlar sonini kiritish kerak³⁶.

4.2.4-shaklda bir qatorli kerakli holatda jonlashtirilgan, ya'ni, aylana bo'yicha tish cho'qqilari bir-biriga tegib turadi. Qo'shnihilik shartini bunda quydagicha tariflash mumkin. Jo'shni satellit markazlari orasidagi masofa tish bosh aylana radiuslari yig'indisidan katta bo'lishi kerak. 4.2.4-shaklga asosan yozish mumkin;

$$r_{a2} + r_{a4} < AB$$

Radiuslar yig'indisini modul va tishlar soni orqali ifodalab satellitlar bir xil o'lchamga ega deb quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$2r_{a2} = 2(r_2 + m) = 2\left(\frac{mz_2}{2} + m\right) = m(z_2 + 2)$$

SHunday qilib,

$$r_{a2} + r_{a4} = m(z_2 + 2)$$

Endi satellit markazi orasidagi masofani uning soni bilan bog'laymiz. ΔAOS dan topamiz:

$$\begin{aligned} AB &= 2 AC = 2 AO \sin \frac{\beta}{2} = 2(r_1 + r_2) \sin \frac{\beta}{2} = \\ &= 2\left(\frac{mz_1}{2} + \frac{mz_2}{2}\right) \sin \frac{\beta}{2} \end{aligned}$$

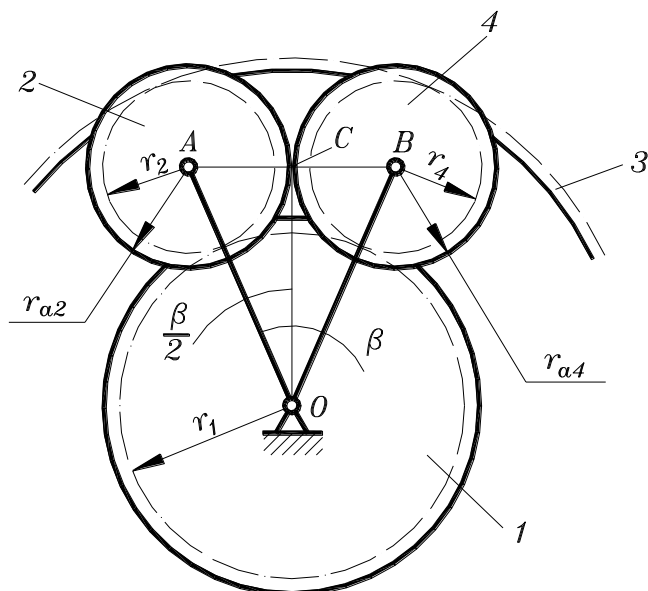
O'zgartirishlardan so'ng, $\beta = \frac{2\pi}{k}$ ni hisobga olib, (bu erda k- satellitlar soni) quyidagini olamiz:

³⁶ Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981

$$AB = m(z_1 + z_2) \sin \frac{\pi}{k}$$

bir qatorli planetar reduktor uchun qo'shnichilik shartini olamiz:

$$z_2 + 2 < (z_1 + z_2) \sin \frac{\pi}{k}$$



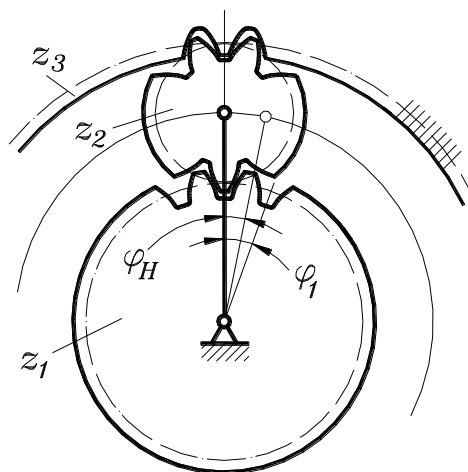
4.2.4-shakl

Yig'ish sharti.

Bitta satellitning har doim reduktorning markaziy g'ildiraklari orasiga qo'yish mumkin, uni shunday burish kerakki, satellit tishlari quyoshli va toj g'ildirak tishlari oraliQiga tushishi kerak (4.2.5-shakl). Ikki va undan ko'p satellitlarni shunday holatda qo'shish kerakki, unda quyoshli va toj g'ildiraklar va satellitlar soni oralig'ida ma'lum nisbat saqlanishi kerak.

Bu shart formulasini keltirib chiqirishi uchun, oldin bir tekislikda bo'lmagan quyoshli va toj g'ildirak oralig'iga maksimal satellitlar sonini topib, joylashtiramiz. Paralell tekislikda birinchi satellitda yoki uning oldin; 4.2.5-shaklda chizma tekisligida yoki uning oldida. Bu holatda qo'shnichilik sharti e'tiborsiz qoldiriladi. 4.2.5-shaklga qarab, toj g'ildirak qo'zg'almas bo'lganda ikkinchi satellitni joylashtirish mumkin, agarda quyoshli g'ildirak bir tishga burilganda, aniqrog'i,

bitta φ_1 burchak qadamga. Bunda vodilo qandaydir φ_N burchakka buriladi, qiymati esa reduktorning uzatish nisbatiga bog'liq bo'ladi.



4.2.5-shakl

Umumiy satellitlar soni, har xil tekislikda joylashtirishi mumkin bo'lgani (qo'shnilik shartini hisobga olmaganda) shunday bo'ladi:

$$n = \frac{2\pi}{\varphi_H}$$

φ_N ni topish uchun aniqlovchidan foydalanamiz: ko'rilyotgan reduktorning uzatish nisbati – bu quyoshli g'ildirak va vodilo burchak tezliklar nisbati, yoki ularning burilish burchagi:

$$u_{1H} = \frac{\varphi_1}{\varphi_H}$$

Bundan

$$\varphi_H = \frac{\varphi_1}{u_{1H}}$$

bu kasrni surat va maxrajining g'ildirak tishlar soni orqali ifodalaymiz. φ_1 – bu quyoshli g'ildirak burchak qadami, unda

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{z_1}$$

Toj g'ildirak qo'zg'almas bo'lganda Djeyms reduktorining uzatish nisbati:

$$u_{1H} = 1 + \frac{z_3}{z_1} = \frac{z_1 + z_3}{z_1}$$

$$\varphi_H = \frac{2\pi}{z_1 + z_2}$$

keyin reduktorning mumkin bo'lgan maksimal satellitlari soni qiymatini olamiz (qo'shnichilik shartini hisobga olmaganda):

$$n = z_1 + z_3$$

Haqiqatda satellitlar soni, qo'shnilik sharti bo'yicha hisoblanganda n dan kichik va unga karralik bo'lishi mumkin, ya'ni,

$$C = \frac{z_1 + z_3}{k}$$

bu erda: C – istalgan butun son;

k – reduktorning satellitlar soni.

Ikki qatorli planetar reduktorlarda qo'shnilik va yig'ish shartlarida ikkilangan satellit parametrlari hisobga olinadi.³⁷

Evolventali tishli nolinchi g'ildirakning geometrik parametrlari evolventali tishli g'ildirakni hosil qilish uchun, ya'ni tishli g'ildirak tish profillari evolventa bo'yicha chizilgan asosiy aylana markazini tishli g'ildirak markaziga almashtiriladi. Texnikada keng tarqalgan tishli g'ildiraklardan normal yoki nolinchi g'ildiraklar (nolinchi g'ildirakdan tashqari musbat va manfiy g'ildiraklar ham bo'ladi, ular to'g'risida keyinroq yoziladi).

Evolventali tishli g'ildirakning geometrik parametrlari standartlashtirilgan. Bu parametrlarni normal g'ildiraklar uchun ko'rib chiqamiz.

Haqiqiy tishli g'ildirak parametrlariga quyidagilar kiradi: z tishlar soni, evolventali chizilgan yon tomonlar; r_a g'ildirak bosh aylana radiusi; r_f g'ildirak oyoq aylana radiusi (4.2.6-shakl). Qolgan parametrlar hisoblanuvchi hisoblanadi. Tish balandligi shartli ravishda ikki qismga bo'linadi – r bo'luvchi aylana radiusi

³⁷ Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981

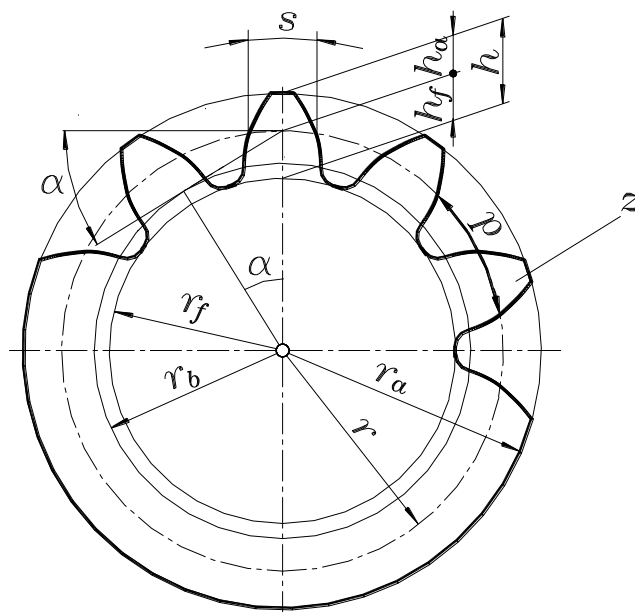
yordamida bosh va oyoq qismga. Tish balandligi ya'ni bosh va oyoq aylanalari orasidagi masofa h harfi bilan belgilanadi, h_a – tish bosh balandligi, h_f – tish oyoq balandligi standartga asosan,

$$h_f = 1,25h_a$$

r_b – evolventa yasaladigan asosiy aylana radiusi. Bu aylana tishli g'ildirak tishlariga qarab oyoq aylanadan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Tishning evolventasi bosh aylanada o'tkir qirra yasaydi, tish asosida esa evolventa silliq oyoq aylanasi yordamchi egrilik orqali o'tadi, uni galtel deyiladi.³⁸

Tishli g'ildirak asosiy parametrlaridan biri bo'luvchi aylana bo'yicha olingan r tish qadami hisoblanadi – bu ikki siljiydigan bir xil tish profillari aylanada o'lchanadigan masofa (4.2.6-shakl). Qadamning yarmisi bo'luvchi aylanada s – tish qalinligini tashkil etadi, ya'ni $s = 0,5p$.

Tish profilini yasovchi 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 aylanalariga o'tqazilgan urunmalar orasidagi burchak. Standart tishli g'ildirak uchun $\alpha = 20^\circ$.



4.2.6-shakl

³⁸ Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981

Yuqorida sanab o‘tilgan parametrlardan bitta standartni tanlash kerak, u qolganlari bilan bog‘langan bo‘lishi kerak. Bu parametr shunday bo‘lishi kerakki, uning qiymati tishni aniqlashi kerak. Bunga ko‘pincha tish qadami to‘g‘ri keladi:

$$p = \frac{2\pi r}{z}$$

Biroq qadam qiymati ifodasiga π irratsional son kiradi, u o‘nli kasrda cheksizlikka ega. Shuning uchun qadamni standartlashtirib bo‘lmaydi. π sonini qatnashtirmasdan bu ifodani bir qismini standartlashtirish mumkin. Bu qiymatni m tish moduli deyiladi:

$$m = \frac{2r}{z}$$

Modul tish qiymati bilan bo‘qlangan, ya’ni modul son qiymati bo‘yicha tish bosh balandligiga teng,

$$m = h_a$$

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 formulalarni yozamiz:

bo‘luvchi aylana radiusi

$$r = \frac{mz}{2}$$

bosh aylana radiusi

$$r_a = r + m$$

oyoq aylana radiusi

$$r_f = r - 1,25m$$

4.2.5-shakldan, asosiy aylana radiusi

$$r_b = r \cos \alpha$$

tish balandligi

$$h = 2,25m$$

bo'luvchi aylanada tish qadami

$$p = \pi m$$

bo'luvchi aylana bo'yicha tish qalinligi

$$s = \frac{p}{2}$$

Bu formulalarni kuzatib: standart normal tishli g'ildirakning hamma geometrik o'lchamlarini aniqlash uchun ikkita qiymatni bilish kifoya – z tishlar soni va m moduli.

Tishli ilashma va uning parametrlari

Mashinasozlikda va samolyotsozlikda ham keng qo'llaniladigan nolinchi evolventali tishli ilashmalarni o'rganamiz. Bunday ilashmalar ikkita nolinchi tish g'ildirakdan tashkil topgan (musbat va manfiydan farqli o'laroq), kontaktda bo'ladi yoki ilashuvchi g'ildiraklar deyiladi. Bu g'ildiraklar bitta m modulga va z_1 va z_2 tishlar soniga ega.

4.2.7-shaklda bunday ilashma ko'rsatilgan, chapdan birinchi g'ildirak – kichik, o'ngdan ikkinchisi esa – katta. Kichik tishli g'ildirakni ko'pincha shesternya deyiladi. 4.2.7-shakl bo'yicha harakat shesternyadan g'ildirakka uzatiladi. Oldingi ma'ruzada keltirilgan formulalarga asosan shesternya va g'ildirakning geometrik parametrlari aniqlanadi. Ilashgan tishli g'ildiraklarda shunday aylanalar borki, ular bir-biriga tegib turadi va ish protsessida sirpanmasdan yumalaydi. Bu g'ildiraklar r_{w1} va r_{w2} radiuslarga ega va boshlang'ich aylanalar deyiladi. Nolinchi uzatma bo'lgan holatda, tishli g'ildirak boshlang'ich aylana radiuslari bo'luvchi aylana radiuslariga teng bo'ladi: $r_{w1} = r_1$ va $r_{w2} = r_2$. Bu erda shuni ta'kidlash kerakki, hamma geometrik parametrlar w indeksiga ega.³⁹

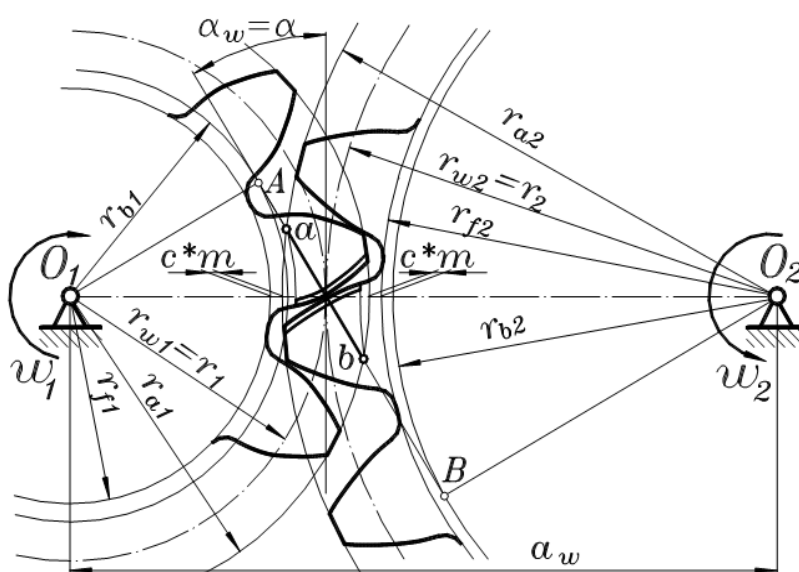
³⁹ Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981

Bir g'ildirak bosh aylanasi va ikkinchi g'ildirak oyoq aylanasi orasidagi masofa – c^*m – 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 (4.2.7-shaklda u markaziy chiziqda yotadi) evolventa xossasiga asosan va ilashuvchi tish evolventasiga umumiy normal o'tqazish mumkin, bu to'g'risida oldingi ma'ruzada aytilganidek, bu normal ilashuvchi tishli g'ildiraklarning asosiy aylanalarga urunma 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 protsessida, ya'ni, ilashish jarayonida, kontakt nuqta har xil holatni egalaydi, biroq istalgan holatda tish yon yuzasiga o'tqazilgan normal evolventa xossalariga asosan asosiy aylanaga urunma bo'ladi. Ilashish protsessida kontakt nuqta asosiy aylanaga o'tqazilgan umumiy urunma bo'yicha siljiydi, shuning uchun bu urunma evolventali uzatmaning ilashish chizig'i hisoblanadi. SHunday qilib, evolventali uzatmaning ilashish chizig'i markaziy chiziqqa ilashish burchagi ostida o'tqazilgan og'ma chiziqdir.



4.2.7-shakl

Ilashish chizig'i nazariy va amaliyga bo'linadi. Nazariy ilashish chizig'i – bu asosiy aylanalar o'tqazilgan urunma chiziqning urinish nuqtalari orsidagi AB kesma (4.2.7-shaklda). Tish evolventasi tishli g'ildirak bosh aylanalar bilan chegaralanganligi sababli, tishning yon yuza kontakti ab amaliy ilashish chizig'i bo'yicha o'tadi, u nazariy chiziqni bosh aylanalar kesishgan nuqtasi. Tishli uzatmalar ishida, 4.2.7-shaklda ko'rsatilganidek, g'ildirakni aylanish yo'nalishi asosida kontakt nuqta amaliy ilashish chizig'i bo'yicha a nuqtadan b nuqtachacha siljiydi, ya'ni a nuqtada tishlar kontaktga kiradi, b nuqtada esa – kontaktdan chiqadi. Bu erda 4.2.7-shaklda ko'rsatilganidek, nazariy ilashish zazorsiz hisoblanadi, ya'ni tishlar orasidagi yon zazor bo'lmaydi; biroq real uzatmalarda yon zazor bo'ladi va uning qiymati g'ildirak tayyorlashning aniqlik darajasiga bog'liq bo'ladi.

Tishli uzama ikkita sifat ko'rsatkichga bo'linadi: geo'metrik va kinematik. Geometrik ko'rsatkich – bu markazlararo masofa:

$$a_w = r_1 + r_2 = \frac{m z_1}{2} + \frac{m z_2}{2}$$

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

Kinematik ko'rsatkich – bu uzatish nisbati, kirish va chiqish g'ildiraklarini hisobga olganda burchak tezliklar nisbatiga (yoki aylanish chastotasiga) teng bo'ladi:

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Ilashmaning asosiy qonuniga asosan

$$u_{12} = -\frac{r_2}{r_1} = -\frac{m z_2}{m z_1}$$

$$u_{12} = -\frac{z_2}{z_1}$$

Tishli uzatmalar – tashqi va ichkiga, sekinlanuvchan va tezlanuvchanga bo‘linadi.

4.2.8-shaklda tashqi ilashma sxemasi ko‘rsatilgan, bunda $z_1 < z_2$. Bu uzatmaning geometrik parametri – markazlararo masofa

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

Kinematik parametr – uzatish nisbati qaysi zveno kirish zvenosi ekanligiga bog‘liq.⁴⁰

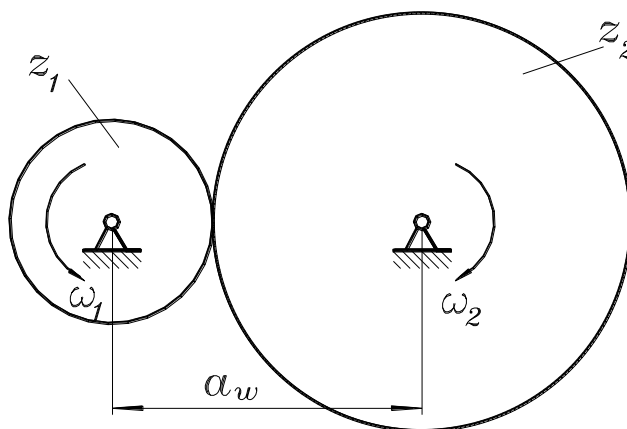
Agar kirish zvenosi kichigi hisoblansa, u holda uzatish nisbati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{z_2}{z_1}$$

Minus ishora tishli g‘ildiraklarni qarama-qarshi yo‘nalishda aylanayotganligini ko‘rsatadi. $z_1 < z_2$ bo‘lganligi uchun, uzatish nisbatining absolyut qiymati $|u_{12}| > 1$, $\omega_2 < \omega_1$ bo‘ladi. Bunday uzatma sekinlanuvchan bo‘ladi va reduktor deyiladi.

Agar kirish zvenosi katta g‘ildirak bo‘lsa, u holda

$$u_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = -\frac{z_1}{z_2}$$



4.2.8-shakl

⁴⁰ Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981

Bu holatda uzatish nisbatining absolyut qiymati $|u_{12}| < 1$, $\omega_1 > \omega_2$ bo‘ladi. Bunday uzatma tezlanuvchan hisoblanadi va multiplikator deyiladi.

4.2.8-shaklda ichki tishli uzatma sxemasi ko‘rsatilgan. Xuddi oldingi holatdagidek $z_1 < z_2$ bo‘lsa, birinchi g‘ildirak tashqi tishlar bilan ikkinchi g‘ildirak ichki tishlar orqali ilashmada bo‘ladi.

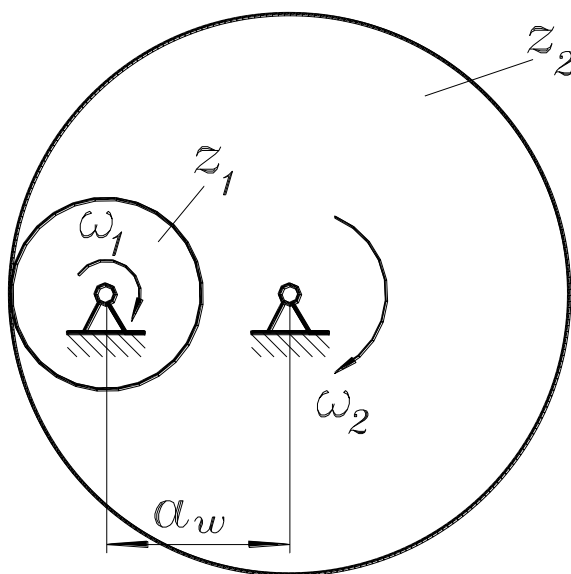
Bunday uzatmaning geometrik parametri – markazlararo masofa:

$$a_w = \frac{m(z_2 - z_1)}{2}$$

Bu erda kinematik parametr – uzatish nisbati har doim musbat, g‘ildiraklar bir xil yo‘nalishda aylanadi. Agar kirish zvenosi birinchi g‘ildirak hisoblansa, u holda bu reduktor bo‘ladi:

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} > 1$$

Agar kirish zvenosi ikkinchi g‘ildirak hisoblansa (ichki tishlisi), u holda bu multiplikator bo‘ladi.



4.2.8-shakl

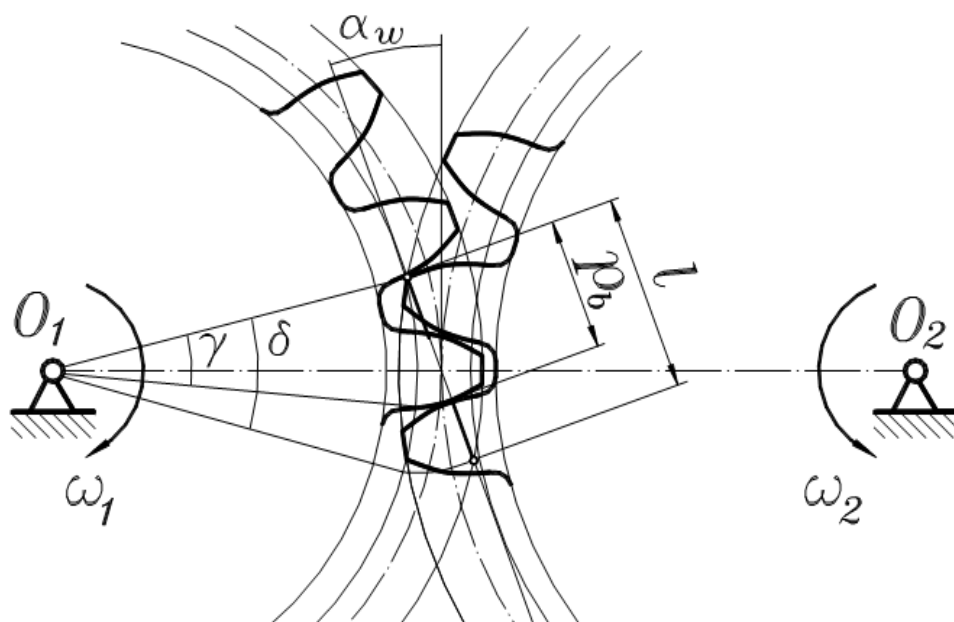
$$u_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{z_1}{z_2} < 1$$

Ko'pchilik hozirgi zamon mashinalarida reduktor ko'rinishidagi tishli mexanizmlardan foydalaniladi, ular mashina dvigatelining aylanish tezligini kamaytiradi, qaysi bir o'lchamlarni qisqartirish uchun yuqori aylanishda bajariladi.

Qoplanish koeffitsienti. Bir va ikki juftli ilashma

Tishli uzatmaning asosiy sifat ko'rsatkichlaridan tanaffuzsiz va uninng silliq ishlashi tushuniladi. 4.2.7-shaklda 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 tanaffus va tishlar orasidagi zarb, agarda real tishli mexanizmda yon zazorni hisobga olganda hosil bo'ladi. Zarbdan qochish maqsadida va harakatni tanaffussiz va silliq uzatishda quyidagi shart bajarilishi kerak, bunda ikkinchi juft ilashmaga kirmaguncha, birinchi juft ilashmadan chiqmasligi kerak. Bu shartni qoplashish deyiladi. Tushunarli, qancha ko'p bir juft tish boshqasi bilan amaliy ilashish chizig'ida yumalansa, shuncha uzatmaning ishi tanaffussiz va silliq bo'ladi.⁴¹

Qoplash hodisasi qoplash koeffitsienti bilan baholanadi. 4.2.8-shaklda γ – tishning burchak qadami, l – amaliy ilashish chizig'i uzunligi.



4.2.8-shakl

⁴¹ Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981

Evolventa xossasiga asosan, ilashish chizig'ida kesma uzunligi asosiy aylanadagi yoyga teng, bu yo'ylar esa markaziy burchakka proporsional, taqsimlash mumkin, δ – amaliy ilashish chizig'ida kontakt nuqtaning siljishiga mos kelgan g'ildirakning burilish burchagi, p_b esa – asosiy aylanada tish qadami. Qoplashish koeffitsienti – bu δ burchakni γ tishning burchak qadamiga nisbati yoki amaliy ilashish chizig'i uzunligini asosiy aylana bo'yicha olingan tish qadamiga nisbati:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{\gamma} = \frac{l}{p_b}$$

Hisobga olib,

$$p_b = p \cos \alpha = \pi m \cos \alpha,$$

olamiz:

$$\varepsilon = \frac{l}{\pi m \cos \alpha}$$

Amaliy ilashish chizig'i uzunligini analitik ifodasidan foydalanib, nolinch tishli uzatmalar uchun qoplashish koeffitsientini hisoblash formulasini olamiz⁴².

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_w \sin \alpha_w}{\pi m \cos \alpha}$$

Nazariy qoplashish koeffitsienti qiymati bir va ikki oralig'ida yotadi, amalda esa:

$$1,2 \leq \varepsilon \leq 1,8.$$

Yuqoridagi kuzatishlardan, ilashish protsessida tanaffussiz ikki juftli ilashmalar ketma-ketligi mavjud bo'ladi, ya'ni vaqtning bir qismida ikki juft tishlar ilashmada, vaqtning bir qismida esa bir juft. 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. SHunday qilib, kinematik nisbatga qaraganda uzatma qoplashish natijasiga qarab silliq hisoblanadi, tishli uzatmalar yuk ostida ishlasa tanaffusli bo'ladi, xususiyl holda, tishli uzatmadan

⁴² Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по куру «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981

hosil bo'lgan shovqin bu tanaffusning natijasidir. Silliqlik ilashishni oshirish uchun va shovqinni kamaytirish maqsadida qiya tishli uzatmalardan foydalaniladi, bunda qoplashish koeffitsienti to'g'ri tishli uzatmaga nisbatan katta bo'lishi mumkin. Ikki juftli va bir juftli ilashmaning ishlash vaqti foizini aniqlash metodikasi quyidagini beradi, masalan: $\varepsilon = 1,25$, 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%.

Nazorat savollari

1. Nolinchi g'ildirak tishi musbat va manfiy g'ildirak tishlaridan nima bilan farq qiladi.
2. Evolventali uzatmaning kinematik silliq ishlashi qanday ta'minlanadi?
3. Slindrik to'g'ri tishli uzatmaning qoplash koeffitsienti qiymati qanday?
4. Bir juft va ikki juftli ilashma nima?
5. Reduktor va multiplikator nima?
6. Ko'p pog'onali yoki ko'p qatorli tishli mexanizmlar nima?
7. Murakkab tishli mexanizm uzatish nisbati qanday aniqlanadi?
8. Parait g'ildirakka ega bir qatorli tishli mexanizm qanday harakterlanadi?
9. Oddiy planetar mexanizm qanday hosil qilinadi?
10. Planetar reduktor sxemalaridan qaysi biri keng qo'llaniladi?
11. Planetar reduktorning uzatish nisbati mingdan katta bo'lishi mumkinmi?

V. BOB. KULACHOKLI MEXANIZMLARNI SINTEZI.

5.1. KULOCHOKLI MEXANIZMLARNING TURLARI, VAZIFASI VA ISHLATILISH SOXALARI.

Kulachokli mexanizmlar turlari

Kulachokli mexanizm sxemalarining ko'p qirraligi ularni harakterli alomatlariga qarab turlarga bo'linishidir. Har qanday turga bo'linish nisbiy, ya'ni to'la bo'lishi mumkin emas, ko'rinishi o'zgarishi mumkin yoki turlarga bo'linish jarayonida yangi alomatlar paydo bo'lishi mumkin. Bu yerda kulachokli mexanizmlarni olti alomat bo'yicha bo'lish mumkin⁴³.

1. Hajm alomati bo'yicha:

- a) tekis;
- b) fazoviy;

Tekis kulachokli mexanizmlarda zvenolar bir yoki parallel tekislikda harakatlanadi (5.1.1a-shakl), agarda bu shart bajarilmasa, mexanizm fazoviy bo'ladi. Shunday mexanizmlardan biri 5.1.1b-shaklda ko'rsatilgan: 1-kulachok ko'rinishida bo'lib, uning cheti maxsus kesilgan va kulachok chizma tekisliga perpendikulyar tekislikda aylanadi, 2-tolkatel esa chizma tekisligida harakatlanadi.

2. Kulachokning harakatlanish harakteri bo'yicha;

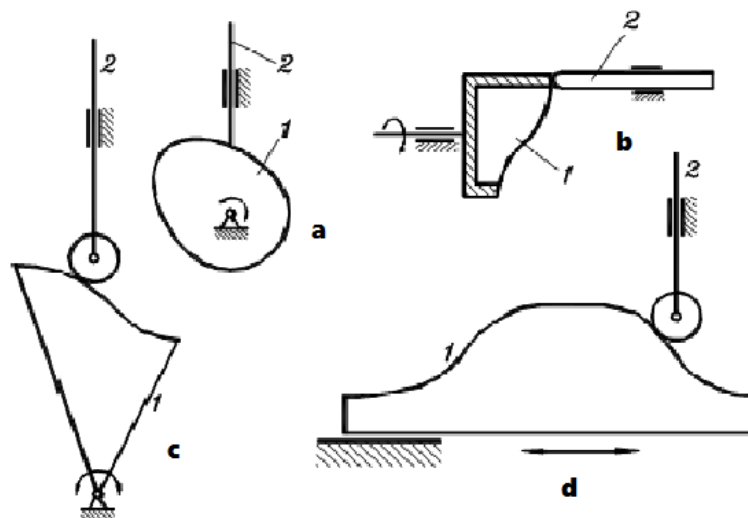
- a) aylanuvchi kulachok;
- b) silkinuvchi kulachok;
- v) ilgarilanma harakatlanuvchi kulachok.

5.1.1a va 5.1.1b-shaklda kulachoki aylanuvchi kulachokli mexanizm sxemasi keltirilgan. 5.1.1c-shaklda kulachoki silkinuvchi kulachokli mexanizm ko'rsatilgan; kulachok vektor ko'rinishida bo'lib, qo'zg'almas nuqtaga nisbatan silkinib harakatlanadi. 5.1.1d-shaklda kulachoki ilgarilanma harakatlanuvchi kulachokli mexanizm sxemasi keltirilgan, bu kulachok qo'zg'almas yo'naltiruvchida qaytma-ilgarilanma harakat qiladi.

⁴³ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов
Издательство ТГТУ 2006

3. Tolkatel harakatining xarakteri bo'yicha:

- a) tolkatel ilgarilanma harakatlanuvchi;
- b) silkinuvchi tolkatelli;
- c) tolkatelli murakkab harakat qiluvchi.



5.1.1-shakl

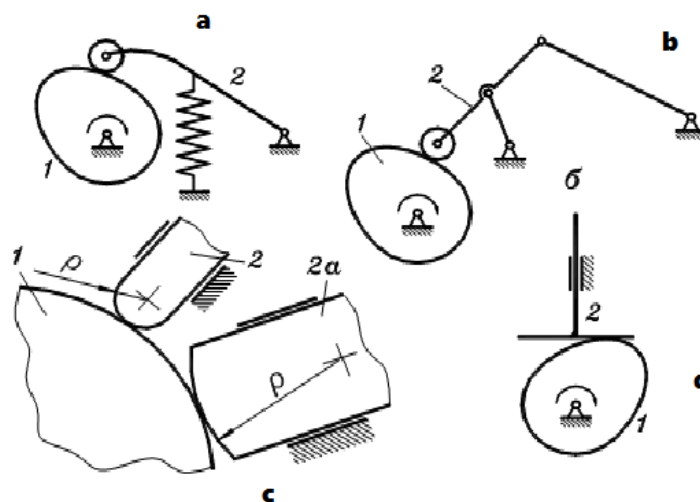
5.1.1-shaklda ko'rsatilgan hamma kulachokli mexanizm sxemalarida tolkatel ilgarilanma harakatlanadi. 5.1.2a-shaklda silkinuvchi tolkatelli kulachokli mexanizm sxemasi keltirilgan: 2-tolkatel qo'zg'almas nuqtaga nisbatan silkinishi mumkin, u harakatining xarakteri 1-kulachok profiliga bog'liq. 5.2.2b-shaklda tolkatelli murakkab harakat qiluvchi kulachokli mexanizm sxemasi ko'rsatilgan. 2-tolkatel sterjenli sharnirli mexanizm bo'lib va u nuqtaning harakat trayektoriyasi bu mexanizm zvenosi o'lchamiga bog'liq, u harakatining xarakteri, ya'ni tezlik va tezlanish 1-kulachokning profilidan aniqlanadi.

4. Tolkatelning konstruksiyasi bo'yicha – kulachok bilan bog'langan tolkatelning bir qismi ko'riladi:

- a) o'tkir uchli tolkatelli;
- b) yassi tolkatelli;
- c) tekis tolkatelli;
- d) rolikli tokatelli.

O'tkir uchli tolkatelli kulachokli mexanizm sxemasi 5.1.1a-shaklda berilgan, yassi tolkatelligi esa kulachokning bog'lanishi oliy kinematik juftni tashkil etadi,

nazariyada bog‘lanish bitta nuqtada bo‘ladi. Haqiqatda kinematik juft elementlarining elastik siqilish natijasida kulachokdan tolkatelga uzatilayotgan kuch, bog‘lanish sirtlarida kontakt yuza hosil qiladi, bu yuza qancha katta bo‘lsa, kuchni uzatish sharti shuncha yaxshi bo‘ladi, ya’ni kulachokli mexanizm ishlash sharoiti yaxshilashadi. 5.1.1a-shaklda ko‘rsatilgan kulachokli mexanizmda bu sharoitlar eng yomon, tolkatelning oxiri o‘tkir uchli qilingan. Bunday kulachokli mexanizm katta kuchlarni o‘tkaza olmaydi, u o‘lchash sistemalarida foylalanishi mumkin, kulachok profilining yaqinlik darajasi bilan⁴⁴.



5.1.2-shakl

Tolkateli yoy shaklida bo‘lgan kulachokli mexanizmlar asosan (5.1.1b-shakl) kuchga ishlaydi, bunda tolkatelning yoy qismining egrilik radiusi qancha katta bo‘lsa, shuncha kontakt zonada katta yuza hosil bo‘ladi va shu bilan kuchni uzatish sharti osonlashadi. 5.1.2c-shaklda ikkita yumaloqlangan tolkatel 1-kulachok bilan bog‘langanligi 5.1.2a-ko‘rsatilgan tolkatelda yumaloqlangan qismning egrilik radiusi 2- tolkatelga qaraganda katta; gapirish mumkinki, 5.1.2 a-tolkatelning egrilik yumaloqlangan qismi 2-tolkatelga qaraganda kichik, ya’ni egrilik radiusi qancha katta bo‘lsa, shuncha egrilik kichik bo‘ladi.

Kontakt yuzaning katta bo‘lganligi sababli, 5.1.2 a-tolkatelning ishlash sharoiti yaxshi. Yumaloq tolkatelli kulachokli mexanizmlar porshenli

⁴⁴ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006

dvigatellarning gaz taqsimlash sistemasida, kompressor klapanlarining ocsilib va yopilishini ta'minlash uchun qo'llaniladi.

Tolkatelning egrilik radiusi cheksizlikka o'sib borishida egrilik nolga kamayadi va tolkatel kulachok orasidagi kontakt yuza eng katta bo'lgan tekis tolkatel hosil bo'ladi va mos ravishda kuchni uzatish sharoiti eng katta bo'ladi. 5.1.2a-shaklda tekis tolkatelli kulachokli mexanizm sxemasi ko'rsatilgan. Tolkatelning konstruksiyasi sterjen va tekis tarelkadan iborat bo'lib, u planda yumaloq formaga ega. Shunday mexanizmlar tekislikda keng qo'llaniladi.

O'kir uchli, yumaloq va tekis tolkatelli kulachokli mexanizmlarning umumiy kamcxiligi ishlash davrida kulachok va tolkatel orasidagi sirpanib ishqalanishning mavjudligi. Tolkatel rolikka ega bo'lgan kulachokli mexanizmlar bundan mustasnodir. (5.1.1c, 5.1.1d, 5.1.2a, 5.1.2b-shakllar). Bunda qo'shimcha zveno (rolik) ning borligi va aylanma kinematik juftidagi zazor. «Rolik-tolkatel» kulachokning yuqori chastotada aylanishidan hosil bo'lgan tebranishlar bunday mexanizmlarni qo'llashni chegiradi⁴⁵.

5. Kulachok va tolkatelning o'zaro doimiy kontaktda bo'lishini ta'minlash bo'yicha (tutashuv bo'yicha)

- a) kuchli tutashuv;
- b) kinematik (geometrik) tutashuv.

Kuchli tutashuvlarda tolkatel kulachokka og'irlik kuchi yoki maxsus qurilmalar (pnevmo yoki gidrotslindrlar) yordamida tegib turadi Keng tarqalgan prujina bilan bosish (5.1.2a-shakl), bunda kulachokning yuqori aylanishida tolkateldan uzilmaslik bo'yicha parametrlar hisoblanadi. Kinematik (geometrik) tutashuvda, mexanizmning konstruktiv xususiyatlariga ko'ra tolkatel kulachok profilidan ajralmasligi kerak. 5.1.3-shaklda mumkin bo'lgan konstruksiyalardan bo'lgan konstruksiyalardan biri ko'rsatilgan.

Bu erda 3-rolik 2-tolkatelning chuqurchasiga kiradi, u 1-kulachok profilining diski bajarilgan. Rolik chuqurlikning ichida yumalash uchun, uning diametri

⁴⁵ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006

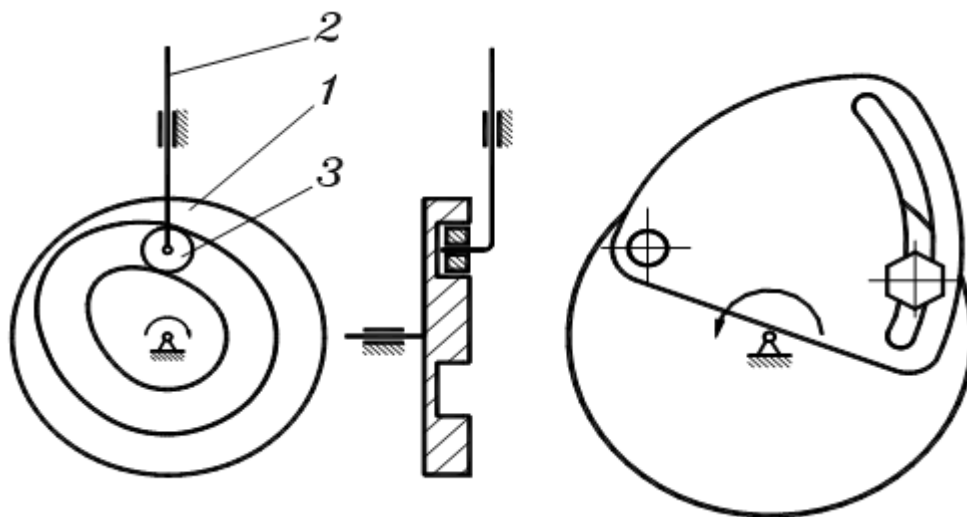
chuqurlikning enidan kichik bo'lishi kerak, bu gap tomondagi kesimda yaxshi ko'rinib turibdi. Kulachokning har bir aylanishida, kulachok va rolik oralig'idan zazor yordamida rolik chuqurlikning gox bir tomoniga, gox ikkinchi tomoniga bosiladi. Katta tezliklarda bu zarbaga uchraydi, shuning uchun o'xshash mexanizmlardan kichik tezliklarda foydalaniladi.

6. Nazorat qilish mumkinligi bo'yicha:

- a) Nazorat qilib bo'lmaydi;
- b) Nazorat qilinadi.

Shu paytgacha ko'rib chiqilgan hamma mexanizmlarni regulirovka qilib bo'lmaydi. Regulirovka qilinadigan kulachokli mexanizm ham bor, ularni parametrlarini o'zgartirish kerak. Tolkatelning holati, tolkatel yo'li va kulachok profili regulirovka qilinishi mumkin.

5.1.3b-shaklda profili regulirovka qilinadigan mumkin bo'lgan kulachok konstruksiyasi ko'rsatilgan. Profilning aniq sektori sharnirda diskka o'rnatilgan va har xil holatlatlarda vint yordamida mahkamlangan, shu bilan profilning o'zgarishini ta'minlaydi.



5.1.3-shakl

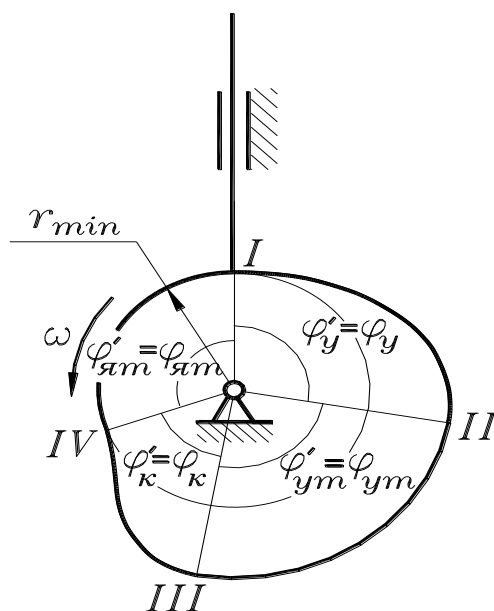
Hamma ko'rsatilgan oltita konstruktiv hususiyatga ko'ra alohida kulachokli mexanizmnı xarakterlashi mumkin. Masalan, 5.1.2a-shaklda ko'rsatilgan mexanizm to'la quyidagicha ta'riflanishi mumkin: aylanuvchi kulachokka ega

boʻlgan tekis regulirovka qilib boʻlmaydigan rolikli silkinuvchi tolkatel va kuchli tutashuvga ega kulachokli mexanizm.

Oddiy kulachokli mexanizmning geometriyasi va kinematikasi

Kulachokli mexanizmning geometriya va kinematikasini bir-biridan ajratib boʻlmaydi chunki kulachokning formasi tolkatel harakatining xarakteriga bevosita bogʻliq. Buni aylanuvchi kulachokli va ilgarilanma harakatlanuvchi oʻtkir uchli tolkatelli kulachokli mexanizm misolida koʻrib chiqamiz (5.1.1a-shakl).

Kulachokdan boshlaymiz. Koʻpincha, kulachok profili ikkita konsentrik aylana yoydan tuzilgan boʻlib, egri chiziqlar birlashmasi boʻladi (5.1.4-shakl); bu chiziqlarni formasi har xil boʻlib, loixalashtirilaveriladi. Kichik aylanani minimal radiusdagi r_{min} aylana deyiladi va istalgan kulachok konstruksiyasining asosida yotadi. Aylana yoylarini egrilik bilan tutashgan nuqtalari (5.1.4-shaklda I, II, III, IV nuqtalar) profilning harakterli nuqtalari boʻladi. Sxemada kulachok shunday buchak holatda koʻrsatilganki, unda tolkatel I nuqtada kontaktda boʻladi.



5.1.4-shakl

Tolkatel harakatini kulachok aylanishida koʻramiz. Kulachok aylanish yoʻnalishi (soat strelkasiga teskari) boʻyicha φ'_u burchakka burilganda, tolkatel kulachok markazidan uzoqlashadi shuning uchun profildagi I-II uchastkani

uzoqlashuv uchastkasi deyiladi, bu uchastkaga mos ravishda markaziy burchak φ'_u – profil uzoqlashuv burchagi to'g'ri keladi. Kulachokning kelgusi burilishida tolkatel II-III uchastkada kulachok profili bilan kontaktda bo'lib, u aylana yoyi bo'yicha bajarilgan, tolkatel bu holatda qo'zg'almas bo'lib, kulachok markazidan eng uzoqda joylashadi. Shuning uchun bu profil uchastkani uzoqda turish uchastkasi deyiladi, unga kulachokning markaziy burchagi φ'_d mos keladi, shu sababdan uni uzoqda turish profil burchagi deyiladi. Tolkatel III-IV uchastkada profil bilan kontaktda bo'lganda, tolkatel kulachok markazi tomon yo'naltiruvchi bo'yicha qaytadi. Shuning uchun, bu uchastkani profilning qaytish uchastkasi deyiladi, unga kulachokning markaziy burchagi φ'_v mos keladi, uni profilni qaytish burchagi deyiladi. IV-I uchastkadagi kontaktda tolkatel kulachok markaziga eng yaqin holatda qo'zg'almas bo'ladi, mos ravishda bu uchastkani yaqinlashuv uchastkasi deyiladi, φ'_b – kulachok burchagini esa profil yaqinlashuv burchagi deyiladi⁴⁶.

Kulachokli mexanizmning geometrik va kinematik parametrlari to'g'risida gapirilganda, kulachokning profil burchaklari va kulachokli mexanizmning faza burchaklarini farqlash kerak. Kulachokning profil burchaklari – bu kulachokning markaziy burchaklari bo'lib, profilni xarakterli uchastkalari bilan chegaralangan; profil burchaklar kulachokka tegishli, ya'ni uning geometrik parametrlari hisoblanadi; bu burchaklar yuqorida ko'rilgan. Kulachokli mexanizmning faza burchaklari – bu kulachokning burilish burchagi (φ_u , φ_d , φ_v i φ_b), tolkatel harakatining bazasiga mos tushadi: uzoqlashuvi, qaytuv, uzoqda va yaqinda turish faza burchaklar kulachokli mexanizmga tegishli bo'lib, uni kinematik parametrlari deyiladi.

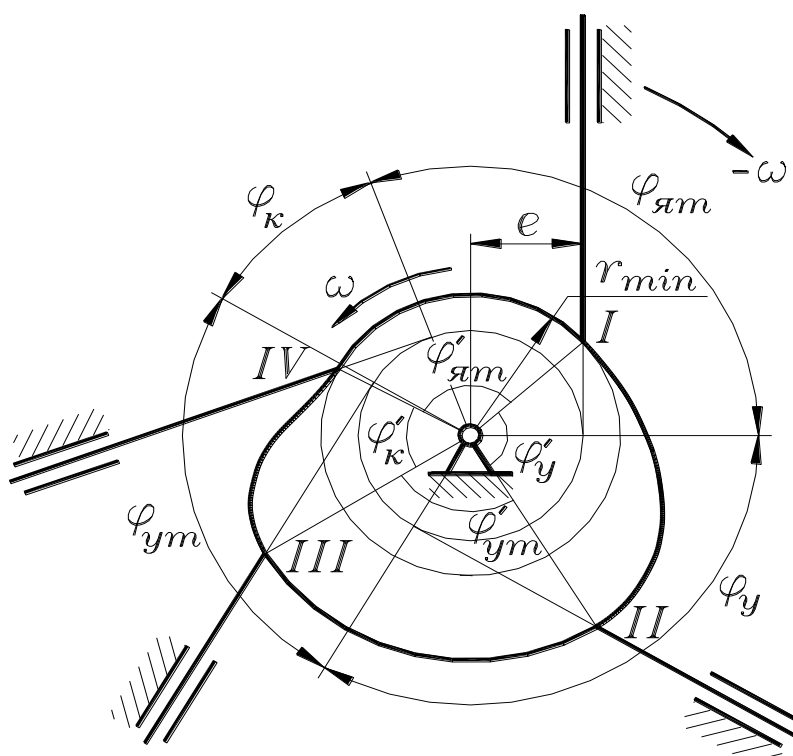
Profil va faza burchaklar o'tkir uchli tolkateli ilgarilanma harakatlanuvchi markaziy kulachokli mexanizmlarda faqat ustma-ust tushadi; markaziy mexanizmda tolkatelni harakat chizig'i kulachokning aylanish markazidan o'tadi (5.1.4-shakl).

⁴⁶ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006

Profil va faza burchaklar markaziy bo'lmagan kulachokli mexanizm misolida ustma-ust tushmasligini ko'rsatamiz (5.1.5-shakl).

Bu mexanizmدا tolkatelni harakat chizig'i kulachokning aylanish markazidan o'tmaydi, undan e masofada uzoqda qoladi, uni eksentrisitet deyiladi. Kulachokli mexanizm tolkatel kulachok bilan I nuqta bog'langan holati ko'rsatilgan.

Bu mexanizm ishini analiz qilish uchun harakatni aylantirish metodidan foydalanamiz, bunda kulachok qo'zg'almas deb qaralib, tolkatelga yo'naltiruvchisi bilan kulachok markazi atrofida - ω_1 burchak tezlik aylanish beriladi, ya'ni kulachok aylanish yo'nalishiga teskari yo'nalish. Bu sistema burilishida tolkatel yo'naltiruchi bo'ylab, kulachok profili orqasidan siljiydi. Tolkatelni kulachok profilidagi II, III va IV xarakterli nuqtalarida bog'langan holatini chizamiz.



5.1.5-shakl

Tolkatel bu holatlarda e radius bilan chizilgan aylanaga o'tqazilgan urinma bo'ylab joylashadi. Tolkatelni bu holat oralig'idagi burchaklar kulachokning burilish burchagiga teng bo'ladi, mos ravishda tolkatelning harakat fazasi, ya'ni faza burchagi. Bu burchaklarni ko'rsatish uchun urinish nuqtalaridan radiuslar o'tkazamiz; bu radiuslar oralig'idagi burchaklar, faza burchaklari bo'ladi. Profil va faza burchak farqi 5.1.5-shakldan ko'rinib turibdi: φ_u uzoqlashuv faza burchagi φ'_u

profil burchagidan katta, φ_v qaytish faza burchagi esa φ'_v profildan kichik. Uzoqda va yaqinda turish uchastkasida bu burchaklar bir xil.

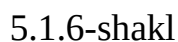
Oddiy kulachokli mexanizmning kinematik diagrammalarini qurish

Tolkatelning siljish diagrammasini qurish uchun aniq uzunlik masshtabda bajarilgan, kulachokli mexanizmning sxemasi berilgan bo'lishi kerak (5.1.6-shakl). Kulachokli mexanizmning kinematik analizida harakatni aylantirish metodida foydalaniladi, bunda kulachok to'xtatilgan deb faraz qilinib, tolkatelga yo'naltiruvchisi bilan birga kulachok mexanizm atrofida - ω_1 , burchak tezlik aylanish beriladi, ya'ni kulachokning aylanma harakat yo'nalishiga teskari yo'nalishda bo'ladi. Bu sistemani burilishida tolkatel kulachok profilidagi yo'naltiruvchi bo'yicha siljiydi. Mexanizm sxemasida uzoqlashish va qaytish burchaklari oralig'ida tolkatelning bir qancha holatlari ko'rsatilgan, bunda holatlar soni qurishning aniqlik darajasiga va chizmaning o'lchamiga qarab aniqlanadi. 5.1.1-shaklda tolkatelning o'nta holati berilgan: beshtasi uzoqlashish burchagi oralig'ida (birinchidan beshinchi holatgacha) va beshta boshqasi qaytish burchagi oralig'ida (oltinchidan o'ninchigacha)⁴⁷.

Tolkatelning siljishini chizmada ko'rish uchun, uning harakat chizig'ini har bir holatda kulachok markazigacha cho'zamiz. Tolkatel bilan kulachokning kontakt nuqtasini mos ravishdagi indeksda K harfi bilan, tolkatelning harakat chizig'ini minimal radius bilan chizilgan aylanada uchrashgan nuqtasini esa D harfi bilan belgilaymiz. Chizmadan tushunarliki, tolkatelning berilgan birinchi holatdagi siljishi mos ravishda KD kesmaga teng (uzunlik masshtabini hisobga olganda): birinchi holatda siljish nolga teng va K va D nuqtalar ustma-ust tushadi, ikkinchi holatda tolkatelning siljishi $\overline{s_2} = \overline{D_2K_2}$, uchinchi $\overline{s_3} = \overline{D_3K_3}$ va h.k. Umumiy holatda yozish mumkin:

$$\overline{s_i} = \overline{D_iK_i}$$

⁴⁷ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006


$$\mu'_{\varphi} = \frac{\varphi_u}{\varphi_y} \text{ (grad/mm)}$$
$$\varphi_u = \varphi_y + \varphi_{ym} + \varphi_K$$

φ_y – abssissa o'qida ishchi burchagining ko'rinishi mm da.

170

Ishchi burchagining ko‘rinishi – bu grafik absissa o‘qidagi ixtiyoriy kesma, o‘lchami chizma o‘lchamiga qarab olinadi. Bu kesma mos ravishda faza burchaklarining haqiqiy qiymatlariga bo‘linadi. Kulachokning bo‘linish burchagini gradus o‘lchovida olingan masshtabdan tashqari bu masshtabni radian o‘lchovida ham hisoblash kerak:

$$\mu_{\varphi} = \mu_{\varphi} \frac{\pi}{180} \text{ (rad/mm)}$$

Mexanizm sxemasidek uzoqlashish va qaytish burchak kesmalarini teng bo‘laklarga bo‘lamiz va bo‘linish nuqtalaridan tik chiziqlar o‘tkazamiz. Grafikda siljish va mexanizm sxemasi masshtablari bir xilda tiklangan, shu sababli mexanizm sxemadan $\overline{D_i K_i}$ kesmalarni mos ravishda tik chiziqqa qo‘yib chiqamiz. Bu kesma oxirlarini egri chiziq bilan tutashtirib, tolkatelni siljishini kulachok burilish burchagi funksiyasidagi grafikni hosil qilamiz. Bu grafik kulachok burchak tezligining o‘zgarishida o‘zgarmaydi, u kulachok profilining formasiga bog‘liq.

Kinematik diagrammalarga o‘tib, tolkatelning tezlik va tezlanishini o‘zgarishini ko‘rsatuvchi, kulachokning burchak tezligini o‘zgarishida tezlik va tezlanish parametrlari o‘zgarmay, ular faqat profilning formasiga bog‘liq bo‘lib qoladi. Bunday parametrlar tezlik va tezlanish analoglari bo‘ladi.

Tezlik analogi – bu tezlik qiymatiga proporsional, vaqtga bog‘liq bo‘lmasdan, mexanizm kirish zvenosi burilish burchagiga bog‘liq (bu erda – kulachok), ya’ni bu siljishning burilish burchagi bo‘yicha birinchi hosilasi:

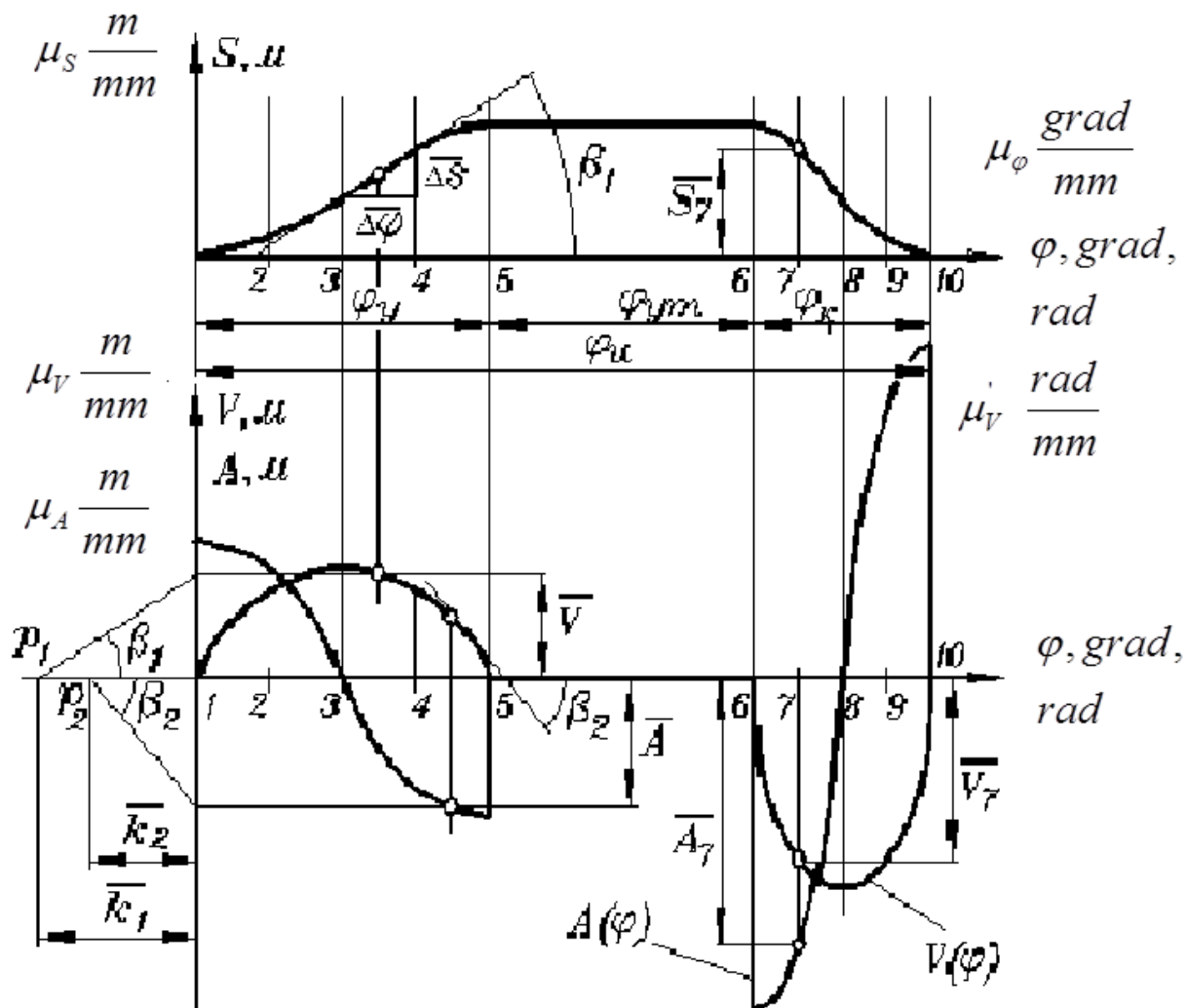
$$V = \frac{ds}{d\varphi}$$

Tezlik analogi va haqiqiy tezlik orasidagi bog‘lanishni topish uchun bo‘linmani dt ko‘paytirib bo‘lamiz:

$$V = \frac{ds dt}{d\varphi dt}$$

Bu erda ds/dt – bu chiziqli tezlik (tolkatelniki), $d\varphi/dt$ esa kirish zvenosining burchak tezligi (kulachokniki). Shuning uchun,

$$V = \frac{v}{\omega} \text{ (m)}$$



5.1.7-shakl

Tezlanish analogi – bu kirish zvenosi siljishining burilish burchagi bo‘yicha ikkinchi hosilasi:

$$A = \frac{d^2 s}{d\varphi^2}$$

Tezlik va tezlanish analogi o‘rtasidagi bog‘lanishni topish uchun bu bo‘linmani dt^2 ga ko‘paytirib bo‘lamiz.

$$A = \frac{d^2 s dt^2}{d\varphi^2 dt^2}$$

Bu erda d^2s/dt^2 – bu chiziqli tezlanish (tolkatelniki), $d\varphi^2/dt^2$ – burchak tezlik kvadrati (kulachokniki). SHuning uchun,

$$A = \frac{a}{\omega^2} \text{ (m)}$$

Chiziqli tezlik va tezlanish analoglari uzunlik o'lchoviga ega.

Tolkatelning tezlik va tezlanish analog grafiklari 5.1.7-shaklda bitta koordinat sistemasiga birlashtirilgan. Ular grafik differensiallash metodi bo'yicha quriladi. Tezlik analog grafigi tolkatelning siljish diagrammasini grafik differensiallash metodi bo'yicha quriladi.

Tezlik analogi siljishning burilish burchagi bo'yicha hosilasi bo'lib, u tasvir masshtabini hisobga olganda Δs va $\Delta\varphi$ elementar siljishga proporsionaldir, bu 5.1.7-shaklda 3-4 uchastkada ko'rsatilgan. Hosil qilingan to'g'ri burchakli uchburchakning katetlar nisbati β_1 burchakning tangensiga teng. Kichik cheksizlikka o'tib yozamiz:

$$V = \frac{\overline{ds} \mu_s}{\overline{d\varphi} \mu_\varphi} = \operatorname{tg} \beta_1 \frac{\mu_s}{\mu_\varphi}$$

Shunday qilib, tolkatelning tezlik analogi berilgan uchastkada kulachok burilishining qiymati, bu uchastkaning o'rtasida grafikdagi tolkatel siljishiga o'tkazilgan urinma burchagining tangensiga proporsional.

Bu qiymat grafik usulida tezlik analog diagrammasini koordinat sistemasida tasvirlash uchun, quyidagicha yo'l tutamiz. Grafikda abssissa o'qini chap tomonga davom ettirib va uning davomida K ixtiyoriy kesma uzunligini qo'yamiz, uni grafik differensiallash bazasi deyiladi. Bu baza R ning oxiridan (differensiallash qutbi) $s(\varphi)$ grafikka urinma qilib ordinata o'qi bilan kesishguncha nur o'tkazamiz. Ordinata o'qida hosil qilingan tolkatel tezlik analogi tasviri bo'lib, uning qiymati β_1 burchak tangensiga proporsionaldir. (5.1.7-shakl) Bu tasvirning masshtabi va 5.1.7-shaklni hisobga olganda, quyidagicha topiladi:

$$\mu_V = \frac{V}{\bar{V}} = \frac{tg \beta_1 \mu_s}{\mu_\varphi \bar{k}_1 tg \beta_1}$$

Qisqartirilgandan so‘ng tezlik analogi masshtabi formulasini olamiz:

$$\mu_V = \frac{\mu_s}{\mu_\varphi \bar{k}_1} \text{ (m/mm)}$$

Hosil qilingan kesma 3-4 uchastkada tolkatel tezlik analogi tasviri bo‘ladi, ordinata o‘qi bilan nurning kesishgan nuqtasidan gorizontal o‘tqazib, 3-4 uchastkaning o‘rtasidan esa vertikal o‘tqazamiz. Bu chiziqlarni kesishish nuqtasida tolkatel tezlik analog grafigi yotadi. Har bir uchastkada qurishni davom ettirish natijasida, $V(\varphi)$ tezlik analogi kinematik diagrammasini hosil qilamiz.

Tezlanish analogi kinematik diagrammasi 5.1.7-shaklda tezlik analogi diagrammasini grafik differensiallash yordamida o‘sha koordinat sistemasida qurilgan. Bu grafikka har bir uchastkaning o‘rtasidan urinma o‘tkaziladi 5.1.7-shaklda ulardan biri ko‘rsatilgan – 4-5 uchastkada β_2 burchak ostida absissa o‘qiga og‘ma o‘tkazilgan), absissa o‘qining davomiga ixtiyoriy kesma qo‘yiladi – k_2 grafik differensiallash bazasi, r_2 qutbdan urinmaga parallel qilib nurlar o‘tkazamiz, bu yuqorida yozilgan. Natijada $A(\varphi)$ tezlanish analogi diagrammasi hosil bo‘ladi. Diagramma masshtabi (4.8) o‘xshash hisoblanadi.

$$\mu_A = \frac{\mu_V}{\mu_\varphi \bar{k}_2} \text{ (m/mm)}$$

Tolkatelning kinematik parametrlarini kinematik diagrammalar bo‘yicha analizi

Kinematik diagrammalar tolkatel harakatining analizi uchun kerak, xuddi tezlik va tezlanish rejalari konkret bu parametr qiymatini hisoblash uchun kerak bo‘lganidek.

Kinematik diagrammalar kulachokli mexanizm ishida tolkatel harakatining to‘la mohiyatini beradi. $s(\varphi)$ kinematik diagrammani analiz qilishda ko‘rish mumkin, uzoqlashish fazasida tolkatelning siljish egriligi – silliq egri chiziq, 1 – 3 oraliqda botiqlik chiziq bo‘lib, 3 – 5 oraliqda qabariqli chiziq bo‘ladi, 1 va 5

nuqtalarda, egrilik nolga teng bo‘ladi. 3 holatdagi egrilik nuqtasi botiqlikdan qabariqlikka o‘tish nuqtasidir. Bu egrilik qaytish fazasida ham shu ko‘rinishga egadir.

Tezlik analogi grafigi ko‘rsatadiki, uzoqlashish fazasining birinchi yarim vaqt oralig‘ida tolkatel tezligi noldan asta-sekin oshib boradi, 3 holatda maksimumga erishadi ($s(\varphi)$ grafikda o‘tish nuqtasidagi holat), so‘ng 5 holatga qarab nolgacha kamayib boradi – uzoqda turish fazasining boshlanishidir. Qaytish fazasida tolkatel tezligining o‘zgarish xarakteri o‘xshash bo‘lib, $V(\varphi)$ grafik manfiy oblastda joylashadi, bu tolkatel harakati uzoqlashish fazasiga nisbatan qarama-qarshi harakatlanayotganligini ko‘rsatadi.

Tezlanish analog diagrammasi ko‘rsatadiki, 1 holatda tolkatelning tezlanishi noldan qandaydir qiymatgacha sakrash bo‘ladi, so‘ng sekin-asta tezlanishning kamayishi 3 holatdan nolgacha boradi (bu holatda tezlik maksimumga erishadi – maksimum funksiyasining hosilasi nolga teng), shundan so‘ng tezlanishning ishorasi o‘zgaradi. Tezlik va tezlanish analog diagrammalari birgalikda analiz qilinganida, shunday xulosaga kelish mumkinki, uzoqlashish va qaytish fazalarining birinchi yarmida tolkatel tezlanuvchan xarakatlanadi, ya’ni tezlik va tezlanish ishoralari bir xildir, bu farazlarning ikkinchi yarmida – sekinlanuvchan, ya’ni uning ishoralari har xildir⁴⁹.

Kinematik diagrammalardan berilgan holatda tolkatel harakatining konkret parametrlarini topish mumkin. 7 holatda tolkatelning siljishi, tezlik va tezlanishini topamiz (5.1.7-shakl).

Tolkatelning siljishi, ya’ni uning markaziga eng yaqin bo‘lgan holati:

$$s_7 = \overline{s_7} \mu_s \text{ (m)}$$

bu erda $\overline{s_7}$ siljish diagrammasining ordinatasi.

tolkatel tezligini topamiz:

$$v_7 = \overline{V_7} \mu_v \omega \text{ (m/s)}$$

⁴⁹ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006

bu erda $\overline{V}_7$ tezlik analogi diagrammasining ordinatasi.

tezlanishini topamiz:

$$a_7 = \overline{A}_7 \mu_A \omega^2 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

bu erda $\overline{A}_7$ tezlanish analogi diagrammasining ordinatasi.

Nazorat savollari

1. Kulachokli mexanizm nima?
2. Kulachok va tolkatel qanday harakat qilishi mumkin?
3. Tekis va fazoviy kulachokli mexanizm nima bilan farqlanadi?
4. Tolkateli rolikli kulachokli mexanizm afzallik va kamcxiliklari nima?
5. Kuch va kinematik tutashuvli kulachokli mexanizmlar farqi nimada?
6. Regulirovchi kulachokli mexanizmida nima regulirovka qilinadi?
7. Harakatni aylantirish metodi nima?
8. Profil va faza burchaklar orsidagi farq nimada?
9. Qanday kulachokli mexanizmida profil va faza burchaklari teng bo‘ladi?
10. Kulachokli mexanizmlarni kinematik tekshirish metodi nima?
11. Kinematik diagrammalarining koordinata o‘qlarining masshtablari qanday hisoblanadi?
12. Kulachokli mexanizmlarni ishlashida qattiq va yumshoq zarblar nima bilan xarakterlanadi?

5.2. KULOCHOKLI MEXANIZMLARNI LOYIHALASHDA CHIQISH ZVENOSINING XARAKAT QONUNLARI VA ULARNI TANLASH.

Kulachokni minimal radiusini aniqlash

Kulachokni minimal radiusini aniqlash metodikasida asosan harakatni uzatish burchagi qiymatini aniqlash yotadi, shunga asosan kulachokli mexanizmni berilgan holatida harakatni uzatish burchagi – bu shu holatda tolkatelning absolyut va

nisbiy tezlik vektorlari orasidagi burchak. Kulachokni aylanishiga qarab bu burchak o'zgarib boradi. Bu burchak o'zgarish kartinasini olish uchun uni kulachokning minimal radiusi bilan bog'lovchi quyidagi harakatni bajaramiz.

μ_1 masshtabda bajarilgan mexanizm sxemasida (5.2.1-shakl), tolkatel harakatini aylantirishdagi kerakli holatlar sonini ko'rsatamiz: 5.2.1-shaklda 10 holat berilgan. Bitta holat uchun (5.2.1-shakl to'rtinchi uchun) $\mu_v = \mu_1 \omega_1$ masshtabda tezlik rejasini quramiz: kulachok kontakt nuqtasining pk_1 tezlik vektori K_4 nuqtadagi radius-vektorga teng va perpendikulyar nisbiy tezlik vektori K_1K_2 , kulachok profiliga K_4 kontakt nuqtadan o'tqazilgan urinmaga parallel, tolkatelning rk_2 absolyut tezlik vektori esa tolkatelning harakat yo'nalishiga parallel, ko'rilayotgan holatda – K_4 nuqtadagi radius vektoriga parallel.

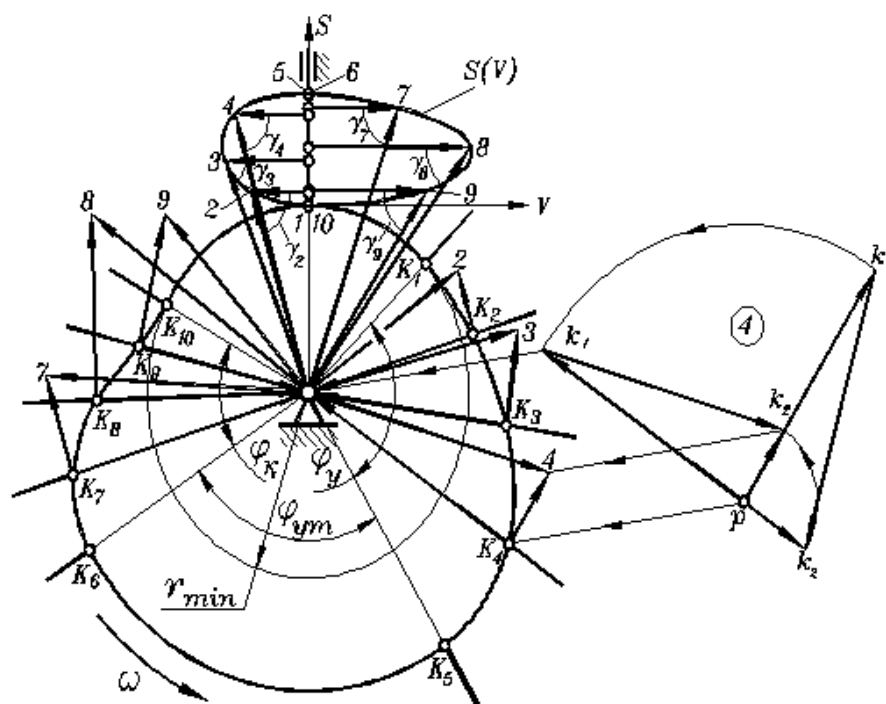
Endi tezlik rejasini kulachokning aylanish yo'nalishida 90° buramiz va uni mexanizm sxemasi bilan shunday birga qo'shamizki, reja qutibi K_4 kontakt nuqta bilan ustma-ust tushsin. Unda rk_1 vektor K_4 nuqtadagi radius-vektor bilan ustma-ust tushadi, $K_1 K_2$ vektor kontakt nuqtadan profilga o'tqazilgan normalga parallel bo'ladi, rk_2 vektor esa tolkatel harakat yo'nalishiga perpendikulyar bo'ladi. Chizmani qisqartirish uchun K_1 nuqta belgilanmagan, k_2 ning belgilanishi esa 4 raqam holat nomeri bilan almashtirilgan.

Mexanizm sxemasi bilan birga qo'sxilgan burilgan tezlik rejasi, qolgan hamma holatlarda yuqoridagi abzatsda keltirilgan qoidaga asosan quriladi.

Hamma tezliklar rejasini tik holatga buramiz, ya'ni tolkatelning tik ko'rsatilgan holatidek. Burilgan rk_1 vektorlar tezlik rejasida bir-biri bilan ustma-ust tushadi (5.2.1-shaklda bu vektorlar ko'rsatilmagan). Tolkatelning burilgan RK_2 absolyut tezlik vektori gorizontall joylashadi va tolkatelning holati mos ravishda sonlar bilan belgilangan. Burilgan $K_1 K_2$ nisbiy tezlik vektori – kulachokning aylanish markazi bilan tolkatelning burilgan absolyut tezlik vektori oxirini birlashtiradi, ular sonlarda belgilangan⁵⁰.

⁵⁰ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006

Yuqorida keltirilgan aniqlashga asosan, tolkatelning absolyut va nisbiy tezlik vektorlari orasidagi burchak – kulachokli mexanizmning har xil holatlaridagi uzoqlashish va qaytish fazalaridagi γ harakatini uzatish burchagidir. Shakldan ko‘rinib turibdiki, γ burchak qancha kichik bo‘lsa, kulachok markazini tolkatelning absolyut tezlik vektori oxiri bilan birlashtiruvchi og‘malik vertikal chiziqqa nisbatan shuncha katta bo‘ladi. γ harakatni uzatish burchagining minimal qiymatini topish uchun absolyut tezlik vektorlarning oxirlarini ravon chiziqlar bilan birlashtirish kerak va kulachok markazidan unga urunmalar o‘tqaziladi.



5.2.1-shakl

$\mu_v = \mu_1 \omega_1$ mashshtabda bajarilgan tezlik vektorlari, tezlik analog vektorlari hisoblanadi. Shuning uchun yuqorida ko‘rsatilgan vektorlar oxirini birlashtiruvchi egrilik tolkatelning siljishi bilan uning tezlik analogi $S(V)$ bog‘lanishini ko‘rsatuvchi grafikdir (5.2.1-shakl).

Kulachokni minimal radiusini aniqlashda kerak bo‘lgan $S(V)$ grafikning ba’zi - bir xosalarini belgilaymiz:

a) $S(V)$ grafikni aylanib o‘tish yo‘nalishi kulachokning aylanish yo‘nalishiga teskari;

b) agar kulachok soat strelkasiga qarshi aylansa (5.2.1- shakldagidek), $S(V)$ grafikning chap qismi (S ordinata o'qining chap tomonida yotgan qismi) tolkatelning fazasiga mos keladi, o'ngga esa – qaytish fazasiga;

v) va teskari, agar kulachok soat strelkasi bo'yicha aylansa, unda $S(V)$ grafikning chap qismi tolkatelning qaytish fazasiga, o'nggi esa – uzoqlashish fazasiga mos keladi;

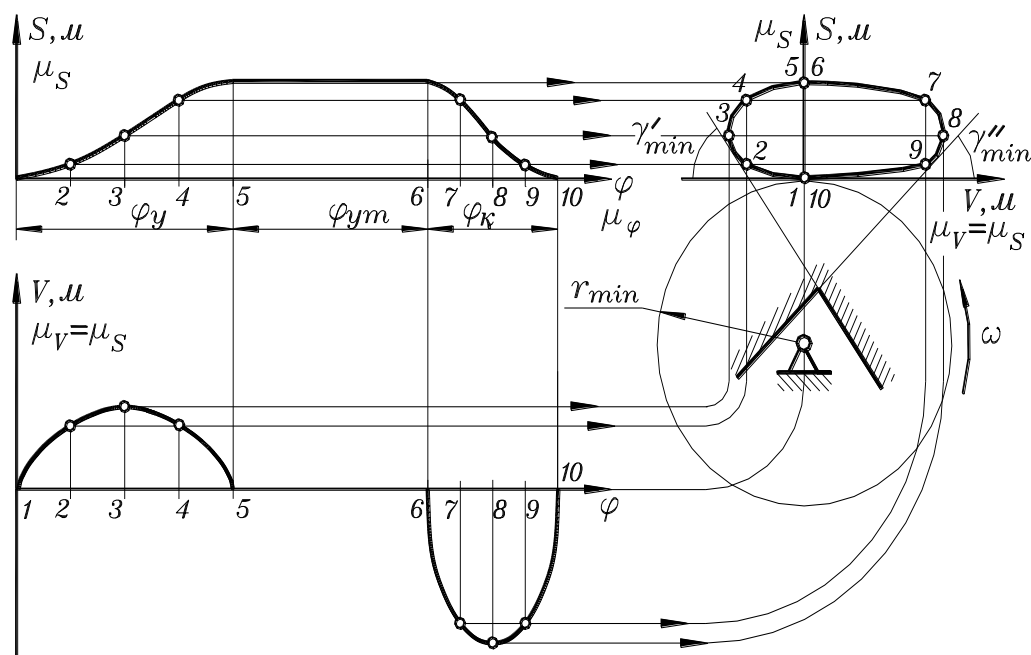
g) uzoqlashish va qaytish fazalarida γ minimal burchak ostida $S(V)$ grafikka o'tqazilgan urunma kulachokning minimal radiusi bilan chizilgan aylana markazida uchrashadi.

Kulachokli mexanizmni analizi natijasida 5.2.1-shaklda $S(V)$ grafigi qurilgan. Kulachokning minimal radiusini aniqlashda, kulachokli mexanizmlarni loyihalashda o'xshash grafiklardan foydalanish uchun, tolkatelning siljish va tezlik analogi kinematik diagrammalarini qurish kerak.

Bir xil masshtabda $\mu_l = \mu_v$ bajarilgan tolkatelning siljishi va tezlik analogi kinematik diagrammalaridan foydalanib $S(V)$ grafikni qurish 5.2.2-shaklda ko'rsatilgan. Masshtablarni tengligida ko'rsatilgan grafik siljish va tezlik analogi diagrammalaridan to'g'ridan-to'g'ri mos ravishda kesmalarni shaklda ko'rsatilganidek o'tqazib quriladi. Agar diagramma masshtablari teng bo'lmasa, u holda $S(V)$ grafikning koordinata o'qlarining masshtabi bir xilda bo'lishi kerak.

$\gamma_{\min}$ harakatni minimal uzatish burchagining ruxsat etilgan qiymati loyihalashda berilgan bo'ladi yoki konstruktor ma'lumot adabiyotlaridan tanlab oladi. Bu burchak qiymatlari uzoqlashish va qaytish uchastkalarida har xil qiymat bo'lishi mumkin. $S(V)$ grafikka ikkita urunma o'tqaziladi: $\gamma'_{\min}$ va $\gamma''_{\min}$ bu burchaklar absissa o'qiga og'ma bo'ladi (5.2.2-shakl). Nazariy 2 punktda ko'rsatilganidek grafikning xossiga asosan, bu urunmalar kulachokning minimal radiusi bilan chizilgan aylana markazida uchrashadi. Biroq amalda minimal radiusli aylana markazi loyihalayotgan kulachokda, bu urunmalar bilan chegaralangan zona ichida yoki oblastda joylashadi. 5.2.2-shaklda bu oblast chegaralari shtrixlangan kontur chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Kulachok markazini

chegaradan uzoqlashishi konstruktor tomonidan quyidagilarni hisobga olib aniqlanadi.



5.2.2-shakl

Minimal radiusli aylana qancha katta bo'lsa, shuncha kulachokli mexanizmni ishlash sharoiti yaxshi bo'ladi, lekin konstruksiyaning minimal gabaritiga qo'yilgan talab buziladi. SHuning uchun, bu o'lcham unga katta bo'lmasligi kerak, bu oraliq urunma chiziqlarning kesishish nuqtasi va $S(V)$ grafikning koordinat boshidan $(10 \div 20)$, foizdan oshmasligi kerak. Kulachok aylanish markazi va koordinat boshi oralig'idagi masofa kulachokning r_{min} minimal radiusi bo'ladi⁵¹.

Kulachok markazining holati ruxsat etilgan zona ichida bo'lishi mexanizm konstruksiyasiga bog'liq. Masalan, agar mexanizm markaziy bo'lsa, kulachok markazi $S(V)$ grafikning ordinata o'qi davomida joylashadi, agar mexanizm markaziy bo'lmasa, kulachok markazi bu o'qdan berilgan eksentrisitet qiymatga siljigan bo'ladi. Agar mexanizm konstruksiyasi oldindan aniqlanmagan bo'lsa, unda kulachok aylanish markazi $S(V)$ grafikning ordinata o'qidan chap yoki o'ng tomonda joylashishi mumkin, bu loyihalanayotgan kulachokli mexanizmni

⁵¹ Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006

uzoqlashish fazasida ishlash sharoitini yaxsxilaydi, ya'ni bu fazada kulachokdan tolkatelga kuch uzatiladi.

$S(V)$ grafikdan 5.2.2-shaklda ko'rsatilganidek, tolkatelning uzoqlashish fazasi grafikda 1 – 5 uchastkaga mos keladi. Bu uchastkada kuchni uzatish sharoitini yaxsxilash uchun, mumkin qadar 2, 3 va 4 holatlarda harakatni uzatish burchagini oshirish kerak. SHuning uchun, kulachok markazini grafikning ordinata o'qidan chap tomonga siljitish kerak.

Kulachok aylanish yo'nalishiga nisbatan yana bir xulosa. 5.2.2-shakldan ko'rinib turibdiki, $S(V)$ grafikning aylanib o'tish yo'nalishi soat strelkasi bo'yicha bo'lsa, loyihalalanayotgan kulachok soat strelkasiga qarshi aylanadi. Agar loyihalalanayotgan kulachok qarama-qarshi yo'nalishda aylanishi talab etilsa, u holda $S(V)$ grafikning aylanib o'tish yo'nalishini ordinata o'qiga nisbatan oyna joylashishida o'zgartirish kerak.

Kulachokning minimal radiusini aniqlash metodikasi, tolkateli o'tkir uchli, yassi, ilgarilanma harakatlanuvchi rolikni kulachokli mexanizmlar uchun yaroqlidir. Tekis tarelkali va tebranuvchi tolkatelli kulachokli mexanizmlar uchun kulachokni minimal radiusini aniqlash metodikasi va ko'rib chiqilgan.

Minimal radius aylana o'lchamini aniqlash bilan, tolkatelni yaqinda turish uchastkasida kulachok profilini topdik. Loyihalashning keying bosqichi – bu boshqa uchastkalarda kulachok formasini aniqlashdan iborat yoki kulachokni loyihalashdir.

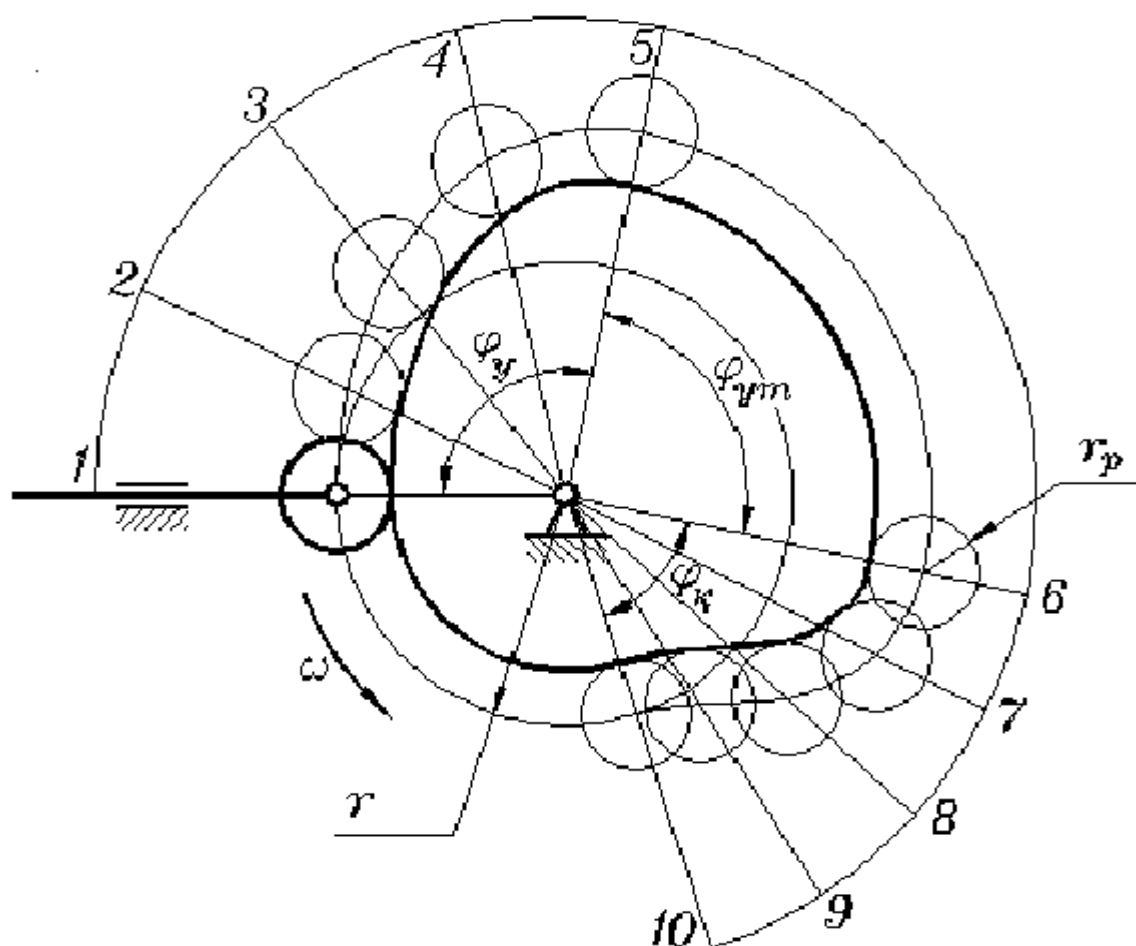
Kulachokni loyihalash

Loyihalash yoki kulachok profilini qurish – bu kulachokli mexanizm analiziga teskari protsess, ya'ni ma'lum kulachok profiliga nisbatan tolkatel siljish diagrammasini qurish. Loyihalash uchun berilganlar tolkatelning siljish diagrammasini va kulachokning minimal radiusdagi aylanasi hisoblanadi.

Tolkateli ilgarilanma harakatlanuvchi rolikli mexanizmlarda kulachok profilini loyihalashni ko'rsatamiz.

Eng avvalo ixtiyoriy μ_1 masshtabda minimal radius $r_{\min}$ aylanasi chizamiz. Ixtiyoriy holatdan φ_u uzoqlashish faza burchagini, φ_d uzoqda turish va φ_v – qaytish

burchaklarini kulachokning aylanishiga teskar yoʻnalishda qoʻyamiz. Katta radiusda yordamchi aylana oʻtqazib (qurilish aniqligini oshirish uchun), bu burchaklarni shunday boʻlaklarga boʻlamizki, tolkatel siljish kinematik diagrammasida boʻlinganidek (5.2.2-shakl).



5.2.3-shakl

Minimal radius aylanasiidan hosil qilingan nurlarga siljish diagrammasidagi kesmalarni mos ravishda qoʻyyamiz. Bu harakat siljish diagramma masshtabda – μ_s va loyihalangan mexanizm sxemasi masshtabi – μ_l lar teng boʻlgan sharoitda toʻgʻri keladi. Agar bu masshtablar teng boʻlmasa, u holda kesma nisbatlari diagrammadan mexanizm sxemasiga koʻchirilayotganda hisobga olinishi kerak. Tolkatel siljish kesma oxirlarini ravon egri chiziqli bilan tutashtirib (uzoq va yaqinda turish uchastkalarida – bu aylana yoyi boʻladi) nazariy kulachok profilini hosil qilamiz, yoki harakatni aylantirishdagi tolkatel rolik markazining trayektoriyasidir. Endi bu trayektoriyada rolik radiusi r_r boʻyicha aylanalar chizib

chiqamiz. Kulachokning haqiqiy profili rolik radiusi bilan chizilgan aylanalarga o'tqazilgan ravon urinma chiziqdan hosil bo'lgan profildir⁵².

Rolik radiusi ikkita konstruktiv shartni hisobga olib belgilanadi.

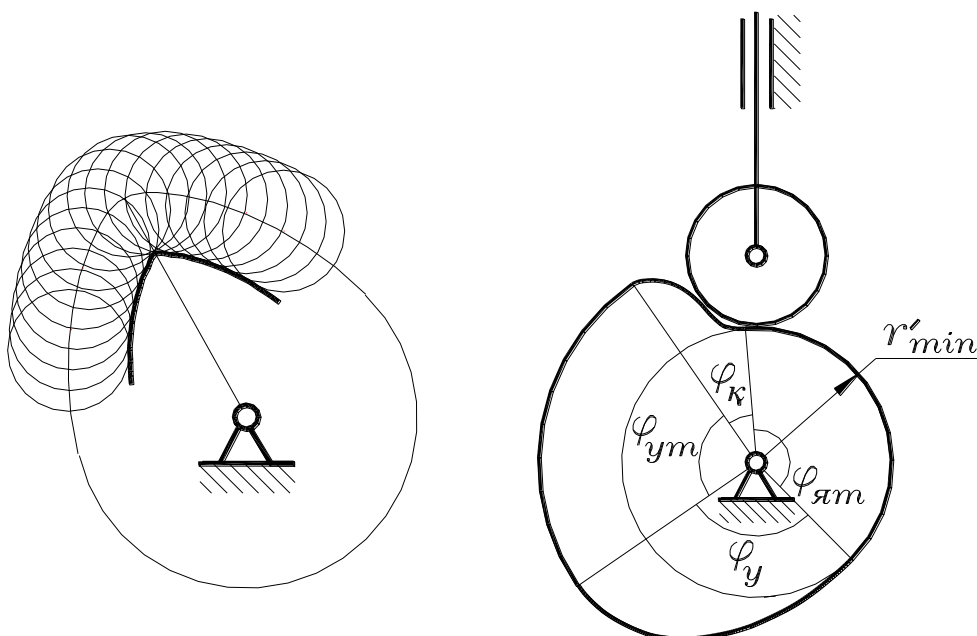
1. Gabarit shartining mosligi. Rolik radiusi kulachokning minimal radiusiga quyidagicha mos kelishi kerak;

$$r_p = (0,2 \div 0,4) r_{min}$$

2. Rolik radiusi profilning minimal egrilik radiusidagi kichik bo'lishi kerak:

$$r_p < \rho_{min}$$

Ikkinchi shartni hisobga olmaslik haqiqiy kulachok profilini o'tkir uchli bo'lishga olib keladi (5.2.4a-shakl), va bunday kulachok ishga yaroqsiz bo'lib, tezda tolkatel harakatining xarakteri buziladi. Kulachok profilning minimal egrilik radiusini aniqlash metodikasi da yozilgan.



5.2.4-shakl

Loyihalash ketma-ketligi

Kulachokli mexanizmlarni loyihalash ketma-ketligi loyihalash topshirig'iga bog'liq. Bunda ikkita variant bo'lishi mumkin.

⁵² Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006

1. Tolkatel harakatining xarakteri berilgan. Bu holat kulachokli mashina – avtomatlarning kulachokli mexanizmlarini loyihalashda ro‘y berishi mumkin. Mashinaning ishchi organlarini kulachokli mexanizm harakatga keltiradi. Masalan, bo‘ylama-fasonli silliqdash tokar avtomatlarida rezets supportning tekis harakatini ta‘minlashda, samolyot boshqaruv sistemasi mexanizmlarini loyihalashda, truboprovod sistemasida zaslonkaning burilishi havo kondenzatsiyasi tezlikning berilgan qonuniyat bo‘yicha o‘tadi.

2. Tolkatelning harakat xarakteri berilmagan. Bu holat ishchi yoki yordamchi mashina organlarining harakat xarakterini tolkatel orqali uzatib kulachokli mexanizmlarni loyihalashda ko‘rish mumkin. Masalan, ichki yonish dvigatellarida kompressor klapanlarining ochilishi, zubodolbej stanoklarda dolbyakni zagotovkadan uzoqlashuvi, elektrotexnik qurilmalarda kontaktlarni bir biriga tegib, tegmasdan turishi.

Berilganlarni va loyihalash yo‘llarni ko‘rib chiqamiz.

Tolkatelning harakat xarakteri berilgan.

Boshlang‘ich berilganlar:

- kulachokli mexanizm tipi;
- kulachokning aylanish chastotasi ayl/min;
- kulachokli mexanizmning faza burchaklari gradusda;
- tolkatelning yurgan yo‘li MM da (maksimal siljish) tolkateli ilgariylanma harakatlanuvchida yoki gradusda tebranma tolkatellida;
- tolkatelning harakat xarakteri, matematik bog‘lanishlar ko‘rinishida analitik usulda berilgan yoki grafik usulda kinematik diagrammalar ko‘rinishida.

Loyihalash yo‘li.

1. Tolkatelning siljish diagrammasini qurish.

2. Tolkatelni tezlik analogi diagrammasini siljish grafigini grafik differensiallash metodi bo‘yicha qurish (bunda masshtablar teng bo‘lishi kerak).

3. Tezlik yo‘qotish bo‘yicha qurish. analogi grafigini tolkatelni kontakt nuqtasida siljish funksiyasida tezlik analogi va siljish diagrammalaridan burchak parametrini grafik yo‘qotish bo‘yicha qurish.

4. Kulachokning minimal radiusini topish va uning markazini joylashish zonasini aniqlash uchun, hosil qilingan grafikka harakatni uzatish burchagining ruxsat etilgan minimal qiymati bo'yicha abssissa o'qiga og'ma ikkita urunma o'tqazish kerak.

5. Kulachokni loyihalash.

Tolkatelning harakat xarakteri berilmagan.

Bu holatda konstruktor o'zi tolkatel harakatining xarakterini dinamik holatlarga qarab tanlaydi;

Tezlanishning o'zgarish qonuniyatida, qattiq va yumshoq zarblarni bo'lish, bo'lmasligiga qarab. Shuning uchun, boshlang'ich berilganlarda tolkatel harakatining xarakteri berilmasdan, ish protsessida tezlanishning o'zgarishi beriladi. Qolgan boshlang'ich berilganlar oldingi holatdagidek bo'ladi.

Loyihalash yo'li.

1. Tolkatelni tezlanish analogi diagrammasini qurish.

2. Tolkatelning tezlik analogi diagrammasini tezlanish analogi grafigini grafik integrallash metodi bo'yicha qurish.

3. Tolkatelni siljish diagrammasini tezlik analogi grafigini grafik integrallash metodi bo'yicha qurish.

Nazorat savollari

1. Tekis tarelkali kulachokli mexanizmlarda harakatni uzatish burchagi nimaga teng?

2. Harakatni uzatish burchagining eng yaxshi qiymati qanday?

3. Harakatni uzatish burchagi qiymati kulachokli mexanizm gabaritiga qanday bog'liq bo'ladi?

4. Harakatni uzatish burchagi qiymati har xil tipdagi kulachokli mexanizmlar uchun qanday bo'ladi?

5. Tolkatel siljishining tezlik analogiga bog'liqlik grafigi qanday quriladi?

6. $S(V)$ grafik yordamida kulachokli mexanizmning har xil holatlarida harakatni uzatish burchagi qiymati qanday topiladi?

7. Kulachokli mexanizmning kinematik diagrammalar yordamida $S(V)$ grafik qanday quriladi?

8. Kulachokli mexanizmni loyihalashda kulachok markazining joylashish oblasti qanday topiladi?

9. Kulachokni loyihalash nimadan iborat?

10. Rolikli tolkatelli kulachokli mexanizmlarni loyihalashda rolik radiusini tanlashni uchta sharti nima?

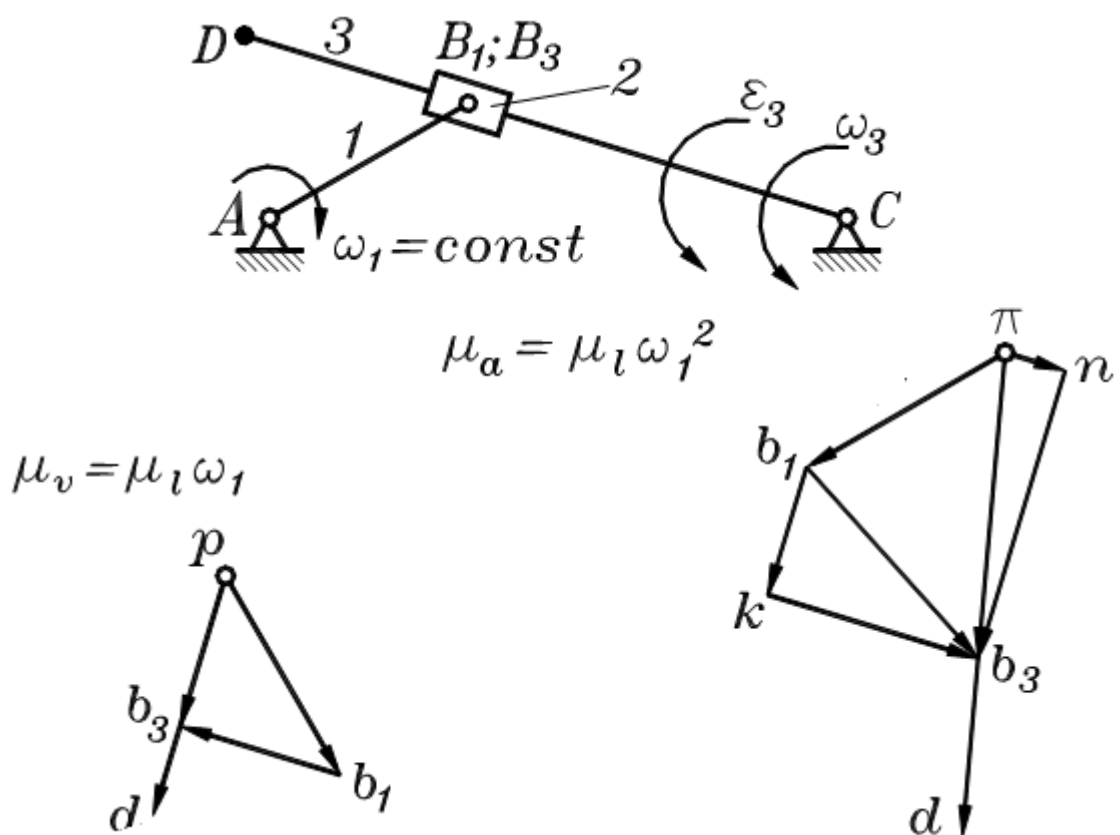
11. Tolkatel harakatining xarakteri berilgan kulachokli mexanizmlarni loyihalash ketma-ketligi?

VI.BOB. ROBOT VA MONIPULYATORLAR HAQIDA MA'LUMOT

6.1 RICHAKLI MEXANIZMLAR SINTEZI, ASOSIY MASALALAR VA USULLARI.

Zveno va uning nuqtalarining tezligini aniqlash

Mexanizm sxemasi berilgan holat uchun μ_l masshtabda quriladi (6.1.1-shakl). Bu mexanizmning o'ziga xos xususiyatlaridan tosh va kulisidagi nuqtalarning ustma-ust tushishidir. Krivoship 1 va 2 da B nuqta tosh bilan krivoshipni bog'lash uchun sharnir sifatida belgilangan.



6.1.1-shakl

$$\begin{aligned}\overline{v_{B1}} &= \overline{pb_1} \perp \overline{AB} \\ \overline{v_{B3B1}} &= \overline{b_1b_3} \parallel \overline{BC} \\ \overline{v_{B3}} &= \overline{pb_3} \perp \overline{BC} \\ \overline{v_D} &= \overline{pd} \perp \overline{BC}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\overline{a_{B1}^n} &= \overline{\pi b} = ||\overline{AB} \\
\left. \begin{aligned} \overline{a_{B3B1}^k} &= \overline{b_1 k \perp BC} \\ \overline{a_{B3B1}^\tau} &= \overline{kb_3 || BC} \end{aligned} \right\} \overline{a_{B3B1}} &= \overline{b_1 b_3} \\
\left. \begin{aligned} \overline{a_{B3}^n} &= \overline{\pi n || BC} \\ \overline{a_{B3}^\tau} &= \overline{nb_3 \perp BC} \end{aligned} \right\} \overline{a_{B3}} &= \overline{\pi b_3} \\
\overline{a_D} &= \overline{\pi d}
\end{aligned}$$

Hozirgi vaqt oralig‘ida bu nuqta kulisa 3 dagi nuqta bilan ustma-ust tushgan, uni hisoblash va qurish uchun ishlatiladi. Relyativ tezlik B_{31} (yoki v_{B3B2}) bu kulisadagi B_3 nuqtaning krivoshipdagi B_1 nuqtaga nisbatan tezligi (yoki toshdagi B_2 nuqtaga). Tosh va kulisaning bir-biriga nisbatan harakati ilgarilanma bo‘lganligi sababli, reativ tezlik – bu kulisaning toshga nisbatan tezligidir⁵³.

Tezlik rejasini $\mu_v = \mu_l \omega_1$ (m/s·mm) krivoship masshtabida quriladi, bunda krivoship V_1 nuqtasi tezlik va vektorning chizmadagi ifodasi, tezlik rejasida mexanizm sxemasidagi krivoship uzunligiga teng qilib olinadi (bu holatning isbotini oldingi ma’ruzaga qarang). Tezliklar rejasini P qutbdan pb_1 vektorni krivoship AB uzunligiga teng va aylanish yo‘nalishiga perpendikulyar qilib o‘tqazamiz: $\overline{pb_1} = \perp \overline{AB}$ (Bu va keyingi harakatlar tezlik rejasini qurish uchun 3.12-shaklda keltirilgan). Kulisaga tegishli V_3 nuqtaning tezligini quyidagi vektor tenglamasidan topamiz:

$$\overline{v_{B3}} = \overline{v_{B1}} + \overline{v_{B3B1}}$$

tezlikning ta’sir chizig‘i VS kulisaga perpendikulyar va bu tezlik absolyutdir, shu sababli uning ta’sir chizig‘ini tezliklar rejasining qutbidan chiqazamiz. $\overline{v_{B3B1}}$ relyativ tezlikning ta’sir chizig‘i kulisa bo‘yicha joylashgan (bu kulisaning toshga nisbatan tezligi), shuning uchun vektor tenglamaga asosan grafik qo‘shishni

⁵³ Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие. Омск, 2003.

bajarib, tezliklar rejasining b_1 nuqtasidan BC kulisaga parallel to'g'ri chiziq o'tqazamiz. Bu ikki chiziqlarning kesishish nuqtasida qidirilayotgan b_3 nuqta topiladi, $\overline{pb_3}$ vektor-kulisidagi B_3 nuqtaning absolyut tezlik vektori, $\overline{b_1b_3}$ vektor esa relyativ tezlik vektoridir.

Tezliklar rejasida d nuqtaning holatini quyidagicha topiladi: D nuqta kulisada joylashgan va CD uchastkaning davomida yotadi, shuning uchun o'xshashlik teoremasiga asosan tezliklar rejasida d nuqta $\overline{pb_3}$ vektorning davomida yotishi kerak, D nuqta tezlik vektori o'lchami esa proporsiyadan topiladi:

$$\frac{\overline{pd}}{\overline{pb_3}} = \frac{\overline{CD}}{\overline{CB}}$$

Kulisaning burchak tezligini ko'rsatilgan mexanizm holati uchun anilaymiz:

$$\omega_3 = \frac{v_{B3}}{BC} = \frac{\overline{v_{B3}} \mu_v}{\overline{BC} \mu_l} = \frac{\overline{pb_3} \mu_l \omega_1}{\overline{BC} \mu_l}$$

Qisqartirilgandan so'ng olamiz: $\omega_3 = \frac{\overline{pb_3}}{\overline{BC}} \omega_1$

Kulisaning aylanishini rv_3 vektor ko'rsatadi, shartli ravishda tezliklar rejasidan kulisaning V_3 nuqtasiga ko'chirilgan, – soat strelkasiga teskari harakatlanadi.

Mexanizmdagi uzatish nisbatlarini hisoblash

Kulisadan krivoshipga bo'lgan uzatish nisbatini topamiz. Bu uzatish nisbati o'lchovsiz bo'lib, kulisa va krivoship burchak tezliklarining nisbati kabi aniqlanadi.

$$u_{31} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{\overline{pb_3}}{\overline{BC}}$$

Kulisa 3 ning D nuqtasidan tosh 2 ga bo'lgan relyativ (toshning kulisa bo'ylab) xarakatdagi uzatish nisbati:

$$u_{D2p} = \frac{v_D}{v_{B3B1}} = \frac{\overline{pd}}{\overline{b_1b_3}}$$

qolgan barcha uzatish nisbatlari ham shu tarzda hisoblab topiladi.

Zveno va uning nuqtalari tezlanishini aniqlash

Tezlanishlar rejasiga o'tamiz. Tezlik rejasiga o'xshash krivoship masshtabida $\mu_a = \mu_l \omega_1^2$ (m/s²·mm) uni quramiz, unda krivoship B₁ nuqtasining normal tezlanish vektorini tezlanishlar rejasidagi ifodasini mexanizm sxemasidagi krivoship uzunligiga teng qilib olinadi. Qutb π dan krivoship B₁ nuqtasining normal tezlanish vektorini aylanish markaziga yo'naltirib, ya'ni B₁ nuqtadan A nuqtaga qarab o'tqazamiz⁵⁴. Bu vektor yuqorida aytilgandek mexanizm sxemasidagi krivoship uzunligiga teng va parallel bo'ladi, ya'ni $\overline{\pi b_1} = \parallel \overline{AB}$. B₁ nuqtaning tangensial tezlanishi nolga teng, chunki $\omega_1 = \text{const}$ (6.1.1-shakl).

Kulisaga o'tamiz. Kulisaga tegishli B₃ nuqtaning tezlanishi krivoship B₁ nuqtaning tezlanishidan (yoki tosh V₂ nuqtaning) va relyativ tezlanish, u koriolis va tangensial tezlanishlar yig'indisidan iborat. Boshqa tomondan kulisaga tegishli B₃ nuqtaning tezlanishi normal va tangensial absolyut tezlanishlar yig'indisidan iborat. Shunday qilib, B₃ nuqtaning tezlanishini topish uchun ikki vektor tenglamalardan iborat sistemani echish kerak:

$$\begin{cases} \overline{a_{B3}} = \overline{a_{B1}} + \overline{a_{B3B1}^k} + \overline{a_{B3B1}^\tau} \\ \overline{a_{B3}} = \overline{a_{B3}^n} + \overline{a_{B3}^\tau} \end{cases}$$

Koriolis tezlanish nazariy mexanikadan ma'lum bo'lgan formula yordamida aniqlanadi. Uning chizmadagi ifodasini, ya'ni, vektor uzunlikni tezlanishlar rejasiga qo'yish uchun

$$\overline{a_{B3B1}^k} = \overline{b_1 k} = \frac{\overline{a_{B3B1}^k}}{\mu_a} = \frac{2 \omega_3 v_{B3B1}}{\mu_a} = \frac{2 \overline{pb_3} \omega_1 \overline{b_1 b_3} \mu_l \omega_1}{\overline{BC} \mu_l \omega_1^2}$$

Qisqartirilgandan keyin olamiz:

⁵⁴ Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие. Омск, 2003.

$$\overline{b_1 k} = \frac{2 \overline{pb_3} \overline{b_1 b_3}}{\overline{BC}} \text{ (mm)}$$

Cistemadagi birinchi vektor tenglamaga asosan grafik qo‘shishni bajarib, bu vektorni B_1 nuqtaning tezlanish vektorining oxiridan, ya’ni tezlanishlar rejasida b_1 nuqtadan qo‘yiladi. Koriolis tezlanish vektorining yo‘nalishi tezliklar rejasidagi $\overline{b_1 b_3}$ relyativ tezlik vektorining kulisaning burchak tezligi ω_3 yo‘naligshida 90° ga burib topiladi.

K nuqtadan tangensial relyativ tezlanishning ta’sir chizig‘ini kulisaga parallel qilib o‘tqazamiz.

Endi ikkinchi vektor tenglamaga o‘tamiz. Kulisadagi B_3 nuqtaning normal tezlanishi ma’lum formuladan topiladi. Uning chizmadagi ifodasini, ya’ni «mm»da vektor uzunlikni, tezlanishlar rejasiga qo‘yish uchun:

$$\overline{a_{B_3}^n} = \overline{\pi n} = \frac{\overline{a_{B_3}^n}}{\mu_a} = \frac{\overline{BC} \omega_3^2}{\mu_l \omega_l^2} = \frac{\overline{BC} \mu_l (\overline{pb_3})^2 \omega_l^2}{(\overline{BC})^2 \mu_l \omega_l^2}$$

Qisqartirilgandan keyin olamiz:

$$\overline{\pi n} = \frac{(\overline{pb_3})^2}{\overline{BC}} \text{ (mm)}$$

Topilgan vektor oxiridan, ya’ni, n nuqtadan ikkinchi vektor tenglamaga asosan kulisadagi B_3 nuqtaning tangensial tezlanish ta’sir chizig‘ini mexanizm sxemasidagi kulisaga perpendikulyar qilib o‘tqazamiz (6.1.1-shakl).

Ikkita tangensial tezlanish ta’sir chiziqlarining kesishish nuqtasi; kulisa B_3 nuqtasi tangensial relyativ tezlanish vektorining oxiri $\overline{a_{B_1 B_3}^\tau} = \overline{kb_3}$ va kulisa B_3 nuqtasi tangensial absolyut tezlanish $\overline{a_{B_3}^\tau} = \overline{nb_3}$ vektorlari hisoblanadi. Bundan tashqari, bu nuqta mexanizm B_3 nuqtasining to‘la absolyut tezlanish vektorining oxiri $\overline{a_{B_3}} = \overline{\pi b_3}$, vektor tenglamalar sistemasini grafo-analitik usulda echishdan

hosil bo‘ladi. $\overline{b_1 k}$ va $\overline{k b_3}$ vektorlar yig‘indisi shatundagi B_3 nuqtaning to‘la relyativ tezlanishini beradi: $\overline{a_{B_3 B_1}} = \overline{b_1 b_3}$.

Kulisaning burchak tezlanishini topish uchun tezlanishlar rejasidan foydalanamiz. Bu B_3 nuqtaning tangensial absolyut tezlanishini kulisa uzunligi BC radius-vektorga bo‘linganiga teng. Haqiqiy qiymatlarni uning chizmadagi tezlanishlar rejasi ifodasiga va mexanizm sxemasidagi ifodaga almashtirib, hosil qilamiz:

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{B_3}^\tau}{BC} = \frac{\overline{n b_3} \mu_l \omega_l^2}{\overline{BC} \mu_l}$$

Qisqartirilgandan so‘ng olamiz:

$$\varepsilon_3 = \frac{\overline{n b_3}}{\overline{BC}} \omega_l^2 \text{ (rad/s)}$$

Kulisa burchak tezlik yo‘nalishini pb_3 vektor ko‘rsatadi, shartli ravishda tezlanishlar rejasidan mexanizm sxemasidagi B nuqtaga ko‘chiriladi.

Hozirgi holatda kulisaning burchak tezlanish yo‘nalishi soat strelkasiga qarama-qarshi, ya’ni burchak tezlik yo‘nalishidek – bu kulisa zvenosini tezlanuvchan harakatlanayotganligini ko‘rsatadi⁵⁵.

Sterjenli mexanizmlarning kinematik analizining analitik usulida hisoblash

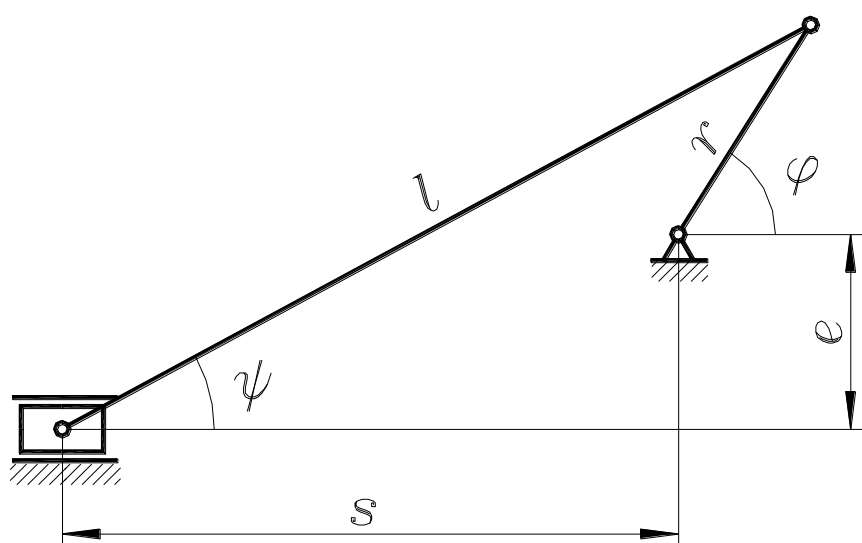
Analitik usul ko‘rilayotgan mexanizmni talab etilgan holatda analitik geometriya asosida algebraik tenglamalarni tuzish va echishga asoslangan. Zveno yoki nuqtalarning tezlik va tezlanish parametrlarini topish uchun bu tenglamalar differensiyalanadi.

Analitik usul universal hisoblanmaydi, uning yordamida tezda mexanizm hamma tezlik va tezlanishni, hamda, bu tezlik va tezlanishlar yo‘nalishini aniqlab bo‘lmaydi, uning uchun tezlik va tezlanish plpnlarini qurish kerak. Funktsiyalarni tuzish va ularning hosilari faqat bitta zveno nuqtasining siljishi, tezlik va

⁵⁵ Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие. Омск, 2003.

tezlanishni topishga imkon beradi, faqat katta aniqlikda natijalarni olish mumkin. Bundan tashqari to'la jarayon kompyuterlashtirishi mumkin. Shuning uchun analitik usul grafik usulda ecxilgan masalalarni aniqlik darajasini aniqlash va tipoviy mexanizmlarni kinematik tekshirish kompyuter dasturlari uchun foydalaniladi.

Markaziy bo'lmagan krivoship-polzunli mexanizmning (6.1.2-shakl) kinematik parametrlarini analitik usulda aniqlashni ko'rib chiqamiz. polzun C siljishni aniqlash uchun mexanizm zvenolarini proeksiya ifodalarini gorizontal va vertikalga yozamiz.



6.1.2-shakl

Gorizontaldagi preksiya

$$s = l \cos \psi - r \cos \varphi$$

Vertikaldagi preksiya

$$r \sin \varphi + e = l \sin \psi$$

Polzun kinematik parametrlarning natijaviy ifodalarida faqat mexanizm zvenolarining o'lchamlari va uning kirish kinematik parametri – φ krivoshipning burilish burchagi bo'lishi qulaydir. SHuning uchun ψ shatunning burilish burchagini aytilgan parametrlar orqali ifodalaymiz.

$$\sin \psi = \frac{r \sin \varphi + e}{l}$$

Belgilashlarni kiritib

$$\lambda = \frac{l}{r}; \quad \mu = \frac{e}{r}$$

olamiz

$$\sin \psi = \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda}$$

$$\psi = \arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda}$$

$$s = r(\lambda \cos \psi - \cos \varphi) \quad (3.29)$$

polzun siljishni so'ngi ifodasini olamiz:

$$s = r \left[\lambda \cos \left(\arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda} \right) - \cos \varphi \right]$$

Polzunning tezlik va tezlanishini aniqlashga o'tganda, shunday tezlik va tezlanish parametrlaridan foydalanish qulay bo'lishligi uchun krivoshipning burchak tezligi ω o'zgarishda mexanizm o'lchamlari bo'qliq bo'lishi kerak.

SHunday parametrlarni tezlik va tezlanish aniloglari deyiladi. Tezlik analogi – bu qiymat tezlikka proporsional bo'lib vaqtga bog'liq bo'lmasdan, mexanizm kirish zvenosi (bu erda – krivoship) ning burilish burchagiga bog'liq, ya'ni, bu siljishni vaqt bo'yicha birinchi hosilasi bo'lmasdan, bu zvenoni burilish burchagi bo'yicha birinchi hosilasidir:

$$V = \frac{ds}{d\varphi}$$

Tezlik va tezlanish analogi o'rtasidagi bo'qlanishni topish uchun bu kasrni dt ko'paytirib, bo'lamiz:

$$V = \frac{ds dt}{d\varphi dt}$$

bu erda: ds/dt – bu chiziqli tezlik (polzunniki);

$d\varphi/dt$ – kirish zvenosi – krivoshipning burchak tezligi.

SHuning uchun,

$$V = \frac{v}{\omega} \text{ (m)}$$

Tezlanish analogi – bu siljishni kirish zvenosining burilish burchagi bo‘yicha ikkinchi hosilasi.

$$V = \frac{v}{\omega}$$

Tezlanish va tezlanish analogi o‘rtasidagi bo‘lanishni topish uchun bu kasrni dt^2 ga ko‘paytirib, bo‘lamiz.

$$A = \frac{d^2 s dt^2}{d\varphi^2 dt^2}$$

Bu erda $d^2 s/dt^2$ – bu polzunning chiziqli tezlanishi, $d\varphi^2/dt^2$ esa krivoshipning burchak tezlik kvadrati. SHuning uchun,

$$A = \frac{a}{\omega^2} \text{ (m)}$$

Chiziqli tezlik va tezlanish analoglari uzunlik o‘lchamiga ega.

Polzunning tezlik analogi ifodasini topamiz.

Buning uchun differensiallaymiz:

$$V = \frac{ds}{d\varphi} = r \left(\sin\varphi - \lambda \sin\psi \frac{d\psi}{d\varphi} \right)$$

$d\psi/d\varphi$ ni topish uchun:

$$r \cos\varphi = l \cos\psi \frac{d\psi}{d\varphi}$$

Bundan:

$$\frac{d\psi}{d\varphi} = \frac{\cos\varphi}{\lambda \cos\psi}$$

$$V = r \left(\sin \varphi - \lambda \sin \frac{\cos \varphi}{\lambda \cos \psi} \right)$$

$\sin \psi / \cos \psi = \operatorname{tg} \psi$, hisobga olib, qisqartirilgandan keyin topamiz:

$$V = r (\sin \varphi - \cos \varphi \operatorname{tg} \psi)$$

polzunning tezlik analogi ifodasini olamiz:

$$V = r \left[\sin \varphi - \cos \varphi \operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda} \right) \right]$$

polzun tezligini aniqlaymiz:

$$v = r \omega \left[\sin \varphi - \cos \varphi \operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda} \right) \right]$$

Polzun tezlanish analogini aniqlash:

$$A = \frac{dV}{d\varphi} = r \left(\cos \varphi + \sin \varphi \operatorname{tg} \psi - \cos \varphi \frac{1}{\cos^2 \psi} \frac{d\psi}{d\varphi} \right)$$

$$A = r \left(\cos \varphi + \sin \varphi \operatorname{tg} \psi - \frac{\cos \varphi}{\cos^2 \psi} \frac{\cos \varphi}{\lambda \cos \psi} \right)$$

Ko'paytirgandan so'ng olamiz:

$$A = r \left(\cos \varphi + \sin \varphi \operatorname{tg} \psi - \frac{\cos^2 \varphi}{\lambda \cos^3 \psi} \right)$$

polzun tezlanish analogi uchun so'nggi ifodani olamiz:

$$A = r \left[\cos \varphi + \sin \varphi \operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda} \right) - \frac{\cos^2 \varphi}{\lambda \cos^3 \left(\arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda} \right)} \right]$$

polzun tezlanishini aniqlaymiz.

$$a = r \omega^2 \left[\cos \varphi + \sin \varphi \operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda} \right) - \frac{\cos^2 \varphi}{\lambda \cos^3 \left(\arcsin \frac{\sin \varphi + \mu}{\lambda} \right)} \right]$$

Polzunning tezlik va tezlanish yoʻnalishlari boʻyicha hisoblangan natijalarning ishoralariga bogʻliq, oldindan qabul qilingan ishora va yoʻnalish shartlariga qarab.

Takrorlash uchun savollar.

1. Loyihalashning qanday usuli dinamik loyihalash deb ataladi?
2. Tolkatelning kulachok profili bilan shu onda bogʻlangan nuqtasining absolyut va nisbiy tezliklari orasidagi oʻtkir burshak qanday burshak deb ataladi?
3. Kulachokli mexanizmlarni kinematik analiz qilish uchun kulachokning qanday parametrlari berilgan boʻlishi lozim?
4. Kulachokli mexanizmlarni kinematik sintez qilish davrida qanday parametr berilgan boʻlishi kerak?
5. Kulachokning minimal radiusi berilgan boʻlsa, u holda kulachokli mexanizmi analiz qilinadimi, yoki sintez qilinadimi?
6. Agar harakat uzatishning berilgan minimal burshagi (γ) ga asoslanib, kulachok shakli topilsa, kulachokli mexanizmlarni qanday masalasi hal qilingan boʻladi?
7. Kulachokli mexanizmlar dinamik loyihalash masalasini hal qilish uchun qanday masala topilishi lozim?

6.2. MONIPULYATOR VA ROBOTLAR ULARNING

TURLARI VA ISHLATILISHI.

Hozirgi paytda robotlar yarim tayyor va tayyor detallarni ish joylariga qoʻyish va olish, ortish hamda tushirish, yigʻish, payvandlash, jihozlarni ishga tushirish va

to'xtatish kabi ishlarni bajaradi. Avtomatlashtirishning bu vositalari qurilmalarning alohida turiga ajratilgan bo'lib, «sanoat robotlari» deb nomlangan⁵⁶.

Sanoat roboti - maxsus dastur yordamida boshqariladigan qurilma bo'lib, buyum tayyorlash jarayonida yordamchi (detalni o'rnatish, olish, ortish, tushirish) va asosiy (yig'ish, payvandlash, kavsharlash, bo'yash) texnologik amallarni insonga o'hshab, biroq avtomatik tarzda bajaradi.

Sanoat robotlarining hammasida «qo'l» (manipulyator deb ataladi), ishlov beriladigan narsa yoki ishlov berish vositasini ushlovchi va uzatuvchi mexanizmlari bor.

Uch turdagi robotlar mavjud: qat'iy dastur bilan ishlaydigan robotlar; odam (operator) boshqaradigan robotlar; sun'iy intellektli robotlar.

Robotlarning birinchi turi aniq bir, masalan, yordamchi amalni (detalni yuklash va olish) bajarish uchun qurilmaga kiritilgan topshiriqlarni aniq bajaradi. Agar dastgohgacha bo'lgan masofa o'zgartirilsa, u holda dasturni o'zgartirish va robotni qayta «o'qitish» zarur bo'ladi.

Robotlarning ikkinchi turi komandalarni operatoridan (masalan, radioaktiv moddalar bilan bog'liq bo'lgan amallarni bajarishda) oladi.

Robotlarning uchinchi turi sun'iy intellektli robotlar yoki integral robotlardir, ular katta dasturlar majmuasiga ega bo'lgan mikroprotsessori bilan jihozlangan bo'ladi. Bu qurilmalar atrof – muhit (temperatura, masofa, relef, shakl) haqidagi ma'lumotni qabul qilib, uni qurilmadagi dasturlar majmuiga muvofiq qayta ishlaydi va tegishli qarorga keladi.

Sanoat robotlarining tuzilishi va kinematik sxemasi

Sanoat korxonalarida asosan birinchi va ikkinchi turdagi robotlar qo'llaniladi. Ishlab chiqarish jarayonida robotlardan foydalanish insonni og'ir, zerikarli, hayot uchun xavfli bo'lgan ishlardan ozod qilishga imkon beradi. Robotlardan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi qurilmaning unumdorligi va ishlash muddati bilan baholanadi. *Sanoat robotlariga quyidagi talablar qo'yiladi:* ular yuqori darajada harakatchan, yangi dasturga tez qayta sozlanadigan, universal

⁵⁶Назаров Х.Н. Робототехнические системы и комплексы. Учебное пособие. - Т.: ТГТУ, 2004- 102с.

bo‘lishi, uzoq vaqt xizmat qilishi va ishonchli ishlashi lozim. Manipulyatorlar soatiga 200 dan 1000 gacha harakat qiladi.

Universallik darajasiga ko‘ra robotlar uch guruhga bo‘linadi: qat’iy amallarni bajaradigan, masalan, detalni o‘rnatadigan va oladigan maxsus robotlar; u yoki bu jarayonni, masalan, yig‘ish ishlarini bajarishga ixtisoslashtirilgan robotlar; *tezda qayta sozlanadigan* universal robotlar. Eng sodda dastur qurilmasi maxsus robotlarga o‘rnatilgan.

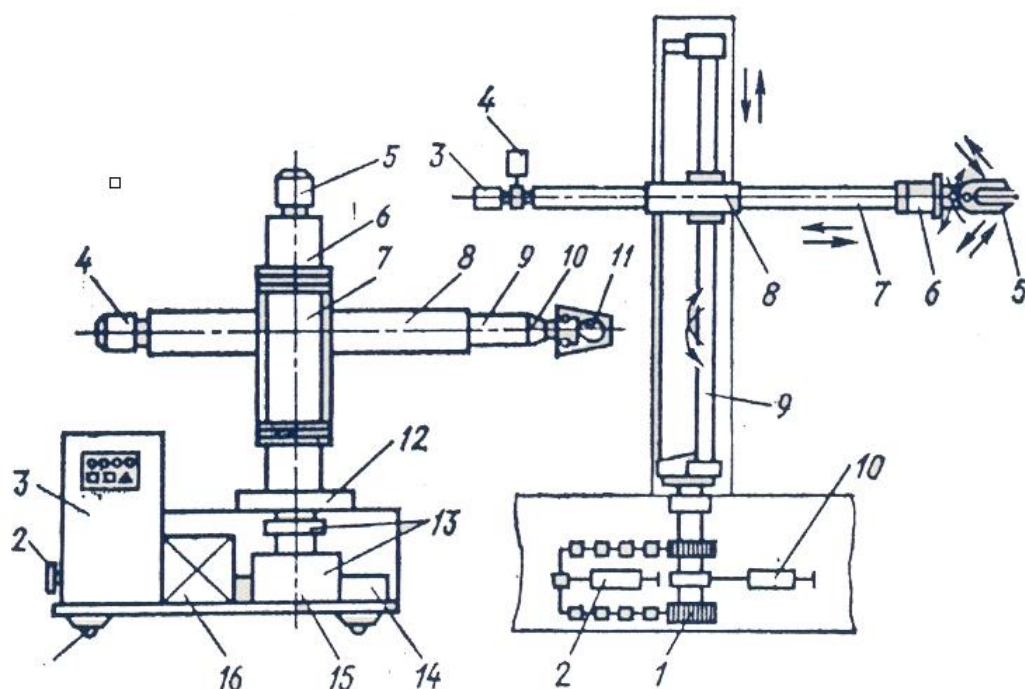
Robot manipulyatori bo‘shliqda harakatlanadi va o‘zining eng chekka nuqtasi bilan robotning ish zonasi deb ataladigan zonani chizadi. Agar «qo‘l» koordinatalarning ikki o‘qi bo‘ylab harakatlanib geometrik figura – silindrni chizsa, u holda robot koordinatalarning silindrik tizimida ishlayapti deyiladi. Agar bu figura shar shaklida bo‘lsa, u holda robot koordinatalarning sferik tizimida ishlayapti deyiladi.

Robotlarning mexanizmlarini harakatga keltiruvchi yuritmalari gidravlik yoki elektr yuritma bo‘lishi mumkin. Hozirda sanoat robotlarida asosan boshqarish va rostanishi qulay bo‘lgan elektr yuritmalar qo‘llanilmoqda.

Robotlar, odatda, bir nechta **erkinlik darajasiga** ega bo‘ladi. *Harakatning erkinlik darajasi deganda* robotning o‘zining yoki funksional elementlarining bo‘shliqda surila olish imkoniyati tushuniladi⁵⁷.

Mashinasozlikda texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda yordamchi amallarni bajaruvchi robotning tuzilish sxemasi (UM–1 turdagi robotning) 6.2.1 a – shaklda keltirilgan. Hamma agregat va mexanizmlar aravachali rama 1 ga mahkamlangan. Aravachada kuch 2 dastur yordamida boshqarish bloki 3, kuch organi - ijrochi motorlari 15 bor gidrostansiya 16, uning yonida burish mexanizmining gidroamortizatorlari 14 joylashgan. Motor tepasiga burilma stol 12 li kolonna 6 ni burish mexanizmi 13 o‘rnatilgan. Kolonna ichiga joylashtirilgan mexanizmlarni himoyalash uchun himoya qobig‘i 7 nazarda tutilgan. Shtok 9 li, mo‘ljallovchi mexanizm – panja 10 li va manipulyator 11 qamragichili qo‘l – manipulyator 8 gidromotor 4 vositasida harakatga keltiriladi.

⁵⁷ Назаров Х.Н. Робототехнические системы и комплексы. Учебное пособие. - Т.: ТГТУ, 2004- 102с.



6.2.1 – shakl. Robotlarning tuzilishi:

a – tuzilish sxemasi, b – kinematik sxemasi

Robot, qamragich harakatini hisobga olmaganda, besh xil harakatchanlik darajasiga ega. Robotning qo‘li silindrik koordinatalar tizimida harakatlanadi. Qo‘l 7 tirakdan tirakacha harakatlanadi. Tiraklarning holati qo‘lning talab etiladigan harakat kuchiga bog‘liq holda rostlanadi. Qamragich 5 li panja 6 ni gidrosilindrlar 3 va 4 buradi. Manipulyator kolonna 9 dagi karetk 8 bo‘ylab suriladi. Burish silindrlari 2 yulduzchalari 1 bor zanjirli tortish qurilmasi orqali qo‘lni vertikal yo‘nalishda harakatlantiradi va kolonani buradi. Yulduzchalar kolonna valiga o‘tqazilgan. Panja 6 ni burab detal kerakli tomonga yo‘naltiriladi. Qo‘l harakatining ravonligini gidroamortizator rostlab turadi. Robotda raqamli dastur yordamida boshqarish pulti va qo‘l bilan boshqarish pulti bor. Manipulyatorning holati, ya’ni uning harakat trayektoriyasi dasturlashtiriladi. Sanoat korxonalarining avtomatik liniyalarida turli vazifalarni bajaruvchi robotlarning turli modifikatsiyalari yakka holda va majmua tarzida qo‘llanilmoqda.

Sanoat robotlarini haqida umumiy ma’lumotlar.

Sanoat robotlarini xizmat vazifasi va murakkabligiga qarab uch avlodga bo‘lish qabul etilgan. Hozirgi vaqtda keng tarzda qo‘llanilayotgan sanoat robotlarining *birinchi avlodi* elektromexanik sistemaga, programma va xotiraga

ega bo‘lib, teskari aloqa qilish qobiliyatiga ega emas. Koordinatlarni aniqlash mexanik qurilmalar va yuqori aniqlikdagi potensiometrar yordamida amalga oshiriladi. Birinchi avlod robotlari og‘irligi bir necha grammdan bir necha tonnagacha bo‘lgan yuklarni surish imkoniga ega bo‘lib, eslab qolish qurilmasidagi programma 1024 tagacha harakatni ishga solishi mumkin⁵⁸.

Ushbu avlodga taalluqli robotlarning aksariyati uchta surilish darajasiga hamda richagli tutqich qurilmasiga egadir. Eksploatatsiya qilinayotgan birinchi avlod sanoat robotlarining richagli tutkich qurilmasi beshta surilish darajasiga ega: gorizontal tekislikda burilish, vertikal tekislikda va o‘qi bo‘ylab chiziqli siljish, o‘z o‘qi atrofida burilish va vertikal tekislikda engashish.

Ikkinchi avlod sanoat robotlarida operatsiyalarni bajarish ketma ketligi va koordinatlarni eslab qolish elektron sxemalar yordamida amalga oshiriladi, xotira hajmining kattaligi koordinatlarni raqamlar ko‘rinishida qayd qilish imkonini beradi. Bu esa, o‘z navbatida, operatsiyalarning murakkab programmasini tuzishga sharoit tug‘diradi. Ushbu robotlar birinchi avlod sanoat robotlariga nisbatan o‘ta chaqqonlikka va eslab qolish qurilmasida murakkab programmalarini saqlash qobiliyatiga ega. Bunday sanoat robotlarining bir qismi fotoelektrik va datchikli qurilmalarga ega bo‘lib, detalning shakl va holatini asta sekin qabul etishi mumkin. Ikkinchi avlod robotlari juda yuqori darajadagi ainqlikda asosiy uskunalar ishi bilan bir xil sharoitda ishlay oladi. Raqamli programma bilan boshqariladigan sistemaning yuqori ishonchlilik darajasi ularning uzoq vaqt to‘xtamasdan ishlashini ta’minlaydi.

Bunday avlodga mansub robotlar uskunalarini boshqarishda, yig‘uv ishlarini avtomatlashtirishda, ishlab chiqarishning ayrim uchastkalarida o‘rtacha malakadagi operatorlarni almashtirishda hamda boshqaruv jarayonini avtomatlashtirishda qo‘llanilishi mumkin. Ularning yuk ko‘tarish qobiliyati 10 kg va undan ortiq bo‘lib, soddalashtirilgan qayta sozlash sistemasiga, avtomatik qayta programmashtirish qobiliyatiga, tashqi muhit o‘zgarishlarini qabul etish va ayrim

⁵⁸ Назаров Х.Н. Робототехнические системы и комплексы. Учебное пособие. - Т.: ТГТУ, 2004- 102с.

holatlarda ko'rish xususiyatiga ham ega. Ulardan turli xil ishlab chiqarish sharoitlarida foydalanish mumkin.

Uchinchi avlod robotlari esa ayrim his tuyg'u hislatlariga, teskari aloqa qurilmasiga, ma'lum hajmdagi logik (mantiqiy) qurilmaga ega. Bu o'z navbatida, aniq shart sharoitga qarab u yoki bu yechimni qabul etishga imkon tug'diradi. Kompyuterga bog'langan boshqaruv sistemasiga ega mustaqil tutkichga olinayotgan detal yoki buyum shakli, o'lchami va holatiga qarab o'z xatti - harakatini koordinatsiya qilishi mumkin. Uchinchi avlod robotlari o'zida kompyuter va ish bajaruvchi mexanizmning hislatlarini aks ettirib, faqat ayrim ko'rinishdagi buyumlarga ishlov berib, yig'ib va sinabgina qolmasdan, bir necha gruppali uskunalarni boshqarishi ham mumkin. Uchinchi avlod robotlaridan foydalanishda texnika xavfsizligining ma'lum qonun qoidalariga rioya qilish kerak. Xavflilik darajasi ko'proq robotning o'lchami, yuk ko'tarish qobiliyati, boshqaruv sistemasiga bog'lik.

Sanoat robotlarining texnologik jarayonning ajralmas qismiga aylanishi uchun maqsadga muvofiq ekanligini hal etuvchi faktorlar

Robototexnikani joriy etishda robotlar haqiqatdan ham texnologik jarayonning ajralmas qismiga aylanishi uchun ularning aniq ishlab chiqarish sharoitini dastlabki taxlildan o'tkazish kerak. Bunda robotning faqat asosiy parametrlarinigina (yuk ko'tarish, pozitsiyalash aniqligi, siljish darajasi, uzatgich ko'rinishi, richagli tutkich va boshqa qurilmalar ko'rinishi hamda ularning siljish tezligi), ayrim harakat va boshqaruv sistemalarining bir -biriga mosliginigina emas, balki avtomatlashtirish va turli xil uskunalarning foydalanish darajasi, texnologik siklning bir xilligi va davomiyligini, energiya manbai, robot va boshqa uskunalarni joylashtirish imkoni, uskunalariga ta'siri, robotni yuklashning taxminiy rejasi, buyum o'lchamlarining o'zgarish chastotasi va ularning seriyasini ham hisobga olish kerak.

Robotlarni aniq ish joylarida qo'llash maqsadga muvofiq ekanligini hal etuvchi faktorlar quyidagilardir⁵⁹:

⁵⁹ Юревич Е.И. Основы робототехники 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БВХПетербург, 2005. - 416с

1. Nomenklaturasi o'zgarib turadigan detallarni ishlab chiqarish mumkinligi va texnologik jarayonning yuqori darajadagi mo'tadilligi.

2. Mexnat unumdorligining oshishi. Mexnat unumdorligining oshishini katta vaqt oralig'ida (eng kami bir oy) taxlil etish kerak. Chunki robotning siljish tezligi odamning siljish tezligiga qaraganda ancha past, shuning uchun unumdorlikdagi yutuq faqat unumsiz sarflanuvchi ish vaqti hisobiga sodir bo'lishi mumkin.

3. Texnologik jarayonni mo'tadillashtirish va bir turdagi hamda xavfli operatsiyalarda inson xatosini yo'qotish evaziga tayyorlanayotgan mahsulot sifatini oshirish.

Sanoat robotlarining tasnifi.

Sanoat robotlari yuk ko'tarish kattaligi bo'yicha: o'ta engil (1 kg gacha), engil (1 kg dan 10 kg gacha), o'rtacha (10 kg dan 200 kg gacha), og'ir (200 kg dan 1000 kg gacha), o'ta og'ir (1000 kg dan yuqori) turlarga bo'linadi. Hozirgi vaqtda Sanoat robotlarining yuk ko'tarish 5 dan 80 kg gacha engil va o'rta turdagi 73% modellari ishlab chiqariladi .

Sanoat robotlarining qo'zg'aluvchanlik darajalari sonini uning ishchi organi yoki manipulyasiya qilish ob'ektining tayanch tizimga nisbatan mumkin bo'lgan koordinataviy harakatlarining yig'indisi sifatida aniqlanadi.

Sanoat robotlarining ba'zi turlari uchun qo'shimcha qamragich qurilmasining zvenolari robotning "qo'liga" biriktirilish tuguniga nisbatan qo'zg'aluvchanlik darajalari sonini hisobga olinadi.

Alohida manipulyatorning qo'zg'aluvchanlik darajalarini ko'chma va orientirlovchi turlarga ajratish zarur.

Sanoat robotlari qo'zg'aluvchanlik darajalari bo'yicha uch guruhga : kichik (3 tagacha qo'zg'aluvchanlik darajalari); o'rta (4-6 tagacha qo'zg'aluvchanlik darajalari); va yuqori (6 dan yuqori qo'zg'aluvchanlik darajalari) bo'lish mumkin.

Sanoat robotlarining qo'zg'aluvchanlik darajalari soni ko'p ma'noda uning universalligini **PR** belgilaydi. Zamonaviy Sanoat robotlari asosan 2 dan 7 tagacha qo'zg'aluvchanlik darajalari bo'ladi: eng oddiyolari – 1-2, murakkabroqlari – 7 va ba'zan undan yuqoriroq qo'zg'aluvchanlik darajalari bo'ladi.

Sanoat robotlari zamonaviy jahon parki tuzilmasida 4 va 5 qo‘zg‘aluvchanlik darajalari afzallikka ega (67 %) .

Manipulyatorning yoki uning konfiguratsiyasining umumiy komponovkaviy sxemalari

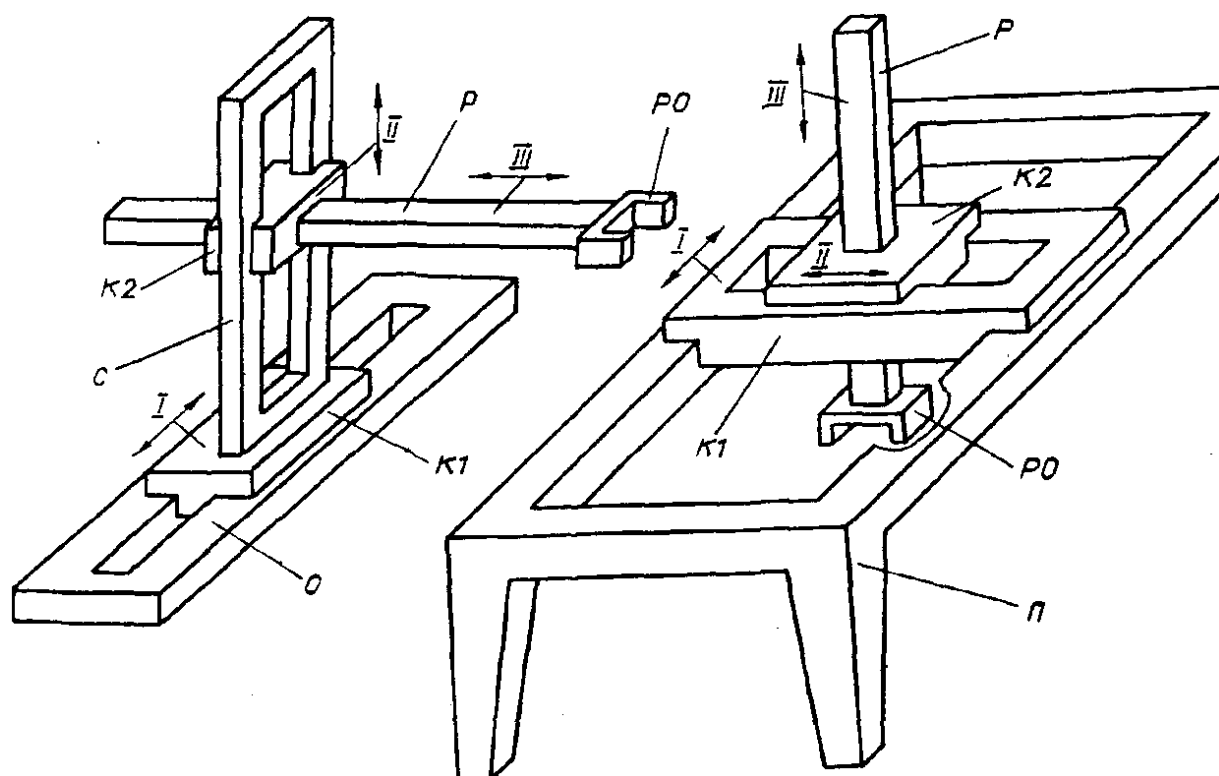
Manipulyatorning yoki uning konfiguratsiyasining umumiy komponovkasi birinchi navbatda uning bazaviy koordinatalar tizimiga bog‘liq va ko‘pincha uning texnologik imkoniyatlarini belgilaydi⁶⁰.

6.2.2-shaklda to‘g‘ri burchakli bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan manipulyatorlar ko‘rsatilgan: *a) polga o‘rnatiladigan manipulyatorlar* - xizmat ko‘rsatiladigan ob‘ektning yon tomonida o‘rnatiladi. Uzunlashtirilgan asos (0) karetk (K1) ni qo‘zg‘aluvchanlik darajasi I bo‘yicha ancha (1-1,5 va undan ortiq) masofaga siljitish imkonini beradi. K1 karetda mustahkam o‘rnatilgan S stoyka bo‘ylab qo‘zg‘aluvchanlik darajasi II bo‘yicha) karetk (K1) harakatlanadi. O‘z navbatida uning yo‘naltiruvchilari bo‘yicha gorizontali III yo‘nalishda ishchi organ (PO) bilan birgalikda qo‘l (P) harakatlanadi. Bu kabi *polga o‘rnatiladigan manipulyatorlar* texnologik jihozlarga xizmat ko‘rsatishda va payvandlash ishlarida qo‘llaniladi; *b)- portal manipulyatorlar*– asos sifatida to‘rt ustunli portaldan foydalanilgan . Uzunligi (4-5 m) va kengligi (2-3m) portal tagida kenggina ish joyini joylashtirish imkoniyatini beradi. Karetalarga mos gorizontali I va II yo‘nalishlarda ko‘chish harakati , ishchi organ (RO) ning vertikal harakati esa qo‘zg‘aluvchanlik darajasi III bo‘yicha “qo‘l” bilan amalga oshiriladi. *Portal manipulyatorlar* payvandlash va yig‘ma ishlarda keng qo‘llaniladi. To‘g‘ri burchakli bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan manipulyatorlarning muhim afzalligi ish joyining istalgan nuqtasida ishchi organi bir xil pozitsiyalash aniqligidir.

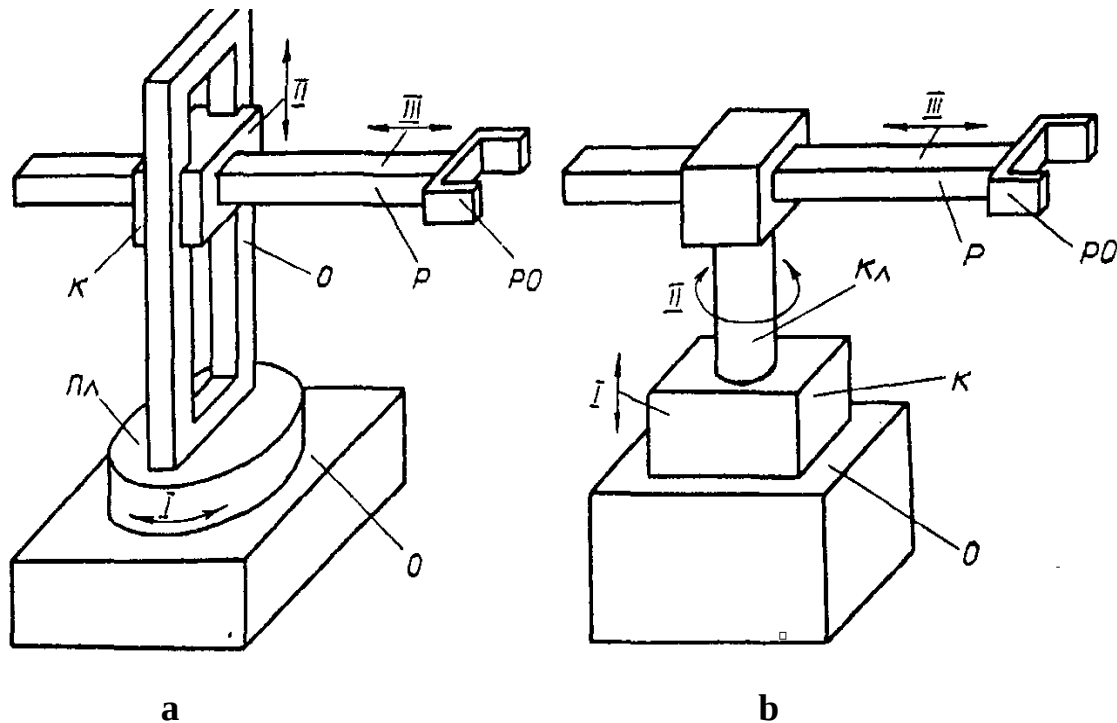
6.2.3 - shaklda silindrik bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan manipulyatorning asosiy komponovkaviy sxemalari tasvirlangan. Bu tipdagi sxema bo‘yicha yaratilgan sanoat robotlari texnologik jihozlarga xizmat ko‘rsatishda ham, bo‘yashning va payvandlashning asosiy texnologik jarayonlarni bajarish uchun

⁶⁰ Юревич Е.И. Основы робототехники 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БВХПетербург, 2005. - 416с

ham keng qo'llaniladi .



6.2.2-shakl. Manipulyatorning yoki unng konfiguratsiyasining umumiy komponentkaviy sxemalari.

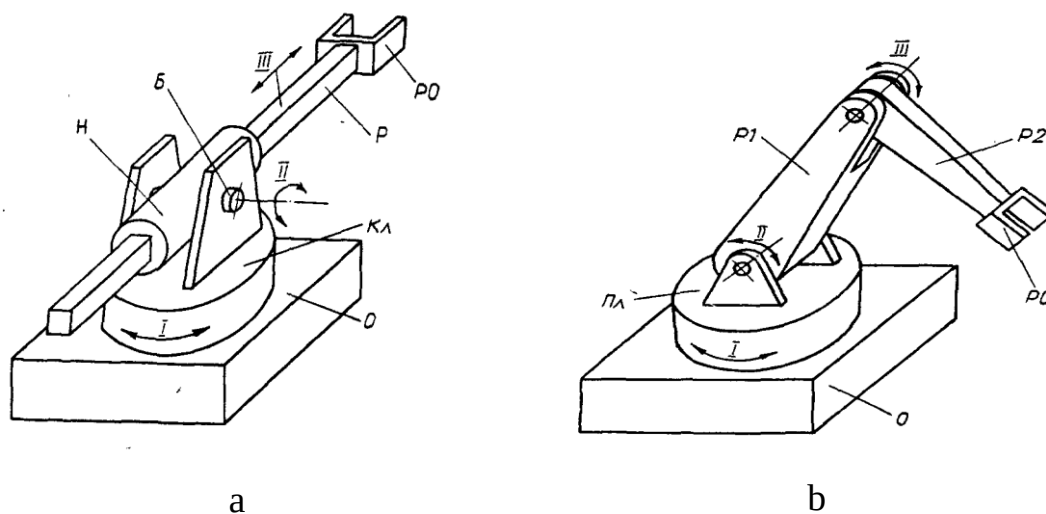


6.2.3-shakl. Silindrik bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan manipulyatorning asosiy komponentkalari.

Manipulyatorning sferik (6.2.3 a- shakl), boshqasi burchak (6.2.3b- shakl)

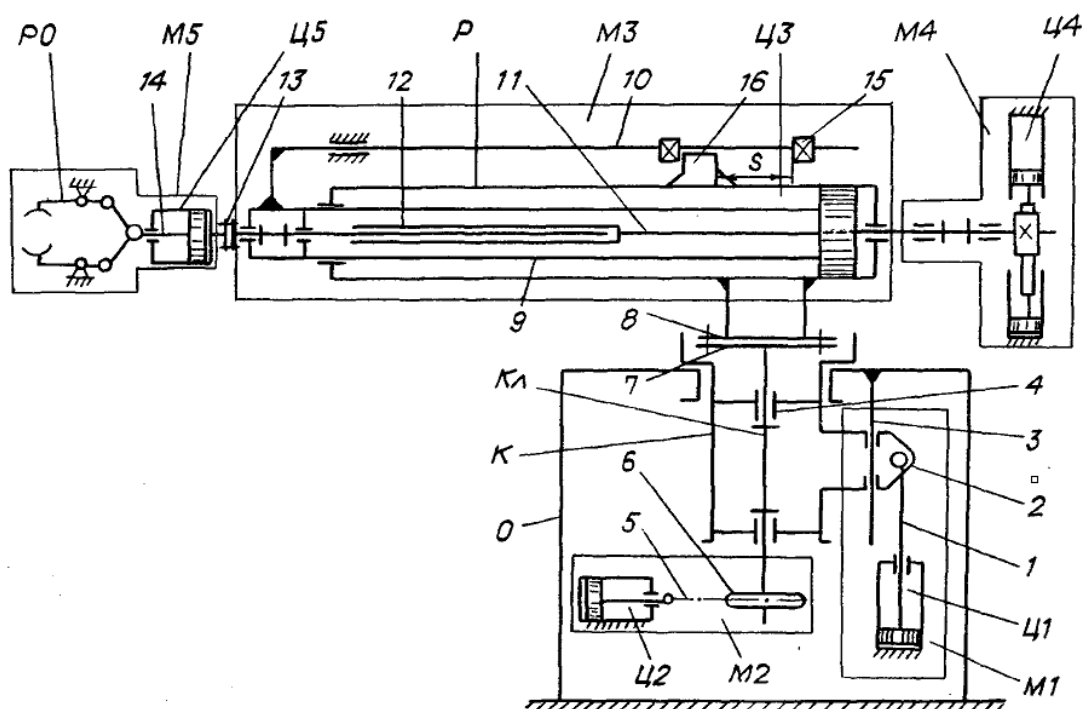
silindrik bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan asosiy komponentlari .

Manipulyatorning tarkibiy qismlari va komponentlari sxemalarini ko'rib chiqib, manipulyatorning umumiy sxemasini tasavvur qilish mumkin.



6.2.4- shakl

Quyida 6.2.4- shaklda nisbatan sodda, pnevmatik yuritmalı sanoat robotining silindrik bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan, to'rtta: uchta ko'chma, bittasi ishchi organning rotatsiyasini belgilaydigan, qo'zg'aluvchanlik darajasiga ega bo'lgan, polga o'rnatiladigan manipulyatorning tuzilish sxemasi ko'rsatilgan.



6.2.5- shakl. Pnevmatik yuritmalı sanoat roboti silindrik bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan manipulyatorning tuzilish sxemasi.

Manipulyator quyidagi asosiy qismlar va qurilmalardan tuzilgan: asos (O), karetk (K) ko'tarish mexanizmi ($M1$) bilan, kolonna (K_n) uning burilish mexanizmi ($M2$), "qo'l" (P) -ilgarilanma harakat mexanizmi ($M3$) va rotatsiya ($P4$) bilan, qamragich ko'rinishidagi ishchi organ (PO) "siqish-qo'yvorish" qurilmasi ($M5$) bilan.⁶¹

1- shtok, 2- karetk konsoli, 3-vertikal yo'naltirgichlar, 4-podo'ipniklar, 5-zanjirli uzatma, 6- yulduzcha, 7-platforma, 8- flanets, 9- silindr $S3$ ning ichi bo'sh shtoki, 10- yo'naltirgich, 11- yuritma vali, 12- chiqish vali, 13- oson ajraladigan birikma, 14- shtok, 15- harakatlanuvchi tayanchlar, 16-qo'zg'almas tayanch.

$U1$ – kuch havo silindri, $U2$ – ikki tomonga harakatlanuvchi silindr, $U3$ –qo'lni siljitish silindri, $U4$ – bir tomonga harakatlanuvchi silindr, $M4$ - tishli- reykali mexanizm, $U5$ –kuch silindri .

Manipulyator asosining ichida 6.2.5- shaklda ko'rsatilganlardan tashqari pnevmatik yuritmaning turli komponentlari: siqilgan havo uchun kirish kolektori, pnevmatik taqsimlagichlar, yumshoq va qattiq havo trubalari, shuningdek, rostlash qurilmalari, asbobolar va h.k. joylashtiriladi.

Sanoat robotlarining kinematik sxemalari.

Sanoat robotining xususiyatlari va tavsiflari asosiy funksiyasi qamragichni aniqlangan yo'nalishda fazoning berilgan nuqtasiga olib kelishdan iborat bo'lgan kinematik sxema bilan belgilanadi. Birinchi navbatda texnologik jarayonga bog'liq bo'lgan bu funksiya bajarilishidan kelib chiqib aniq sanoat robotlarining kinematik sxemalari bajarilishi kerak. Sanoat robotlarining kinematik sxemalari bundan tashqari barcha koordinatalarni imkoni boricha bog'liqmas boshqarish imkonini berishi, zaruriyati bo'lganda aniq manevrlikka yo'l qo'yishi, qo'laniladigan yuritma turiga mos kelishi va u bilan organik birlikka mos kelishi kerak.

Kinematik sxemalar quyidagi ko'rsatkichlar bilan tasviflanadi: tuzilishi, ish zonasi, sanoat robotlarining mexanizmi harakatlanadigan koordinatalar tizimi, o'zg'aluvchanlik darajasining soni, manevrlik, mobillik.

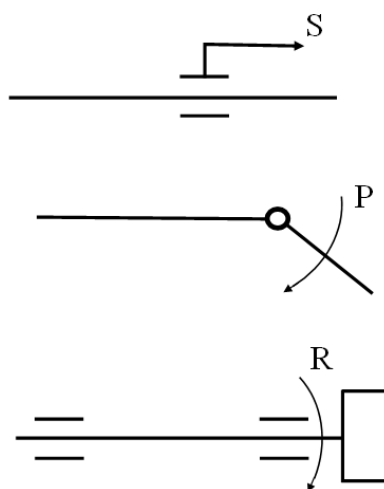
Ko'pchilik sanoat robotlarining kinematik sxemalari ketma-ket bog'langan

⁶¹ Юревич Е.И. Основы робототехники 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БВХПетербург, 2005. - 416с

zvenolardan tuzilgan ochiq zanjirdan iborat. Zvenolarning o‘zaro bog‘lanishi bu zvenolar juftligi bilan harakatlarni belgilaydigan klasslar bilan tavsiflanadi.

Sanoat robotlarida asosan faqat bitta koordinataga nisbatan harakatlanish yo‘l qo‘yadigan V klass kinematik juftliklardan foydalaniladi. Kam holda ba’zan ikkita koordinataga nisbatan harakatlanish yo‘l qo‘yadigan IV klass kinematik juftliklar ishlatiladi. Masalan, ikkita zvenolarning sodda *sharnirli* bog‘lanishi – V klass kinematik juftlikni, *kardanli* bog‘lanishi – IV klass kinematik juftlik ni hosil qiladi⁶².

Sanoat robotlarida yopiq zanjirdan tuzilgan kinematik sxemalar ham qo‘llaniladi. Masalan, parallelogramma ko‘rinishidagi to‘rt zvenoli mexanizm faqat bitta erkinlik darajasiga ega. Bunaqa mexanizmlar harakatning maxsus trayektoriyalarini belgilab berish uchun qo‘llaniladi. sanoat robotlarida yopiq zanjirli kinematik sxemalarning elementlari asosan *cho‘zish* – *siqish* turli yuklanishi bilan ishlashi va egilishga kam ishlashi uchun yuqoriroq qattqlikka ega bo‘ladi. Shuning uchun yopiq kinematik zanjirli mexanizmlar yuqori aniqlikka ega va pretsizion sanoat robotlarda ishlatiladi.



6.2.6- shakl. sanoat robotlarida qo‘llaniladigan kinematik juftliklarning sxemalari.

**Sanoat robotlarida kinematik juftliklarning
turli xil komponovkalari.**

⁶² Юревич Е.И. Основы робототехники 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БВХПетербург, 2005. - 416с

Sanoat robotlarida V klass kinematik juftlik_afzallik bo'yicha keng tarqalgan va ular uchta harakat ko'rinishi: *ilgarilanma* – bu harakat turi uchun S ramziy belgi kiritamiz, *rotatsiyaviy* – zvenoning bo'ylama o'qi bilan mos tushadigan o'q atrofida aylanishli $-R$ ramziy belgi va *egilish* – zvenoning bo'ylama o'qi perpendikulyar o'q atrofida aylanishli $-P$ ramziy belgi ga ega (6.2.6-shakl).

Kinematik juftliklarning cheklangan yig'ilmalaridan ularning turli xil jamlanishlarida turli xil harakat va imkoniyatlarga ega ko'p sonli mexanizmlar shakllantirilishi mumkin. sanoat robotlarni tahlil va sintez qilishda kinematik juftliklarning o'zaro bog'lanish ketma-ketligini ramziy belgilanishlar ko'rinishida, masalan, $R - S - P$. Ayonki, sanoat robotlarida kinematik juftliklarning turli xil komponovkalari turli xil jamlanishlarida qo'llanilishi mumkin. Ammo, u yoki bu komponovkani tanlash *birinchidan* berilgan harakat trayektoriyasining texnologik talablaridan kelib chiqib, *ikkinchidan* qo'llaniladigan yuritmaning turiga va motorlarning joylashtirilishiga qarab aniqlanishi kerak. Kinematik zanjirni va yuritma turini tanlash birgalikda bajarilishi lozim. Kinematik zanjirni tanlashda bitta koordinata bo'yicha harakatlanishga mos trayektoriya eng oddiy tashkil qilinishini e'tiborga olish kerak. Bu yerda har doim qolgan zvenolarning koordinatalarini hisoblash va qo'shimcha korrektirovka kiritish talab qilinmaydi.

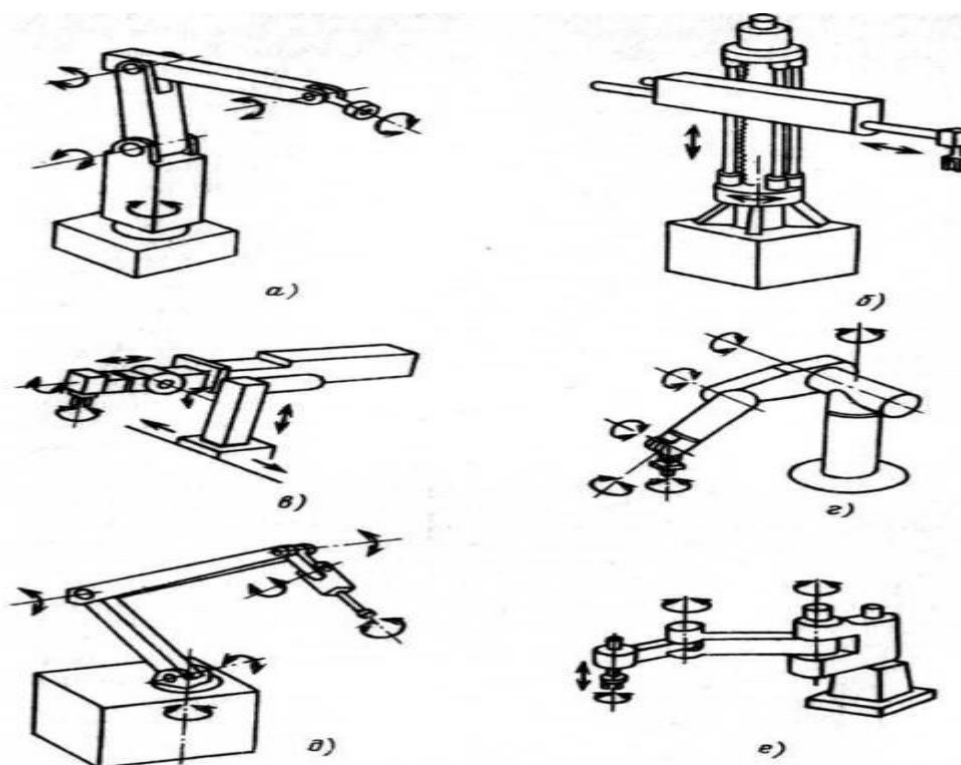
6.2.7-shaklda sanoat robotlarning V klass kinematik juftliklardan hosil qilingan turli xil komponovkalari keltirilgan. Kinematik juftliklarning turli xil jamlanishlari sanoat robotlarining texnik tavsiflarni va imkoniyatlarini belgilaydi

Sanoat robotlarining muhim tavsifi ish zonasi bo'lib, u orqali qamragichning mumkin bo'lgan oxirgi holatlari nuqtalarining geometrik o'rnini tasvirlaydigan yuza bilan chegaralangan hajm tushuniladi.

Ba'zan ish zonasining bir qismi, istalgan nuqtasida qamragich belgilangan tarzda orientir qila oladigan – servis fazosi (xizmat ko'rsatish zonasi) degan tushunchadan foydalaniladi.

Qamragichni fazoning istalgan nuqtasiga siljitish uchun aniq sonli qo'zg'aluvchanlik darajalariga ega bo'lish zarur. Loyihalovchilar oldida "Loyihalanayotgan sanoat robotlari nechta qo'zg'aluvchanlik darajalariga ega

bo‘lishi kerak?” degan savol turadi. Bu erda quyidagi mulohazalar mavjud. Insonning qo‘li, sanoat robotlari – uning mexanik analogi bo‘lgan, 27 ta (barmoqlarning bo‘g‘inlarini ham hisobga olganda) qo‘zg‘aluvchanlik darajalariga ega. Darhol ma’lum bo‘ladiki, inson qo‘lining to‘liq analogini qurish – o‘ta murakkab vazifa, hattoki maqsadga muvofiq bo‘lmasligi ham mumkin. Eng oddiy holda qamragichni ishchi fazoning istalgan nuqtasiga ixtiyoriy orientatsiya qilib etkazish uchun 6 ta qo‘zg‘aluvchanlik darajalari etarli. Fazoda ishlaganda *manevrlilik* ni ta’minlash uchun bir necha erkinlik darajalarini qo‘shishga to‘g‘ri keladi. *Manevrlilik* deganda qamragich qo‘zg‘almas holatidagi erkinlik darajalari tushuniladi. Fazoda ishlash ko‘pincha mehnatni tashkil qilishning past darajada ekanligi tufayli eng avvalo ko‘p qo‘zg‘aluvchanlik darajalariga ega sanoat robotlarini loyihalash yoki uni robototexnologik majmua uchun tanlashdan oldin texnologik jarayonni kam sonli qo‘zg‘aluvchanlik darajalariga ega sanoat robotlari bilan chegaralanish mumkin bo‘ladigan tashkil qilishga intilish lozim.⁶³



6.2.7- shakl. sanoat robotlarining tuzilish komponentlari.

**Sanoat robotlarida kinematik juftliklarning turli xil
komponentlarini loyihalash asoslari.**

⁶³ Юревич Е.И. Основы робототехники 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БВХПетербург, 2005. - 416с

Ochiq kinematik zanjir uchun qo'zg'aluvchanlik darajasini Somov- Malishev formulasi orqali aniqlash mumkin :

$$W = 6n - 5P_s - 4P_l - 3P_3 - 2P_2 - P_i$$

bu erda, n – manipulyatoridagi zvenolar soni, $P_s - P_l$ – mos holda V–I klasslarning kinematik juftliklari.

Manipulyasion tizimlarda qo'zg'aluvchanlik darajasini shartli ravishda transportirovka qiluvchi va orientirlovchi turlarga bo'lish mumkin. Transportirovka qiluvchi qo'zg'aluvchanlik darajalarining vazifasi qamragichni ishchi fazoning istalgan nuqtasiga etkazish, orientirlovchi qo'zg'aluvchanlik darajalarining vazifasi – detal (qamragich) ni fazoda zarur tarzda joylashtirishdir. Tabiiyki, manipulyatorning transportirovka qiluvchi va orientirlovchi harakatlari uchun 3 tadan qo'zg'aluvchanlik darajalari etarli.

Sanoat robotlarining xususiyati va imkoniyatlariga transportirovka qiluvchi koordinatalarning komponovkalarini tanlash katta ta'sir ko'rsatadi. Hozirgi paytda robototexnikada *transportirovka qiluvchi sifatida* to'g'ri burchakli, tsilindrik va sferik koordinatalar tizimida ishlovchi kinematik zanjirlar keng foydalaniladi .

6.2.8- shaklda tasvirlangan S – S – S komponovkasi uchun to'g'ri burchakli x y z koordinatlar tizimi maqsadga muvofiq bo'lib, bu erda qamragich C ning holati x_s, y_s, z_s koordinatalar bilan aniqlanadi.

6.2.8 a-shaklda komponovkadan o'ngda tasvirlangan ishchi zona parallelepiped ko'rinishiga ega bo'ladi. *To'g'ri burchakli koordinatalar tizimida* ishlaydigan Sanoat robotlari vakili modeli 110A, "Elektroxend" va "Uorkmeyt AST-1" payvandlash robotidir. Bunday tizimining afzalligi koordinatar tizimining bog'liqmasligidir. Koordinatalar bo'yicha siljitish, tezlik va tezlanishni faqat bitta boshqalariga bog'liqmas koordinatani qarab chiqayotib belgilash mumkin . Bu erda harakat traektorisini dasturlash eng oson amalga oshiriladi, EHM dan boshqarishda eng kam mashina vaqti talab qilinadi. Bunday kinematik zanjirning kamchiligi berilgan fazo hajmiga xizmat ko'rsatadigan Sanoat robotlari konstruksiyasining kattaligidadir. Bunaqa tizim pretsizion operatsiyalar: yig'ish, kontur bo'yicha payvandlash va h.k. larda tavsiya qilinishi mumkin.

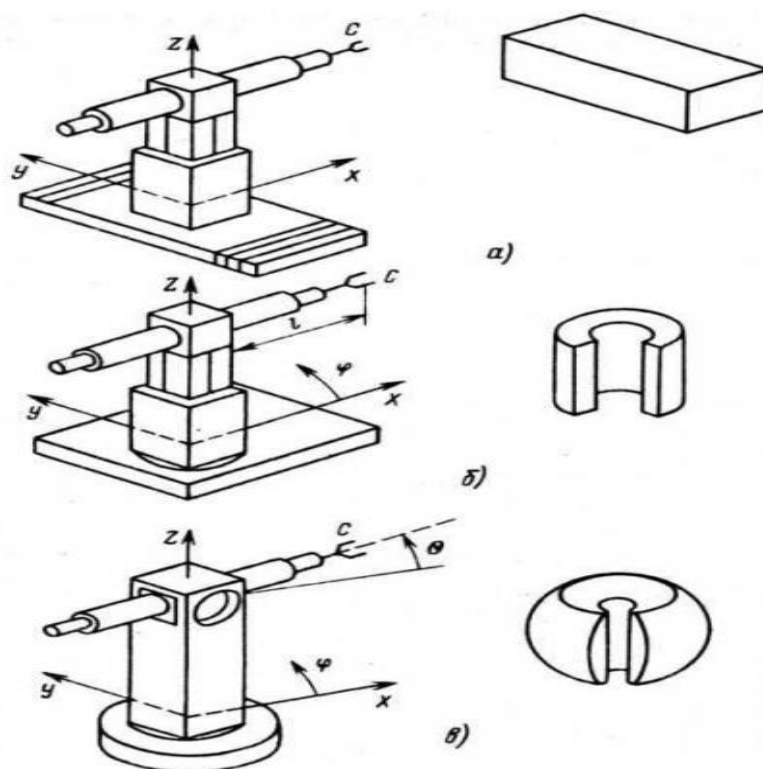
Silindrik koordinatlar tizimida (6.2.8 b -shakl) nuqtaning holatini belgilaydiganlar : radius (qo‘lning surilishi) l – aylanish o‘qigacha masofa, qo‘lning burilishi φ – hisoblash boshlanishi o‘rnida tanlangan o‘qqa nisbatan burilish burchagi, va Z – nuqtaning balandligi . Bu holda ishchi zona – silindr yoki umumiy holda silindrik segment . Bu robototexnikada eng ko‘p tarqalgan koordinatlar tizimi . Silindrik koordinatlar tizimidan foydalanilgan Sanoat robotlari orasida Rossiya mahsulotlari “Universal-5” PR-10, “RF-1001S”, shuningdek xorijiy “Aida”, “Versatran” va boshqalarni aytish mumkin.

Silindrik koordinatlar tizimidan to‘g‘ri burchakli koordinatlar tizimiga o‘tish, masalan, to‘g‘ri fazoda kesmalarni dasturlash uchun, keltirish formulalari orqali amalga oshirilad . Qamragich S ning holatini tasvirlovchi nuqta uchun bu formulalar quyidagicha:

$$x_c = l \cos \varphi$$

$$y_c = l \sin \varphi$$

$$z_c = -Z$$



6.2.8 -shakl. Turli koordinatlar tizimidagi sanoat robotlari uchun konstruktiv komponentlar va ishchi zonalar.

Vaqt bo'yicha differensiallashni amalga oshirib, tezliklar uchun o'zgartirish (keltirish) formulalarini hosil qilamiz :

$$v_{xc} = \dot{x}_c = v_l \cos \varphi - l \sin \varphi \omega = v_l \cos \varphi - v_t \sin \varphi \omega$$

$$v_{yc} = \dot{y}_c = v_l \sin \varphi + l \cos \varphi \omega = v_l \sin \varphi + v_t \cos \varphi \omega$$

$$v_{zc} = \dot{z}_c = v_z$$

Tezlanishlar uchun ham o'xshash formulalar hosil qilish mumkin:

$$a_{xc} = \ddot{x}_c = a_l \cos \varphi - 2v_t \sin \varphi \omega - l\omega^2 \sin \varphi - e\dot{l} \sin \varphi$$

$$a_{yc} = \ddot{y}_c = a_l \sin \varphi + 2v_l \omega \cos \varphi - l\omega^2 \cos \varphi + e\dot{l} \cos \varphi$$

$$a_{zc} = \ddot{z}_c = a_z$$

Bu erda belgilashlar qabul qilingan:

$v_l l$ – radial tezlik, $v_x = l \cos \varphi$ – transversal tezlik, $\omega \cos \varphi$ – burchak tezlik, a – radial tezlanish, v_l – chiziqliy tezlanish, $e \dot{l} \cos \varphi$ – burchak tezlanish.

Harakat trayektoriyasi uchun formulalar nimbatan sodda, shu bilan birga R-S-S kinematik zanjir strukturasi Sanoat robotlarining kompakt konstruksiyasida etarlicha katta ishchi zonaga xizmat ko'rsatish imkonini beradi. Sanoat robotlarining transportirovka qiluvchi qo'zg'aluvchanlik darajalari uchun asosan yuklash - yuk tushirish ishlari uchun mo'ljallangan silindrik koordinatalar tizimining keng qo'llanilishi shu bilan tushuntiriladi⁶⁴.

Sferik koordinatalar tizimi (6.2.8 v –shakl) “Yuni- meyt”, Rip63 turdagi Sanoat robotlarida tanlangan. Bu tizimda umumlashgan koordinatalar - qo'lning burilishi – γ , qo'lning tebranishi – θ va qo'lning surilishi – l .

Ishchi zona (6.2.8 v –shakl) da komponovkadan o'ngda joylashgan sferik segment dan iborat.

R-P-S kompanovka Sanoat robotlarining kompakt konstruksiyasida etarlicha katta ishchi zonaga xizmat ko'rsatish imkonini beradi. Transportirovka qiluvchi koordinatalarning bunaqa komponovkasidan kraska qilish va trayektoriyaga ishlov berishning yuqori aniqligi talab qilinmaydigan jarayonlar uchun mo'ljallangan Sanoat robotlarida foydalanish maqsadga muvofiq.

⁶⁴ Юревич Е.И. Основы робототехники 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БВХПетербург, 2005. - 416с

Takrorlash uchun savollar.

1. Sanoat robotlarining manipulyatori nima maqsadlarda qo'llaniladi?
2. Manipulyatorning asosiy tarkibiy qismlari qanday?
3. Manipulyatorning qanday koordinatalar tizimida ishlaydigan asosiy komponentlarini tushuntirib bering?
4. Robot manipulyatori qanday koordinatalar tizimida harakatlanadi?
5. Pnevmatik yuritmalı sanoat roboti silindrik bazaviy koordinatalar tizimida ishlaydigan manipulyatorining tuzilish sxemasini tushuntirib bering?

VII. MEXANIZMLARNI LOYIHALASH ASOSLARI.

MEXANIZM ZVENOLARINING ISHQALANISH KUCHLARI.

7.1. MEXANIZMLAR LOYIHALASH ASOSLARI.

Mexanizmlar loyihalashning asosiy masalalari: Hozirgi zamon texnikasida quyi juftli mexanizmlar juda ko'p ishlatiladi. Har xil mexanizmlar, asboblari va mashina qismlari (zvenolar), ko'pincha, bir-biri bilan sharnirlar yoki boshqa vositalar orqali boglangan bo'ladi. Ko'pchilik mexanizmlar quyi juftlar bilan boglangan zvenolar majmuidan iboratdir.

Quyi kinematik juftlarning afzalliklari shundaki, **birinchidan**, ulardagi elementlar tekislik yoki sirtidan iborat bo'lib, bunday elementlarning yuza birligiga to'g'ri kelgan solishtirma bosim boshqa kinematik juftlarnikiga qaraganda kichik bo'ladi, shu sababli bunday juftlar chidamli bo'ladi va uzoq muddat ishlaydi. **Ikkinchi tomondan**, quyi kinematik juftlar elementlarni ishlash texnologiyasi ham osondir. Quyi kinematik juftlarning elementlari tekislik, silindrik yuza va sirtidan iboratdir. Bunday yuzalar tayyorlash hozirgi mashinasozlik texnologiyasida yaxshi yo'lga qo'yilgan. **Uchunchidan**, quyi juftlarni qo'shimsha vositasiz (prujira yoki boshqa vositasiz) kinematik berkitish juda qulay.⁶⁵

Quyi kinematik juftlardan tuzilgan mexanizmlarning kamchiliklari shundaki, ular vositasida yetaklanuvchi (ish bajaruvshi) zvenoning istalgan harakat qonunini olish hamma vaqt mumkin bo'lavermaydi. Bunday ishning bajarilishi mexanizmdagi zvenolar sonining ortib ketishiga sabab bo'ladi. Zvenolar sonining ortib borishi esa mexanizmlarning kinematik va dinamik sezgirligini oshiradi. Buning ma'nosi shundaki, mexanizm tarkibida zvenolar soni ko'paysa, ulardagi kinematik juft elementlarining ishqalanish oqibatida yeyilishi, kinematik juft elementlarining ishqalanish oqibatida yeyilishi, kinematik juft elementlarida o'zaro oraliq borligidan, harakat uzatilishida birmuncha xatoliklarga yo'l qo'yiladi, buning oqibatida yetaklanuvchi zveno nuqtasining harakat qonuni biz istagan

⁶⁵ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

qonundan boshqacharoq bo`ladi. Buning orqasida kuchlar ham o`zgarib, texnologik jarayonning tekis borishiga halaqit beradi.

Quyi kinematik juftlardan tuziladigan mexanizmlar loyihalashning asosiy mohiyati bilan tanishib o`tamiz. Malumki, har qanday mexanizm o`z tarkibiga kirgan yetaklanuvchi zvenoning biror texnologik jarayon uchun zarur va oldindan belgilangan harakatini ta`minlash uchun xizmat qiladi. Yetaklanuvchi zvenoning bu harakati juda ko`p faktorlarga bogliq bo`ladi. Bu faktorlar yetaklovchi zvenoning harakat qonuni, mexanizm tarkibidagi zvenolarning uzunliklari, ilgariylanma harakat qiluvchi kinematik juft holatlarini belgilovchi chiziqli o`lchovlar kabi kinematik parametrlarni o`z ishiga oladi, binobarin, kinematik parametrlarga asoslanib, mexanizmning kinematik sxemasi tuziladi. Anna shu yetaklanuvchi zvenoning harakat shartiga ko`ra, mexanizm kinematik sxemasining parametrlarini aniqlash mexanizmlar loyihalashning asosiy masalasidir. Yetaklanuvchi zvenoning texnologik ishlar uchun mo`ljallangan harakatini ta`minlovchi mexanizmning kinematik sxemasini tuzib, uning tarkibidagi zvenolarning uzunliklarini aniqlash mumkin bo`lsa, masalaning asosiy qismini hal qilgan bo`lamiz, chunki qolgan masalalar shu mexanizm tarkibidagi zvenolarning harakatini sinab ko`rish, mustahkamligini ta`minlash va shu mexanizmning iqtisodiy jihatdan qanchalik foydali ekanligini yoki boshqa tomonlarini aniqlash bilan bogliq bo`lib, ular boshqa fan tarmoqlari – matematika, materiallar qarshiligi, mashina detallari, tebranishlar nazariyasi, injenerlik ekonomikasi va shu kabilarning ishtiroki bilan hal qilinadi. Umuman, biror mashina yoki mexanizm yaratish, avvalo, shu mexanizm yoki mashinaning rasional kinematik sxemasini tuzishdan boshlanadi. Qolgan masalalarni mashinashunoslikning turli tarmoqlari hal qiladi⁶⁶.

Berilgan harakat qonunini ta`minlash yetaklovchi zvenoning harakat qonuni berilgan holda yetaklanuvchi zvenoning aniq yoki taqribiy harakat qonunini ta`minlay oladigan mexanizm kinematik sxemasining parametrlarini topish bilan

⁶⁶Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

bogliqdir. **Birinchi misol** tariqasida quyida, P.L.Shebishevning to'rt zvenoli mexanizmini ko'rib chiqamiz (19.1- shakl).

Bu mexanizmning O_1A krivoship o'zining nol vaziyati (O_1A_0) dan boshlab, A nuqta chizgan yoydan aylansa, AB shatunning davomidagi E nuqta a, b, s taqribiy to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qiladi. Bu hol esa mexanizm kinematik sxemasining parametrlari $O_1O_2 = 2O_1A$; $AB = O_2B = BE = 2,5O_1A$ bo'lgandagina amalga oshadi.

Ikkinchi misol tariqasida Robertsning to'rt zvenoli taqribiy yo'naltiruvchi mexanizmini ko'rib shiqamiz (19.2- shakl).

Roberts mexanizmining E nuqtasi AB yoki CD zvenolar aylansa, shaklda ko'rsatilgan sxema parametrlari holatida to'g'ri chiziq bo'lab harakat qiladi. U yerda BCE shatun basesli zveno bo'lib, murakkab harakat qiladi. Ammo uning E nuqtasigina ma'lum chegarada taqribiy to'g'ri chiziqli trayektoriya chizadi; bu trayektoriyalarni grafik yoki analitik usulda topish mumkin. Bunday mexanizmlar taqribiy yo'naltiruvshi mexanizmlar deb ataladi. Qaysi metodni mexanizm loyihalashga nisbatan qo'yilgan asosiy shartga bogliqdir. Agar talab qilingan harakat qonuni biz olgan harakat qonunidan qanchalik farq qilishini bilish kerak bo'lsa, masalani analitik usulda yechish kifoya etadi, sababi grafik metod bilan topilgan harakat qonuni bunday talabga to'la javob bera olmaydi. Ammo shunga qaramay, grafik metodlarining afzalligi shuki, ular oddiy, tushunarli bo'lishi bilan birga, ko'zga yaqqol tashlanib turadi.⁶⁷ Mexanizmning kinematik sxemasi parametrlarini yetaklanuvchi zvenoning harakat qonuniga asoslanib aniqlash mexanizmlarning metrik sintezi deb ham ataladi.

Mashinaning ish organlariturlisha harakatda bo'lishi, ya'ni to'g'ri chiziqli aylanma yoki murakkab harakatda bo'lishi mumkin. Agar ish organi to'g'ri chiziqli haraktda bo'lsa, uning harakat qonuni yurgan yo'li, tezligi va tezlanishlarining vaqt o'tishi bilan o'zgarishini bildiradi, ya'ni $S = S(t)$, $v = v(t)$ va $a = a(t)$. Bu funksiyalar o'zaro boglangan bo'lib, ulardan birining boshlangish shartlaridan boshqalariniki aniqlanadi.

⁶⁷ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

Agar ilgariylanma harakat o`rniga aylanma harakat bo`lsa, u holda harakat qonuni burchakning vaqt ishida o`zgarishi  $\varphi = \varphi(t)$  va burchak tezligining  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}(t)$  va burchak tezlanishining  $\ddot{\varphi} = \ddot{\varphi}(t)$  ko`rinishidan iborat bo`ladi.

Mashina ish organlarining (zvenolarning) harakat qonuni, odatda, uning loyihalash vaqtida berilgan bo`ladi va shu qonunni amalga oshiruvchi mexanizmning sxemasi va konstruksiyasi ishlab shiqiladi.

Ba`zan mashina ish organining harakat qonuni oldindan berilmaydi, balki tayyor sxema va uning uzunlik o`lchovlarini o`zgartirish yoki dinamik parametrlarni o`zgartirish orqali olinadi.

Umuman olganda, mashina mexanizmlaridagi ta`sir qiluvchi kuchlar **statik** va **dinamik** bo`lishi mumkin. Statik kuchlarga turli texnologik qarshiliklar, elastik kuchlar, ogirlik kuchlari, ishqalanish kuchlari va boshqalar kiradi. Bunday kuchlar asosan mashina ish zvenosining harakat qonuni va mashina yoki mexanizm masalalarining joylashishiga bogliqdir.

Odatda, mashinaning ish organi ma`lum chegarada harakat qilib, shu chegarada uning tezligining o`zgarish qonuni (taxogrammasi) turlicha bo`lishi mumkin.

Mashina va mexanizmlarni loyihalashning nazariy asosi uning ish organining harakat qonuni ustalik bilan tanlay bilishiga bogliq. Harakat turlari xilma – xildir, ular mashina bajaradigan texnologik jarayon xossasiga, mashina elementlaridagi ish jarayonida hosil bo`ladigan kuchlar qanday bo`lishiga bogliq. Agar mashina sekin harakatlansa, u holda uning tarkibidagi zvenolarning tezlanishi ham kichik bo`ladi, ya`ni tezlanishlarning ahamiyati bo`lmaydi. Bunday mashinalardagi ish zvenolarining harakat qonuni bevosita  $S = S(t)$  qonunidan boshlanadi, ammo tezyurar mashinalar bo`lsa, ulardagi dinamik kuchlar kattalashib ketmasligi uchun avvalo rasional tezlanish grafigi tanlab olinadi va so`ngra $a = a(t)$ ga qarab $v = v(t)$ va $S = S(t)$ lar aniqlanadi.

Mexanizm kinematik sxemalarini sintezlash.

Mexanizmlar ichida eng ko`p tarqalganlari sharnirli mexanizmlar bo`lib, ulardan bazilarining kinematik sxemalarini sintezlash masalalarini ko`rib chiqamiz.

A. sharnirli 4–zvenolimexanizm kinematik sxemasini loyihalash. Bunday mexanizmlarni loyihalash davrida asosan quyidagi uch gruppaga bo`lamiz.

- 1) zvenolarning eng chekka siljishlariga qarab loyihalash;
- 2) chiquvchi va kiruvchi koordinatalarning berilgan boglanishiga qarab loyihalash;
- 3) shatundagi biror nuqtaning berilgan biror trayektoriya chizishiga qarab loyihalash.

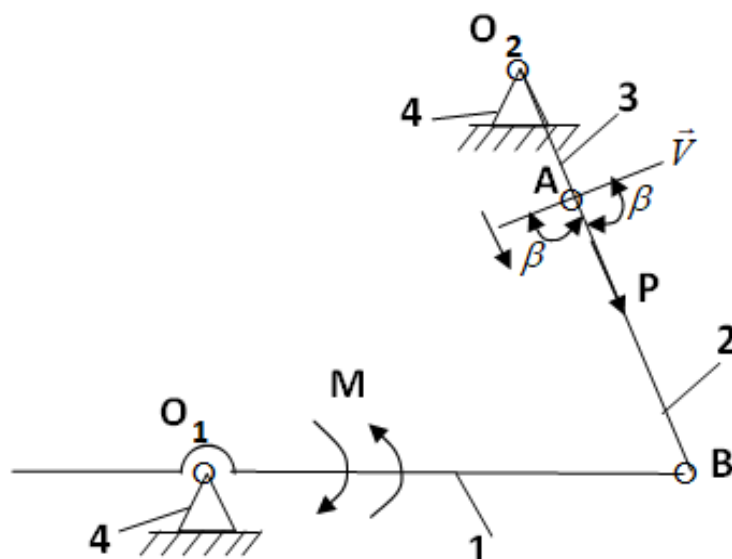
Masalaga aniqlik kiritish maqsadida 7.1.1 - shaklda ko`rsatilgan 4 zvenoli mexanizm quramiz.

Bunday mexanizmning normal ishlashi uchun bosim burchagi hamma vaqt $\beta < 90^0$ shartini bajarishi kerak. Agar oyoq pedali tomonidan qo`yilgan P kush AB shatun bo`ylab yo`nalsa, u holda bosim burshagi  $\beta < 90^0$  ga yaqinlashgan bo`ladi. Bunday holat yetaklanuvchi zveno – krivoship (3) ikkita «o`lik» holatga ega bo`ladi, ya`ni soat strelkasi aylangan tomonga yoki unga teskari tomonga aylana olishi mumkin. Shunday qilib  $\beta = 90^0$  bo`lganda o`z – o`zidan tormozlanish holati paydo bo`ladi. Bundan qutilishning birdan – bir yo`li mexanizm inversiyasidir, ya`ni mexanizm zvenolari yetarlik tezlikka ega bo`lsa, krivoship bu holatdan o`tib ketadi⁶⁸.

Umuman olganda, «o`lik» holatlarning bo`lmasligi uchun, mexanizm kinematik sxemasini shunday tuzish keraki, uning holatlari ishida bosim burchagi hamma vaqt $\beta < 90^0$ shartini qondirsin.

Bu aytilgan holatlar mexanizm kinematik sxemasining parametrlarini topish bilan bogliq. Shuning uchun ham sintez masalasining sonsiz – sanoqsiz yechimlari bo`lganligi sababli bunday masalalar matematik noaniq masalalar deb qaraladi. Sintez masalasi analitik va grafik usul bilan hal etilishi ham mumkin, ammo konstruktorlik praktikasiga asosan masalani grafik hal etilishi ma`quldir. Analitik hal etishda esa kata hisob ishlarini olib borish talab etiladi.

⁶⁸ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.



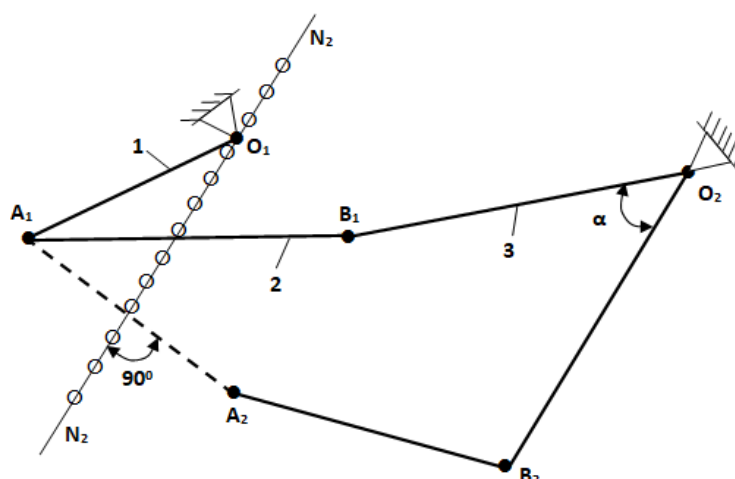
7.1.1-shakl

Biz quyida grafik usul orqali masalalarni hal etilishi borasida to'xtalib o'tamiz:

1). 4 zvenoli koromislosining berilgan ikki holatini ta'minlovchi kinematik sxemasini tuzish bilan tanishib chiqamiz. Koromislarning O_2B_1 va O_2B_2 holatlari berilgan (7.1.2 - shakl). Bunday mexanizmlar samolyotsozlikda uchraydi.

Yeshish. Shatunga o'zimiz biror ikki $B_1 A_1$ va $B_2 A_2$ holatini beramiz. endi A_1 bilan A_2 holatni birlashtirib, ular o'rtasidan $N_2 N_2 \perp A_1 A_2$ ni o'tkazamiz va shu $N_2 N_2$ dan krivoship mexanizmini tanlaymiz (7.1.2 - shakl).

Demak biz hozir bajargan iShimiz orqali $O_1 A_1 B_1 O_2$ – 4 zvenoli mexanizm kinematik sxemasini hosil qildik. $N_2 N_2$ dan krivoship uchun cheksiz holatlarni berish ham mumkin.



7.1.2 – shakl.

2). Yetaklovchi zveno to'la aylanganda koromislo berilgan α burchak oraligida tebranishi kerak bo'lgan to'rt zvenoli mexanizm kinematik sxemasini yaratish bilan tanishamiz. Bunday mexanizmlar gazlama to'quv avtomatlarida ushraydi. O_2B_1 va O_2B_2 – koromisli holatlari berilgan 7.1.3-shakl.

Yechish. Ixtiyoriy O_1 nuqtani krivoshipning aylanish markazi deb olamiz. Tanlangan O_1 nuqta bilan B_1 ni to'g'ri chiziqli orqali birlashtiramiz. Natijada $O_1A_1B_1O_2$ dan iborat 4 zvenoli mexanizm hosil qilamiz.

$O_1A_1B_1$ nuqtalarining bir to'g'ri chiziqlida yotgan holati koromislarning eng cheka holati deb hisoblanadi, u holda

$$O_1B_1 = A_1B_1 + O_1A_1 = AB_1 + O_1A$$

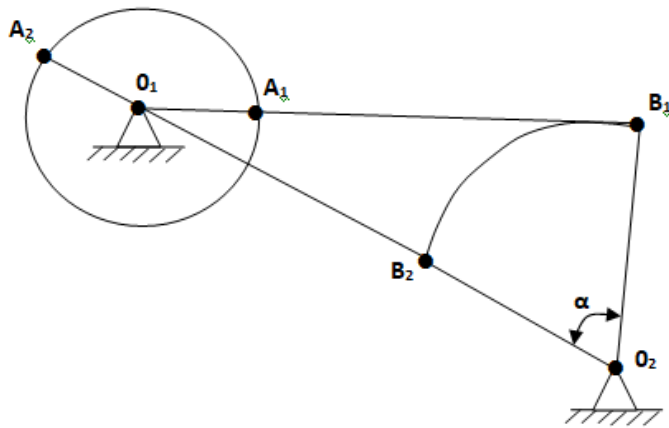
$$O_1B_2 = A_2B_2 + O_1A_2 = AB_2 + O_1A$$

Bu ikki tenglamadan krivoship va shatunning uzunligini topish mumkin:

$$O_1A = \frac{O_1B_1 - O_1B_2}{2} \text{ (mm);} \quad AB_1 = AB_2 = AB = \frac{O_1B_1 + O_1B_2}{2} \text{ (mm)}$$

Hozirgi zamon texnikasida ishlatiladigan mexanizmlar tarkibida ikki xil kinematik juft – oliy va quyi juftlar uchraydi. Ko'pchilik mexanizmlar tarkibida faqat quyi juftlar bo'lib, ba'zi mexanizmlarda esa ikkala xil juftli mexanizmlar ushlab turishi mumkin. Mexanizmlarni loyihalash, asosan uch bosqichda olib boriladi. Bulardan **birinchisi** biz istagan harakat qonunini bera oladigan mexanizmning kinematik sxemasini tuzish, **ikkinchisi** mexanizmning uzoq muddat ishlashini, mustahkamligini va yuqori foydali ish koeffitsientini ta'minlay oladigan konstruktiv formalar ishlab chiqarish va **uchinchisi** loyihalanuvchi mexanizmning texnologik va texnika – iqtisodiy ko'rsatkichlarini aniqlashdan iboratdir.

Mashina va mexanizmlar nazariyasida, biz talab qilgan, ya'ni ma'lum texnologik jarayonda kerak bo'ladigan harakat qonunini bera oladigan mexanizmning kinematik sxemasini tuzish masalasi mexanizmlar loyihalashda asosiy masaladir. Demak, hozirgi zamon texnikasida mexanizmlar loyihalashning asosiy masalasi harakatni bir turdan boshqa turga aylantirishdan iborat bo'lib asosan, quyidagilarni o'z ishiga oladi:



7.1.3-shakl

Oliy juftli mexanizmlar loyhalash asoslari, harakatni uzatish to'g'risidagi umumiy masala.

- 1) bir o'q atrofida bo'ladigan aylanma harakatni boshqa o'q atrofida bo'ladigan harakatga aylantirish;
- 2) bir o'q atrofida bo'ladigan aylanma harakatni to'g'ri chiziqli harakatga aylantirish;
- 3) to'g'ri chiziqli harakatni aylanma harakatga aylantirish;
- 4) to'g'ri chiziqli harakatni boshqa bir to'g'ri chiziqli harakatga aylantirish;
- 5) mexanizmdagi nuqtalardan birini texnologik jarayonda talab qilingan trayektoriyaga solib yuborish.

Yuqorida bayon qilinganlarni amalga oshirish ushun, bir – biriga harakat uzadigan ikki zvenoningn harakat qonuni vaqtga nisbatan berilgan bo'lishi kerak. Mexanizmdagi biror nuqtani texnologik jarayonda talab etilgan trayektoriyaga tushirish uchun bu trayektoriya analitik usulda (tenglama yordami bilan) yoki shu trayektoriyada yotuvchi nuqtalar orqali, ya'ni grafik usulda berilishi kerak.

Ko'pincha berilgan harakatni amalga oshirish masalasi quyi juftlari bor mexanizmdan ko'ra, quyi va oliy juftlari bo'lgan mexanizmlar orqali yaxshiroq hal qilinadi. Buning sababi shuki, tekislikda quyi juftlar faqat ikkita juftdan – aylanma va ilgarilanma juftlardan iborat bo'ladi, oliy juftlarning esa turi juda ko'p bo'ladi.

Shu sababli hozirgi zamon texnikasida texnologik jarayonlar uchun kerak bo`ladigan harakat turlarini aniq amalga oshirishda oliy va quyi juftlar bo`lgan mexanizmlardan foydalaniladi, faqat quyi juftlari bo`lgan mexanizmlar vositasida harakatning talab qilingan turi taqribiygina hosil qilinadi⁶⁹.

Binobarin, harakatning texnologik jarayonidagi ahamiyatiga qarab mexanizm tanlash konstruktorning ixtiyorida bo`ladi.

Quyi juftlarning elementlari tekislik, silindrik sirtlar va sferik sirtlar bo`liadi.

Oliy juftlarning elementlari nisbiy harakatdagi sentroidalar yoki o`zaro egiluvchan egri chiziqlar bo`ladi. Agar oliy juft elementlari sentroida bo`lsa, bunday elementlar bir – biriga nisbatan sirg'anmasdan yumalaydi, agar oliy juft elementlari o`zaro egiluvchan egri chiziqlar bo`lsa, bunday elementlar bir – biriga nisbatan sirganib yumalaydi. Shu sababli loyihalalanadigan mexanizmlar tarkibida oliy juftlar bo`lsa, ularning elementlarini loyihalash nisbiy harakatdagi sentroidani yoki o`zaro egiluvchan egri chiziqlarni loyihalashdan iborat bo`ladi. Shunday qilib, tarkibidagii oliy juft elementlari – sentroidalar bo`lgan mexanizmlar sentroidali mexanizmlar deb ataladi. Tarkibida oliy juft elementlari o`zaro egiluvchan egri chiziqlar bo`lgan mexanizmlar kulachokli mexanizmlar yoki tishli mexanizmlar deb ataladi.

Oniy aylanish markazi oniy tezlik markazi deb ham ataladi. Tekis shaklning harakati vaqtida oniy tezliklar markazi qo`zgaluvchan va qo`zgalmas tekisliklarda uzluksiz harakat qilishi mumkin. Oniy markazlarning qo`zgalmas tekislikdagi geometrik o`rni (trayektoriyasi) qo`zgalmas sentroida yoki qo`zgalmas polodiya deb, qo`zgaluvchan tekislikdagi trayektoriyasi esa qo`zgaluvchan sentroida yoki qo`zgaluvchan polodiya deb ataladi. Misol tariqasida, relsda ketayotgan vagon g'ildiraklarin olamiz. Agar vagon g'ildiragi rels ustida sirganmasdan yumalasa, aylanayotgan g'ildirak uchun qo`zgalmas sentroida relsning o`zi bo`lib, qo`zgaluvchan sentroida vagon g'ildragining aylanasi hisoblanadi.

⁶⁹ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

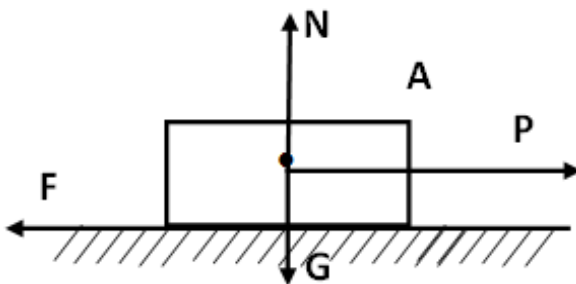
Agar oniy markazlar fazoda sirt hasil qilsa, ular **aksoida** deb ataladi. Sentroidaga o`xshash, aksoida ham qo`zg`aluvchan va qo`zgalmas bo`ladi. (Bu hol uchun oniy markaz bo`lmay, balki oniy o`q bo`ladi, shu oniy o`q silindrik yoki konus sirtlar hosil qilishi mumkin.)

Takrorlash uchun savollar.

1. Qanday mexanizmlar tishli mexanizmlar deb ataladi.
2. Qo`zg`aluvchan sentroida deganda nimani tushunasiz.
3. Qo`zg`aluvchan polodiya deganida qanday mexanizmni tushunasiz.
4. Qo`zg`aluvchan sentorida bilan qo`zg`almas sentroidani farqini aytib bering.

7.2 KINEMATIK JUFT ELEMENTLARIDAGI ISHQALANISH KUCHLAR.

Kinematik juft elementlarining nisbiy harakatiga ko`rsatiladigan qarshilik kuchi **ishqalanish kuchi** deb ataladi. Misol: stol ustida turgan gishtni stol yuzasida siljitish uchun biror kuch talab etiladi. Gisht bilan stol ilgarilami kinematik juft tashkil qiladi. Ularning elementlari tekislik bo`lib, gishtga stol yuzasi shu gisht ogirligiga teng reaksiya kuchi bilan ta`sir etadi (7.2.1-shakl)



7.2.1- shakl Sirpanib ilgarilanma harakat qiladigan zvenoga ta`sir qiladigan kuchlar ($v = 0$)

Gishtning ogirligini - G bilan stol yuzasining gishtga ko`rsatadigan ta`sir kuchini N bilan belgilaymiz. N kuchi kinematik juft elementlariga tik yo`nalgan (7.2.1 – shakl). Agar stol elementi (yuzasi) gisht ogirligiga bardosh bera olmasa, u

holda, juftlik buziladi. $G = N$ bo'lganda kinematik juftlik mavjud bo'ladi. Agar gisht biror P kuch ta'sirida qo'zgalmasa, uning harakatiga F_1 ishqalanish kuchi qarshilik ko'rsatgan bo'ladi⁷⁰. Gishtga biror P_0 kuch qo'yilganda, gisht qo'zg'alish chegarasiga kelsa, ya'ni bir tekis harakat qilsa (yoki to'xtab tursa), u holda, gishtning harakatiga F_0 kuch qarshilik qilgan bo'ladi. Agar jismga $P > P_0$ kuch bilan ta'sir etilsa, u holda gisht biror $x = a$ tezlanish bilan harakat qila boshlaydi. Harakatga ko'rsatiladigan qarshilik esa F bo'ladi. Nyuton qonuniga ko'ra gishtning harakat tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$P - F = \frac{G}{g} \ddot{x}$$

bu yerda. G – gishtning ogirligi;

g – yerning tortish kuchi tezlanishi ($g = 9,81 \text{ m sek}^{-2}$)

$a = \ddot{x}$ gishtning chiziqli tezlanishi.

formulani quyidagicha yozamiz:

$$F = P - \frac{G}{g} \cdot \ddot{x} < F_0$$

O'tkazilgan ko'pgina tajribalar tenglamadagi F_0 kuch qanchalik katta bo'lmasin, qarshilik kuchi o'zgarmay qolishini ko'rsatadi. F_0 kuch gishtning tinch holatdagi ishqalanish kuchi deb, F esa jismning sirg'anishdagi ishqalanish kuchi deb ataladi.

Kinematik juft elementlarini xarakterlovchi miqdor ishqalanish koeffisienti deyiladi; bu koeffisient qarshilik kuchining normal reaksiyasiga bo'linganiga tengdir.

$$f = \frac{F}{N}$$

Bu yerda, f – sirganib ishqalanish koeffisienti

F - qarshilik kuchi

N – normal reaksiya (bu reaksiya hamma vaqt ilgarilanma kinematik juft elementiga tik yo'nalgan bo'ladi).

⁷⁰ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

Kinematik juft elementlarining holatiga qarab, ishqalanish quyidagilarga bo`linadi:

a) **quruq ishqalanish** - bunda kinematik juft elementlarida moy yoki boshqa suyuqlik bo`lmaydi:

b) **chegarali ishqalanish** – bunda kinematik juft elementlari juda oz moylangan bo`ladi; juft elementlardagi moy qalinligi 0,1 mikron va undan ham kam bo`ladi;

c) **suyuq ishqalanish** – bunda ishqalanishda kinematik juft elementlari moy pardalari bilan qoplangan bo`lib, juft elementlari bir – biridan ana shu moy qavati bilan ajiralgan bo`ladi.

d) **yarim quruq ishqalanish** – bunda ayni bir vaqtda quriq va chegarali ishqalanish bo`ladi;

e) **yarim suyuq ishqalanish** – bunda ayni bir vaqtda suyuq ishqalanish bilan chegarali ishqalanish yoki suyuq va quruq ishqalanish bo`ladi.

Ilgarilanma harakat qiluvchi kinematik juft elementlaridagi ishqalanish.

Ilgarilanma harakat qiluvchi kinematik juft elementlari orasidagi ishqalanish kuchini topishga kirishamiz.

Buning uchun biz faqat quruq ishqalanish bilan tanishamiz.

G ogirlikdagi A jism (zveno) tekislik ustida turibdi (7.2.2-shakl). Jism ogirligiga teng N reaksiya borligi shakldan ma`lum. Agar jism P kuch bilan o`ng tomonga sirg`antirilsa, uning harakatiga teskari yo`nalgan F qarshilik, ya`ni ishqalanish kuchi vujudga keladi. F bilan N kuchlarni geometrik qo`shib qo`yidagini hosil qilamiz:

R – to`la reaksiya: φ – ishqalanish burchagi.

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

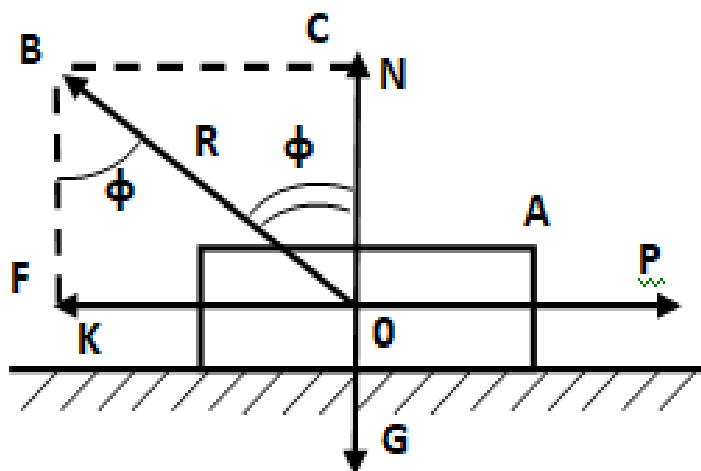
Bu yerda, R – to`la reaksiya,

OBK dan qo`yidagi tenglamani chiqaramiz

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

formuladagi $\frac{F}{N} = f$ – ishqalanish koeffisienti;

ϕ burchak **ishqalanish burshagi** deb ataladi.



7.2.2 – shakl.

Xo'sh ishqalanishning o'zi nima? U qanday sodir bo'ladi? Agar biz eng yaxshi tozalangan yuzalarni kattalashtiruvchi asbob bilan qarasak, uning yuzasida gadir – budirlik borligini ko'ramiz. Tokarlik va randalash dastgohlarida ishlov berilgan yuzalarning gadir – budirligi 100 mikron (1 mikron millimetrning mingdan biri).

Shunday qilib, ishqalanish kuchi, ya'ni harakatga ko'rsatilgan qarshilik ana shu gadir – budirlikdan kelib chiqar ekan. Kinematik juft zvenoning nisbiy harakati vaqtida elementlardagi gadir – budirliklar orasidagi reaksiya ikkiga: normal kuchlar bilan tangensial kuchlarga ajratiladi. Bulardan normal tashkil etuvchilar yigindisi zveno ogirligiga teng reaksiya bo'lib, tangensiallar tashkil etuvchilarning yigindisi esa harakatga (siljishga) ko'rsatilgan qarshilik – ishqalanish kuchidir.

Ishqalanuvchi jismlar nima uchun qizib ketadi? Kinematik juft elementlari bir – biriga nisbatan harakatda bo'lganda ulardagi molekulalar bir – biriga kata kush bilan ta'sir qiladi. Buning oqibatida juft elementlardagi molekulalar tebranma harakat qiladi, bu tebranma harakat zveno ichidagi molekulalarni ham harakatga keltiradi. Zveno ichkarisidagi molekulalarning harakati natijasida zvenolar qiziy

boshlaydi. Demak, ishqalanish kuchini yengish uchun ketgan ish issiqlikka aylanib, kinematik juft elementlarini qizib ketishiga sabab bo`ladi. Shuning uchun mashinalarni harakatga keltiruvchi energiyaning sarflanishi jihatidan ishqalanish zararli bo`lib, boshqa ko`pgina ishlarni bajarishda ishqalanishning ahamiyati g'oyat kattadir⁷¹.

Sirganish podshipniklaridagi ishqalanish.

Sirganish podshipniklaridagi ishqalanish bilan tanishib o`tamiz. Har qanday mashina yoki mexanizmدا sapfa va podshipnik bo`ladi. Podshipnikda aylanuvchi valning bir qismi sapfa deb ataladi. Agar sapfa valning oxirida bo`lsa, bo`yin deb ataladi. Sapfaning podshipnikdagi ishqalanish kuchini yoki ishqalanish kuchining ishini topish uchun ikki xil gipoteza bor.

Birinchi gipoteza. Bu gipotezada sapfa bilan podshipnik kinematik aylanma juft deb qaraladi va sapfaning podshipnika bosimi kinematik juftning elementlariga barobar tushadi, ya`ni solishtirma bosim o`zgarmas kattalik deb qabul qilinadi.

AB – kinematik juft elementlari bo`lsin (7.2.3 - shakl). Sapfa bilan podshipnik elementlaridan elementar yuza (ds) ajratamiz:

$$ds = l r d\alpha$$

bunda, l – sapfaning uzunligi.

Sapfaning elementar yuzasiga to`g`ri keladigan reaksiyaani quyidagicha aniqlaymiz

$$dN = q ds = q r l d\alpha$$

sapfaning muvozanat shartidan quyidagini olamiz:

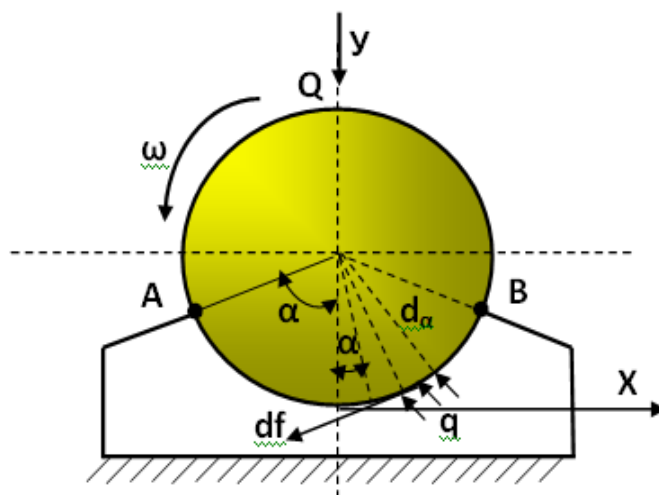
$$\sum Y = -Q + \int_{-\alpha_0}^{+\alpha_0} q \cdot r l \cos \alpha \cdot d\alpha = 0$$

Buni integrallasak, quyidagi tenglamaga erishamiz:

$$Q = 2 q r l \sin \alpha_0$$

$$\text{Bundan: } q = \frac{Q}{2 \cdot r \cdot l \cdot \sin \alpha_0} \left[\frac{\hat{e}_i}{\hat{n}_i^2} \right]$$

⁷¹ Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.



7.2.3- shakl. Podshipnik va sapfa

Oliy kinematik juftlardagi ishqalanish.

Hozirgi zamon mashina va mexanizmlaridagi kinematik juftlarning turiga qarab, ishqalanish ikki xil bo'ladi. Bulardan biri quyi kinematik juft elementlari orasidagi ishqalanishdir. Bunday ishqalanish birinchi turdagi ishqalanish deb, bundagi ishqalanish koeffisienti birinchi turdagi ishqalanish koeffisienti deb ataladi⁷².

Oliy juft elementlaridagi ishqalanish ikkinchi turdagi ishqalanish deb, bundagi ishqalanish koeffisienti esa ikkinshi turdagi ishqalanish koeffisienti deb ataladi.

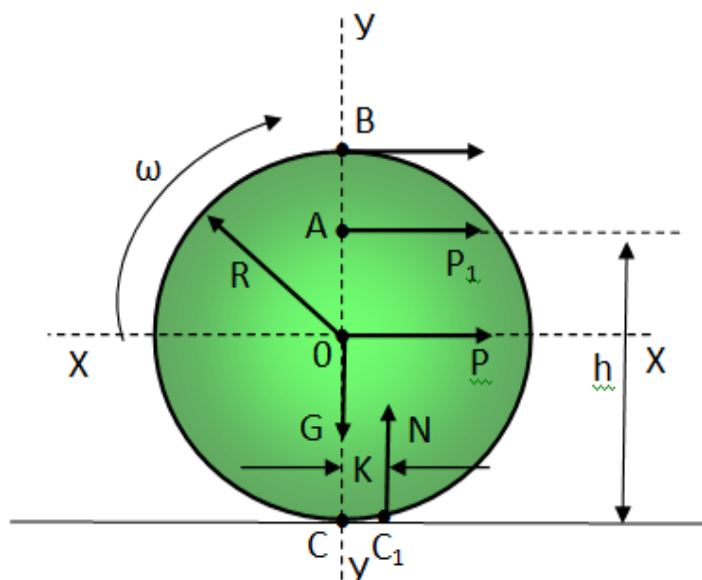
Biror sharni bir tekislik ustida dumalatish ushun, uni biror kush bilan itarish lozim (7.2.4 - shakl). Umuman, tabiatda absalyut qattiq jism bo'lmagani uchun shar bilan tekislikni qo'yidagicha talqin qilish mumkin:

1. tekislik ustida turgan shar absolyut qattiq, tekislik esa bo'shq, deb faraz qilaylik. Bunday holda shar tekislikka botadi, ya'ni tekislik bir oz eziladi – oliy juft quyi juftga aylanadi.

2. tekislik ustida turgan shar bir oz yumshoqroq (koptokni eslash mumkin), tekislik esa absolyut qattiq, deb faraz qilaylik. Bunday holda shar bir oz ezilib, shar bilan tekislik orasida oliy juft o'rniga quyi juft hosil bo'ladi.

⁷² Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.

3. agar shar ham tekislik ham absolyut qattiq bo'lsa, shar bilan tekislik o'rtasida oliy juftlik mavjud bo'ladi (bunday hol ideal hol hisoblanadi).



7.2.4 – shakl. Tekislik ustidagi shar

7.2.4 – shaklda tasvirlangan sharning ogirligi G , radiusi esa R dir. Shu sharni shaklda ko'rsatilganidek dumalatish uchun unga biror P_1 yoki P_2 kuch qo'yish kerak.

Shar tinch turganda shar bilan tekislik elementlari S nuqtada bog'lanadi va sharning og'irligi yy vertikal o'q ustida bo'ladi. Sharni soat strelkasi yuradigan tomonga dumalatish uchun unga ta'sir etuvchi kuch elementlar bog'lanishini S dan S_1 ga ko'chiradi. S_1 nuqtada sharning ogirligi teng N reaksiya kuchi yy vertikal o'qdan biror k masofada turadi, shar esa (G, N) juftning momenti ta'sirida o'zining boshlang'ich vaziyatini saqlashga harakat qiladi va harakatlantiruvchi momentga qarshilik ko'rsatadi. Sharining muvozanat sharti (yoki uning bir tekisda o'zgarmas burshak tezligi bilan dumalanish sharti) quyidagicha bo'ladi:

$$M = M_G$$

bu yerda, $M = R \cdot$ R – harakatlantiruvchi kuchning momenti;

$M_G = k \cdot G$ – qarshilik kuchining momenti $(N - G)$.

M o'rniga PR ni, M_G o'rniga esa $K \cdot G$ ni olamiz. Unda:

$$PR = K \cdot G$$

$$H = k/R \cdot G \text{ [kg]}$$

Kelib chiqadi, bu yerda, $R - O$ nuqtaga qo'yilgan qarshilik yenguvchi kuch harakatlantiruvchi kuch

$G = N$ – normal bosim;

K – proporsionallik koeffisienti yoki ikkinchi turdagi ishqalanish koeffisienti, mm hisobida.

1. Ikkinchi turdagi ishqalanish kuchi F normal bosim (N) ga to'g'ri, dumalanuvchi jism radiusiga esa teskari proporsionaldir.

2. Ishqalanish kuchi dumalanuvchi jismning materialiga va uning fizik xossasiga bogliqdir.

7.2.4 – shakldagi harakatlantiruvchi kushning S nuqtaga nisbatan yelkasini o'zgartirib, formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$P_1 = \frac{k}{h} G \text{ [kg]}$$

$$P_2 = \frac{k}{2R} G \text{ [kg]}$$

formulalardan $R > R_1 > R_2$ holat kelib chiqadi. Shunday qilib, sharga qo'yilgan harakatlantiruvchi kuchning yelkasi qancha katta bo'lsa, sharning dumalashi shuncha oson bo'lar ekan.

Takrorlash uchun savollar.

1. Qanday kuchlar ishqalanish kuchi deb ataladi?
2. Ishqalanish koeffisienti deb qanday koeffisient tushuniladi?
3. Qanday ishqalanishga chegarali ishqalanish deb ataladi?
4. Sapfa valning qaysi qismida bo'lsa bo'yin deb ataladi?

Tayanch so'z va iboralar

Mashina – qurilma, insonning aqliy va jismoniy mehnatini engillashtirish, ish umumdorligini oshirish uchun foydali mexanik ish qilishdir.

Mexanizm – mashinaning asosiy qismi – maqsadga muvofiq nisbiy harakat qiluvchi jismlar sistemasi.

Zveno – bitta yoki bir qancha, aniq harakat qiluvchi qattiq bog'langan detal.

Kinematik juft – harakatdagi ikki zvenoning bog'lanishidir.

Mexanizmning erkinlik darajasi – bu hamma zvenolar holatini bir xilda aniqlaydigan bog'lanmagan koordinatalar soni.

Mexanizmning erkinlik darajasi uning kirish zvenolar yig'indisiga teng.

Koromislo – qo'zg'almas nuqtaga nisbatan tebranma harakatlanadigan zveno.

Tosh – qo'zg'aluvchan yo'nalishda harakatlanadigan zveno.

Kulisa – tosh uchun qo'zg'aluvchan yo'nalish.

SHarnirli mexanizm – mexanizm tarkibidagi knematik juftlar sharnirdan iborat.

Polzunli mexanizm – bitta polzunga ega mexanizm.

Kulisali mexanizm – bitta kulisaga ega mexanizm.

Absolyut tezlik – bu stoykaga nisbatan nuqtaning tezligi.

Nisbiy tezlik – bu zvenodagi bir nuqtaning boshqa nuqtasiga nisbatan tezligi (shatun uchun).

Burchak tezligi (W) — bo'g'inni vaqt biriligidagi aylanish burchagining o'zgarishi

Burchak tezlanishi (E) – bo'g'inni vaqt birligida burchak tezligining uzgarishi

Tezlik analogi — boshlang'ich bo'g'inni aylanish burchagiga nisbatan bo'g'inlarning aylanish burchaklarining o'zgarishi yoki bo'g'inni o'lchamsiz burchak tezligi

Tezlik analogi — bo'g'inni tezlik analogini boshlang'ich bo'g'in aylanish burchagiga nisbatan uzgarishi

Mexanizm permanent (asosiy) xarakati — boshlang'ich bo'g'inni o'zgarmas burchak tezligi bilan xarakati ($\omega = \text{const}$)

Mexanizm kinematik sxemasi — mexanizmni bo'g'in va knematik juftlarini shartli belgilar bilan ko'rsatish shakli.

Masshtab koeffitsienti (masshtab) — turli parametrlarni haqiqiy ulchamini chizmadagi ulchamiga nisbati.

Mexanizmni knematik sxemasi masshtabi — bo'g'inlarni haqiqiy uzunligini chizmada millimetrda ifodalanishi

Tezlik rejasi — bo'g'inlar nuqtalarini tezlik vektorlaridan xosil bo'lgan geometrik (ko'p burchakli) shakl.

Tezlanish rejasi — Bo'g'inlar nuqtalarining tezlanish vektorlaridan xosil bo'lgan geometrik (ko'p burchakli) shakl.

Tezlikni (tezlik rejasini) masshtabi — tezlikni chizmada millimetrdagi ifodalanishi

Tezlanishni (tezlanish rejasini) masshtabi — tezlanishni chizmada millimetrdagi ifodalanishi

Vaqt masshtabi — vaqtni chizmada millimetrdagi ifodalanishi

Tezlik va tezlanish rejalari qutblari — absolyut tezlik yoki tezlanish vektorlari boshlanadigan nuqtalar.

Oniy tezlik markazi — bo'g'inni xarakatida uning shu onda tezligi nolga teng bo'lgan nuqta

Oniy tezlanish markazi — bo'g'inni xarakatida uning shu onda tezlanishi nolga teng bo'lgan nuqta.

Massa — ilgariylanma harakatlanuvchi jism o'lchovi.

Inersiya momenti — aylanma yoki silkinma harakatlanuvchi jism o'lchovi.

Dalamber prinsipi harakatlanuvchi mexanik sistemaga tashqi kuchlar bilan birga, zvenoning inersiya kuchlarini qo'ysak, uni muvozanatda deb qarash mumkin.

Reaksiya — kinematik juftdagi ikki zvenoning o'zaro ta'sir kuchi.

Kulachokli mexanizm — bu mexanizmga kulachok deb ataladigan kirish zvenosining formasiga qarab, zveno harakatining xarakteri aniqlanadi.

Tolkatel — bu zveno kulachok bilan bog'langan.

Kulachokli mexanizm tutashuvi — kulachok va tolkatel oralig'idagi doimiy bog'lanishni ta'minlash.

Profil burchaklar — bu profildagi xarakterli uchastkalarni aniqlaydigan kulachokning markaziy burchaklari.

Faza burchaklar — bu tolkatel xarakatining fazasiga mos keladigan, kulachokning burilish burchaklari.

Harakatni aylantirish metodi — bu metodda kulachok to'xtatilib, tolkatelga uning yo'naltiruvchisi bilan birga — ω_1 burchak tezlik beriladi.

Grafik differensiallash metodi — bunda funksiyaning hosilasi og'ma urinma burchak tangensiga proporsionaldir.

Harakatni uzatish burchagi — bu o'tkir burchak kontakt nuqtasida kulachok profiliga o'tkazilgan urinma bilan tolkatel harakatining yo'naltiruvchisi orasidagi burchak.

Harakatni uzatish burchagi — bu tolkatelning absolyut va nisbiy tezlik vektorlari orasidagi o'tkir burchak.

Kulachokning minimal radiusi — kulachokning yaqin turish uchastkasidagi aylana radiusi.

Kulachokni loyihalash – ma'lum kulachokning minimal radiusida tolkatelni harakat diagrammasi bo'yicha kulachok profilini qurish.

Tishli mexanizm – bu mexanizmda zvenodagi maxsus burtiklar yordamida harakat uzatib, ish protsessida bir-birini almashtiradi.

Slindrik uzatma – g'ildirak o'qlari parallel uzatma.

Konusli uzatma – g'ildirak o'qlari kesishuvchi uzatma.

Giperbola uzatma – o'qlari ayqash uzatma.

Ilashish chizig'i – bu kontakt nuqtalarning geometrik o'rni.

Evolventa – bu tayyorlash chizig'ini asosiy aylanada harakatlantirilganda hosil bo'lgan egrilik.

Modul – bu bo'luvchi diametrni tishlar soniga nisbati.

Tish qadami – bu bir xil profilli ikki tish oralig'idagi aylana bo'yicha o'lchangan masofa.

Ilashish burchagi – bu ilashish chizig'i va markaziy chiziqqa perpendikulyar orasidagi o'tkir burchak.

Amaliy ilashish chizig'i – nazariy ilashish chizig'ini bosh aylanishlar kesishgan nuqtasida topiladi.

Nazariy ilashish chizig'i – bu ilashuvchi tishli g'ildiraklarning asosiy aylanalariga urinmadir.

Tashqi uzatma – bu manfiy uzatish nisbatiga ega bo'lgan qarama-qarshi yo'nalishda aylanuvchi g'ildiraklar uzatmasi.

Ichki ilashma – bu musbat uzatish nisbatiga ega bo'lgan bir xil yo'nalishda aylanuvchi g'ildiraklar uzatmasi.

Reduktor – bu sekinlanuvchan uzatma.

Multiplikator – bu tezlanuvchan uzatma.

Planetar reduktor – bu bitta qo'zg'almas markaziy g'ildirakka, bitta kirish va bitta chiqishga ega bo'lgan planetar mexanizm

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

1. O'zbekiston Respublika Prezidentining 2017 yil 20 apreldagi "Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora - tadbirlari to'g'risida"gi PQ-2909-sonli qarori.
2. O'zbekistan Respublikasi Prezidentining 2017 yil 27 iyuldagi "Oliy ma'lumotli mutaxassislar tayyorlash sifatini oshirishda iqtisodiy sohalari va tarmoqlarini ishtirokini yanada kengaytirish chora - tadbirlari to'g'risida"gi PQ-3151-sonli qarori.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 5 iyundagi "Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta'minlash bo'yicha qo'shimcha chora - tadbirlar to'g'risida"gi PQ-3775-sonli qarori.
4. Жураев А, Мавлявиев М.Р., Абдукаримов Т., Мирахмедов Ж.Ю. «Механизм ва машиналар назарияси». (Дарслик). «Ғофур Ғулом нашриёти». Т., 2004.-592 б.
5. Зокиров Ғ. Ш. Машина ва механизмлар назарияси. - Т.: «Ўзбекистон», 2002.- 183 б.
6. Жураев А.Ж, Абдукаримов Т., Максудов Р.Х., Мирахмедов Ж.Ю., Нуруллаева Х.Т. «Машина ва механизмлар назарияси фанидан курсавий лойихалаш ишлари учун вазифалар тўплами ва услубий қўланма». (Ўқув қўланма). Т., ТТЕСИ, 2010.-213 б
7. Usmonhojaev X.X. "Mexanizm va mashinalar nazariyasi". Т.: «O'qituvchi»,1981 y
8. Karimov R.I, Saliyev A. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanidan o'quv qo'llanma.Т.: ToshDTU, 2006.
9. Зайнутдинов Н.З., Каримов Р.И., Турапов А.Т., Шоумаров Р.А. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Теория механизмов и машин» . Т. 2006
10. John Uicker, Gordon Pennock, and Joseph Shigley "Theory of Machines and Mechanisms" Publication Date - February 2010.

11. K.J. Waldron, G. L. Kinzel "Kinematics, Dynamics and Design of Machinery", John Wiley, 2014
12. Федоров Н.Н., Гололобов Г.И. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Учебное пособие для студентов дистанционной формы обучения. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. 139 с.
13. Jo'raev A., Tojiboev R. Amaliy mexanika.-T.: Fan va texnologiya, 2007
14. Izzatov Z.X. "Mexanizm va mashinalar nazariyasidan kursaviy loyihalash". T. : «O'qituvchi», 1979 y.
15. 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.
16. Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.
17. Федоров Н.Н. Кинетостатика плоских механизмов и динамика машин. Учеб. пособие. Омск, 2001.
18. Гололобов Г.И. Федоров Н.Н. Моделирование кинематики плоских рычажных механизмов на ПЭВМ: Спр. пособие.Омск, 2003.
19. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Том II. Зубчатые механизмы. М., Наука,1973.
20. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М., Наука, 1975.
21. Бежанов Б.Н. Пневматические механизмы. М.-Л., Машгиз 1957.
22. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механика машин. М., Высшая школа, 1986.
23. Пятаев А.В. Машиналар динамикаси. Тошкент, Тошкент давлат техника дорилфунуни, 1992.
24. Иззатов З.Х. Механизм ва машиналар назариясидан курсавой лойишчалаш. Тошкент, "Ўқитувчи", 1979.
25. Қодиров Р.Х. Механизм ва машиналар назариясидан курсавой лойишчалаш. Тошкент, "Ўқитувчи",1990.

26. Рустамхыжаев Р. Механизм ва машиналар назариясидан масала ҳамда мисоллар тўплами. Тошкент, "Ўқитувчи", 1987.

27. Усмонхўжаев Х.Х. Механизм ва машиналар назарияси. Тошкент, "Ўқитувчи", 1981.

28. Малиновский, А.Н. Методические указания к расчетам и анализу современных редукторов по курсу «Детали машин» А.Н. Малиновский. – М.: МАДИ, 1981.

29. М.В. Анохина, С.В. Никитин. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта «Привод к стенду с использованием планетарного редуктора». МОСКВА. МАДИ. 2017.

30. Кулачковые механизмы. Методические указания к курсовому проектированию для студентов механических специальностей. Владивосток. 2000 г.

31. Ю.В. Воробьев, Л.Х. Никитина, П.А. Галкин. Проектирование и анализ кулачковых механизмов. Тамбов Издательство ТГТУ 2006.

32. Назаров Х.Н. Робототехнические системы и комплексы. Учебное пособие. - Т.: ТГТУ, 2004- 102с.

33. Юревич Е.И. (ред.) Интеллектуальные роботы Учебное пособие для вузов / под общей редакцией Е.И. Юревича / И.А. Каляев, В.М. Лохин, И.М. Макаров и др. - М.: Машиностроение, 2007. - 360 с.

34. Юревич Е.И. Основы робототехники 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БВХПетербург, 2005. - 416с, ил.

35. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств. / А. П. Лукинов. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с.

Mundarija

Kirish.....	
I.BOB. MASHINA VA MEXANIZM NAZARIYASI HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR, ULARNING TA'RIFLARI VA TURLARI.....	
1.1.Mashina va mexanizmlar nazariyasi fanning maqsad va vazifalari...	
1.2.Mashina va mexanizmlarning asosiy turlari.....	
1.3.Mexanizmlarning tuzilishi.....	
1.4.Mexanizmlarning klassifikatsiyasi	
1.5.Kinematik juftlar va ularning klassifikatsiyasi. Kinematik zanjirlar ularning turlari.....	
II.BOB. MEXANIZMLAR KINEMATIKASI TAXLILI.....	
2.1.Mexanizm zvenolarining holatlari va nuqtalar trayektoriyalari.....	
2.2.Mexanizmlarning kinematik xarakteristikalar. Diagrammalar usuli ..	
2.3.Mexanizmlarning kinematik xarakteristikalar (tezliklar rejasi)	
2.4.Mexanizmlarning kinematik xarakteristikalar (tezlanishlar plani) ...	
III.BOB. MEXANIZMLAR DINAMIKASI.....	
3.1.Mexanizmlarning dinamik parametrlari va ularning xarakteristikalar.	
3.2.Inertsia kuchlari va inersiya momentini aniqlash. kinematik juftlikdagi reaksiya kuchlarini kuch rejasi yordamida aniqlash.....	
3.3.Prof. N.E.Jukovskiyning qattiq richag to'g'risidagi teoremasi	
3.4.Mexanizmning permanent va boshlang'ish harakatlarini topish	
IV.BOB. TISHLI MEXANIZMLARNING ANALIZI VA SINTEZI...	
4.1.Tishli mexanizmlar turlari va ularni ishlatilishi. Tishli mexanizm geometriyasi.....	
4.2.Planetar reduktorlar. turlari va kinematikasi. Tishli ilashma va uning parametrlari.....	
V. BOB. KULACHOKLI MEXANIZMLARNI SINTEZI.....	
5.1.Kulochokli mexanizmlarning turlari, vazifasi va ishlatilish soxalari.....	
5.2.Kulochokli mexanizmlarni loyihalashda chiqish zvenosining xarakat qonunlari va ularni tanlash.....	
VI.BOB. ROBOT VA MONIPULYATORLAR HAQIDA MA'LUMOT.....	
6.1.Richakli mexanizmlar sintezi, asosiy masalalar va usullari	
6.2.Monipulyator va robotlar ularning turlari va ishlatilishi	
VII. MEXANIZMLARNI LOYIHALASH ASOSLARI.	
MEXANIZM ZVENOLARINING ISHQALANISH KUCHLARI	
7.1.Mexanizmlar loyihalash asoslari	
7.2.Kinematik juft elementlaridagi ishqalanish kuchlar	
Tayanch so'z va iboralar.....	
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....	