

YU.A. AXMEDJANOV

MEXATRON MODULLAR VA ULARNI KONSTRUKSIYALASH



622
A 162

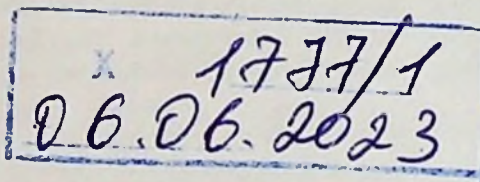
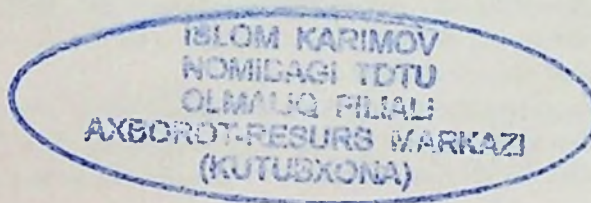
APM
KRT

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

YU.A. AXMEDJANOV

MEXATRON MODULLAR VA ULARNI KONSTRUKSIYALASH

*O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan darslik sifatida kiritilgan*



TOSHKENT – 2022

UO'K: 622.32 (075.8)
KBK: 33.36ya74

Darslikda mexanikadan mexatronikaga o'tish tendensiyasi ko'rsatilgan; mexatron modullarini qurish konsepsiyasi ishlab chiqilgan; ularning tuzilishi va tasnifi taqdim etilgan; mexatron modullarini loyihalash va konstruksiyalash asoslari, shuningdek ularning alohida tarkibiy qismlari: harakat o'zgartiruvchilari, tormoz va luft tanlash mexanizmlari, yo'naltiruvchilar; turli harakat o'zgartiruvchilarining aniqligini hisoblash va mexatron modulining chiqish bo'g'inining xatoligini aniqlash usuli belgilangan; mexatron modullarining ishonchliligi asoslari berilgan.

Darslik O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan na'munaviy dasturlar asosida yozilgan bo'lib, ta'lim sohasi 5312600 – "Mexatronika va robototexnika" ta'lim yo'nalishi bo'yicha oliy texnika o'quv yurti talabalari uchun mo'ljallangan.

В учебнике изложена тенденция перехода от механики к мехатронике; разработана концепция построения мехатронных модулей; представлена их структура и классификация; приведены основы проектирования и конструирования мехатронных модулей, а также отдельных их составляющих: преобразователей движения, тормозных и люфтоввыбирающих механизмов, направляющих; изложена методика расчета точности различных преобразователей движения и определения погрешности выходного звена мехатронного модуля; даны основы надежности мехатронных модулей.

Учебник написан на основе типовых учебных программ, утвержденных Министерством высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан и предназначен для студентов высших технических учебных заведений по специальности 5312600 - «Мехатроника и робототехника».

The textbook describes the tendency of the transition from mechanics to mechatronics; the concept of building mechatronic modules was developed; their structure and classification is presented; the basics of design and construction of mechatronic modules, as well as their individual components: motion transducers, brake and backlash-selecting mechanisms, guides; the methodology for calculating the accuracy of various motion transducers and determining the error of the output link of the mechatronic module is described; the fundamentals of the reliability of mechatronic modules are given.

The textbook is written on the basis of standard curricula approved by the Ministry of Higher and Secondary Specialized Education of the Republic of Uzbekistan and is intended for students of higher technical educational institutions in the specialty 5312600 - "mechatronics and Robotics".

Taqrizchilar:

N.B. Baratov – texnika fanlari nomzodi, dotsent, Islom Karimov nomli Toshkent davlat texnika universiteti, "Materiallar qarshiligi va mashina detallari" kafedrasida professor lavozimini v.b.;

A.N. Shernayev – texnika fanlari doktori, PhD, Toshkent kimyo-texnologiya instituti, "Oziq-ovqat sanoati mashina jihozlari – mexanika asoslari" kafedrasida mudiri, professor lavozimini v.b.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2021-yil 13-may kuni 500-sonli buyrug'iga asosan darslik sifatida nashrga tavsiya etilgan.

ISBN 978-9943-8562-8-8

© Yu.A. Axmedjanov, 2022;
© Toshkent davlat texnika universiteti, 2022;
© «Book trade 2022» – 2022.

KIRISH

So'nggi yillarda butun dunyo bo'ylab mexanika, elektronika va funksional harakatlarni kompyuter nazorati sohalarida tizim bilimlariga asoslangan fan va texnikaning yangi sohasi – mexatronika jadal rivojlanmoqda. “Mexanikadan mexatronikagacha” – bunday qisqa formulalar zamonaviy mashinasozlikdagi XX asrning 80-yillarida paydo bo'lgan va bugungi kunda sifat jihatidan yangi xususiyatlarga ega zamonaviy mashinalar va tizimlarni yaratishda yetakchi o'rinni egallagan.

“Mexatron modullar va ularni konstrusiyalash” darsligi talabalar, magistrlar va aspirantlar uchun mo'ljallangan va avtomatlashtirilgan mashinasozlik uchun modul va komplekslarni loyihalash bilan shug'ullanadigan boshqa texnik sohalar talabalari va mutaxassislari hamda pedagogik xodimlar uchun foydali bo'lishi mumkin.

Darslikda mexatron modullarni loyihalashning umumiy qoidalari keltirilgan, ularning tarkibi va tasnifi berilgan, elektromexanik modullarning asosiy elementlarining tavsifi va ularni hisoblash usullari keltirilgan.

Asosiy e'tibor mexatronikaning asosiy prinsipi bo'lgan mexanik, elektron va kompyuter elementlarini yagona modullarga birlashtirish usullariga qaratiladi.

Darslik so'nggi yillarda “Robototexnika va mexatronika” ta'lim yo'nalishi bo'yicha AQSH va Rossiya Federatsiyasida chop etilgan darslik, o'quv qo'llanmalar, ilmiy jurnallardagi va internet sahifalaridagi ma'lumotlarga hamda Toshkent davlat texnika universitetida va Respublikamizdagi texnika yo'nalishidagi boshqa oliygohlarning professor-o'qituvchilari tomonidan tayyorlangan darslik, o'quv qo'llanmalar va ma'ruza matnlariga asoslangan.

Darslikda mexatron modullarini loyihalashning umumiy qoidalari, modullarning asosiy strukturaviy elementlari va ularni hisoblash usullari bayon etilgan.

I-BOB

MEXATRON MODULLARNING QURISH KONSEPSIYASI (QOIDALARI)

1.1. Mexanikadan mexatronikaga

Mexatronika atamasi 1969-yilda Yaponiyaning Yaskawa Electric kompaniyasi tomonidan kiritilgan va 1972-yilda savdo belgisi sifatida ro'yxatga olingan. Bu nom "Mexanika" va "elek - TRONIKA" so'zlari kombinatsiyasidan olingan" [4].

Yangi avlod mexatron modullari va tizimlarini yaratish mexanika va mashinalarni loyihalash sohalarida chuqur bilimga ega bo'lmadan, mashinasozlik texnologiyasining zamonaviy tendensiyalarini tushunmasdan iloji yo'q.

Fan va texnikaning yangi sohasi sifatida mexatronikaning rivojlanishi mexanikaning fundamental asoslariga va uning shubhasiz amaliy yutuqlariga asoslanadi. "Mexanikadan mexatronikagacha" – bu juda ixcham formulalar XX asrning 80-yillarida paydo bo'lgan va bugungi kunda umume'tirof etilgan mavqega ega zamonaviy mashinasozlikdagi yetakchi tendensiyaning shakllantirmoqda. Mexatronika o'z nomining birinchi yarmini aynan "Mexanika"dan olgan va bu bejiz emas.

"Mexatronika aniq mexanikani elektron, elektr va kompyuter komponentlari bilan sinergetik kombinatsiyasiga asoslangan, o'zlarining funksional harakatlarini aqlli boshqarish bilan yangi modullar, mashinalar va tizimlarning loyihalash va ishlab chiqarilishini ta'minlaydigan fan va texnologiya sohasidir".

Mexatronika predmeti loyihalash va kompyuterni boshqarish usullari, shuningdek, yangi modul va mashinalarni yaratishda hayot siklining barcha bosqichlarini ta'minlaydigan yangi texnologik va axborot jarayonlari, mexatronikaning asosiy uslubiy g'oyasi aniq mexanika, mikroelektronika, elektrotexnika, kompyuter nazorati va

informatika kabi ilgari ajratilgan ilmiy va texnik sohalarning tizimli birikmasidir.

Mexatron yondashuvning mohiyati mahsulotning hayotiy siklining barcha bosqichlarida, uning loyihalash bosqichidan boshlab ishlab chiqarish va foydalanishgacha bo'lgan har xil jismoniy tabiat tarkibiy qismlarining chuqur, o'zaro kirib borishidir.

Texnologiyaning ko'plab sohalarida mexatron tizimlar (MT) zamonaviy uskunalarning sifat talablariga javob bermaydigan "mexanik" mashinalarni almashtirmoqda.

Yangi avlod mashinalarini qurishda mexatron yondashuv funksional yukni mexanik birliklardan aqlli (elektron, kompyuter va axborot) tarkibiy qismlariga o'tkazishni o'z ichiga oladi, ular yangi vazifa uchun oson dasturlashtiriladi va shu bilan birga nisbatan arzon.

Zamonaviy mashinasozlikda mexanikadan mexatron texnologiyalarga o'tish tendensiyasi mexanikani "yopib qo'ymasligini" ta'kidlash muhimdir. Aksincha, bu uning rivojlanishini yagona mexatron tizim doirasida intellektual tarkibiy qismlar bilan integratsiyalashuvga olib keladi. Tizimli yondashuv o'rnatilgan mexanik va gibrid tarkibiy qismlarga yangi talablarni taqozo etadi, bu esa o'z navbatida mexanika sohasida yangi texnologiyalar va loyihalash yechimlarining rivojlanishiga olib keladi.

Mexanikadan mexatronikaga o'tishning hozirgi tendensiyasining sababi nimada? Birinchidan, iste'molchilarning xususiyatlari va muhandislik mahsulotlari va yuritma uskunolari sifatiga bozor talablarining keskin oshishi. Bu jahon sanoatining hozirgi tendensiyalarini belgilovchi va ilmiy-texnikaviy taraqqiyotni rag'batlantiruvchi omil. Mexatronika sohasida mexatron texnologiyalarga asoslangan yangi avlod uskunalarini yaratish, aslida ishlab chiqaruvchilarning bozor talablariga javobidir.

Texnologik mashinalar uchun ishga tushirish texnologiyasining funksional xususiyatlariga sifat jihatidan quyidagi talablar kiradi [4,5,7]:

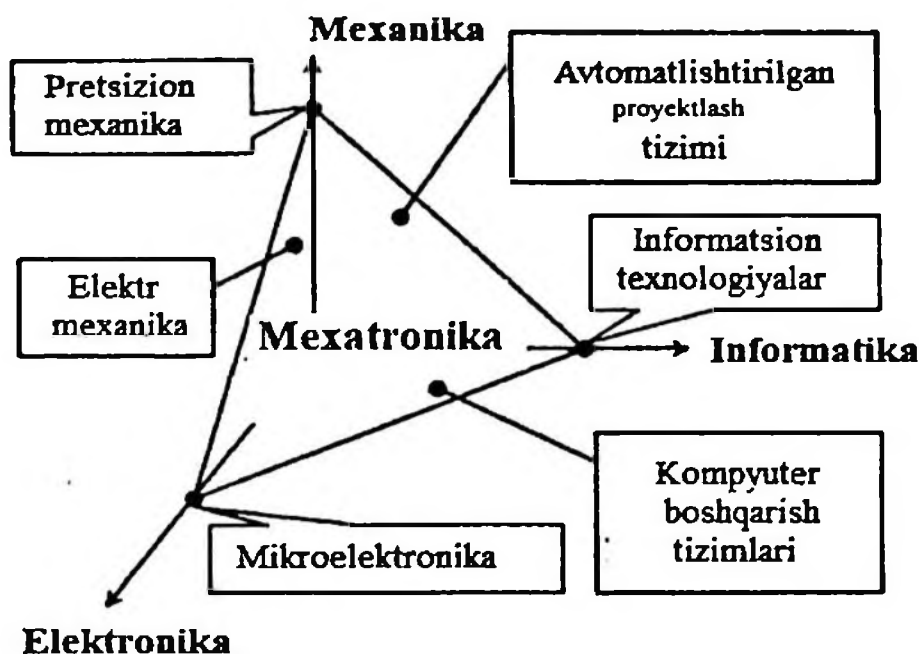
- texnologik majmualar mahsuldorligining yangi darajasini belgilaydigan mashinalarning ishchi qismlarining ulkan yuqori tezligi;
- aniq texnologiyalarni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan harakatlarning o'ta yuqori aniqligi (mikro va nano harakatlargacha);
- maksimal konstruktiv ixchamligi va modullarning umumiy o'lchamlarini minimallashtirish (mikrosistemalarda miniatyuralashgacha);
- o'zgaruvchan va noma'lum tashqi muhitda ishlaydigan mashinalarning intellektual harakati;
- murakkab konturlar va sirtlarda ishchi jismlarning tez va aniq harakatlanishini amalga oshirish;
- uskunaning texnologik va funksional imkoniyatlarini uning narxini oshirmasdan sezilarli darajada kengaytirish;
- muayyan vazifa yoki operatsiyaga qarab tizimni qayta sozlash qobiliyati;
- yuqori ishonchlilik va foydalanish xavfsizligi.

Sifat jihatidan yangi xususiyatlar erishishni “tizimga qo'yilgan holda loyihalash” [4-7] mexatron konsepsiyasi beradi va u tizim elementlarini yagona modulga konstruktiv ravishda birlashtirish imkonini beradi. Fizik mohiyati jihatidan har xil bo'lgan bitta qurilmaga birlashish bu murakkab ijodiy ishdir. Uning yechimi konstruksiyalash, ishlab chiqarish texnikasi va mashinalarni boshqarish sohasidagi zamonaviy ilmiy va texnik bilimlarga, muhandislik sezgisi va ixtiroi bilan uyg'unlikda amalga oshadi, ularsiz muvaffaqiyatli va original yechimning iloji yo'q.

Shuni ta'qidlash lozimki, mashinalarning mexanikadan zamonaviy mexatronikaga qadar rivojlanishi bir qator bosqichlardan o'tadi. Birinchi bosqich – bu elektr dvigatel va mexanik harakat o'zgartirgichini (odatda reduktor) elektron komponentlar bilan birlashtirish orqali elektromexanik tizimlarning rivojlanishi. Mexatronikaning tarkibiy asoslarida (1.1-rasm) elektromexanika “mexatronika piramidasi”ning tomonlaridan biri sifatida ko'rsatilgan.

Tarixan mexatronika elektromexanikadan rivojlanib, yutuqlariga asoslanib, elektromexanik tizimlarni kompyuter orqali boshqarish moslamalari, o'rnatilgan datchiklar va interfeyslar bilan tizimli ravishda birlashtirish yo'li bilan yanada rivojlanib bordi.

Mexanikadan elektromexanikaga va undan keyin mexatronikaga qadar rivojlanish birinchi navbatda yangi mikroelektronika va axborot texnologiyalarining paydo bo'lishi bilan bog'liq.



1.1-rasm. Mexatronika piramidasi.

Mexatronikaning paydo bo'lishiga turtki bergan va unga ushbu nomning ikkinchi qismini bergan ("elektronika" atamasidan kelib chiqqan) eng muhim texnologik omil 80-yillarda elektron texnologiyalarning jadal rivojlanishi va ayniqsa mikroelektronika edi [4]. Zamonaviy mikroelektronika texnologiyalari MT – yetakchi kuchni o'zgartiruvchilari, boshqaruv va diagnostika elektron birliklari, qayta bog'lanish datchiklari va sensorlar uchun eng muhim tarkibiy qismlarning yangi elementlari bazasini yaratdi. Elektron texnologiyalar mikroelektromexanik texnologiyalarni yaratish uchun asos bo'lib, hozirgi kunda o'z rivojlanishining yangi bosqichiga – mikromexatron

texnologiyalarga kirishdi. 90-yillardan beri dunyoda mexatronika rivojlanishining hal qiluvchi yutug'i informatsion texnologiyalari (IT) sohasidagi jadal rivojlanishga bog'liq. Bugungikunda zamonaviy MTni yaratish yangi IT asosida avtomatlashtirilgan loyihalash, kompyuter modellashtirish va murakkab dinamik tizimlarni boshqarishsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Mexatronikani rivojlantirishda intellektual texnologiyalar va ularning funksional harakatlarni boshqarish vazifalariga qo'llanilishi alohida ahamiyatga ega. Intellektual texnologiyalarning asosiy ajralib turadigan xususiyati – bilimlarni muntazam ravishda qayta ishlash imkoniyati [27]. Intellektual texnologiyalarga asoslangan mexatron tizimlarni kompyuter yordamida boshqarish nazorati va xalaqit qiluvchi ta'sirlarning intensiv o'zgarishi va tashqi muhit va ish obyektlari to'g'risida to'liq bo'lmagan ma'lumot sharoitida murakkab harakatlarni yuqori sifatli bajarish imkonini beradi.

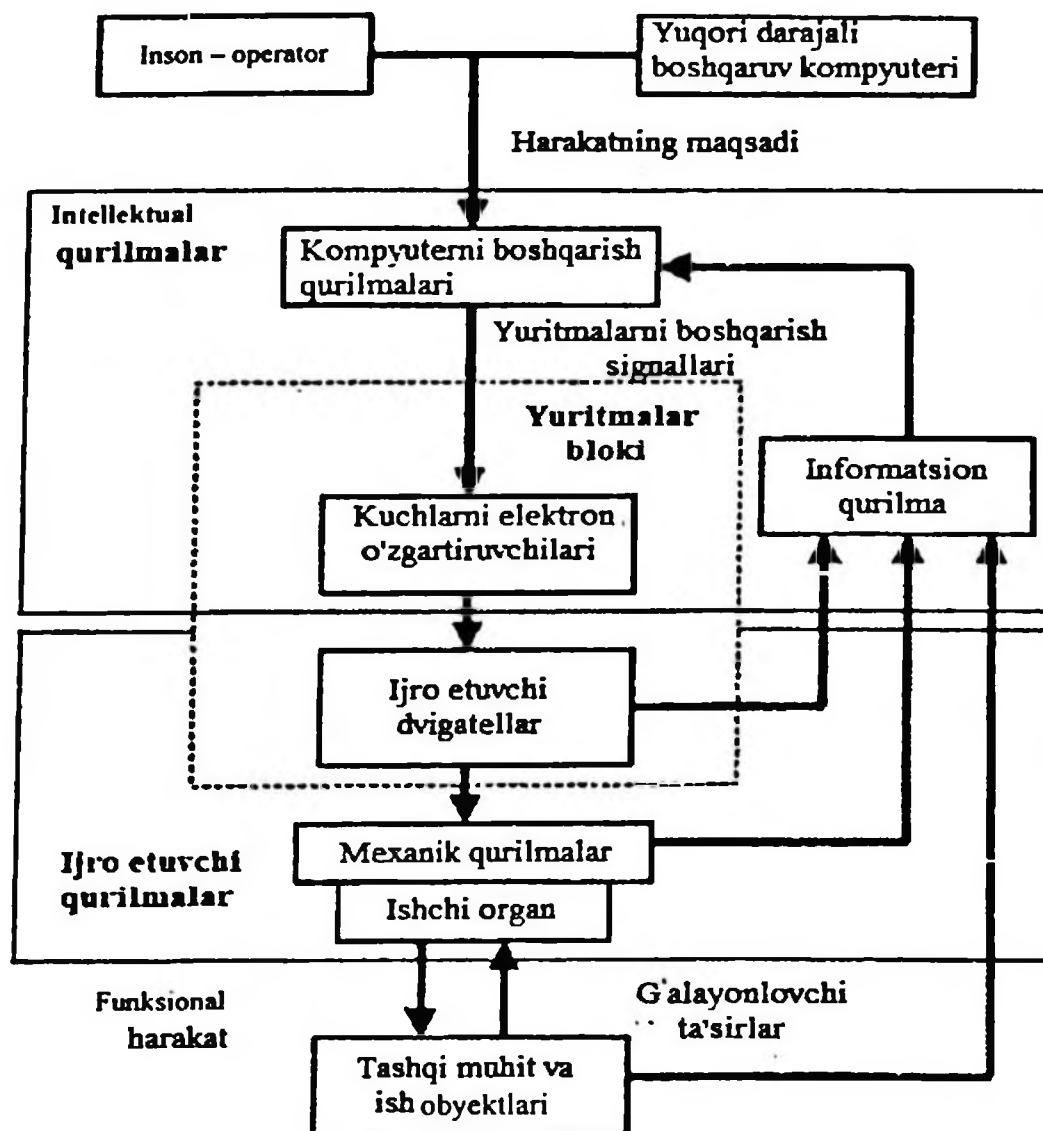
Mexatron tizimlar va modullarning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat [6,7]:

- energiya va ma'lumotlarning ko'p bosqichli o'zgartirishlarni bekor qilish, kinematik zanjirlarni soddalashtirish va shuning uchun yuqori aniqlik va yaxshilangan dinamik xususiyatlari;
- modullarning konstruktiv ixchamligi va shuning uchun vazn va o'lcham xususiyatlarining yaxshilanishi;
- mexatron modullarni tez qayta tashqi ko'rinishini tuzish imkon beradigan murakkab mexatron tizimlar va komplekslarga birlashtirish imkoniyati;
- modulli loyihalash, apparat va dasturiy ta'minotni bixillashtirish (unifikatsiyalash) tufayli tizimni o'rnatish, sozlash va texnik xizmat ko'rsatishning nisbatan past narxi;
- moslashuvchan va intellektual boshqarish usullari yordamida murakkab harakatlarni bajarish qobiliyati.

Yuqori aniqlik, tez harakatlanishning yuqori tezligi, fazoda va vaqt oralig'ida chiqish zvenosining murakkab harakatlanish

qonuniyatlari – texnologik boshqaruv vazifasini belgilash bilan belgilanadi. Bunday holda, MTning fazoviy harakatini boshqarilishini turli xil tashqi jarayonlar boshqaruvi bilan muvofiqlashtirish kerak. Bunday jarayonlarga misollar: mexanik ishlov berish paytida mashinaning ishchi organining obyektga kuch ta'sirini rostlash, qo'shma ishlov berish usullari bilan obyektga qo'shimcha texnologik ta'sirlarni (issiqlik, elektr, elektr kimyoviy) boshqarish, majmuaning yordamchi uskunalarini boshqarish (konveyerlar, yuklash moslamalari). MTning bunday murakkab muvofiqlashtirilgan harakatlari funksional harakatlar deyiladi.

1.2-rasm mexatron tizimning umumlashtirilgan tuzilishi taqdim etilgan.



1.2-rasm. Mexatron tizimning umumlashtirilgan tuzilishi.

Mexanik qurilmani harakatlantirish jarayonida uning chiqish bo'g'ini obyektga bevosita ta'sir qiladi va bajarilgan avtomatlashtirilgan ishning yuqori sifatli ko'rsatkichlarini ta'minlaydi. Shunday qilib, mexanik qism mexatronika sistemasida boshqarish obyektli hisoblanadi. Funksional harakatlanish MTni amalga oshirish jarayonida tashqi obyektlar mexanik qismning oxirgi bo'g'iniga, ya'ni chiqish bo'g'iniga g'alayonlovchi ta'sirini ko'rsatadi. Bunday ta'sirlarning misollariga mexanik ishlov berishda kesish kuchlari, kontakt kuchlari va yig'ish paytida kuchlar momentlari, gidravlik kesish jarayonida suyuqlik oqimining reaksiya kuchi kiradi. Shuning uchun, yuritma bloklarining loyihalanishi, kompyuterni boshqarish :

tizimi va MT sensori moslamalarini tanlash mexanik quyi tizimning boshqariladigan obyekt sifatida xususiyatlarini tahlil qilish va MT texnologik ishlashi natijasida g'alayonlashlar ta'sirini hisoblash bilan boshlanadi.

Zamonaviy mexatron tizimlarning loyihalanishi modulli tamoyillar va texnologiyalarga asoslangan. Mexatron modullar (MM) ko'p o'lchovli mexatron mashinalar va komplekslarni joylashtirishda konstruktiv "kublar" bo'lib xizmat qiladi.

Mexatron qurilma – turli fizik tabiatga mos elementlarning sinenergetik integratsiya prinsipida qurilgan va uning chiqish bo'g'inlarining boshqariladigan funksional harakatlarini ta'minlaydigan tuzilma [1-4].

Elementlarining integratsiya darajasi va uning funksional tayinlanishi bo'yicha mexatron qurilmalar quyidagilarga bo'linadi:

- mexatron modular;
- mexatron mashinalar;
- mexatron tuzilmalar;
- mexatron komplekslar.

Mexatron modul – turli fizik xususiyatlarga ega tarkibiy elementlarning o'zaro bog'liqligini ta'minlash va sinergetik apparat - dasturiy integratsiyasi bilan talab qilingan boshqariladigan harakatlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan funksional va tarkibiy jihatdan mustaqil mahsulot.

Turli fizik tabiatli elementlarga mexanik (harakat o'zgartiruvchilar, bo'g'inlar), elektr texnik (dvigatellar, tormozlar, muftalar), elektron (elektron bloklar va mikroprotsesszorlar) va informatsion (axborot datchiklari) elementlari kiradi.

Yangi element bazasida amalga oshirilgan sistemaga joylashtirilgan intellektual qurilmalar ixcham va ishonchli mexatron birliklarni olish va ularning asosida markazsizlashtirilgan boshqaruvga ega ko'p koordinatali mexatron tizimlarni yaratishga imkon beradi. Ammo ta'kidlash kerakki, mexatron modullardan foydalanish, ayniqsa

joylashtirilgan elektron va boshqaruv moslamalari har bir aniq dastur uchun texnologik va iqtisodiy jihatdan asoslangan bo'lishi kerak [4].

Murakkab ko'p komponentli tizimlar sifatida mexatron modularni loyihalash, ishlab chiqarish va ishlatishda yuqori texnik va iqtisodiy samaradorlikka erishish quyidagi asosiy ilmiy va texnik muammolarni hal qilishni talab qiladi:

- turli fizik tabiat elementlarini (mexanik tarkibiy qismlar – harakatni o'zgartiruvchilar, elektr texnikaviy mahsulotlar – dvigatellar va almashlab ulagichlar, sensorlar – qayta aloqa va diagnostika datchiklari) yagona mexatron harakat modulining korpusida konstruktiv integratsiyasi;

- elektr mexanik yuritmalarini intellektual mexatron modullarda elektron va kompyuter komponentlari bilan jihozlash va dasturiy ta'minotni integratsiyalash;

- gibrid modullarni ishlab chiqarishga texnologik tayyorgarlik;

- mexatron modullar va tizimlarning integratsion xususiyatlarini aks ettiradigan matematik modellarni qurish;

- mexatron vazifalarni qo'llab-quvvatlash uchun ko'p foydalanuvchilar dasturiy muhitini yaratish;

- mexatron mahsulotlar ishlab chiqaradigan korxonalarning tashkiliy va iqtisodiy faoliyatiga integratsiyalashgan yondashuvlar;

- mexatronika sohasida tizimli integratsiyaga qodir mutaxassislarni tayyorlash.

Mexatronikaning keyingi rivojlanishi mexatron modullar, tizimlar va yangi avlod mashinalarini ishlab chiqish va ishlab chiqarishda ushbu vazifalar qay darajada samarali yechilishi bilan belgilanadi. Shu bilan birga, modulli loyihalash texnologiyalarining texnik va iqtisodiy samaradorligi quyidagi asosiy omillar bilan belgilanadi:

- elementlar va interfeyslarni birlashtirish va standartlashtirishning yuqori darajasi tufayli nisbatan past narxga ega

bo'lgan ko'p koordinatali mexatron mashinalarni loyihalash vaqtini va murakkabligini kamaytirish;

- funksional qo'shimchasiz tizimni ma'lum bir texnologik vazifani bajarish uchun ixtisoslashtirilgan mashinaga tezda o'zgartirish imkoniyati;

- modullar ommaviy ishlab chiqarish obyekti bo'lganligi sababli, ishlash davrida murakkab komplekslarning ishonchliligi va barqarorligini oshirish.

Mexatron modular turli sohalarda keng qo'llanadi [4,9,17,18]:

- sanoat va maxsus robototexnika;
- stanoksozlik;
- mashinasozlikda jihoz va texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish;

- avtomobilsozlik;
- maishiy texnika;
- tibbiyot texnikasi;
- sport jihozlari;
- ofis texnikasi;
- avia va kosmik texnikasi;
- elektron mashinasozlik;
- harbiy texnikasi;
- komputelarning periferik qurilmalari;
- foto va video texnika;
- mikromashinalar;
- maxsus transport vositalar.

Mexatron modullar ixcham va ishonchli ko'p koordinatali mexatron mashinalar va markazlashtirilmagan boshqaruv tizimlarini olish imkonini beradi.

1.2. Mexatron modullarni loyihalashning umumiy qoidalari

Mexatron modulning loyihalash usuli sinergetik integratsiya tamoyiliga asoslanadi. Konstruktorning sinergetik integratsiyasi shunchaki alohida qismlarni standart ulanishlar va o'zgartiruvchilardan foydalangan holda tizimga ulash emas, balki mexatron modulda tarkibiy ulanishlarni o'zaro ajralmas bog'lash va o'rnatishdir [4,7]. Hozirgi vaqtda mexatronikadagi eng muvaffaqiyatli yechimlar fundamental ilmiy metodologiyaga emas, balki muhandislik tajribasiga va sezgi darajasiga asoslangan. Sifatli yangi xususiyatlarga erishish zamonaviy modeldagi elementlarni yagona korpusga konstruktiv integratsiyalashni o'z ichiga oladigan zamonaviy **"joylashtirilgan holda loyihalash"** tushunchasiga imkon beradi.

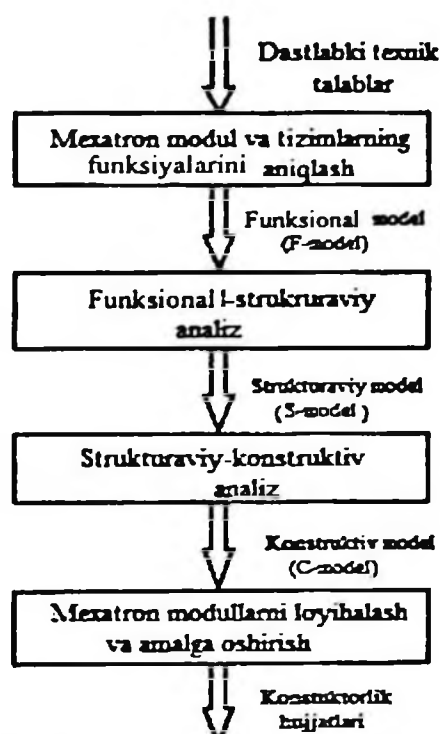
Mexatron modullarni tahlil qilish va loyihalashga taklif etilayotgan yondashuv ularning funksional, tarkibiy va konstruktiv modellarini birgalikda tahlil qilishga asoslangan. Mexatron modulni loyihalashning maqsadi dastlabki talablarni konstruktorlik va tegishli hujjatlar ko'rinishida amalga oshirishdir va bular asosida yuqorida ko'rsatilgan sifat ko'rsatkichlarini qondiradigan modulni yaratish, mexatron modullarning tuzilishi va konstruksiyasini tanlashda texnik ko'rsatkichlardan tashqari iqtisodiy va ishlatish sifatini baholash ham hisobga olinishi kerak.

MMni loyihalash algoritmi 1.3-rasmda ko'rsatilgan.

Ushbu algoritm loyihalashning uchta asosiy bosqichini – ketma-ket bajariladigan **funksional, strukturaviy va konstruktiv** tahlil va MMning **sintezini** o'z ichiga oladi. Funksional-strukturaviy va strukturaviy-konstruktiv tartibli harakatni qo'llagan holda ishlab chiquvchi, elementlarning sinergetik integratsiyasining yuqori darajasiga erishishni ta'minlagan holda qabul qilinayotgan qarorlarni baholaydi. Avtomatlashtirilgan loyihalash usullaridan foydalanish uchun o'zaro bog'liq funksional (F model), strukturaviy (S model) va konstruktiv (C model) mexatron modul modellari shakllantirilgan [4].

Mexatron modulni loyihalash uchta asosiy bosqichni o'z ichiga oladi:

- berilgan funksiyaga muvofiq modulning tarkibiy yechimlari variantlarini tanlash va ularning funksional – strukturaviy tahlili. Ushbu loyihalash bosqichi uchun kirish ma'lumotlari F modeli hisoblanadi, chiqishda MMning S modeli hosil bo'ladi;
- loyihaviy yechimlarning konstruktiv-strukturaviy tahlili va MMning C modelini qurish;
- tanlangan modul variantini loyihalash hujjatlarini ishlab chiqish bilan loyihani amalga oshirish.



1.3-rasm. Mexatron modulni konstruksiyalash algoritmi.

Shunday qilib, mexatron modulni loyihalash vazifasi berilgan funksiya va konstruktiv yechim o'rtasida eng mos keladigan muvofiqlikni topishdir.

Ushbu yondashuvning asosiy uslubiy g'oyasi modul funksiyasining uning strukturasi va konstruktiv yechimidan ustunligi hisoblanadi. MMda belgilangan funksional o'zgarishlarni bir nechta struktura bloklari amalga oshirishi mumkin va bu bloklar o'z navbatida turli xil konstruktiv yechimga ega bo'lishi mumkin. Shunday qilib,

mexatroni loyihalashda uning strukturasi va konstruktiv yechimi berilgan funksiyaga bo'ysunadi.

Mexatron modullarning o'ziga xosligi va murakkabligi ularning tarkibiy qismlari (mexanik, elektron va kompyuter) har xil fizik xususiyatga ega bo'lishida va asosiy tarkibiy elementlar (1.2-rasmga qarang) ko'pincha turli sanoat korxonalari tomonidan ishlab chiqariladi.

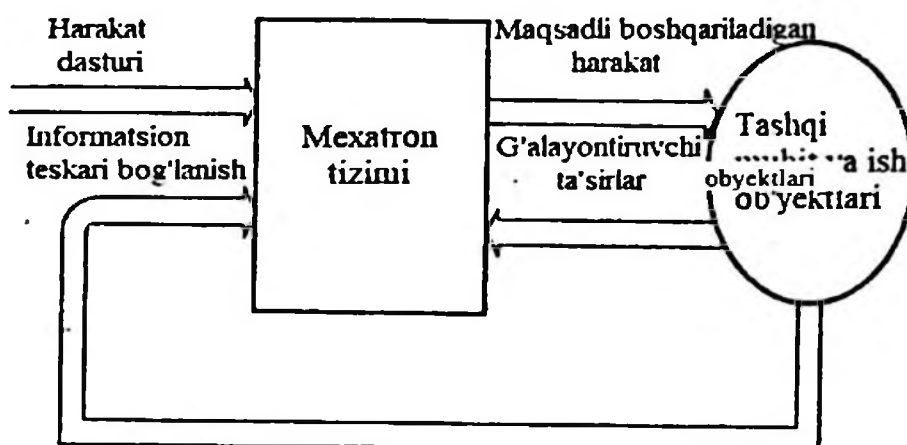
1.3. Mexatron modulning funksiyasi va strukturasi

Murakkab texnik tizimlarning modellarini qurishda ikkita asosiy yondashuv mavjud. Birinchisi ko'rib chiqilayotgan tizimning tashqi obyektlar va tashqi muhitga nisbatan xatti-harakati orqali **funksional** ta'riflash. Ikkinchi yondashuv sistemaning tashkil etuvchilarini va elementlar orasidagi bog'lanishlarni **strukturaviy** tavsiflashga asoslangan. Sistemaning funksiyasi va strukturasi o'rtasidagi bog'liqlikni tadqiq qilish va optimallashtirish mexatron tizimlar va modullarni loyihalashning dastlabki ikki bosqichiga to'g'ri keladigan funksional-strukturaviy yondashuvning asosida yotadi (1.3-rasm).

Birinchi bosqichda mexatron tizim yoki mexatron modulning funksional tahlili o'tkazilib, uning natijasi funksional modelni qurish hisoblanadi.

Ma'lum bir kirish va chiqish parametrlariga ega bo'lgan MT yoki M.M funksional namoyishi (qora quti model turi) [4] 1.4-rasmda ko'rsatilgan.

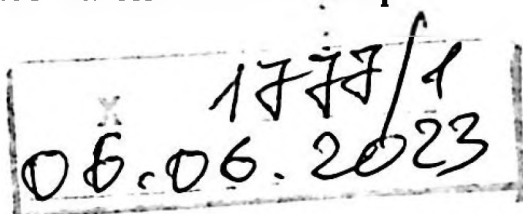
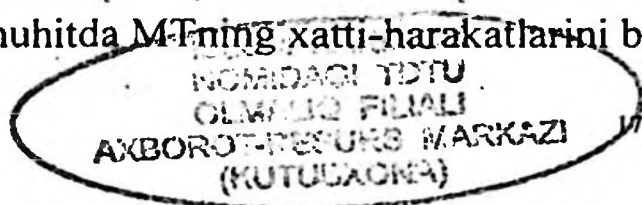
Shunday qilib, *mexatron tizim yoki mexatron modulning asosiy funksional vazifasi – harakat dasturi haqida ma'lumotni chiqish bo'g'irining maqsadli boshqariladigan harakatiga aylantirish.*



1.4-rasm. Mexatron tizimi (MT) yoki mexatron moduli (MM) funksional namoyishi.

Harakat dasturi boshqaruvchi kompyuter tomonidan yuqori darajadagi buyruqlar to'plami sifatida yoki masofadan boshqarish holatida inson-mashina interfeysidan foydalangan holda operator tomonidan aniqlanishi mumkin. Boshqariladigan harakat MM mexanik quyi tizimi tomonidan amalga oshiriladi va uning oxirgi (ishni bajaruvchi) zvenosi tashqi muhit obyektlari bilan o'zaro bog'lanishda bo'ladi. Tashqi ta'sirlar (masalan, silliqlash va frezalash ishlari paytida kesish kuchlari, robotlar yordamida yig'ish ishlarida kontakt kuchlari va momentlar [32,41]) harakat paytida mexatron modul tomonidan samarali aks ettirilishi kerak. MM holatini real vaqt rejimida boshqarish obyekti va tashqi muhitni baholash uchun informatsion teskari bog'lanish zarur.

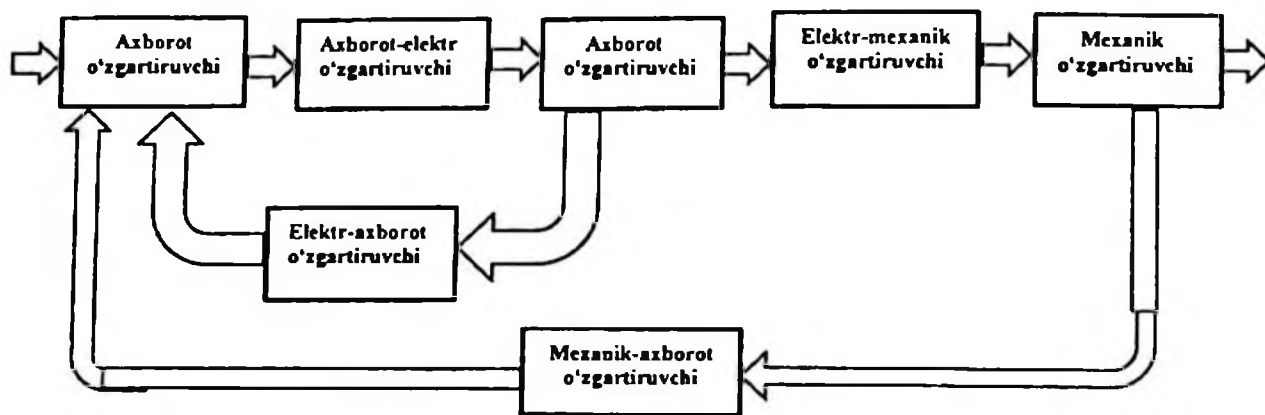
Belgilangan asosiy funktsiya mexatron tizimlarda yagona emas. Tizimni qayta konfiguratsiya qilish, signallarni va boshqa texnologik jihozlar bilan ma'lumot almashish, o'z-o'zini diagnostika qilish kabi qo'shimcha funktsiyalar ham MTning samarali va ishonchli ishlashi uchun bajarilishi kerak. Ammo funksional harakatning bajarilishi mexanik tizimning asosiy vazifasi hisoblanadi, chunki mexanik quyi tizim ish obyektlari bilan o'zaro hamkorlik qiladi va shu bilan tashqi muhitda MTning xatti-harakatlarini belgilaydi.:



“Qora quti” ko‘rinishidagi mexatron modulning ko‘rib chiqilayotgan ko‘rinishi (1.4-rasm) ikkita ma’lumot kirishiga (harakat dasturi va informatsion teskari bog‘lanish), energetik kirish (atrof-muhitning ta’siri) va mexanik chiqishga (maqsadli boshqariladigan harakat) ega [4]. Shuning uchun, umumiy holda, mexatron modulning funksional modelini *informatsion-mexanik o‘zgartgich* sifatida belgilash mumkin.

Mexatron informatsion-mexanik o‘zgartirishni jismoniy amalga oshirish uchun tashqi energiya manbai kerak. Mexatronikaning hozirgi rivojlanish bosqichida asosan elektr energiyasi manbalari ishlatiladi. Tegishli elektr energiyasini o‘zgartirish orqali biz mexatron modulning quyidagi funksional modelini (F modeli) olamiz (1.5-rasm).

Olingan F model MM umumiy holda energiya va axborot oqimlari bilan bog‘langan yettita asosiy funksional o‘zgartiruvchilarni o‘z ichiga oladi.



1.5-rasm. Mexatron modulning funksional modeli (F modeli).

Shuni ta’qidlash lozimki, elektr energiyasi faqat kirish ma’lumotlari va chiqish mexanik harakati o‘rtasidagi oraliq energiya shaklidir. Shunday qilib, elektrik quyi tizim mexatron funksiyani amalga oshirishning yagona imkoni emas. Albatta, energiya jarayonlarining boshqa turlarini oraliq o‘zgartirishlar uchun mexatron tizimlarda ishlatilishi mumkin : va ularni konseptual loyihalash :

bosqichida alternativa sifatida ko'rib chiqish kerak. MM ishlab chiqaruvchisi tomonidan oraliq o'zgartiruvchini jismoniy xususiyatini tanlash texnik amalga oshirish imkoniyatlari, dastlabki talablar va uni qo'llash xususiyatlari bilan belgilanadi. Zamonaviy muhandislik amaliyotida gidravlik, pnevmatik, kimyoviy va boshqa turdagi energetik o'zgartirgichlari keng qo'llaniladi.

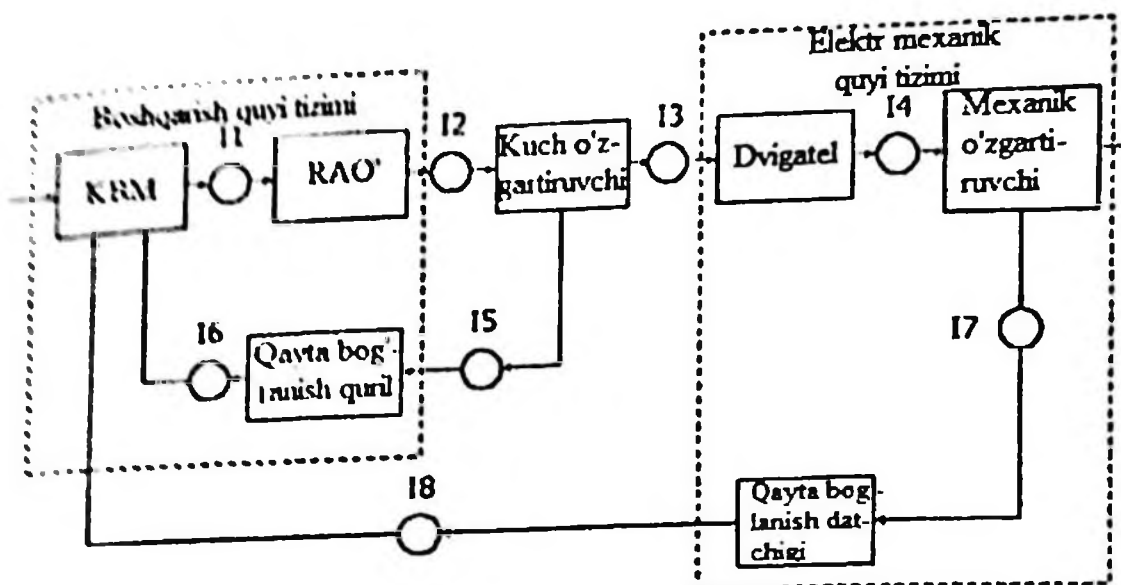
Shunday qilib, har qanday mexatron modulda yettita funksional o'zgarishlar amalga oshirilishi kerak (1.5-rasm). Ulardan uchasi *monoenergetik* deb nomlanadi (informatsion, elektr va mexanik o'zgartiruvchilar), bu yerda kirish va chiqish parametrlari bir xil fizik xususiyatga ega. Qolgan to'rttasi *dual* hisoblanadi, chunki ularda kirish va chiqish parametrlari turli xil jismoniy shakllarga tegishli. Ushbu guruh funksional modelning to'g'ridan to'g'ri zanjirida joylashgan informatsion-elektrik va elektromexanik o'zgartiruvchilarni va qayta ulanish zanjirida parallel elektr-informatsion va mexanik-informatsion o'zgartiruvchilarini o'z ichiga oladi.

Mexatron modulning tarkibiy modeli uning elementlari tarkibini va ular o'rtasidagi munosabatni aks ettirishi kerak. MMning dastlabki tuzilishi sifatida biz kompyuter boshqaruvi bilan an'anaviy elektr yuritmasini ko'rib chiqamiz (S model 1.6-rasm). Keyingi tahlil qilish uchun taqdim etilgan tarkibiy diagrammada biz boshqarish va elektromexanik quyi tizimlarni tanlaymiz. Mexatron modullarni loyihalashda elektromexanik quyi tizimning bir qismi bo'lgan ijro etuvchi qismi alohida qiziqish uyg'otadi.

Elektr yuritmaning strukturaviy modeli (1.6-rasm) quyidagi asosiy elementlarni o'z ichiga oladi:

- funksional vazifasi informatsion o'zgartirish (raqamli signallarni qayta ishlash, raqamli rostlash, boshqarish harakatlarini hisoblash, periferik qurilmalar bilan ma'lumot almashish) bo'lgan harakatni kompyuter bilan boshqarish moslamasi (KBM);

- informatsion-elektr o'zgartirish funksiyasini amalga oshiruvchi raqam-analogli o'zgartirgich (RAO);



1.6-rasm. Elektryuritmaning strukturaviy modeli.

- odatda quvvatni oshiruvchi, keng formatli impulsli modulatori (KIM) va uch fazali invertordan (asinxron dvigatellar uchun) iborat kuchni o'zgartiruvchi;
- yuritmaning elektr elementi bo'lgan boshqariladigan elektr dvigateli (o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tokli);
- berilgan boshqariladigan harakatni amalga oshiradigan va tashqi jismlar bilan o'zaro ta'sir qiluvchi mexanik o'zgartirgich. Bunday qurilmalar sifatida yuritma modullarida, reduktorlar, variatorlar ishlatiladi yoki ular to'g'ridan to'g'ri ishchi organdan foydalanadilar (masalan, "dvigatel-shpindel" tipidagi mexatron modullarda);
- kuchni o'zgartiruvchidagi joriy kuchlanish va toklarni, shuningdek boshqarish funksiyalarini tekshirishda foydalaniladigan tashqi bog'lanish moslamasi (masalan, yuritma tomonidan ishlab chiqilgan momentni rostlash uchun);
- mexanik-informatsion o'zgartirish funksiyalarini bajaradigan mexanik qurilmaning chiqish bo'g'inlari holati va tezligi bo'yicha qayta bog'lanish datchiklari;
- blok sxemasida I1-I8 deb ko'rsatilgan interfeys qurilmalari.

Kirish va chiqish parametrlarining fizik xususiyatiga qarab, interfeys birliklari mexanik harakat o'zgartiruvchisi yoki elektron apparat - dasturiy ta'minot tarkibiy qismlaridan iborat bo'lishi mumkin. Chiqish mexanik moslamasini Dvigatelga (interfeys 14) va qayta bog'lanish datchiklariga (interfeys 17, 18) bog'laydigan uzatma va transmissiya interfeyslari misol bo'ladi.

Interfeys elektron qurilmalari kompyuterni boshqarish moslamasining (KBM) kirish va chiqishlarida joylashgan bo'lib, quyidagi tarkibiy elementlar bilan bog'lanishga mo'ljallangan:

- raqamli-analogli o'zgartirgich bilan (o'rnatilgan interfeys 11) va undan keyin modulning kuchni o'zgartirgichi bilan (interfeys 12);
- teskari bog'lanish datchigi bilan (17-interfeys). Sensorlarning analogli chiqish signali bilan birga qo'llanganda analog-raqamli o'zgartirgich (ARO') asosida quriladi;
- elektr o'zgartirgichidagi elektr toklari va quchlanishlarini nazorat qilish uchun kuch ozgartiruvchi bilan (an'anaviy yuritma uchun I6 standart ARO' ni ishlatadi).

Mexatron tuzilmalar elementlarning yuqori darajadagi integratsiyasi bilan ajralib turadi va ushbu yechimlar modullar va mashinalarning loyihalash bosqichida asos solinadi.

1.4. Mexatron modullarda sinergetik integratsiya

Mexatron modulning funksional modelini (1.6-rasm) va an'anaviy elektr yuritmasining tizimli modelini taqqoslab (1.6-rasm.), biz elektr yuritma tarkibidagi asosiy va interfeys bloklarining umumiy soni talab qilinadigan funksional o'zgartiruvchilar sonidan sezilarli darajada oshgan degan xulosaga kelishimiz mumkin. Boshqacha qilib aytadigan bo'lsak, an'anaviy elektr yurgazgichini strukturaviy ortiqchalik haqida gapirish mumkin. Ortiqcha bloklarning mavjudligi texnik tizimning ishonchliligi va aniqligining pasayishiga, uning umumiy o'lchamlari va narxni tashkil etuvchi ko'rsatkichlarining

yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun tizimdagi alohida tarkibiy elementlarning (asosiy va interfeys birliklari) sonini kamaytirishga harakat qilish tavsiya etiladi. Foydalanuvchi uchun ideal versiyada mexatron modul (1.3-rasm) ma'lumot kiritishda harakat dasturini qabul qilib, belgilangan sifat ko'rsatkichlari bilan maqsadli boshqariladigan harakatni bajarishi kerak. Bundan tashqari, mexanik, elektron va boshqaruv qurilmalari modulidagi barcha integratsion muammolarni ishlab chiqaruvchi hayotiy siklining barcha bosqichlari uchun, tizimni loyihalash bosqichidan boshlanib oxirgi foydalanuvchida ishlashi bilan yakunlanadigan holda hal qilishi kerak.

Sinergetik integratsiyaning mohiyati bu modul tomonidan amalga oshiriladigan funksional o'zgarishlarni saqlab turishda turli xil jismoniy tabiat elementlarini yagona modulga birlashtirish.

Mexatron modullarni loyihalashda elementlarning sinergik integratsiyasi uchta asosiy prinsipga asoslanadi [4,7]:

- ikki yoki undan ortiq elementlarni bitta ko'p funksional modullarga birlashtirish yo'li bilan ko'rsatilgan funksional o'zgarishlarni mumkin bo'lgan minimal sonli tarkibiy va konstruktiv bloklar bilan amalga oshirish;
- lokal integratsiya punktlari sifatida interfeyslarni tanlash va ortiqcha elementlarning tarkibiy bloklari va interfeyslarni ajratuvchi elementlar sifatida yo'q qilish;
- mexatron tizimdagi funksional yuklamani apparat birliklaridan intellektual (elektron va kompyuter) tarkibiy qismlarga qayta taqsimlash.

Loihalashda sinergetik integratsiya tamoyillarini amalga oshirish bizga an'anaviy mashinalarga nisbatan mexatron tizimlarning asosiy ustunliklarini ta'minlashga va birinchi navbatda ixcham konstruksiya, harakatlar tezligi va aniqligi nuqtai nazaridan sifat jihatidan yangi ko'rsatkichlarga erishishga imkon beradi. Funksional yukni tizimning apparat ("temir") qismidan (birinchi navbatda mexanik montajni soddalashtirish orqali) olib tashlash va uni boshqaruv va elektron quyi

tizimlarga o'tkazish tizimga moslashuvchanlik xususiyatini beradi, bu esa yangi texnologik vazifalar uchun oson qayta shakllantirish imkoniyatini beradi. Ta'kidlash kerakki, integratsiya nafaqat elementlarning apparat integratsiyasini, balki intellektual modullarda integratsiyalashgan information jarayonlarini tashkil qilishni ham o'z ichiga oladi.

Mexatronikada sinergetik integratsiya mexatron tizimlarni loyihalash uchun umumiy algoritmgaga birlashtirilgan ikkita asosiy usulda – funksional-strukturaviy integratsiya (FS integratsiya) va strukturaviy-konstruktiv integratsiya (SK integratsiya) orqali amalga oshiriladi (1.3-rasmga qarang).

Funksional-strukturaviy integratsiya. Funksional-strukturaviy integratsiya bosqichining vazifasi – bu strukturaviy bloklarning minimal sonidan foydalangan holda berilgan funksional o'zgarishlarni amalga oshiradigan mexatron tuzilmalarni qidirish. FS integratsiya ba'zi asosiy bloklarni va shuning uchun ulashgan interfeyslarni tizim tarkibidan chiqarib tashlashni ta'minlaydigan konstruksiyaviy yechimlarini tanlashga qaratilgan.

Elementlarning FS integratsiyasi usuliga asoslangan mexatron loyihalash yechimlarining namunalari 1.1-jadvalda keltirilgan. Taqdim etilgan yechimlar mexatron modulning funksional modelini (1.5-rasm) va an'anaviy elektr yuritma tuzilishini birgalikda tahlil qilishga asoslangan (1.6-rasm).

Dastlabki ikkita mexatron yechimlar modulning elektromexanik quyi tizimiga taalluqlidir, uning boshqarish quyi tizimida keyingi integratsiya variantlari amalga oshirilishi mumkin (1.6-rasm). Mexatron modullarni loyihalashda, asosan, elektromexanik va mexanik-informatsion funksional o'zgarishlarni amalga oshiradigan modullarning mexanik qismini va ular bilan bog'langan birliklar va interfeyslarni soddalashtirishga qaratilgan yechimlarga e'tibor qaratiladi.

1.1-jadvaldan elementlarning FS integratsiyasi uchun mexatron yechimlarini batafsil ko'rib chiqaylik [4].

1.1-jadval

Elementlarning mexatron modulda FS integratsiyasi

№ 1/r	Mexatron yechim	Funksional o'zgartirish	Chiqarib tashlanadigan separat elementlar	
			Asosiy bloklar	Interfeyslar
1.	Qayta aloqali fotoimpulsi datchik	Mexanik informatsionli	Qayta aloqali bitta datchik	17, 18
2.	Katta momentga ega bo'lgan ventilli	Elektromexanik va mexanik	Mexanik qurilma, qayta aloqali	14, 17,18
3.	Intellectual kuch o'zgartiruvchi	Informatsion- elektrik	Qayta aloqali ortiqcha qurilma	15,16
4.	FPGA bloklar asosida boshqariladigan kontrolyorlar	Elektr-informatsion	Aloqaviy-analogli o'zgartirgich	11,12

Birinchi variant qayta bog'lanishda ikkita alohida holat va tezlik datchiklari o'rniga faqat bitta elementdan – fotoimpuls datchigidan (FID) foydalanishni taqdim etadi, bu valning aylanish burchagi va uning aylanish tezligi haqida ma'lumot olishga imkon beradi. Shuningdek, FID chiqish signalini kod shaklida beradi, bu esa kompyuter boshqaruv qurilmasiga (KBQ) ma'lumotlarni qo'shimcha analog – raqamli o'zgartirishsiz (ARO') kiritish imkonini beradi. ARO' analog chiqish signaliga ega an'anaviy datchiklar uchun zarur edi (taxogeneratorlar, potensiometrlar va boshqalar).

Fotoimpuls datchiklarining ikkita asosiy turi mavjud – mutlaq va ortib boruvchi (inkromental). Mutlaq FID lar (encoder) harakatlanuvchi elementning sobit nol holatiga nisbatan joy almashish miqdori (chiziqli yoki burchak) haqida ma'lumot beradi. Mutlaq FIDning afzalliklari o'lchovning ishonchliligi (hatto vaqtinchalik

elektr uzilishi bilan ma'lumot datchik tomonidan yo'qolmaydi), yuqori harakatlanish tezligida yuqori aniqlik va nol holatini eslab qolish (agar bu mashinalarning revers va favqulodda harakatlarini boshqarish zarur bo'lsa). Inkromental datchik harakat boshlanishidan oldin egallagan dastlabki pozitsiyasiga nisbatan harakatning yo'nalishi va kattaligi haqida ma'lumot beradi.

FID intellektualligini quyidagi asosiy funksiyalarni bajaradigan o'rnatilgan mikro protsessorlar tomonidan ta'minlanadi: datchik ma'lumotlarini kodlash, o'lchov xatolarini aniqlash, signalni masshtablash va joriy kodni standart harakat protokoli yordamida harakat kontrologiga (tekshiruvchisiga) uzatish. FIDni yaratishda hozirgi tendensiya tarkibiy elementlarni (vallar, podshipniklar), kodlash disklerini, fotoelementlarni va mikroprotsessorni yagona sensorli modulda birlashtirish.

Shunday qilib, FIDdan foydalanish an'anaviy yuritmaning strukturasidan interfeysli (17) bitta qayta bog'lanish datchigini, shuningdek KBQ (18 interfeysi) kirishidagi ARO' ni chiqarib tashlashga imkon beradi.

Yuqori momentli dvigatelni (UMD) ishlatish (1.1-jadvaldagi ikkinchi yechim) "dvigatel + harakat o'zgartiruvchi" bitta yuritma elementi "dvigatel" bilan almashtirishga imkon beradi. FS integratsiyaning bu usuli mexanik qurilmani va ortiqcha interfeysi 14 ni chiqarib tashlashni anglatadi.

UMD bilan mexatron modullarning asosiy afzalliklari quyida keltirilgan [4,7]:

- konstruksiyaning ixchamligi va modulliligi, ashyo sarfini kamaytirish;
- bo'shliqlar yo'qligi, kinematik xatolar, bo'g'inlarning elastik deformatsiyasi va boshqalar tufayli yuritmaning aniqlik xususiyatlarini oshishi;

- mexanik transmissiyada ishqalanishni yo'qotish, bu esa ayniqsa kam qiymatli tezlikda chiziqli bo'lmagan dinamik effektlarni hisobga olmaslikka imkon beradi.

Dvigatelning rotoridagi poluslar holatini aniqlash uchun ventilli UMD konstruksiyasiga joylashish datchigi o'rnatilgan. Ijro etuvchi yuritmalarda ushbu datchikdan olingan ma'lumotlar qayta aloqa signali sifatida ham ishlatilishi mumkin. Shunday qilib, o'rnatilgan FIDlar bilan ventilli UMDni ishlatish nafaqat modulning mexanik qismini, balki qayta aloqa zanjirini ham soddalashtirishga imkon beradi, chunki ishlab chiqaruvchiga modul konstruksiyasida alohida holat va tezlik datchiklarini kiritish shart emas.

UMD ham burchakli, ham chiziqli turda bo'lishi mumkin. Chiziqli dvigatellar paydo bo'lishidan oldin an'anaviy chiziqli siljishga ega bo'lgan elektr yuritmalar burchakli harakat dvigateli va aylanma harakatni ilgarilanma harakatga o'tkazish uchun mexanik uzatmani o'z ichiga olgan (sharikli-vintli uzatma, tishli-reykali, lentali va boshqalar). Chiziqli dvigatellarga asoslangan mexatron modullarning an'anaviy yuritmalarga nisbatan asosiy afzalliklari ko'p bosqichli harakatni o'zgartirish, mexanik o'zgartiruvchining xarakterli kamchiliklari (luft, egiluvchanlik, ishqalanish, yuqori inersiya) yo'qligi bilan bog'liq. Bu chiziqli tezlik va tezlashishni, harakatning yuqori aniqligini, yuritmaning statik va dinamik birligini bir necha bor oshirish imkonini beradi.

Mexatron modullar intellektual kuchni o'zgartiruvchilarini (IKO') o'z ichiga olishi mumkin. Ular yarim o'tkazgichli qurilmalarning yangi avlodi asosida qurilgan. Qurilmalarning yangi avlodi yuqori tezlikda (masalan, MOSFET tranzistorlari uchun 100000 Hz), kommutatsiya toklari va voltajning yuqori qiymatlari bilan ajralib turadi (IGBT uchun maksimal kommutatsiya oqimining kuchi 1200 A gacha, eng yuqori kommutatsion kuchlanish 3500 V gacha). IKO' larning o'ziga xos xususiyati shundaki, ular tarkibida intellektual funksiyalarni – harakatni boshqarish, favqulodda vaziyatlardan himoya

qilish va nosozliklar diagnostikasi uchun mo'ljallangan mikroelektron birliklar mavjud. IKO'ni mexatron modullarning bir qismi sifatida ishlatish quvvat o'zgartiruvchilarining umumiy o'lchamlarini sezilarli darajada kamaytiradi, ishlashda ularning ishonchliligini oshiradi va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni yaxshilaydi.

FPGA (Field Programmable Gate Arrays) bloklari bilan harakat tekshiruvchilaridan foydalanish [47], kompyuter dvigatelni boshqarish paytida raqamli-analog signal uzatilishini bekor qiladi. FPGA bloklari chiqishida keng- modyillash- tirilgan raqamli signal hosil bo'ladi. Shu bilan birga, ular an'anaviy mikroprotssessor asboblari kabi dasturlash qobiliyatiga ega bo'lgan juda yuqori ish unumdorligini (hisoblash tezligini apparat tarkibiy qismlari bilan taqqoslash mumkin) birlashtirish noyob kombinatsiyasiga ega.

Ko'rib chiqilgan misollarni sarhisob qilganda, FS integratsiya nuqtalari faqat dual turidagi funksional o'zgarishlarni amalga oshiradigan tarkibiy bloklar ekanligiga e'tibor berish mumkin (1.1 jadvalning uchinchi ustuniga qarang). Ushbu guruhga mexatron modulning funksional modelining to'g'ridan to'g'ri funksional zanjirida joylashgan informatsion-elektrik va elektr-mexanik o'zgartiruvchilar va teskari aloqa zanjiridagi elektr-informatsion va mexanik-informatsion o'zgartiruvchilari kiradi.

Strukturaviy-konstruktiv integratsiya (SK integratsiyasi) mexatron modulning FS integratsiyasi bosqichida tashkil etilgan modelini tahlil qilishga asoslangan. Berilgan modul tuzilishi turli xil konstruktiv yechimlari bilan amalga oshirilishi mumkin. SK integratsiya mexatron modullarni ishlab chiquvchiga ularni alohida korpusga joylashtirib, interfeyslarni separat (ajratish) blok sifatida ta'minlaydigan loyihaviy yechimlarini tanlashga yo'naltiradi. Avtomatlashtirilgan loyihalashda qabul qilingan yechimlar konstruktiv model ko'rinishida taqdim etiladi (1.3-rasm).

SK integratsiya variantlarini qidirishda uslubiy kalit I1-I8 interfeys bloklarini lokal integratsiya nuqtalari sifatida ko'rib chiqish

mumkin. Loyihalashda bir nechta integratsiya nuqtalarini ko'rib chiqishimiz mumkin.

Elementlarning SK integratsiyasi usuliga asoslangan mexatron modullarning namunalari 1.2-jadvalda keltirilgan. Taqdim etilgan yechimlar oldingi bosqichda ishlab chiqilgan mexatron modullarning strukturaviy modellarini va an'anaviy elektr yuritma tahliliga asoslangan (1.6-rasm).

1.2-jadval

Mexatron modullarda elementlarning SK integratsiyasi.

№ t/r	Mexatron modullar	Funksional o'zgarishlar	O'rnatiladigan ichki elementlar	
			Asosiy bloklar	Interfeyslar
1.	Harakat moduli	Elektromexanik va mexanik	Dvigatel, mexanik qurilma	14
2.	Mexatron harakat moduli	Elektromexanik, mexanik va mexanik-informatsion	Dvigatel, mexanik qurilma, qayta aloqa datchigi	14,17,18
3.	Intellektual mexatro modul	Informatsion, information-elektrik, elektrik, elektr-mexanik.	Boshqaruvchi kontrolor, kuch o'zgartiruvchi, dvigatel	11,12,13,15, 16

Elementlarning mexatron modullarga integratsiyasi zamonaviy mashinalar va tizimlarni yaratishda yetakchi yo'nalish hisoblanadi, chunki asosiy texnik ko'rsatkichlari bo'yicha tezlik va aniqlik, konstruksiyaning ixchamligi va mashinani tezda qayta shakllanish qobiliyati jihatidan yangi sifat darajasiga erishishga imkon beradi. Ushbu tendensiyaning bugungi mashinalarda amaliy tatbiq etilishi yangi integratsion g'oyalarni ilgari surayotgan konstruktor va Avtomatlashtirilgan texnologik jarayonlarda taklif etilgan konstruktorlik yechimlarini tatbiq etuvchi texnologning o'zaro hamkorligi samaradorligiga bog'liq.

Nazorat va muhokama savollari

1. Mexatronika so'zi nimani anglatadi?
2. Texnologik mashinalar uchun yuritma texnikasining funksional xususiyatlari qanday?
3. Mexatron tizimlar va modullarning asosiy afzalliklari qanday?
4. Mexatron tizimning umumiy tuzilishi qanday?
5. Mexatron modul deb nimani tushunasiz?
6. Mexatron modulini loyihalashning umumiy algoritmi ketma-ketligini aytib bering.
7. Mexatron tizimining funksional vazifasi nima?
8. Mexanik o'zgartiruvchi nima?
9. Mexatron modullarda sinergetik integratsiya nima?
10. Funksional tizimli integratsiya deganda nimani tushunasiz?
11. Strukturaviy-konstruktiv integratsiya deganda nimani tushunasiz?
12. Yangi mexatron modulini loyihalash uchun texnik topshiriq deganda nimani tushunasiz?
13. Texnik talablar qancha guruhga bo'linadi?

II BOB

MEXATRON MODULLAR

2.1. Mexatron modullarning tasnifi

Har qanday tasnifning maqsadi obyekt haqida ma'lumotni tizimlashtirish. Ko'pincha iyerarxik struktura ishlatiladi [3,5].

2.1-rasmda integratsion va konstruktiv xususiyatlariga ko'ra mexatron modullarning tasnifi keltirilgan, unda harflar ko'rsatilgan: D – dvigatel, MO' – mexanik o'zgartirgich, YuMD – yuqori momentli dvigatel, AQ – axborot qurilmalari, IYuMD-integrallasgan yuqori momentli dvigatel, KQB – kompleks qurilma boshqaruv, RAO' – raqamli-analogli o'zgartiruvchi, KO' – kuch o'zgartirgichi, TAQ – teskari aloqa qurilmasi, O'IMM – o'ta integrallashtirilgan mexatron modul [25].

Mexatronikaning asosiy ta'rifi faqat uchta aniqlovchi kichik tizimni o'z ichiga olgan aqlli mexatronik modullarga to'liq mos keladi.

Kelajakda mexatron modullari va tizimlari yagona integratsion platformalar asosida mexatron komplekslarga birlashtiriladi.

Bunday komplekslarni yaratishdan maqsad, uni qayta konfiguratsiya qilish imkoniyati tufayli yuqori mahsuldorlik va ayni paytda texnik va texnologik muhitning moslashuvchanligiga erishishdir.

2.2. Harakat modullari

Harakat moduli (HM) bu mexanik va elektr (elektr texnik) qismlarini o'z ichiga olgan va boshqa modullar bilan har xil kombinatsiyalarda ishlatilishi mumkin bo'lgan tarkibiy va funksional mustaqil mahsulot [3,5,31].

Harakat modulining umumiy sanoat yuritmasidan ajralib turadigan asosiy xususiyati – bu dvigatel validan mexanik harakat o'zgartirgichining elementlaridan biri sifatida foydalanish. Harakat

modullariga misollar: motor-reduktor, motor-g'ildirak, motor-baraban, elektrshpindel.

Elektr dvigatellarining paydo bo'lishi va texnologik jarayonlarni mexanizatsiyalashtirishda yangi davr boshlanishi bilan elektr dvigatellarining aylanish chastotasini keng o'zgartirish va kerakli aylanish momentlarni olish zarurati tug'ildi. Ko'pgina kompaniyalar tasmali va zanjirli uzatmalardan tortib, turli xil tishli reduktorlarga qadar turli konstruksiyalarni ishlab chiqdilar. Ushbu konstruksiyalarning kamchiligi – ularning haddan tashqari og'irligi va o'rnatishning noqulayligi edi.

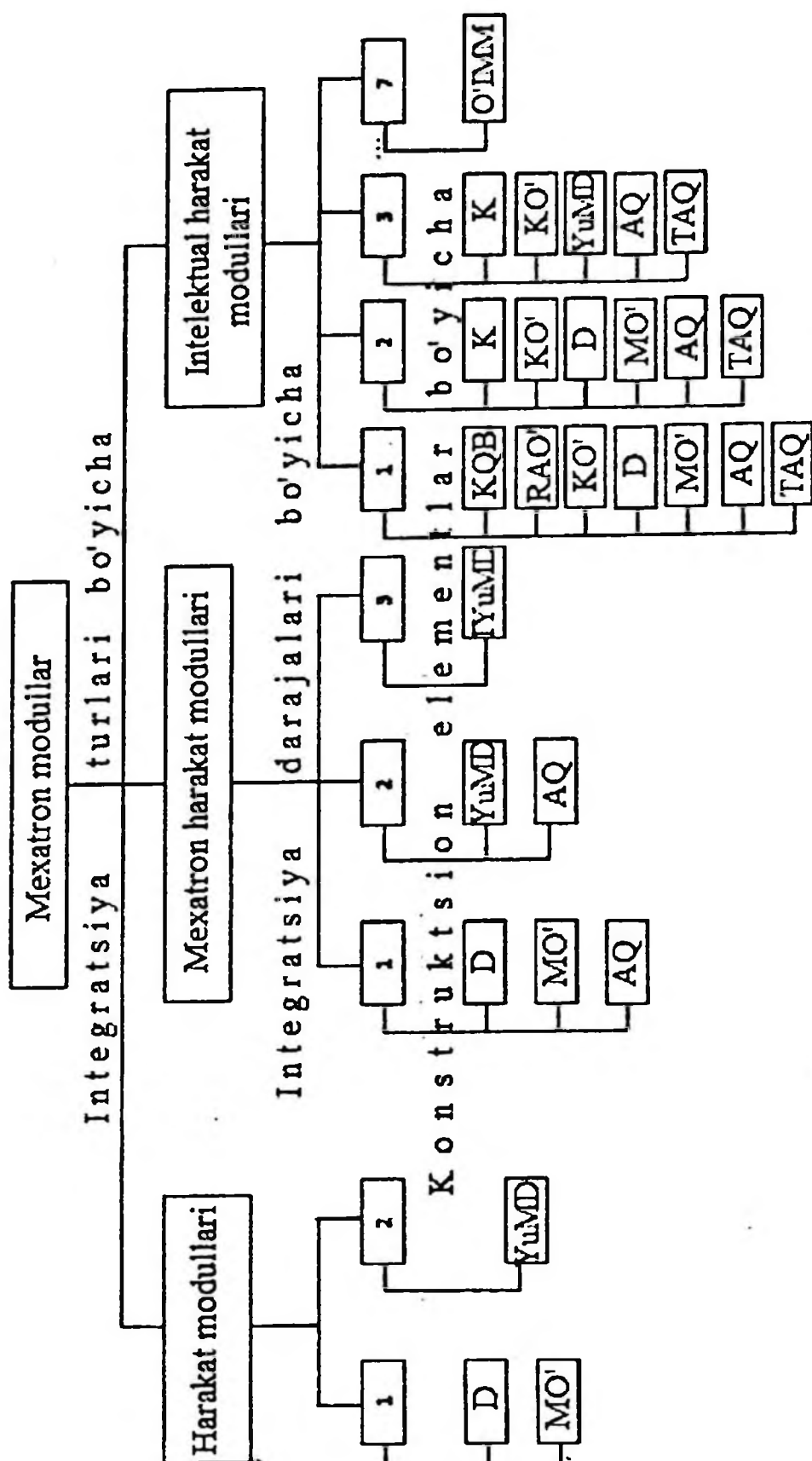
1927-yilda "Bayer" kompaniyasi mutlaqo yangi konstruksiyani ishlab chiqardi – bitta ixcham struktura modulida elektr dvigatelini va harakat o'zgartirgichini (reduktor) birlashtirgan va hozirda keng qo'llaniladigan **motor-reduktor**. Shundan beri, har xil dastur sharoitlari uchun turli xil motor-reduktorlarning juda ko'p turlari paydo bo'ldi, bu har bir aniq yuritma vazifasida optimal yechimni topishga imkon beradi.

Ko'plab xorijiy kompaniyalar, masalan, Motovario, Varvel, Maxon, Sankt-Peterburgdagi ITM "Редуктор", Moskvadagi ITM "Приводная техника" va boshqalar turli xil motor-reduktorlarni ishlab chiqaradilar. MAXON elektr dvigatellarini, silindrsimon va planetar reduktorlarni ishlab chiqaradi va ularning asosida, zarurat bo'lganda, fotoimpulsli datchiklar (FID), rezolver va tormozlar bilan jihozlaydilar.

2.2-rasmda har xil turdagi planetar va silindrik reduktorlarni elektr dvigateliga, shuningdek raqamli magnit va raqamli fotoimpuls datchiklariga ulash uchun blok – modulli tizim ko'rsatilgan.

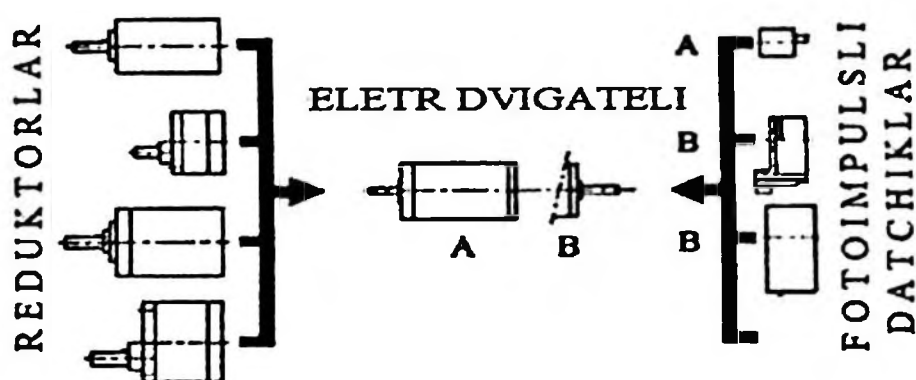
Motor-reduktorlarni konstruksiyalashning blok-modulli prinsipini qo'llash turli xil va quvvatdagi dvigatel va harakat o'zgartiruvchilarini modulda birlashtirishga imkon beradi va shu bilan harakat moduli tezligi hamda aylanish momenti jihatidan keng mexanik xususiyatlarini ta'minlaydi.

Mexatron modullarning tasnifi



2.1-rasm. Mexatron modullarning tasnifi.

Elektr dvigatel va harakatni o'zgartiruvchi moslamani bitta ixcham elektr yuritma – motor-reduktorga konstruktiv kombinatsiyasi eskirgan tizimdagi elektr elektr dvigatelin va harakat o'zgartirgichini mufta yordamida ulashga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Bu umumiy o'lchamlarning sezilarli darajada pasayishi, ulanish qismlari sonining hamda o'rnatish, sozlash va ishga tushirish xarajatlari sezilarli darajada kamayishidir.

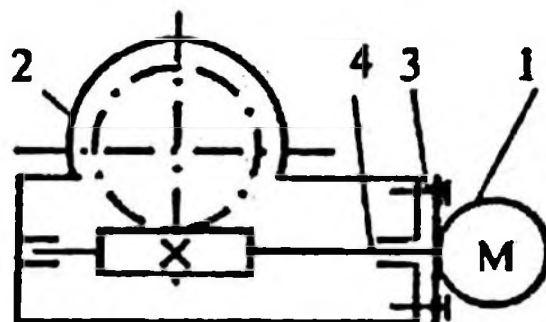
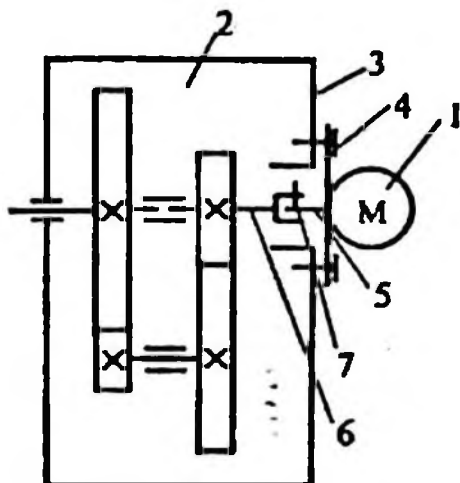


2.2-rasm. Blok-modulli tizim.

Shunday qilib, motor-reduktor hozirgi vaqtda eng keng tarqalgan elektr yuritma turlaridan biri hisoblanadi. Dunyo bo'ylab har yili millionlab dona turli xil va tayyorlashdagi motor-reduktorlar ishlab chiqarilmoqda, bu mijozlarning barcha ehtiyojlarini qondirishga imkon beradi.

Motor-reduktor (2.3-rasm) ikkita asosiy elementdan iborat: elektr dvigatel 1 va harakatni o'zgartiruvchi (reduktor) 2. Reduktor unga elektr dvigatelni vintlar yoki boltlar 4 bilan mahkamlash uchun teshiklari bo'lgan tutashtiruvchi sirtiga ega.

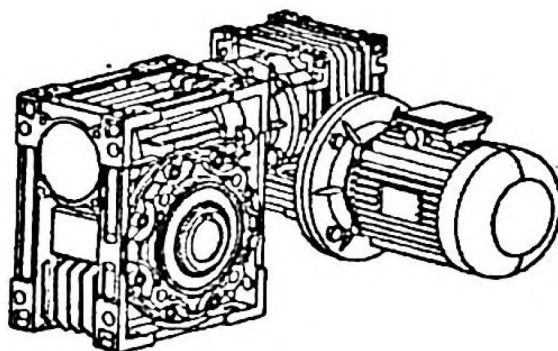
Elektr dvigatel va reduktorni yagona konstruktiv modulga birlashtirilganda elektr dvigatel vali 5 reduktorning teshik valiga 6 o'rnatiladi va shponka 7 bilan mahkamlanadi.



2.3-rasm. Silindrik motor-reduktor. 2.4-rasm. Chervyakli motor-reduktor.

2.4-rasmda bir bosqichli chervyakli motor-reduktor ko'rsatilgan. U umumiy ustunga vintlar 3 bilan ulangan elektr dvigatel 1 va chervyakli harakatni o'zgartiruvchi 2 dan iborat. Elektrt dvigatelining vali 4 va harakatni o'zgartiruvchi yagona.

2.5-rasmda Motovario firmasidan ikki bosqichli chervyakli motor-reduktor ko'rsatilgani [42].



2.5-rasm. MOTOVARIO firmasi motor-reduktori.

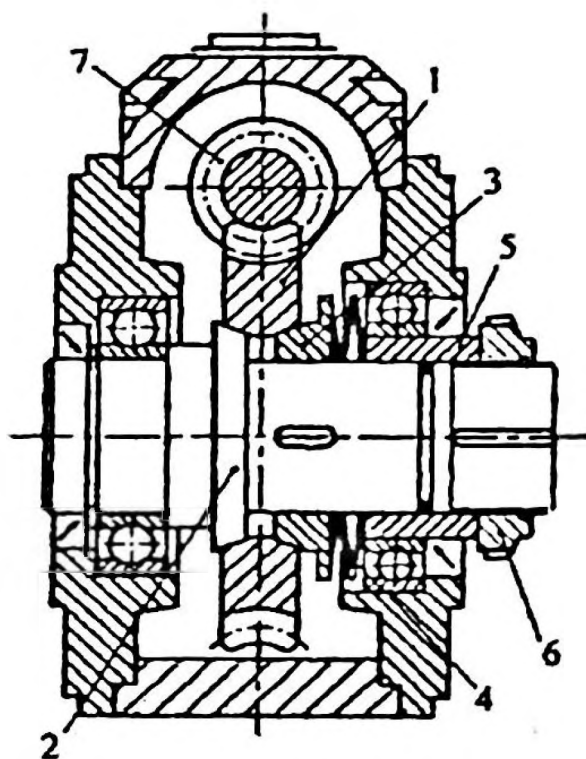
Motor-reduktorlarda elektrt dvigatellar ko'pincha qisqa tutashtirilgan rotorli va val tezligini o'zgartiruvchisidan rostlagichli asinxron dvigatellar, bir fazali va doimiy tokda dvigatellardan foydalaniladi.

Harakatni o'zgartiruvchi sifatida silindrsik va konussimon tishli, chervyakli, planetar, to'liqinli, vint va boshqa uzatmalar ishlatiladi.

An'anaviy elektr yuritma elektr dvigatel vali bilan harakatni o'zgartiruvchi

uzatma vali mufta yordamida birlashtiriladi. Motor-reduktorlarda mufta yo'q. Valla shponka yoki boshqa detallar orqali birlashtiriladi, ya'ni dvigatel vali reduktorning kirish vali hisoblanadi.

Biroq, muftaning yo'qligi motor-reduktorni himoya xususiyatlaridan mahrum qiladi. Bu harakatni o'zgartiruvchi va elektr dvigatelining ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, ularni to'satdan haddan tashqari yuklanish ta'siridan himoya qilish uchun motor-reduktorlarda aylanma momentni cheklovchilari o'rnatiladi. 2.6-rasmda chervyakli motor-reduktorda aylanma momentni cheklovchisining konstruksiyasi ko'rsatilgan [42].



2.6-rasm. Aylanma momenti cheklovchi o'rnatilgan motor-reduktor: 1) chervyakli g'ldirak; 2) qo'zg'almas konus; 3) qo'zg'aluvchan konus; 4) tarelkasimon prujina; 5) vtulka; 6) rostlaydigan gayka; 7) chervyak.

2.1-jadval

Uzatiladigan momentning chegaraviy qiymati, Nm.

motor- reduktor turi	Rostlaydigan gaykaning to'liq aylanishi						
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
7M440	10	20	25	30	35	40	45
7M450	30	40	50	55	60	65	70
7M463	80	100	120	140	160	180	190
7M480	150	190	240	280	320	360	400
7M490	180	230	270	330	370	420	470
7M4100	220	280	330	390	440	490	550
7M4125	380	480	580	690	800	900	1000
7M4150	800	920	1050	1160	1280	1400	-

Chervyakli g'ildirak 1 chiqish vali bilan yahlit qilib tayyorlangan qo'zg'almas konusga 2 ga hamda rostlovchi gayka 6 bilan fiksator va tarelkasimon prujina 4 bilan siqib turuvchi qo'zg'aluvchan konus 3 ga o'rnatiladi. Rostlovchi gayka 6 qancha buralganiga qarab, mos keladigan o'q bo'ylama kuch paydo bo'ladi va bu konuslar va chervyak g'ildiragi o'rtasida ishqalanish momentining paydo bo'lishiga olib keladi (maksimal uzatish momenti). 2.1-jadvalda bir bosqichli konussimon tishli motor-reduktorlar uchun maksimal uzatish momentining qiymatlari rostlovchi gaykasining siqilishiga qarab berilgan.

Chiqish vali 2 ning tashqi momenti chegaraviy qiymatdan oshib ketganda konuslar va chervyakli g'ildirak 1 orasidagi ishqalanish kuchi kamayishi oqibatida, g'ildirak 1 o'z o'qi atrofida aylana boshlaydi va momentni chervyak 7 ga o'tkazmaydi va shu bilan harakat o'zgartiruvchi va dvigatelning shikastlanishiga yo'l qo'ymaydi.

Cheklovchini kerakli momentga sozlash uchun:

- rostlovchi gaykani to'liq bo'shatish;

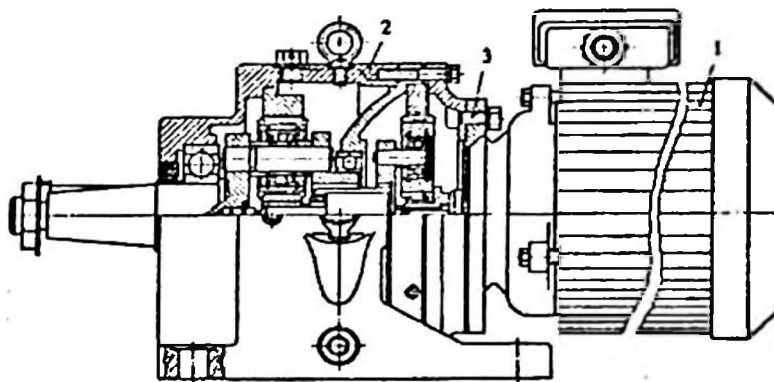
- o'qoviy I bo'shliq to'liq tanlanmaguncha uni qo'l bilan torting. Kerakli miqdordagi aylanishlarini hisoblash uchun bu pozitsiya nol deb hisoblanadi;

- gaykani kalit bilan kerakli miqdordagi aylanishlar bilan torting.

Belgilangan chegara momentining qiymatini aniqroq aniqlash zarur bo'lsa, dinamometrik kalitni ishlatish mumkin.

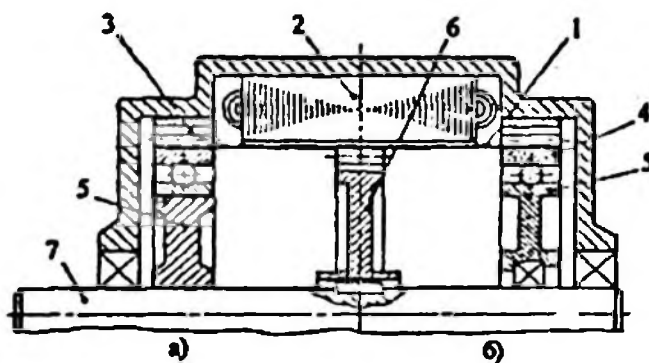
Aylanma momentni cheklash bo'yicha boshqa konstruksiyalar ham mavjud. 2.7-rasmda planetar tishli motor-reduktor ko'rsatilgan. U AO seriyasidagi asinxron elektr dvigatel 1 va vintlar 3 orqali bitta korpusga ulangan ikki bosqichli planetar tishli harakat o'zgartiruvchi 2 dan iborat.

Harakat o'zgartiruvchisida elementlar sifatida birinchi bosqichning vodilosini va ikkinchi bosqichning quyosh (markaziy) shesternyasi bo'lib, ular tishli muftalar bilan bog'langan. Ikkinchi bosqichning vodilosini harakat o'zgartiruvchisining chiqish vali bilan yaxlit qilib bajarilgan. Birinchi bosqich satelitlari vodilolarda konsol o'rnatilgan.



2.7-rasm. Planetar tishli motor-reduktor.

Elektromagnit to'lqin generatoriga ega to'lqin mexanizmiga asoslangan motor-reduktor 2.8.-rasmda ko'rsatilgan. U egiluvchan g'ildirak 1, elektromagnit to'lqin generatori 2, qattiq g'ildirak 3, egiluvchan podshipnik 4, mushtumcha 5, tishli g'ildirak 6 va chiqish validan 7 iborat.



2.8-rasm. To'liqinsimon motor-reduktor.

Motor-reduktor ishlayotganda egiluvchan g'ildirak 1 (2.8-rasm) elektromagnit to'liqin generatori 2 ta'sirida qattiq g'ildirak 3 bilan ilashmaga kiradi. Bunday holda, egiluvchan g'ildirak 1 aylanuvchi elektromagnit maydon bilan sinxron ravishda deformatsiyalanadi va qattiq g'ildirak bilan 3 o'zaro aloqa bo'lib, tishli g'ildirak 6 orqali chiqish vali 7 ga aylanma harakatni uzatadi va ustunga nisbatan aylanadi. Kulachoklar ularga o'rnatilgan egiluvchan podshipniklar va egiluvchan g'ildirak bilan birga harakatga keladi. Kulachoklarni to'g'ridan to'g'ri chiqish valiga yoki yumalash podshipniklar yordamida o'rnatilishi mumkin. Ikkinchi holda, egiluvchan g'ildirakning qattiq g'ildirakka nisbatan radial koordinatsiyasi (joylashuvi) ta'minlanadi, harakat modulining ishonchliligi, chidamliligi va samaradorligi oshadi.

Ko'pgina hollarda, motor-reduktorning chiqish valining aylanish tezligi o'zgaruvchan bo'lishi kerak. Ushbu talabni amalga oshirish uchun aylanish tezligini rostlash imkon beradigan mexanik variator yoki elektr dvigatelining aylanish tezligini o'zgartiradigan elektron qurilmalardan foydalanish mumkin. Ushbu usullarning har biri o'zining afzalliklari va kamchiliklariga ega va ularni yechish kerak bo'lgan konstruktiv va texnologik muammolarga qarab qo'llaniladi. Misol uchun, agar siz reduktor dvigatelining chiqish valida uzatiladigan momentni oshirishni istasangiz, mexanik tezlik variatorli motor-reduktor konstruksiyasidan foydalanish tavsiya etiladi. Agar tezlikni boshqarish oralig'ini kengaytirish yoki motor-reduktorning

minimal o'lchamlari va massasini saqlab turish zarur bo'lsa, unda tezlikni chastotali o'zgartiruvchilarga afzallik beriladi [43].

Motor-reduktorlarda turli xil variatorlardan foydalanish mumkin: frontal (lobovoy) (2.9-rasm, a), konussimon (2.9-rasm, b), sharli (2.9-rasm, d), torsimon (2.9-rasm, e), ajraluvchan konusli shkiv (g'altak)lar bilan (2.9-rasm, f), planetar friksion (2.9-rasm, g) va boshqalar.

Variatorlar haqida qo'shimcha ma'lumotni ixtisoslashtirilgan adabiyotlarda topish mumkin [42]. Shu bilan birga, mahsulot "motor-variator-reduktor" deb nomlanadi.

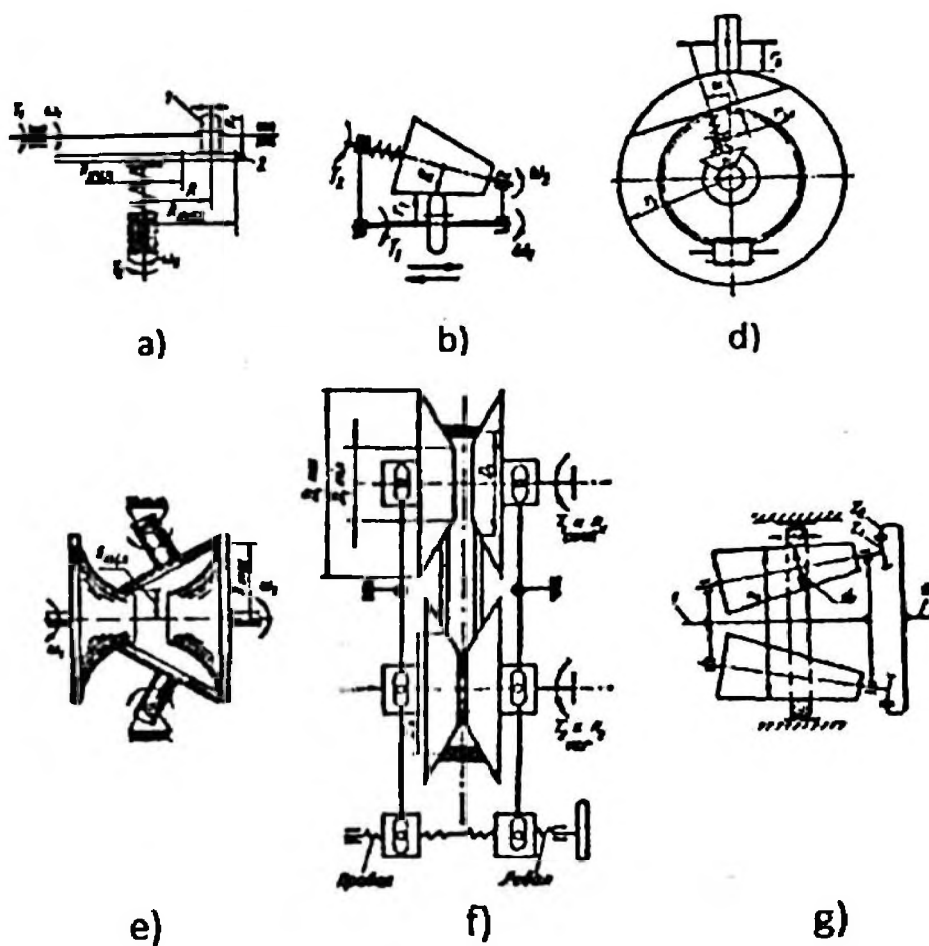
2.10-rasmda dvigatel-variator-reduktor kompanovka sxemasi ko'rsatilgan. U vintlar 4 bilan qotirilgan bitta korpusga ulangan elektr dvigatel 1, variator 2 va reduktor 3 dan iborat.

2.11-rasmda chervyakli dvigatel-variator-reduktorning kompanovka sxemasi ko'rsatilgan, 2.2-jadvalda uning texnik xususiyatlari; 2.12-rasmda planetar dvigatel-variator-reduktor, 2.3-rasm jadvalda uning texnik xususiyatlari; 2.13-to'liqli dvigatel-variator-reduktor va 2.4-jadvalda, uning texnik xususiyatlari ko'rsatilgan [43].

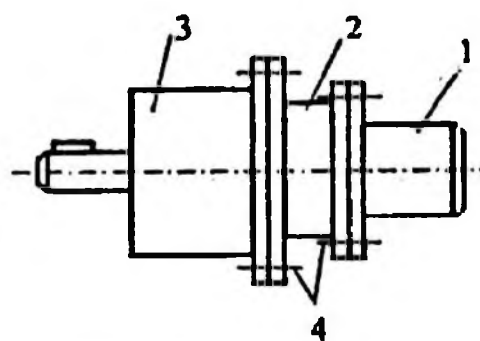
2.2-jadval

Chervyakli dvigatel-variator-reduktorning texnik xususiyatlari

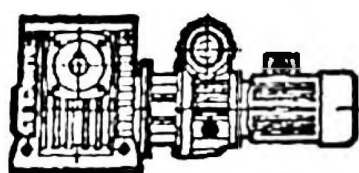
Dvigatel-variator-reduktor turlari	Rostlash diapazoni	Chiqish valining aylanish chastotasi, ay/min		Dvigatel quvvati, kVt	
		max	min	max	min
МПЧ-40	6,6	45.....125	7...14	0,18	—
МНЧ-63	6,5	11...125	1,8...19	0,75	0,25
МІ 14-80		12,5...125	1,9...19	1,8	0,37
МИЧ-100			1,9...20,6	4,0	0,75
МНЧ-125	6,6		1,9...23,8	7,5	
МИЧ-160		6,3	1,9...25	11,0	1,1
МІ 14-200	12,5...50		2...10		3,0
МНЧ-250	5,4		12,5...32		2...6



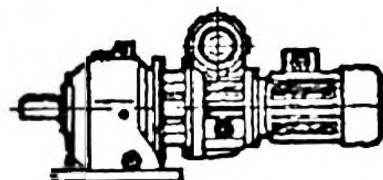
2.9-rasm. Variatorlar.



2.10-rasm. Dvigatel-variator-reduktor sxemasi.



2.11-rasm.



2.12-rasm.



2.13-rasm.

2.3-jadval

Planetar dvigatel-variator-reduktorning texnik xususiyatlari

Dvigatel-variator-reduktor	Rostlash diapazoni	Chiqish valining aylanish chastotasi, ay/min		Dvigatel quvvati, kVt	
		max	min	max	min
МВП-25	5,2	4...186	1...30	1,5	0,18
МВП-31,5				3,0	
МВП-35,5				4,0	
МВП-45				5,5	
МВП-56				7,5	
МВП-63				9,2	0,25
МВП-80					
МВП-91					
МВП-100					

2.4-jadval

To'liqinsimon dvigatel-variator-reduktorning texnik xususiyatlari

Motor-variator-reduktor turlari	Rostlash diapazoni	Chiqish valining aylanish chastotasi, ay/min		Dvigatel quvvati, kVt
		max	min	
МВВ-50				
МВВ-63				
МВВ-80				
МВВ-100	5,8; 3,5; 5,3	8 .. 12,5	1,36...2,1	0,18.. 5,5
МВВ-125				
МВВ-160				
МВВ-200				
ШВ-250				
МВВ-315				

Tezlikni chastotali o'zgartirgichlar bilan birga motor-reduktorlarni qo'llash elektr dvigatel valining tezligini uzluksiz (pog'onasiz) boshqarishga va motor - reduktorning chiqish valida quvvati va momenti saqlab qolishga imkon beradi.

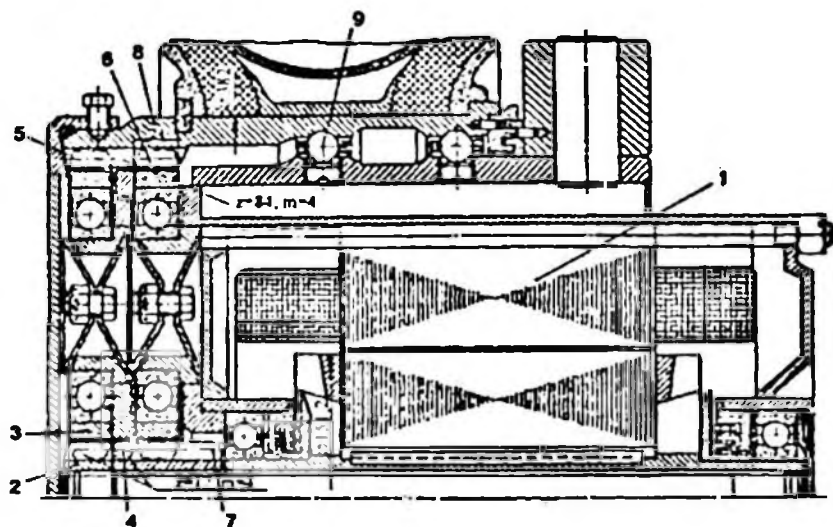
Chastotani o'zgartirgich turini tanlash, reduktor dvigatelida ishlatiladigan elektr dvigatelining quvvati bilan amalga oshiriladi.

“Редуктор” ITM motor-reduktorlarni yig‘ishda oltita kompaniyaning chastotali o‘zgartiruvchilardan foydalanadi: T-Verter, Delta Electronics Inc, LG Industrial Systems, Adlee, Vacon, “ITM Приводная техника”.

Asinxron elektr dvigatel bilan birga o‘rnatilgan ikki bosqichli 2K-N tipli harakatni o‘zgartirgichli dvigatel-g‘ildiragining konstruksiyasi 2.14-rasmda ko‘rsatilgan [5].

Harakat elektr dvigatel 1 dan markaziy shesternya 2, keyinchalik vodilo 4 qo‘zg‘almas bo‘lganda satellitlar 3 orqali tishli gardish 5 va tishli g‘ildirak 6 ga uzatiladi.

Tishli gardish 5 yetaklanuvchi element hisoblanadi. Satellitlar orasidagi yuklanishni tenglashtirish uchun markaziy g‘ildiraklar 2 va 7 boshqa o‘qqa harakatlanuvchan qilib tayyorlangan, bunda shesternya 7 vodilo 4 bilan harakatlanadi.



2.14-rasm. Dvigatel-g‘ildirak chizmasi.

O‘qoviyl o‘lchamlarni saqlab turish uchun satellit podshipniklarining tashqi halqalari to‘g‘ridan to‘g‘ri satellitlarning tojlarida zavalsovka qilingan, ichki halqalar surilib ketishdan konussimon tarelkalar oldini oladi. Ular to‘xtatgichli halqalarga qaraganda ishonchliroq. Ichki tishli gardish 5 g‘ildirak 8 bo‘g‘ini bilan

yaxlit qilib tayyorlangan. O'z o'rnida g'ildirak 8 g'ildirak 9 ning maxsus trak radial ikki qatorli podshipnigining tashqi halqasidir.

Motor g'ildiragining texnik xususiyatlari:

Dvigatelning quvvati, kVt 7

Dvigatel valining aylanish chastotasi, ayl/ min 1500

Harakat o'zgartiruvchining uzatish nisbati 63

Satellitlar soni 3

G'ildirakdagi eng katta moment, Nm 5884

G'ildirakdagi eng katta yuklanish, N 29420

G'ildirakning tashqi diametri, mm 835

Og'irligi, kg 190

Eng ko'p tarqalgan dvigatelli g'ildiraklar elektr velosipedlar, elektr skuterlar, omborlarda qo'llanadigan elektr mashinalari (vilkali yuklagich, shtablerlar, aravachalar) va o'ta og'ir ko'tarishga ega bo'lgan samosvallarda [44].

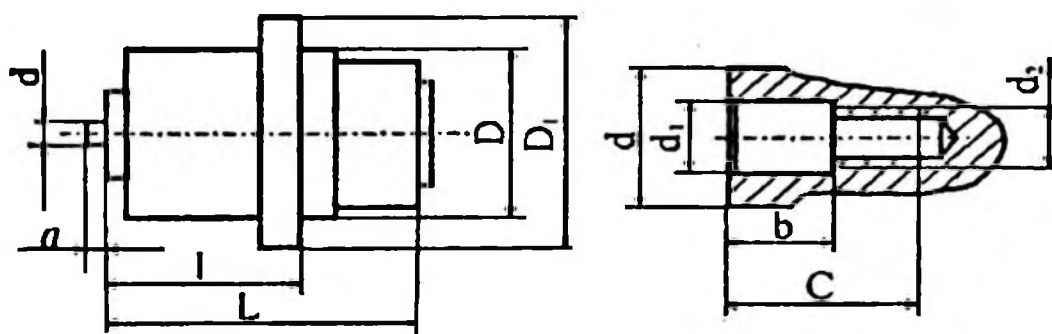
Shpindel deb o'ng va chap aylanish tezligiga ega valga aytiladi. Metallga ishlov berishda shpindel deb val ishlov beriladigan buyumni (ish qismini) mahkamlash uchun qurilma bilan jihozlangan valga aytiladi [45].

Elektr dvigatelining rotoriga o'rnatilgan shpindel harakat o'zgartiruvchini bekor qiladi. Ammo uni rad etish modulni tebranish so'ndiruvchidan – past davriy takrorlanish filtrdan mahrum qiladi. Shu bilan birga kinematikani soddalashtirish, F.I.K ni oshirish, ishonchlilik va boshqalar boshqarish tizimiga katta talablar qo'yadi.

Hozirgi vaqtda ular turli xil metallarni va metall bo'lmagan materiallarni silliqlash, frezalash, burg'ulash, shuningdek maxsus maqsadlar uchun, shu jumladan, sanoat lazerlarida ishlov berish uchun mo'ljallangan, aylanish tezligi 9000 ayl /min dan 250000 ay/min gacha bo'lgan yuqori tezlikli pretsizion elektr va pnevmatik shpindellar ishlab chiqariladi.

III, IIIK, IIIП, IIIΦ, IIIKC gorizonta turdagi elektr shpindellar ichki silliqlash stanoklari uchun mo'ljallangan; aylanish chastotasi

150000 ayl/min gacha va 0,6 ... 30 kVt quvvatga ega. Ular suyuq sovutish tizimi bilan jihozlangan. Shpindel asinxron elektr dvigateldan aylanma harakatga keladi. Podshipniklar moyli tuman bilan yog‘lanadi. ШП, ШКC turdagi elektr shpindellar ichki haroratni himoya qilish moslamasiga ega. 2.15-rasmda ШФ turidagi elektr shpindellarining tashqi geometrik parametrlari ko‘rsatilgan, 2.5-jadvalda ularning ma’lumotlari keltirilgan.



2.15-rasm. Gorizontal turdagi elektr shpindel.

2.3-jadval

ШФ turidagi elektr shpidellarning geometrik parametrlari, mm

Elektr shpindel turi	Parametrlar										Massa,kg
	D	D ₁	L	l	a	d	d ₁	d ₂	b	c	
ШФ16-48	100	125	207	110	11	20	7	M6	13	23	7,7
ШФ 60-90	80	110	150	95	6	12	6	M5	10	20	4,5
ШФ 40-120	80	110	150	95	6	8	4	M4	8	17	5,0
ШФ120-150	80	110	150	95	6	7	4	M4	8	17	5,0

Asbobni avtomatik almashtirish, aylanish tezligi 30000 ayl/min va 25 kVt bo‘lgan ШКФ tipidagi elektr shpindellar (2.16-rasm) yengil qotishmalardan tayyorlangan qismlarni yuqori tezlikda frezalash mashinalarida foydalanish uchun mo‘ljallangan.

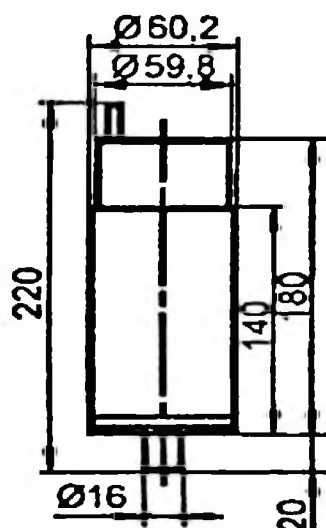
ШФВ turidagi elektr shpidellarning geometrik parametrlari, mm

Elektr shpindel turi	Parametrlar									Massa, kg
	d	d ₁	d ₂	D	D _i	L	a	b	c	
ШФВ 12	23,5	13	M10	100	126	188	17	20	36	10
ШФВ 24	18,5	9	M8	100	115	173	14	19	36	7,6
ШФВ 48	13,5	7	M6	100	115	146	12	16	27	5,2
ШФВ 96	9	5	M4	100	115	120	11	10	18	4,5

Havo yordami bilan asosga ega AC va CAC tipidagi elektr shpindellar (2.18-rasm) stanoklarning asosiy yuritmasi sifatida foydalanish uchun mo'ljallangan bo'lib, bosma platalarni yig'ishda parmalash va frezalash, olmos asbobi bilan qattiq, mo'rt materiallar, keramika, ferritlar va boshqa materiallarni yo'nish va shu bilan birga turli maqsadlarda ishlatiladigan rotorli tizimlarda: elektrostatik maydonda bo'yoq qoplamalarini purkalashda, to'qimachilik mashinalarida ipni burish va o'rash moslamasida, materiallarini uzilishga sinash uchun qo'llanadi.

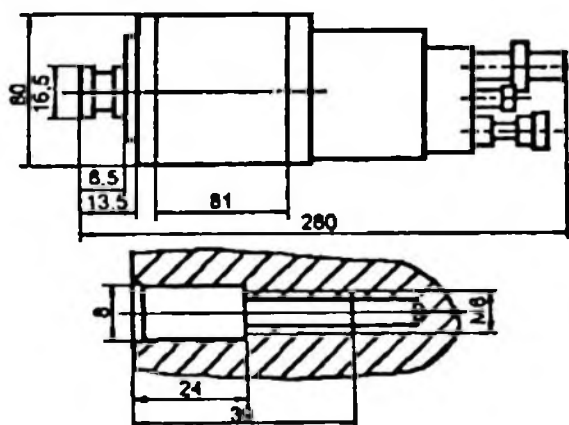
Ular qisqa tutashish rotorli uch fazali asinxron elektr dvigatel bilan birga o'rnatilgan mexatron modullarni ifodalaydi. Podshipniklar va turumostliklari siqilgan havo bilan yog'lanadi. Elektr shpindelning aylanish chastotasi 20000 ... 100000 ayl/min, quvvati 0,18 ... 0,8 kVt.

Havo yordami bilan asosga ega АП turdagi pnevmatik shpindellar aylanish tezligi 40000 ... 100000 ayl/min, havo ta'minoti bosimi 0,4 ... 0,6 MPa, o'rtacha quvvat 0,37 kVt va og'irligi 4,8 kg (2.19-rasm) universal va ichki silliqlash mashinalarini to'liq to'plamlash uchun mo'ljallangan.



2.18-rasm. AC va CFC tipidagi elektr shpindellar.

Pnevmatik shpindel siqilgan havoda ishlaydigan segnerev g'ildirakli kabi turbina yordamida aylantiriladi (segner g'ildiragi – oqayotgan suvning reaktiv ta'siriga asoslangan dvigatel. Tarixida birinchi gidravlik turbinasi [45]). Aylanish chastotasining o'zgarishi boshqaruv panelining rostlagichi tomonidan amalga oshiriladi. Siqilgan xavo kollektor orqali yuboriladi. Turbina va kollektorlar ustunlari siqilgan havo bilan yog'lanadi.



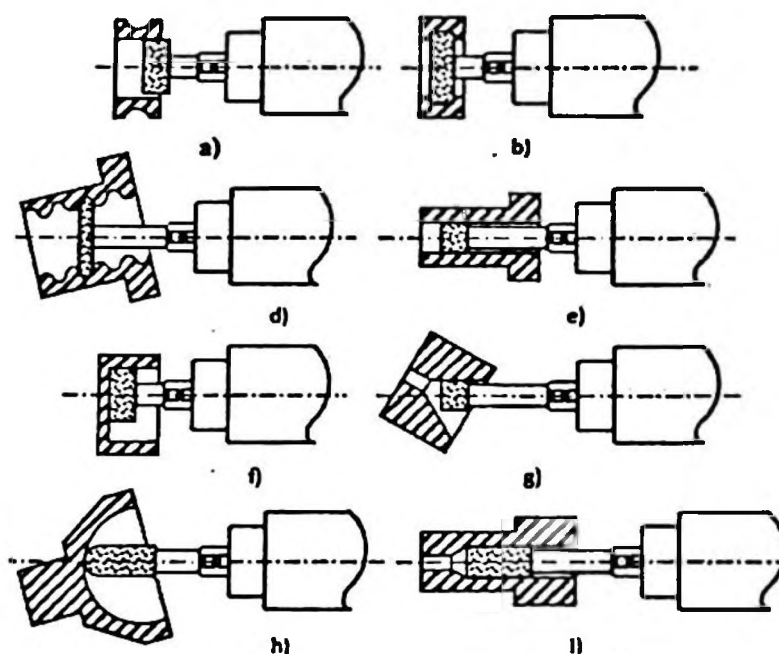
2.19-rasm. Pnevmatik shpindel.

Elektr shpindellarni ishlab chiqarish Rossiya Federatsiyasida, Germaniyada va Italiyada yo'lga qo'yilgan. Rossiyadagi "Самараточмаш" kompaniyasi yo'nib kengaytiradigan va koordinatali silliqlash stanoklari uchun aylanish tezligi 7500 ... 120000 ayl/min va 1,35 ... 15 kVt quvvatga ega SSh tipidagi elektr shpindellarni ishlab chiqaradi.

Precise (Germaniya) 5C1060 tipidagi aylanish chastotasi 160000 ayl/min gacha parmalash shpindellarini ishlab chiqarishni o'zlashtirdi.

Gamfior (Italiya) 270000 aylanish tezligi bilan injektor teshiklarni qayta ishlash uchun elektr shpindelni ishlab chiqdi.

Silliqlash va frezerlash teshik yo'nish elektr spindlarning bozor peshqadami GMN firmasi (Germaniya), tashqi diametri 80 ... 170 mm bo'lgan silliqlash elektroshpindlarini taklif etadi, ular foydali quvvat bilan 4500 dan 180000 ayl/min gacha bo'lgan tezlikda tejamkor ish rejimlarini ta'minlaydi. 0,2 dan 26 gacha kVt va tashqi diametri 120 ... 300 mm bo'lgan frezalashtirilgan elektroshpindellar, 5 dan 42 kVtgacha aniq quvvat bilan 4500 dan 60000 ayl/min gacha bo'lgan tezlikda ishlaydi.



2.20-rasm.

2.20-rasmda har xil turdagi sirtlarni silliqdash orqali elektr shpindel bilan ishlov berish sxemalari ko'rsatilgan: a) podshipnikning ichki diametri; b) truba; c) zoldir juftligi; d) kichik teshiklar; e) bitta o'rnatishda teshiklar va chetlar; e) konus; g) sfera; h) injektorlar.

2.3. Mexatron harakat modullari

Mexatron harakat modullari (MXM) - mexanik, elektr (elektr texnik) va axborot qismlarini o'z ichiga olgan, alohida va boshqa modullar bilan har xil kombinatsiyalarda ishlatilishi mumkin bo'lgan tarkibiy va funksional jihatdan mustaqil mahsulot[4-7].

Yangi elektron texnologiyalarning rivojlanishi bilan ularning signallarini qayta ishlash uchun miniatyurali datchiklar va elektron bloklarni yaratish imkoniyati paydo bo'ldi, ularning harakati modulardan ajralib turadigan asosiy xususiyatlaridan biri bo'lgan mexatron harakat modullarida elektron va axborot qurilmalari paydo bo'ldi.

Avtomatlashtirilgan mashinasozlik bir qator talablarni qondiradigan turli xil mexatron harakat modullarini talab qiladi: ijro harakatlarini bajarishda yuqori aniqlik, ishonchlilik, chidamlilik, turli xil g'alayonlovchi ta'sirlar mavjud bo'lganda va atrof-muhit harorati keng o'zgaradigan sharoitlarda ishlash qobiliyatini saqlaydigan, shuningdek an'anaviy va taqqoslaganda sezilarli darajada kichikroq og'irlik va o'lcham parametrlil elektr yuritmalar. Ishlab chiqilgan harakatlarning aniqligi va tezligiga qo'yiladigan talablar avtomatlashtirilgan texnologik operatsiyaning xususiyatlari bilan belgilanadi va mexatron harakat modulining hajmini minimallashtirish talabi uni texnologik mashinaga kiritish zarurati bilan belgilanadi. Mavjud bo'lgan seriyali ishlab chiqilgan qismlardan mexatron modulni yaratish texnik va iqtisodiy jihatdan samarasiz yechimlarga olib kelishi mumkin. Shu sababli, rasmiy maqsadga to'liq mos keladigan

ixtisoslashtirilgan mexatron harakat modulini yaratish maqbul hisoblanadi.

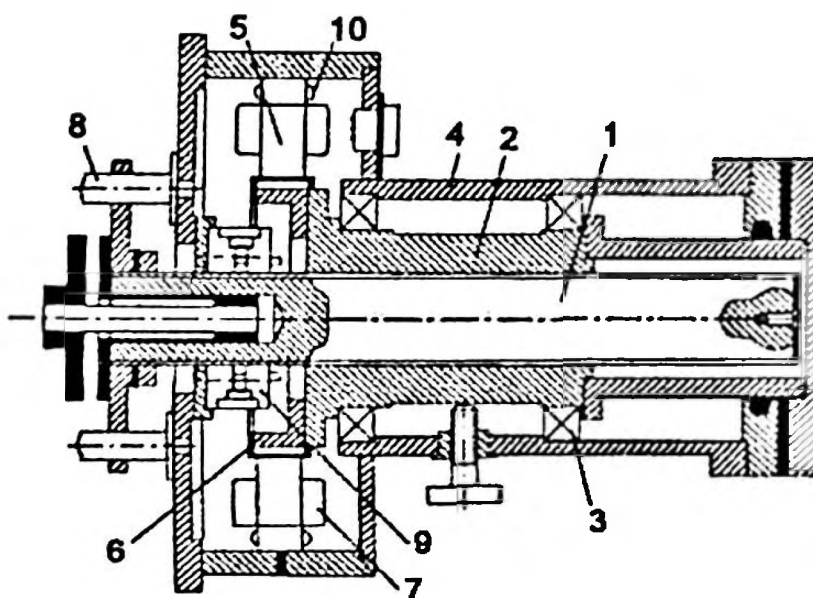
Mexatron harakat modullariga qo'yiladigan talablarning murakkabligi va nomuvofiqligi ularning loyihalanishiga mexatron yondashuvning maqsadga muvofiqligini belgilaydi. Xususan, tizim elementlarining sinerjistik integratsiyasi prinsipiga rioya qilish modul sifatining istalgan darajasini uning tarkibiy qismlarining konstruktiv va funksional o'zaro bog'liqligi tufayli ta'minlashga olib keladi, ularning aksariyati ixtisoslashgan va parallel tizim loyihalash jarayonida, keyinchalik ularning keyingi samarali kombinatsiyasini hisobga olgan holda yaratilgan [16].

Agar mexatron harakat modulining ixchamligini ta'minlash talabi ustun bo'lsa, uni kontaktsiz elektr mashinalari yordamida va ularni harakat o'zgartiruvchilari va ma'lumot o'lchash elementlari bilan birlashtirish orqali amalga oshirish mumkin. Shu bilan birga, harakatni o'zgartirgichlari va sensorlar alohida qurilmalar emas, balki dvigatelning ajralmas elementlariga aylanadi. Sinergetik effektga bir vaqtning o'zida mexatron harakat modulining bir nechta tarkibiy qismlarining turli funksiyalarini bajarish orqali erishiladi. Bunday yechimlar ko'plab mexanik interfeyslarni yo'q qilishga, konstruksiyani soddalashtirishga va narxini kamaytirishga, shuningdek, datchiktr va yuritgichni kelishuvchanligiga va mexanik moslashishga bo'lgan ehtiyojni bartaraf etishga imkon beradi.

Mexatron harakat modullari funksional «kublar» bo'lib, ularning tarkibiga murakkab mexatron tizimlar kirishi mumkin [4].

Mexatron harakat modullariga misollar: burchakli va chiziqli harakatning elektr dvigatellari va turli xil harakat o'zgartiruvchilar (vintli, chervyakli, planetar, to'liqinli va boshqalar)ga asoslangan mexatron harakat modullari, reduktorsiz mexatron harakat modullari, reduktorsiz aylanadigan stollar.

2.21-rasmda mexatron harakat modulining sxemasi ko'rsatilgan.



2.21-rasm. Mexatron harakat moduli.

Modul uch fazali kontaktsiz elektr dvigatel, shar vintli harakat o'zgartirgichidan, induktiv joylashish datchigi (IJD) va yo'naltiruvchilardan iborat.

Elektr dvigateling rotori (6) sharik-vntli harakat o'zgartirgichining gayka (2) bilan bog'langan, u esa korpus (4)dagi podshipnik (3)larda joylashgan. Stator (5)ning fazali chulg'ami (7)dan oqib o'tadigan toklar elektromagnit momentining paydo bo'lishiga olib keladi va bu gayka (2)ning aylanishini vujudga keltiradi. Bunda vint 1 yo'naltiruvchilar 8 bo'ylab chiziqli harakatni amalga oshiradi. Vintning harakatini o'lchash uchun induktiv joylashuv datchigi (9) ishlatiladi, vint (1) uning harakatlanuvchi elementi rolini o'ynaydi. Statsionar qism (9) mexatron harakat modulining korpusiga (4) o'rnatiladi va qisman dvigatelning ichi bo'sh rotoriga (6) joylashtiriladi.

Elektr dvigateling rotori 6 da 20 ta yuqori samarali doimiy magnitlar mavjud. 24 ta ariqchaga ega bo'lgan stator (5) ga dvigatel yakorining fazali chulg'amlari (7), shuningdek rotor tezligini o'lchash uchun ishlatiladigan uch fazali taxometrik chulg'amlar va rotorning joylashuvi datchigi (RJD) joylashtirilgan.

RJD konstruksiyani sezilarli darajada soddalashtiradigan va mexatron harakat modulining hajmini kamaytiradigan xususiyatlarga ega qilib tayyorlangan. Holi datchiklariga asoslangan odatda ishlatiladigan RJD dan farqli o'laroq, ushbu modulda ishlatiladigan RJD mustaqil tuzilmaviy element emas, lekin "yashirin" qurilma. Uning funksiyalari bir nechta elementlar yordamida amalga oshiriladi: taxometrik chulg'amlar, taxometrik chulg'amlarga yaqin joylashgan maxsus tayyorlangan stator teshiklaridagi qo'zg'atish chulg'ami va mexatron harakat modulining elektron uskunalari. Ko'rib chiqilgan "yashirin" RJD larning afzalligi shundaki, modulni sozlashga uni fazalashga ehtiyoj qolmaydi, chunki u dvigatel konstruksiyasi bilan ta'minlangan. Bundan tashqari, bunday RJD rotor pozitsiyasini signallarini uzluksiz ravishda yetkazib beradi, bu vosita esa fazali chulg'amlarda sinusoidal toklarni hech qanday muammosiz yaratishga imkon beradi. Bu imkoniyat dvigatel momentining pulsatsiyasini kamaytirish orqali mexatron modulning xususiyatlarini yaxshilaydi.

Vintli o'ramga ega bo'lgan induksion datchikning qo'zg'almas qismi ichida ilgarilanma harakat qiladigan vint mavjud va aslida u gayka hisoblanadi. Farqi shundaki, vintda chap rezba bo'lsa, datchik gaykasi o'ng rezbaga ega. Bunga qo'shimcha ravishda, RJD ichidagi vintning erkin harakatlanishini ta'minlash uchun datchik gaykasining ichki diametri vintning tashqi diametridan biroz kattaroq bo'lishi kerak. RJD ning qo'zg'almas qismi ikkita yarim gaykadan iborat. Uning ichida qo'zg'atish aksiyal chulg'am va ariqchalarda o'ralgan chiqish chulg'amidan (sinus va kosinusli datchik chulg'amlari), ularning har biri ketma-ket va juft-juft bo'lib kiritilgan to'rt qismdan iborat. Qo'zg'alish chulg'amlar bo'ylab oqayotgan o'zgaruvchan tok tomonidan yaratilgan magnit oqim birinchi yarim gayka, vint va ikkinchi yarim gayka orqali yopiladi. Shu bilan birga, u RJD ning sinus va kosinus chulg'amlarini kesib o'tadi va ularda elektr yurituvchi

kuchni (EYuK) hosil qiladi. Datchikning vint va gayka rezbalari qutb taqalar rolini o'ynaydi.

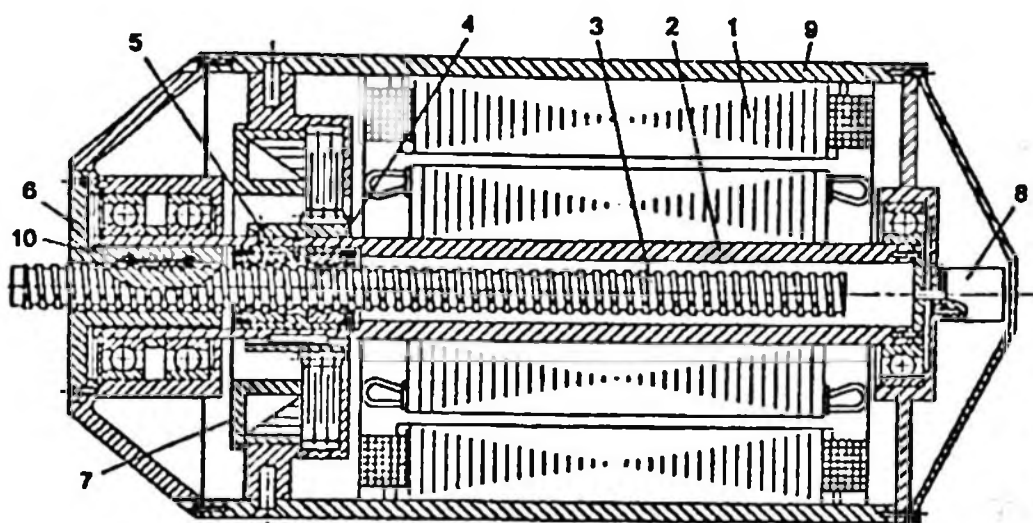
Vintning vaziyati o'zgarishi natijasida magnit zanjirlarning qarshiligi o'zgaradi, bu esa RJDning chiqish chulg'amlarida EYuK hosil bo'lishini ta'minlaydii. Natijada, datchikning sinus va kosinus chulg'amlarida EYuK amplitudalari har xil bo'ladi va ualr datchikning qo'zg'almas gaykasiga nisbatan vint holatiga bog'liq bo'ladi. Shunday qilib, chulg'amlardagi joylashgan garmonik signallar vintning harakat funksiyasiga nisbatan bog'liq holda o'zgaradi. Agar sinus va kosinusli chulg'amlari kuchlanishlari to'g'rilansa, unda vintning bir qadamiga mos keladigan signallar hosil bo'ladi.

2.22-rasm bo'yicha chiqish bo'g'inining chiziqli harakatlanuvchi mexatron moduli tasvirlangan. U vint 3, sharik 4, val 2 bilan qattiq qotirilgan yig'ma gayka 5, yonaltiruvchi 6, elektromagnit tormozi 7, fotoimpulsli datchik 8 va korpus 9 da tashkil topgan sharik-vintli harakatni o'zgartirgich va shuningdek kavak valli 2 asinxron elektr yurgazgich 1 dan tashkil topgan.

Elektr dvigatel rotori 1 aylanayotganda, val 2 gayka 5 ni aylantiradi, va u o'z navbatida zoldirlar 4 orqali vint 3 ilgarilanma harakatlanishiga olib keladi. Vint 3 harakatlantirganda aylanib ketishning oldini olish va ishqalanishni kamaytirish uchun unda zoldirlar 10 va yo'naltiruvchi 6 oz ichiga oluvchi uchta bo'ylama ariqchlar qilingan. Vint 3 dagi harakat miqdorini fotoimpuls datchigi 8 qayd etadi. Korpus 9 da o'rnatilgan elektromagnit tormoz 7, elektr uzilishi holatida, ishga tushadi va vintni to'xtatadi.

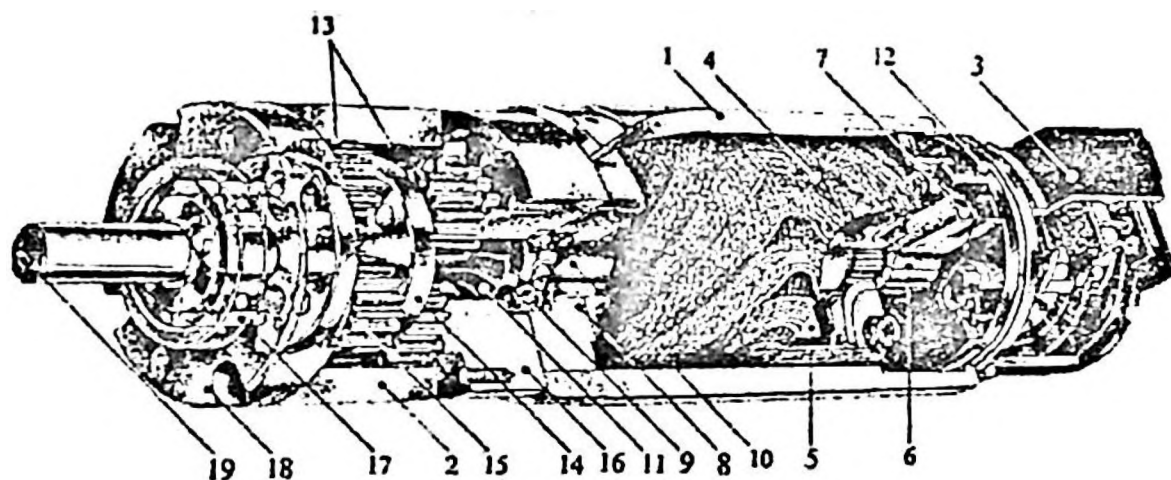
Maxon firmasining mexatron harakat moduli 2.23-rasmda ko'rsatilgan.

U kollektorli elekt dvigatel 1, ikki pog'onali harakat o'zgartiruvchi 2 va fotoimpulsli datchik 3 dan iborat.



2.22-rasm. Chiqish bo'g'inining chiziqli harakatlanuvchi Mexatron moduli.

Elektr dvigatel o'z ichiga chulg'am 4, magnit 5, kollektor 6, cho'tka 7, flanes 8, podshipnik 9, val 10 ning uchida o'rnatilgan shesternya (val-shesternya) va qopqoq 12 ni oladi.



2.23-rasm. MAXON firmasining mexatron harakat moduli.

Bitta tashqi va bitta ichki ilashmadan tashkil topgan 2K-H turidagi planetar harakat o'zgartirgichning har bir pog'onasi ikkita markaziy g'ildiraklar 11 va 13 (birinchi pog'ona), vodilo 14 va satelitlar 15 dan tashkil topgan. Podshipnik 9 ni o'rnatish uchun

maxsus montaj plita 16 mavjud. Podshipnik 17 chiqish vali 19 o'tadigan harakatni o'zgartiruvchining flanesida 18 da qotirilgan.

Fotoimpuls pozitsion datchigi mexatron modulning chiqish valining holatini va harakatini aniqlash uchun mo'ljallangan.

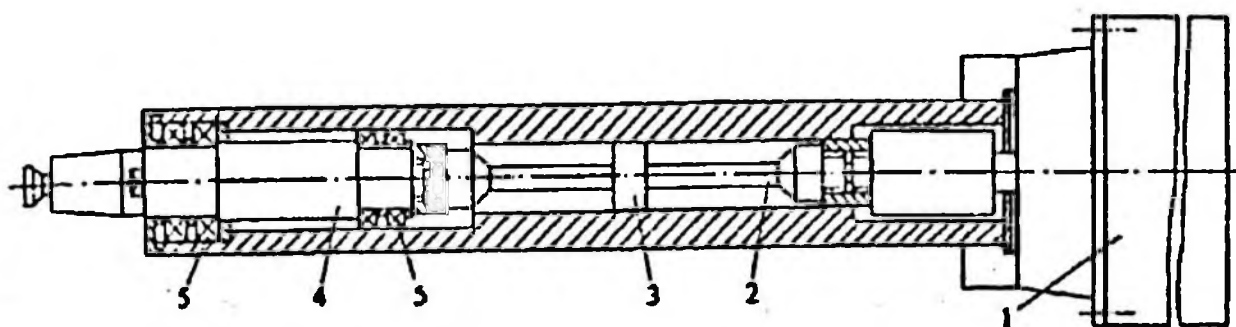
Harakat mexatron modullarini rivojlantirishning eng muhim bosqichi "dvigatel-ishchi organ" kabi modullarning ishlab chiqishi bo'ldi. Bunday konstruktiv modullar texnologik mexatron tizimlar uchun alohida ahamiyatga ega, uning maqsadi ishchi organning ish obyektiga maqsadli ta'sirini amalga oshirishdir. "Dvigatel-ishchi organ" turidagi mexatron harakat modullari dvigatel-shpindellar deb ataladigan silliqlash va frezalash mashinalarida keng qo'llaniladi.

2.24-rasmda Fortuna dvigatel-shpindeli (Germania) ko'rsatilgan. U elektr dvigatel 1, uzatish vali 2 va ushlab turuvchi rolik 3, yumalash podshipnik 5 ustunlarida o'rnatilgan shpindelli val 4 dan tashkil topgan.

Texnologik operatsiyani amalga oshirish uchun dvigatel-shpindelning shpindel valida qisqich qotiriladi. Qisqichda ishchi dastgoh o'rnatiladi.

Dvigatel-shpindellarning o'ziga xos strukturaviy xususiyati to'g'ridan to'g'ri dvigatel rotorida shpindelni o'rnatishdir. Dvigatel-shpindel asosida yuqori tezlikli mexatron modullarni yaratishda, shpindelning statik va dinamik barqarorligiga qattiq talablar qo'yiladi.

Shpindel ustunlari yumalash podshipniklar asosida hamda gidrostatik, gidrodinamik va elektromagnit podshipniklar asosida konstruksiyalanadi. Radial trak podshipniklarini ishlatganda, maxsus moylash usullari (impuls, yog'-havo) ishlatiladi va yig'ilgan modulda dastlabki taranglashni nazorat qilinadi. Gibrid (po'lat halqalar va keramik zoldirlari bilan) podshipniklardan foydalanish, shuningdek qattiq qoplamali po'lat halqalarning qo'llanilishi istiqbolli hisoblanadi.



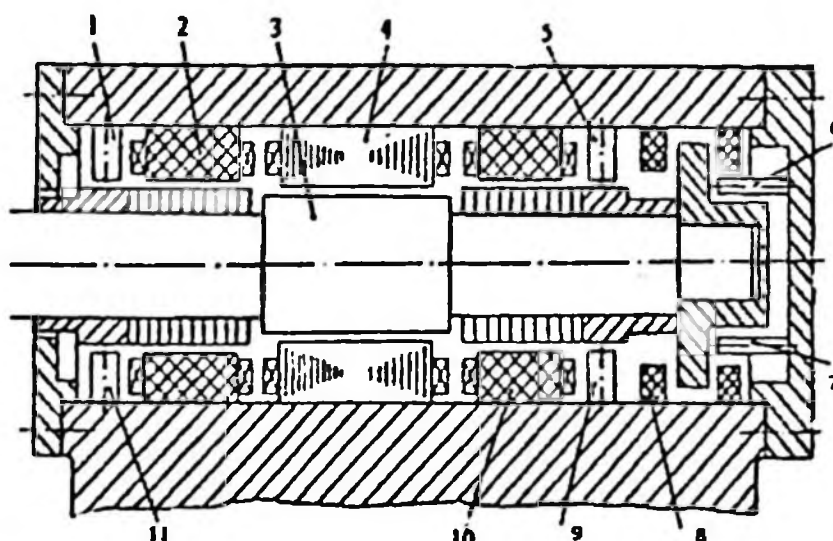
2.24-rasm. Fortuna dvigatel-shpindeli.

Yumalash podshipniklarni ustunlar sifatida ishlatish shpindel tugunlarining funksiyasini cheklaydi.

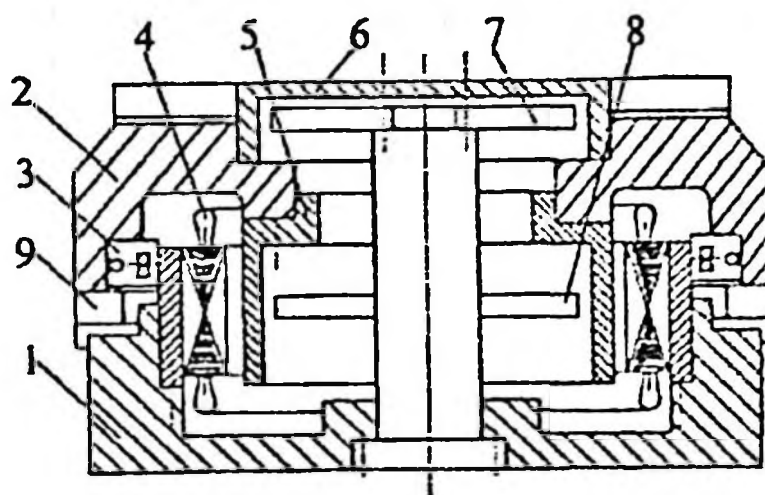
Mashinalarda yuqori samarali ishlov berish usullarini amalga oshirish uchun elektr magnet tayanchlarda shpindel tugunlari ishlab chiqildi. 2.25-rasmda 30000 ay/min aylanish tezligi va 20 kVt quvvatga ega yuqori tezlikli frezerli modulining shpindel sxemasi ko'rsatilgan. Elektr dvigatel rotorining aylanish tezligi va shunga mos ravishda shpindelning chastotasi o'zgarishi ta'minlovchi tok kuchlanishini o'zgartirish bilan tartibga solinadi. Dvigatel-shpindel stator 4, ikita elektromagnitli radial 2 va 10 hamda o'q bo'ylama ustun 8 larda aylanayotgan rotor 3 dan iborat.

Rotor o'qining doimiy holatini saqlab qolish uchun radial 1, 11, 5 va 9 va o'q bo'ylama 6 va 7 datchiklari nazorat qiladi. Mos kelmaslik signallarini hisoblash nazorat mashinasi chulg'amlarda elektr qo'zg'atish tokiga aylantiradi. Bu bilan magnet maydondagi kuchi rostlanadi. Natijada rotor oldindan belgilangan vaziyatdan chetga chiqsa, uni bir necha millisekundlarda dastlabki holatiga qaytaradi.

Mexatron harakat moduli (2.26-rasm), bu reduktorsiz aylanma stol bo'lib, burg'ulash, frezali va parmalash stanoklarda joylashtirish rejimlari va konturni ishlash uchun mo'ljallangan.



2.25-rasm. Frezerli modulining shpindel moduli.



2.26-rasm. Reduktorsiz aylanma stol.

U stol poydevori 1, trak podshipniklar 3 ga tayangan aylanadigan stol 2, rotori 5 planshayba 6 bilan qotirilgan joylashtirilgan elektryurutgichi 4, vaziyat datchiki 7, tezlik datchiki 8 va planshaybani kerakli holatda fiksatsiyalashni ta'minlaydigan gidrotormoz 9 dan iboratdir. Elektrik dvigatel rotorining va planshaybani reduktorsiz kombinatsiyasi luftsiz ishlashni va shunga mos ravishda stolning joylash aniqligini oshirishga va uning texnologik imkoniyatlarini kengaytirishga imkon beradi. Bunda stol konstruksiyasi soddalashtiriladi, qismlar soni kamayadi, birligi oshadi [5].

2.4-jadvalda reduktorsiz aylanma stollarning asosiy texnik xususiyatlari keltirilgan.

2.4-jadval

Reduktorsiz aylanuvchi stollarning asosiy texnik xususiyatlari

Xususiyatlar nomi	Model				
	СП 200	СП 320	СП 630	СП 630В	СП 1000
Aylanish momenti (30 min) T, Nm	20	300	600	1500	2500
Aylanish momenti (5 min) T, Nm	40	600	1200	3000	5000
Tashqi diametr D, mm	191	398	644	584	930
Balandligi H, mm	170	240	250	200	280
Joylashuv xatosi , gr. s (...)	3	3	3	3	3

2.4. Mexatron harakat modulining tarkibi

Mexanik harakat moduli quyidagi asosiy qismlardan iborat (2.27-rasm).

Elektr dvigatel – elektr energiyani mexanik energiyasiga o‘zgartiradigan elektr texnik o‘zgartirgich [4, 5,7] .

Mexanik o‘zgartirgich – dvigatelning harakat parametrlarini chiqish bo‘g‘inining kerakli harakat parametrlariga aylantiradigan qurilma (mavjud bo‘lmasligi mumkin).

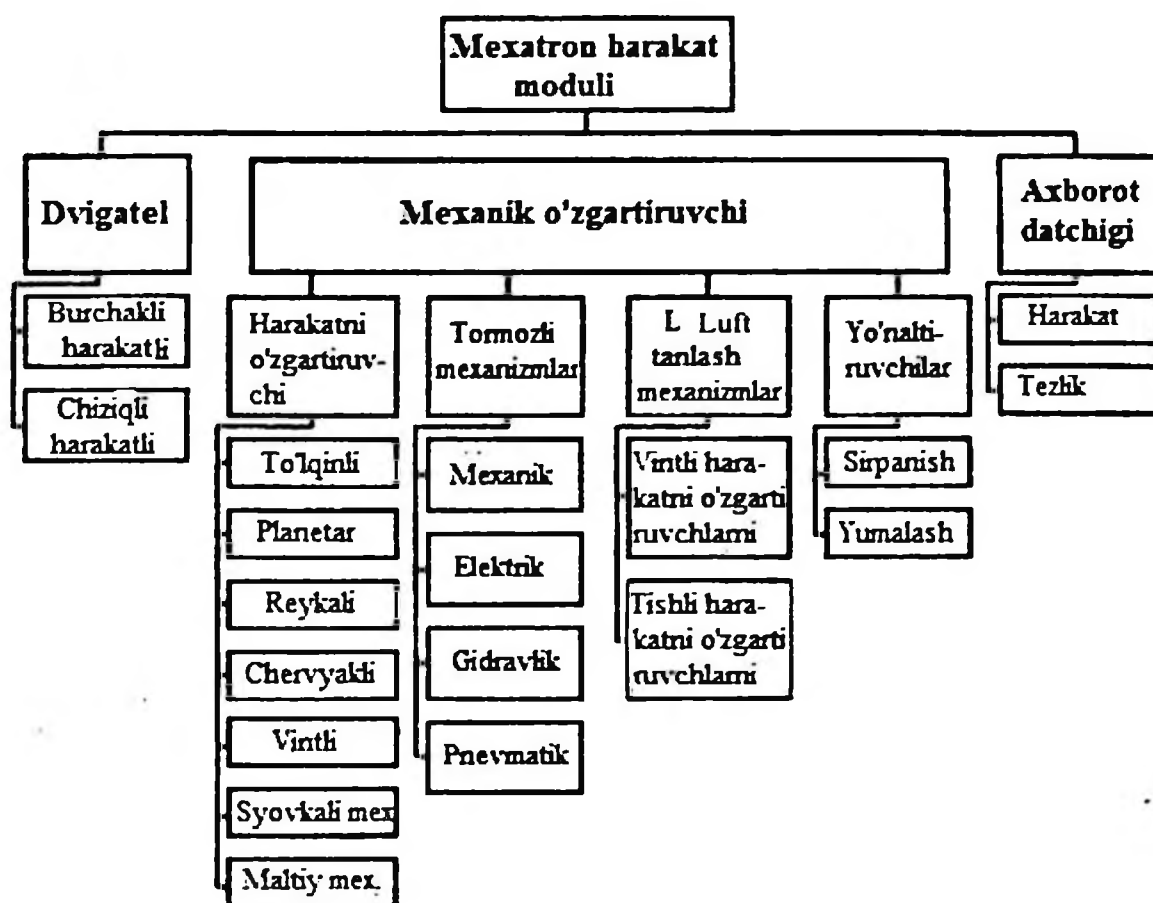
Mexanik o‘zgartirgich quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

– *harakat o‘zgartirgich* (uzatma) – harakatning bir turini boshqasiga aylantirish yoki harakat qiymatini o‘zgartirish uchun mo‘ljallangan mexanizm, elektr yurgazgich tezligi va aylanish momentlarini va mexatron modulining chiqish bo‘g‘inining parametrlarini o‘zaro moslashtiradi;

– *tormoz qurilmasi* – harakatlanuvchi bo‘g‘inning tezligini kamaytirish, uni to‘xtatib turish va qo‘zg‘almas holatda ushlab turish uchun mo‘ljallangan qurilma (mavjud bo‘lmasligi mumkin);

– *tirqish mexanizmi* – ba’zi turdagi harakatlantiruvchi vositalarda tirqishni yo‘qotish (o‘lik harakat) uchun mo‘ljallangan qurilma (mavjud bo‘lmasligi mumkin);

– *yo‘naltiruvchilar* – mexatron modulining chiqish bo‘g‘inini oldindan belgilangan nisbiy harakatini ta‘minlaydigan qo‘llanmalar (mavjud bo‘lmasligi mumkin).



2.27-rasm. Mexatron harakat modulining tarkibi.

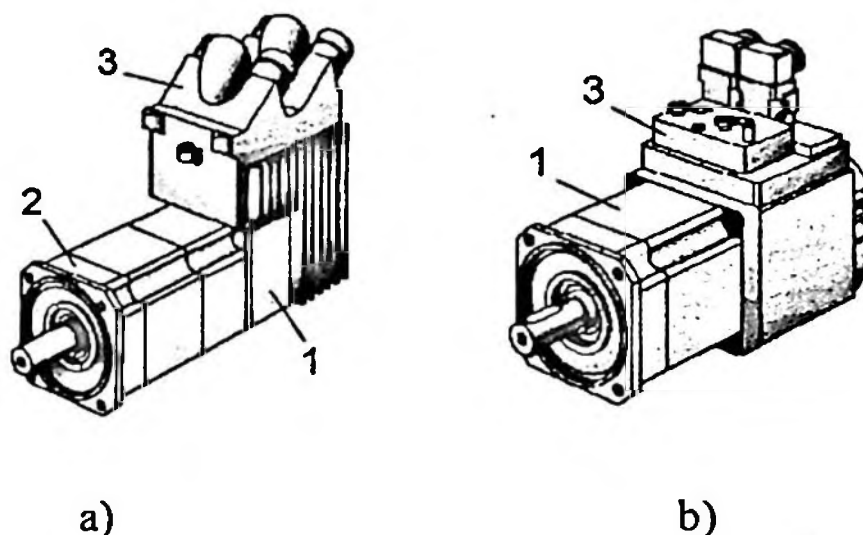
Axborot qurilmasi – nazorat qilinadigan qiymatni o‘lchash, uzatish, o‘zgartirish, saqlash va ro‘yxatga olish uchun qulay bo‘lgan signalga aylantiruvchi, shuningdek ular bilan boshqariladigan jarayonlarga ta’sir qiluvchi qurilma.

2.5. Intellektual mexatron modullari

Mexatronikani rivojlantirishning zamonaviy bosqichining asosiy xususiyati mutlaqo yangi avlod modullarini – intellektual mexatron modullarini yaratishdir.

Intellektual mexatron moduli (IMM) – mexanik, elektr (elektr texnik), axborot va kompyuter (elektron) qismlari sinergetik integratsiya bilan konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot, alohida va boshqa modullar bilan turli kombinatsiyalarda foydalanish mumkin. Shunday qilib, mexatron harakat modullari (MHM) bilan solishtirganda, IMM konstruksiyasiga qo'shimcha ravishda mikroprotsessor hisoblash qurilmalari va elektron kuch o'zgartiruvchilari kiritiladi, bu modullarning intellektual xususiyatlarini beradi va ularning MHM dan asosiy farqlovchi belgisidir.

2.28-rasm, a da “Siemens Simodrive Posmo A”, va b da “Simodrive Posmo SI” intellektual mexatron modullari ko'rsatilgan. Ular elektryurutgich 1 ni, mexanik o'zgartiruvchi 2 ni va 3 quvvat o'zgartiruvchini o'z ichiga oladi.



2.28-rasm. IMM. a) Siemens simodrive posmo A; b) Simodrive posmo SI.

Intellektual mexatron modullardan foydalanish imkonini beruvchi asosiy afzalliklarni ko'rib chiqamiz:

- IMMning murakkab harakatlarini o'zi yuqori darajadagi boshqarish nazoratiga murojaat qilmasdan, amalga oshirish qobiliyati. Bu xususiyati mexatron modullarning avtonomligini, o'zgaruvchan va noaniq tashqi muhitlarda ishlaydigan mexatron tizimlarning moslashuvchanligini, hayotiylikini oshiradi;

- modullar va markaziy boshqaruv qurilmasi (simsiz kommunikatsiyalarga o'tguncha) o'rtasidagi aloqalarni soddalashtirish, bu esa mexatron tizimining yuqori darajadagi tashqi muhit ta'sirlarining aralashuviga va uning tez qayta konfiguratsiya qobiliyatiga erishishga imkon beradi;

- kompyuter muammolarini tashxislash, favqulodda va favqulodda bo'lmagan ish rejimlarida avtomatik himoya qilish orqali mexatron tizimlarning ishonchliligi va xavfsizligini oshirish;

- IMM asosida tarmoq usullarini qo'llagan holda taqsimlangan boshqaruv tizimlarini, shaxsiy kompyuterlar va tegishli dasturiy ta'minot asosida apparat-dasturiy ta'minot shakllarini yaratish;

- boshqaruv nazariyasining zamonaviy usullaridan (dasturiy ta'minot, adaptiv, intellektual, optimal) to'g'ridan to'g'ri ijro darajasida foydalanish, bu muayyan dasturlarda boshqaruv jarayonlarining sifatini sezilarli darajada oshiradi;

- IMM ni tashkil etuvchi quvvat o'zgartiruvchilarni intellektuallashtirish, harakat nazorat qilish uchun intellektual vazifalar, favqulodda rejimlarda modulni himoya qilish va nosozligini tashxis qilishni amalga oshirish;

- mexatron modullar uchun sensorlarni intellektuallashtirish yuqori o'lchov aniqligiga erishish imkonini beradi. Bunda sensorli modulda shovqinlar filtrlanadi, kalibrlash, kirish/chiqish xususiyatlarini qonunlashtirish, o'zaro bog'liqlik aloqalarini kompensatsiyalash amalga oshiriladi.

Keng tarqalgan mahsulotlarda intellektual mexatron modullardan foydalanishni to'xtatishning asosiy omili ularning yuqori narxidir, garchi so'ngi yillarda u doimo kamayib bormoqda. Bu bir qator texnologik omillarga bog'liq:

✓ so'nggi paytlarda harakatni boshqarish vazifalariga yo'naltirilgan apparat qurilmalari va axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi;

✓ yangi avlod yarim o'tkazgich qurilmalarining paydo bo'lishi (quvvat sohasidagi tranzistorlar, izolatsiya qilingan qulf bilan bipolyar tranzistorlar, maydonni boshqaruvi bilan tiristorlar);

✓ harakatni boshqarish tizimlarida yangi element bazasiga o'tish raqamli signal protsessorlari (DSP protsessorlari) va FPGA bloklari (Field Programmable Gate Arrays);

✓ mexanik tugunlarda elektron va hisoblash qurilmalarini joylashtirish imkonini beruvchi gibrid mexatron texnologiyalarini ishlab chiqish.

Funksional-strukturaviy tahlil nuqtai nazaridan (I bobni qarang), intellektual mexatronik modullar shakl bo'yicha taqdim etilgan barcha yetti funksional o'zgarishlarni amalga oshiradi (1.5-rasm). IMM tuzilishi elektromexanik va nazorat quyi tizimlarini, shuningdek, quvvatni o'zgartiruvchi va tegishli interfeyslarni o'z ichiga oladi (1.6-rasm).

Intellektual mexatron moduli quyidagi asosiy elementlardan iborat:

- elektr dvigatel (boshqa turdagi, masalan, gidravlik yuritmadan foydalanish mumkin);
- mexanik harakatni o'zgartiruvchi;
- qayta aloqa datchiklari va sensorli qurilmalar;
- boshqariladigan nazorat qiluvchi moslama;
- quvvatni o'zgartiruvchi;
- tutashtirish va aloqa qurilmalari.

Zamonaviy IMM larda turli xil elektr dvigatellar ishlatiladi: burchak va chiziqli harakat, o'zgaruvchan va doimiy tokdagi, kollektor va ventilli, doimiy harakatli va qadamli.

Harakat o'zgartiruvchilari sifatida tishli, vintli va boshqa uzatmalar qo'llaniladi. Yuqori momentli dvigatellar asosida qurilgan ba'zi IMM larning konstruksiyasida harakat o'zgartiruvchilari yo'q. Intellectual mexatron modullarda vaziyat va tezlik datchiklari (fotoimpuls, aylanuvchi transformatorlar, takogeneratorlar) va sensorlar (oqim va moment sensorlari, harorat va tebranish) ishlatiladi. Ular modul quyi tizimlarining haqiqiy holati haqida ma'lumotni kompyuter nazorat qilish qurilmasiga uzatadi.

Zamonaviy element asosida o'rnatilgan ichki boshqaruv nazorat qurilmalari intellektual funksiyalarga ega ixcham va ishonchli mexatron mahsulotlarni olish imkonini beradi va ular asosida markazsizlashtirilmagan boshqaruv bilan ko'p koordinatali mexatron tizimlarni qurish imkonini beradi. PC-NC boshqaruv tizimlarining ochiq arxitekturasida bilan birgalikda, bu tezlik, aniqlik va funksional moslashuvchanlik bo'yicha mutlaqo yangi xususiyatlarga ega bo'lgan sifat jihatidan yangi boshqaruv tizimlarini yaratishga imkon beradi.

Yuqorida sanab o'tilgan elementlarning barchasi ishlab chiquvchi tomonidan bir korpusda konstruktiv ravishda birlashtirilganligi muhimdir. Bunday holda, aloqa qurilmalari foydalanuvchi uchun nazorat qilib bo'lmaydigan ichki bloklarga aylanadi.

I bobda ko'rsatilgandek, IMMni yaratishda funksional-strukturaviy va tizimli-konstruktiv tahlil bosqichlarini ketma-ket bajarish kerak (1.3-rasm) va keyin tanlangan variantni konstruktorlik ishlab chiqishni boshlash lozim.

Shuni ta'kidlash kerakki, intellektual mexatron modullarning mohiyati ushbu konstruksiyada ishlatiladigan strukturaviy elementlarning turiga emas, balki birinchi navbatda ularning funksional maqsadlari bilan belgilanadi.

Nazorat va muhokama savollari

1. Mexatron modullarning tasnifini keltiring.
2. Mexatronikaning asosiy ta'rifi qaysi mexatronik modullarga mos keladi?
3. Harakat moduliga izoh bering.
4. Harakat modulining umumiy sanoat yuritmasidan asosiy farqlovchi xususiyati qanday?
5. Motor-reduktor deb nimani tushunasiz? U qaysi asosiy qismlardan iborat?
6. Motor-reduktor qachon va qaysi firma orqali ilk bor chiqarilgan?
7. Motor-reduktorning oddiy mexanik yuritmaga (dvigatel va mexanik uzatmalar) nisbatan qanday afzalliklarga ega? Ular oldida kamchiligi bormi?
8. Keskin yuklanishdan motor-reduktorlarni saqlash uchun ularda qanday moslama qo'llanadi?
9. Yuqoridagi moslama qanday rostlanadi?
10. To'liqlik mexanizm asosidagi motor-reduktor qaysi qismlardan tashkil topgan va uni ishlash prinsipini aytib bering.
11. Variator nima? Dvigatel-variator-reduktorga izoh bering. Motor-reduktordan farqi nima?
12. Mexatron harakat modullarga izoh bering.
13. Motor-shpindel nima va u qayerda ishlatiladi?
14. Mexatron harakat modullarning tarkibi...
15. Mexanik o'zgartiruvchi deb nimani tushunasiz?
16. Informatsion qurilma deb nimani tushunasiz?
17. Intellektual mexatron modullarga izoh bering.
18. Intellektual mexatron modul qaysi elementlardan tashkil topgan?

III bob

MEXATRON QURILMALARINING TUZILISHI

3.1. Mexatron modullarining tarkibiy qismlari

Eng oddiy mexatron qurilmalar mexatron mashinalar va tizimlarning asosini tashkil etuvchi mexatron modullardir. Shuning uchun, mexatron modullarning tarkibini batafsil ko'rib chiqamiz.

Mexatron modullarining asosiy tarkibiy qismlari quyidagilardir [1,6,11]:

1. *Kompyuterni boshqarish qurilmasi* (KBQ) – kompleks mexatron moduli uchun nazorat signallarini ishlab chiqaruvchi apparat va dasturiy vositalar. U quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- o'rnatish qurilmasi (masalan, joystiklar va tutqichlar);
- operator boshqaruv pulti;
- hisoblash va o'zgartiruvchi qurilmalari;
- axborotni kiritish-chiqarish qurilmalari.

Kompyuter boshqarish qurilmasi quyidagi funksiyalarni bajaradi:

✓ real vaqtda mexatron modulining chiqish bo'g'inining funksional harakatini nazorat qilish;

✓ mexanik harakatni tashqi jarayonlar bilan muvofiqlashtirish;

✓ dasturlash tizimida va to'g'ridan to'g'ri harakat jarayonida inson – mashina interfeysi orqali inson-operator bilan o'zaro bog'lanish;

✓ tashqi qurilmalar (axborot qurilmasi, yuritma, yuqori darajali kompyuter, chetki qurilmalari) bilan ma'lumotlarni almashish.

2. *Raqamli-analog o'zgartirgichlar* (RAO') – raqamli axborotni analog axborotiga aylantirish uchun mo'ljallangan qurilmalar. Ular nazorat kodi bilan funksional ravishda bog'langan kuchlanish va oqim shaklida signal hosil qiladi. Ko'pgina hollarda, bu funksional qaramlik chiziqli bo'ladi.

Raqamli-analog o'zgartirgichlar quyidagilarga tasniflanadi:

2.1. Faoliyat prinsipiga ko'ra:

- toklarning qo'shilishi bilan;
- kuchlanishni bo'linishi bilan;
- kuchlanishlarni qo'shilishi bilan.

2.2. Chiqish signali bo'yicha:

- sinusli tokli signali (ST);
- sinusli kuchlanish signali (SK);
- to'rtburchakli impulsli signal (TI).

2.3. Chiqish signalining qutblanganligi bo'yicha:

- bir qutbli;
- ikki qutbli.

2.4. Raqamli-analog o'zgartirgich kirimiga berilgan boshqarish kodi turiga ko'ra:

- ikkilik;
- ikkilik-kasr;
- Grey;
- unitar.

2.5. Qo'llab-quvvatlovchi kuchlanish manbayi turiga qarab:

- doimiy qo'llab-quvvatlovchi kuchlanishi bilan;
- o'zgaruvchan qo'llab-quvvatlovchi kuchlanishi bilan.

2.6. Asosiy funksional xususiyatlarga ko'ra:

- zaryadsizlanish soni bo'yicha;
- tez ishlashi bo'yicha;
- o'zgartirish aniqligi bo'yicha;
- quvvat sarfi bo'yicha.

3. *Kuch o'zgartirgichlari* (KO') – elektr energiyasini dvigatellarga yetkazish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan va impulsli quvvat kuchaytirgichlari bo'lgan qurilmalar.

Dvigatelning turiga va quvvatiga qarab, kuch o'zgartirgichlarida quyidagilar ishlatiladi:

- izolyasiya qilingan qulfli bipolyar tranzistorlar (IGBT);
- kuch uchun mo'ljallangan qutbli tranzistorlar (MOSFET);

– MOP tranzistorlari.

4. *Harakat nazoratchilari* – har xil turdagi dvigatellarni boshqarish uchun maxsus mikrokontrolerlar.

Dvigatel turiga qarab, dvigatellarni boshqarish uchun harakat nazoratchilari farqlanadi:

- doimiy tokli;
- o‘zgaruvchan tokli;
- qadamli.

Nazoratchilarning xarakterli xususiyati – bu mexatron modulining chiqish bo‘g‘inining vaziyati va tezligi haqida teskari bog‘lanish signallarni teskari bog‘lanish datchiklaridan foydalangan holda qabul qilish qobiliyati.

Datchiklardan signallarni harakatni nazorat qiluvchi apparatlar tomonidan amalga oshiriladi, bu esa dasturiy ta’minotni osonlashtiradi va qayta bog‘lanish signallarini qayta ishlash vaqtini kamaytiradi.

5. *Axborot qurilmalari (AQ) yoki axborot datchiklari* – tashqi muhit va obyektning ichki holati haqida ma’lumot olish uchun mo‘ljallangan apparat-dasturiy vositalar to‘plami. Ular nazorat qilinadigan qiymatni o‘lchash, uzatish, o‘zgartirish, saqlash va ro‘yxatga olish uchun qulay bo‘lgan signalga aylantiradi, shuningdek ular bilan boshqariladigan jarayonlarga ta’sir qilish uchun mo‘ljallangan.

Datchiklar bir qator asosiy ko‘rsatkichlar bo‘ycha bo‘linadi:

5.1. Energiya turiga ko‘ra:

- ✓ elektr;
- ✓ mexanik;
- ✓ pnevmatik.

5.2. Energiya oqimining modulatsiyasi xarakteriga ko‘ra:

- ✓ amplitudali;
- ✓ vaqt-impulsli;
- ✓ chastotali;
- ✓ fazali;

✓ diskretli (kodli).

5.3 Chiqish signalining turiga ko'ra:

✓ analogli;

✓ raqamli.

5.4. Obyektning pozitsiyasini aniqlashning xarakteri bo'yicha:

✓ mutlaq;

✓ nisbiy.

Mexatron modullarda vaziyat, harakat, tezlik, tezlanish, kuch, moment datchiklari, shuningdek, kuch o'zgartiruvchilardagi elektr toklari va kuchlanishlarning joriy qiymatlar haqida axborot datchiklari keng qo'llaniladi. Ular turli xil energiya turlari, uning modulatsiya xarakterii, signal chiqishi turi va boshqalardan foydalanish bilan turli tamoyillarda qurilishi mumkin.

6. *Dvigatellar* (D) – elektr, pnevmatik, gidravlik va boshqa energiyani mexanik energiyaga o'zgartiradi va quyidagi turlarga bo'linadi:

– elektr;

– pnevmatik;

– gidravlik va boshqalar.

Mexanik modullarda eng keng qo'llaniladigan elektr dvigatellar.

Ular quyidagi turlarga bo'linadi:

– burchak va chiziqli harakatli;

– doimiy va o'zgaruvchan (sinxron va asinxron) tokli;

– kollektorli va ventilli;

– doimiy harakatli va qadamli.

7. *Harakatni o'zgartiruvchilar* (HO') – bir turdagi harakatni boshqasiga o'zgartirish, dvigatelning tezligi va aylanish momentlarini va mexatron modulining chiqish bo'g'inini moslashtirish uchun mo'ljallangan mexanizmlar.

Harakat o'zgaruvchilarining turlari:

– tishli (silindrsimon, konussimon, reykali, planetar, to'lqinli, chervyakli va boshqalar);

- richagli;
- vintli (sirpanish, umalash – zoldir-vintli va rolik vintli; differensial, integral);
- tasmali (tekis va ponasimon, tishli tasma);
- zanjirli;
- maltiy va boshqalar.

Harakat o'zgaruvchilarinig asosiy funksional xususiyatlari:

7.1. Chiqish bo'g'inining harakat turi:

- ilgarilanma;
- aylanma.

7.2. Chiqish bo'g'in harakatining xarakteri bo'yicha;

- doimiy;
- tezlashtirilgan;
- sekinlashtirilgan;
- uzlikli;
- reversiv;
- murakkab.

7.3. Harakatni o'zgartirish usuli:

- aylanmani ilgarilanmaga;
- ilgarilanmani aylanmaga.

7.4. Bir turdagi harakat parametrlarini o'zgartirish usuli;

- aylanm harakatni;
- ilgarilanma harakatni.

7.5. Harakatning qiymatini o'zgartirish usuli:

- o'shish;
- kamaytirish.

7.6. Harakatni birlashtirish usuli:

- qoshish;
- olib tashlash.

7.7. Energiyani ishlatish usuli:

- yig'ish;
- xarajatlar.

7.8. Ishqalanish turini ishlatililishi:

- sirpanish;
- yumalash.

7.9. Ishlashning aniqligi:

- statik xatolar;
- dinamik xatolar.

7.10. Dinamik xususiyatlar:

- chiqish bo'g'inining maksimal tezligi oraliqlari;
- chiqish bo'g'inining maksimal tezlashuvi oraliqlari.

Mexatron modullarining qo'shimcha komponentlari.

1. Tormoz qurilmalari (TQ) – harakatlanish bo'g'inining tezligini

kamaytirish, uni to'xtatib turish va harakatsiz holatda ushlab turish uchun mo'ljallangan qurilmalar:

- mexanik;
- gidravlik;
- pnevmatik;
- elektr;
- kombinatsiyalashgan.

2. Xavfsizlik qurilmalari (XQ) – mexatron modullarining elementlarini buziilishni oldini olish uchun, shuningdek dvigatelning ishdan chiqishini oldini olish uchun mo'ljallangan qurilmalar:

- elektromagnit;
- friksion;
- yemiriladgan elementlar bilan va boshqalar.

3. Yonaltiruvchilar (Y) – mexatron modulining chiqish bo'g'inining oldindan belgilangan nisbiy harakatini ta'minlovchi qurilmalar:

- sirpanish;
- yumalash.

4. Luft tanlovchi qurilmalar (LQ) – ayrim harakatni o'zgartiruvchi qurilmalarda bo'shliqlarni tanlash uchun mo'ljallangan:

- prujinali;
- siquvchi;
- o'q bo'ylama siljiydigan;
- torsion;
- boshqalar.

Harakat o'zgartiruvchilarni va qo'shimcha komponentlarni birlashtirgan – tormoz, xavfsizlik qurilmalari, luft tanlash mexanizmlari, yo'naltiruvchilar va dvigatelning harakat parametrlarini chiqish bo'g'inining kerakli harakat parametrlariga taqdim etadigan qurilmaga **mexanik o'zgartirgich (MO')** deyiladi.

Mexatron modullarining mexanik asosiy konstruktiv xususiyatlarining tarkibiy qismlari:

- gabarit o'lchamlar;
- massa;
- inersiya momenti;
- o'rnatish joylari;
- ishonchlilik (mustahkamlik, birklik, aniqlik, chidamlilik, xavfsizlik va boshqalar).

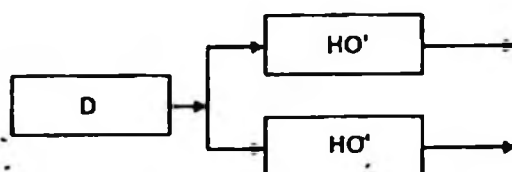
Mexatron modul elementlarini ulash usullari (dvigatel va harakat o'zgartirgichlarning ulanishlari):

- ketma-ket ulanish (3.1-rasm).



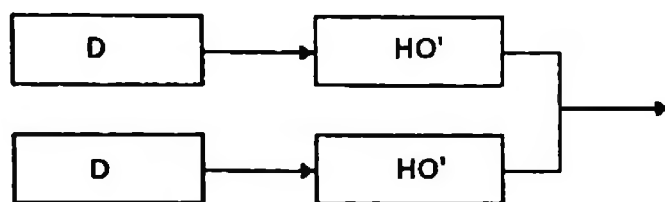
3.1-rasm.

- energiya oqimining bo'linishi bilan ketma-ket ulanish (3.2-rasm).



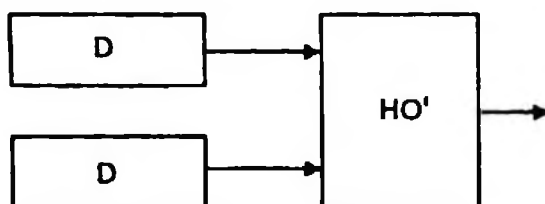
3.2-rasm.

- parallel ulanish (3.3-rasm);



3.3-rasm.

- energiya oqimi bilan parallel ulanish (3.4-rasm).



3.4-rasm.

3.2. Mashina va mexanizmlarning tasnifi

Mashina – insonning jismoniy va aqliy mehnatini yengillashtirish, uning sifati va samaradorligini oshirish uchun energiya, materiallar va axborotni o'zgartirishni amalga oshiradigan texnik qurilma [14, 47].

Mashina ma'lum tartibda tuzilgan bo'lib, uning qismlari muayyan harakat qiladi va foydali ish bajaradi. Ushbu qurilmalar turli tarkibiy qismlarni o'z ichiga oladi: mexanik, elektrotexnika, elektron va axborot. Mexanik komponentlar mexanizmlardir.

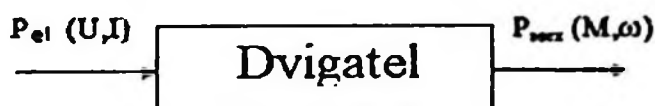
Mashinalarga quyidagi talablar qo'yiladi:

- yuqori unumdorlik va sifat;
- iqtisodiy tejamkorlik;
- soddalik, qulaylik, xavfsizlik;
- didga moslik (ixcham va chiroyli dizayin talabi).

Quyidagi turdagi mashinalar mavjud:

1. Energetik mashinalari – bir turdagi energiyani boshqa turdagi energiyaga aylantirish. Ushbu mashinalar ikki xil bo'ladi:

Dvigatellar (3.5-rasm) – har qanday energiyani mexanik energiyaga aylantiradigan qurilmalar (masalan, elektr dvigatellar elektr energiyasini mexanik energiyaga o'zgartiradi, ichki yonish dvigatellari (IYoD) yonilg'i energiyasini mexanik energiyaga o'zgartiradi).



3.5-rasm.

Generatorlar (3.6-rasm) – mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiradigan (masalan, elektr generatori bug' yoki gidravlik turbinaning mexanik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi) qurilmalar.



3.6-rasm.

2. Ishchi mashinalar – materiallarni ko'chirish va o'zgartirish ishlarini bajarish uchun mexanik energiyadan foydalanadigan mashinalar. Ishchi mashinalar va uskunalar, jumladan, avtomatik mashina va uskunalar, sanoat mahsulotlari ishlab chiqarish uchun uskunalar, qishloq xo'jaligi uskunolari, transport, qurilish, savdo, omborxona, suv ta'minoti va kanalizatsiya, sanitariya-gigiyena, energetik va informatsion mashinalardan tashqari boshqa turdagi mashina va uskunalarni o'z ichiga oladi.

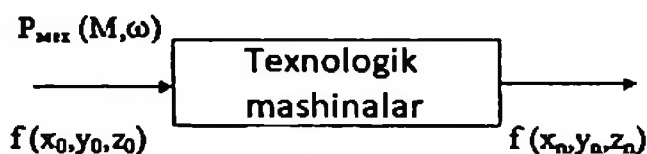
Ushbu mashinalar ikki turga ega:

Transport mashinalari (3.7-rasm) obyektning holatini (uning koordinatalarini) o'zgartirish uchun mexanik energiyadan foydalanadi. Turli transport vositalari, qurilish mashinalari va h.k. lar shularga kiradi.



3.7-rasm.

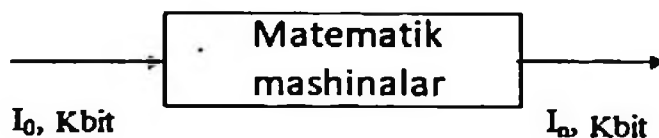
Texnologik mashinalari (3.8-rasm) obyektning shakli, xususiyatlari, o'lchamlari va holatini o'zgartirish uchun mexanik energiyadan foydalanadi. Turli ishlab chiqarish stanoklari - tokarlik, frezerlik, o'ygich va h.k.



3.8-rasm.

3. Axborot mashinalari – axborotni qayta ishlash va o'zgartirish uchun mo'ljallangan mashinalardir. Ular quyidagilarga bo'linadi:

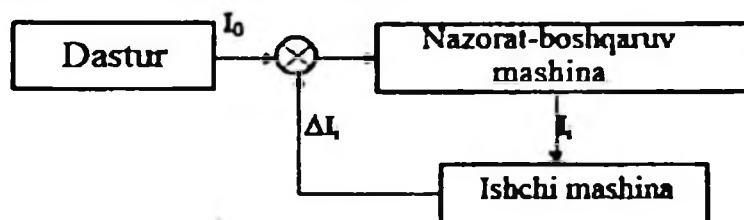
Matematik mashinalar (3.9-rasm), kirish ma'lumotlarini o'rganilayotgan obyektning matematik modeliga aylantiradi.



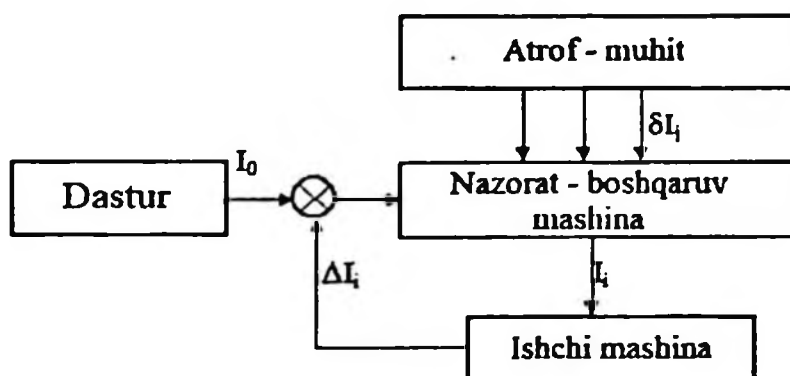
3.9-rasm.

Nazorat qilish mashinalari (3.10-rasm) kirish ma'lumotlarini (dasturni) ishchi yoki energiya mashinasini nazorat qilish signallariga o'zgartiradi.

4. Kibernetik mashinalar (3.12-rasm) – atrof-muhit holatiga qarab (ya'ni sun'iy intellekt elementlariga ega bo'lgan mashinalar) o'z harakatlarining dasturini o'zgartirishga qodir bo'lgan ishchi yoki energiya mashinalarini boshqaradigan mashinalar.



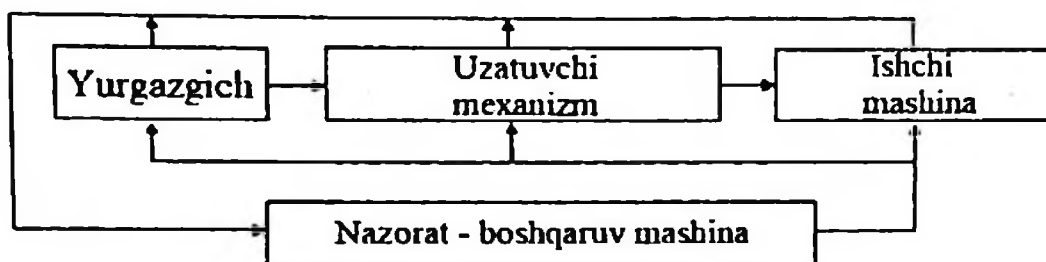
3.10-rasm.



3.11-rasm.

Mashina birligi tushunchasi

Mashina birligi bir yoki bir nechta ketma-ket yoki parallel mashinalardan tashkil topgan va kerakli funksiyalarni bajarish uchun mo'ljallangan texnik tizim. Odatda, mashina birligi quyidagilarni o'z ichiga oladi: dvigatel, uzatish mexanizmi va ishchi yoki energiya mashinasi. Ayni paytda, mashina birligi tez-tez nazorat qilish yoki kibernetik mashinani o'z ichiga oladi. Mashina birligidagi uzatish mexanizmi ishlaydigan yoki energiya mashinasining mexanik xususiyatlariga ega bo'lgan mexanizmning mexanik xususiyatlarini muvofiqlashtirish uchun talab qilinadi. (3.12-rasm).



3.12-rasm.

Mexanizmlar tasnifi

Mexanizm – kirish bo‘g‘inlalarining harakatlarini va ularga tatbiq etilgan kuchlarni chiqish bo‘g‘inlariga kerakli talab qilingan harakatlar va kuchlarga uzatish va o‘zgartirish uchun mo‘ljallangan yopiq yoki ochiq zanjirlarni tashkil etuvchi bog‘lanishlar va kinematik juftlardan tashkil topgan tizim.

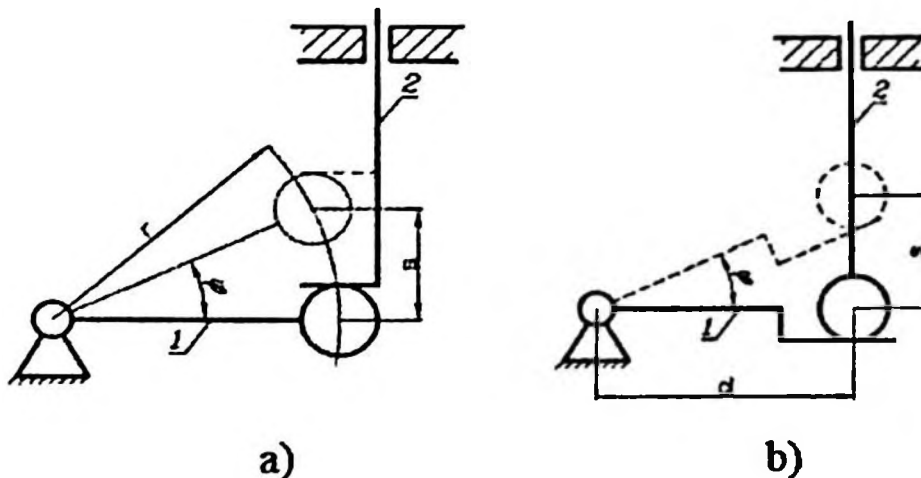
Mexanizmlar quyidagi xususiyatlarga ko‘ra tasniflanadi:

Dastur va funksional maqsadlar bo‘yicha:

- uchish apparatlari mexanizmlari;
- mashina asboblari mexanizmlari;
- zarb mashinalari va press mexanizmlari;
- ichki yonish dvigatellarining mexanizmlari;
- sanoat robotlarining mexanizmlari (manipulatorlar);
- kompressorlar mexanizmlari;
- nasos mexanizmlari va boshqalar.

Mexanizmlarga uzatish funksiyasi ko‘rinishida:

- doimiy uzatish funksiyasi bilan;
- o‘zgaruvchan uzatish funksiyasi bilan:
- tartibga solinmagan (sinusli, tangensli, 3.13-rasm);
- sozlanishi bilan;
- pog‘onali tartibga solish (uzatish qutisi);
- pog‘onasiz tartibga solish (variatorlar) bilan.



3.13-rasm. a) sinusli mexanizm; b) tangensli mexanizm.

Sinus va tangens mexanizmlari chiziqli harakatlarni hisoblash uchun o'lchash asboblari qo'llaniladi.

Harakat turini o'zgarish bo'yicha:

- aylanma harakatni aylanmaga;
- reduktorlar $\omega_{kir} > \omega_{chiq}$;
- multiplikatorlar $\omega_{kir} < \omega_{chiq}$;
- muftalar $\omega_{kir} = \omega_{chiq}$;
- aylanmani ilgarilanmaga;
- ilgarilanmani aylanmaga;
- ilgarilanmani ilgarilanmaga.

Bo'g'inlarning fazodagi harakati va joylashuvi bo'yicha:

- fazoviy ;
- yassi tekis;
- sferik.

Bo'g'inlari bir necha tekislikda harakatlanadigan mexanizmlar **fazoviy mexanizmlar** deb ataladi, bo'g'inlari bir tekislikda yoki parallel tekisliklarda harakatlanadigan mexanizmlar **tekis mexanizmlar** deb ataladi.

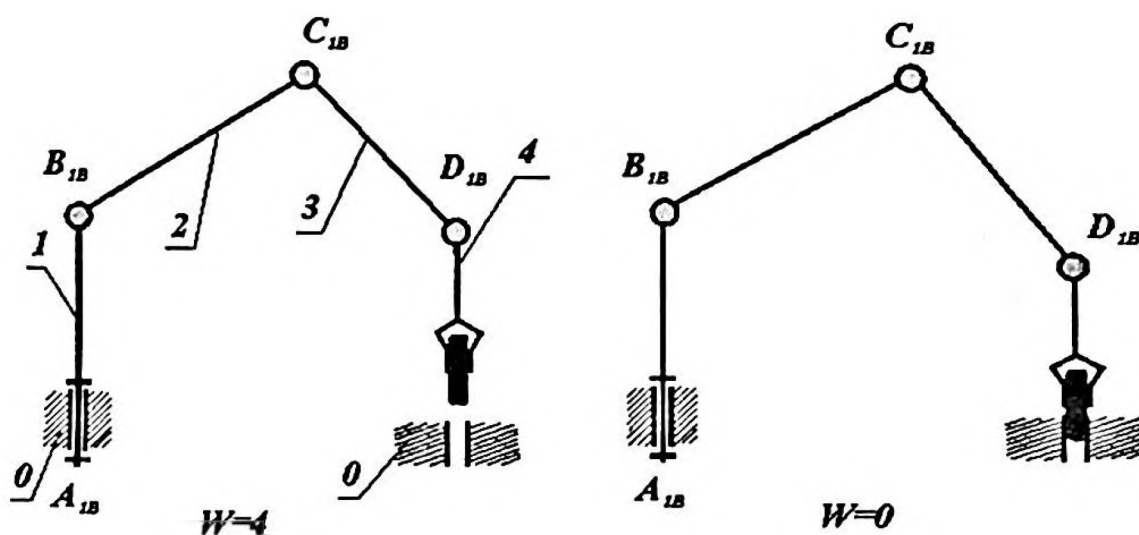
Har qanday sohada ekvidistantning sferik yuzalarida harakatlanadigan mexanizmlar **sferik hisoblanadi**.

Mexanizmning strukturasi o'zgartirishi bo'yicha:

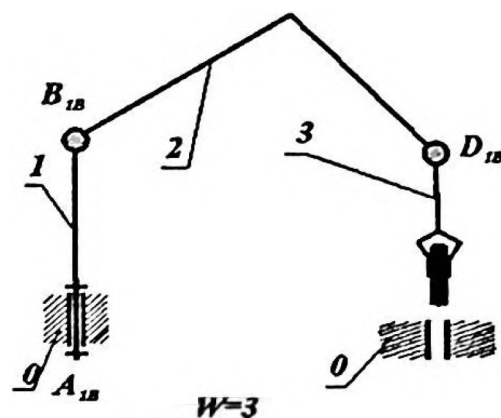
- o'zgaras tuzilish bilan;
- o'zgaruvchan tuzilish bilan.

Nasosning krivoship-polzunli mexanizmini ishlatish jarayonida uning strukturaviy sxemasi doimo o'zgarishsiz qoladi. Ish jarayonida manipulatorlarning mexanizmlarida mexanizmning strukturaviy sxemasi o'zgarishi mumkin. Shunday qilib, agar sanoat robot montaj ishlarini bajarayotgan bo'lsa, masalan, silindrsimon qismni teshikka joylashtirsa, uning qismini tashishda manipulator ochiq yoki yopiq kinematik zanjirli mexanizmdir. Detal teshikka kiritilganda kinematik zanjir yopiladi, mexanizmning tuzilishi o'zgaradi, harakatchanlik yangi tashkil etilgan kinematik juftlikdagi detal ustun aloqalar soniga qarab kamayadi (3.15-rasm) [47].

Manipulatorning tuzilishi bir yoki bir nechta kinematik juftlikda tormoz yoqilganda ham o'zgaradi. Unda ikkita bo'g'inning harakatga ega ulanmasi (kinematik jufti) qo'zg'almas bilan almashtiriladi, ikkita bo'g'in bittaga aylantiriladi. 3.15-rasm bo'yicha tormoz C juftga kiritilgan.



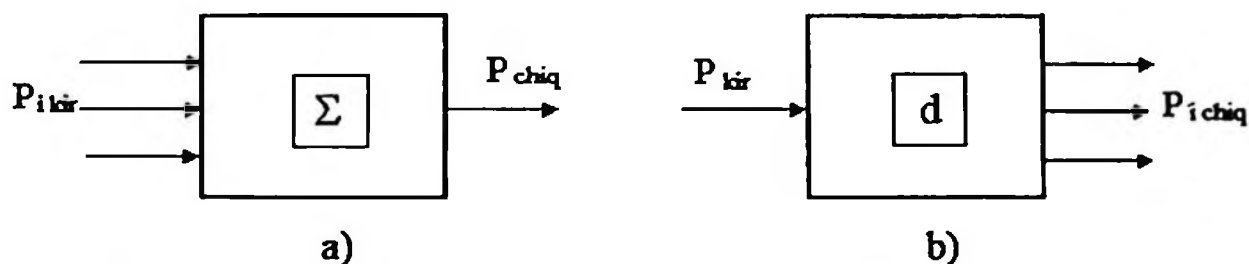
3.14-rasm. Ochiq va yopiq kinematik zanjirlar.



3.15-rasm.

Mexanizmning harakatchanligi soni bo'yicha:

- bitta harakat bilan $W = 1$;
- bir nechta harakat bilan $W > 1$;
- yig'uvchi (integral) (3.16-rasm, a);
- ajratuvchi (differensial) (3.16-rasm, b).



3.16-rasm. Yig'uvchi va ajratuvchi mexanizmlar. a) integral mexanizm; b) differensial mexanizm.

Kinematik juftlarning turi bo'yicha (KJ):

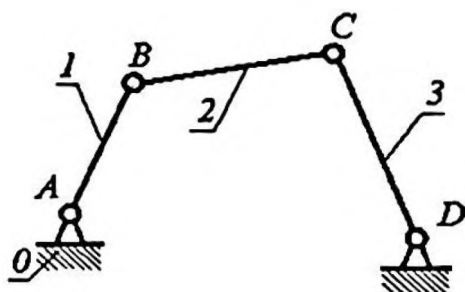
- quyi KJ bilan (mexanizmining barcha KJ lari quyi);
- oliy KJ bilan (kamida bitta KJ oliy);

Energiya oqimini uzatish va o'zgartirish usuli bilan:

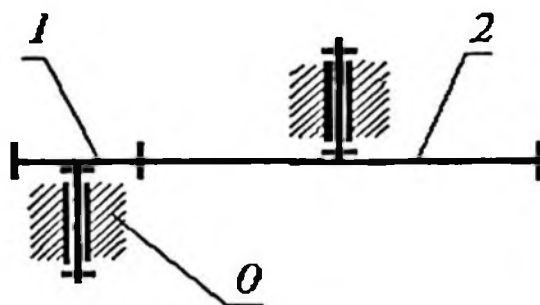
- friksion (bo'g'inlar harakatni o'zaro ishqalanish bo'yicha uzatish);
- bo'g'in elementlari o'zaro ilashish orqali;
- to'liqli (to'liqli deformatsiyasini yaratish);
- impulsli.

Shakl, konstruktiv ishlash va bo'g'inlar harakati boyicha:

- richagli (3.17-rasm);
- tishli (3.18-rasm);
- kulachokli (mushtumli);
- planetar
- manipulatorlar (3.14, 3.15 -rasmlar).



3.17-rasm. Richagli mexanizm.



3.18-rasm. Tishli mexanizm.

3.3. Mexatron qurilmalar mexanizmlarining tuzilishi

Har qanday texnik tizimning tuzilishi elementlarning funksional jihatdan bog'liq majmuyi va ular o'rtasidagi munosabatlar bilan belgilanadi. Mexanizmning tuzilishi uning elementlari va ular o'rtasidagi munosabatlar, ya'ni bo'g'inlar to'plami, guruhlar yoki odatiy mexanizmlar va harakatga ega yoki statsionar birikmalar to'plami sifatida tushuniladi [14, 47].

Strukturaviy tahlilning vazifasi – bu mexanizm strukturasi parametrlarini aniqlash vazifasi – bo'g'inlar va tarkibiy guruhlar soni, kinematik juftlarning soni va turi, harakatchanlik soni (asosiy va mahalliy), konturlar soni va ortiqcha bo'g'inlar soni, mexanizm sinfi.

Mexanizm elementlari:

Detal – yeg'ish operatsiyalarisiz va bir xil materiallardan tayyorlangan mexanizm (konstruksiya) elementi.

Bo'g'in – nisbiy harakatga ega bo'lmagan bir yoki bir nechta qattiq bog'langan detallardan tashkil topgan mexanizmning elementi.

Kinematik juft (KJ) – ikkita bo'g'inni bog'lovchi ularning nisbiy harakatiga imkon beruvchi mexanizm elementi.

Kinematik juftning elementi – bu kinematik juftni tashkil etuvchi boshqa bo'g'in bilan aloqada bo'lishi mumkin bo'lgan sirtlar, chiziqlar va alohida bo'g'inlar nuqtalari to'plami.

Kinematik zanjir – kinematik juftlar bilan bir-biriga bog'langan bir nechta bo'g'inlar.

Bo'g'in va kinematik juftlarning shartli tasvirlaridan tashkil topgan mexanizm sxemasi mexanizmning *strukturaviy sxemasi* deb ataladi.

Mexanizmning *kinematik sxemasida* (mexanizm rejasi) bo'g'inlarning o'chamlari va ularning o'zaro joylashuvi uzunlik masshtabida chiziladi.

Bo'g'inlarning turlari (3.19-rasm, [47]).

Bo'g'inlar *qo'zg'almas (tayanch) va harakatlanuvchiga* bo'linadi.

Harakatlanuvchi bo'g'inlar, o'z navbatida, *yetakchi va yetaklanuvchi, kirish va chiqish, boshlang'ichlarga* bo'linadi.

Mexanizmning umumlashgan koordinatasi – mexanizmning barcha bo'g'inlarining ustunga nisbatan pozitsiyasini belgilaydigan mustaqil koordinatalarning har biri.

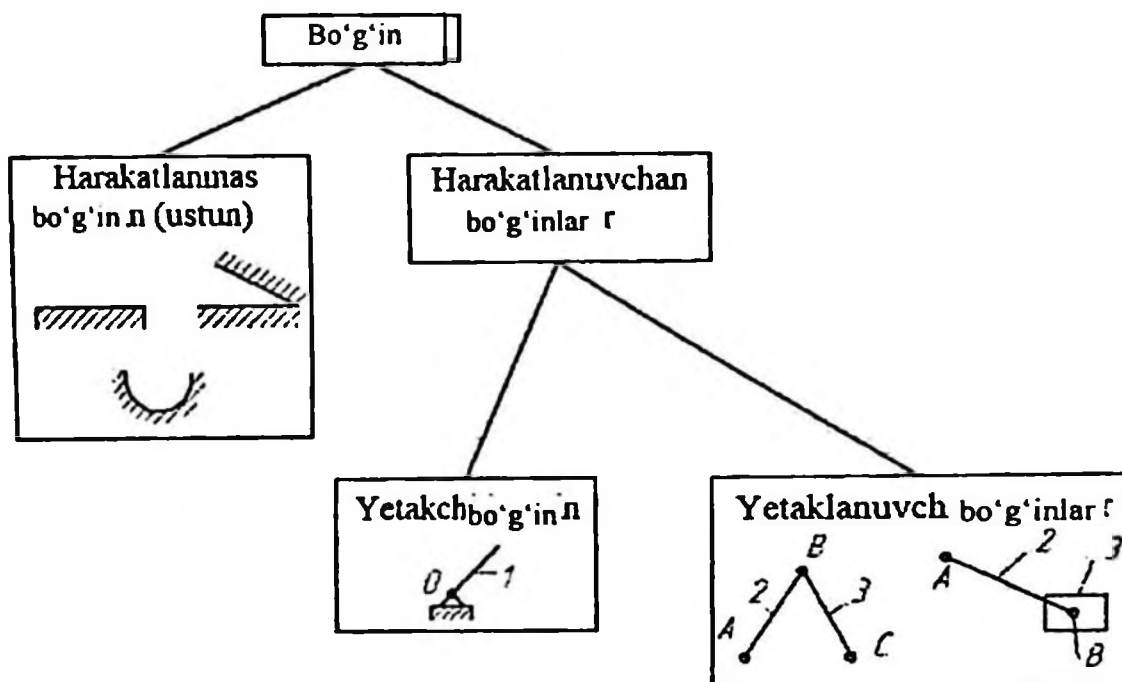
Boshlang'ich bo'g'in – mexanizmning bir yoki bir nechta umumlashgan koordinatalari bilan bog'langan bo'g'ini.

Kirish (yetakchi) bo'g'ini – mexanizm tomonidan boshqa bo'g'inlarning kerakli harakatlariga aylantirish uchun harakatni beradigan bo'g'in. Kirish bo'g'inlarining maksimal soni boshqariladigan umumiy koordinatalar soni yoki mexanizmning harakatchanligi soniga teng.

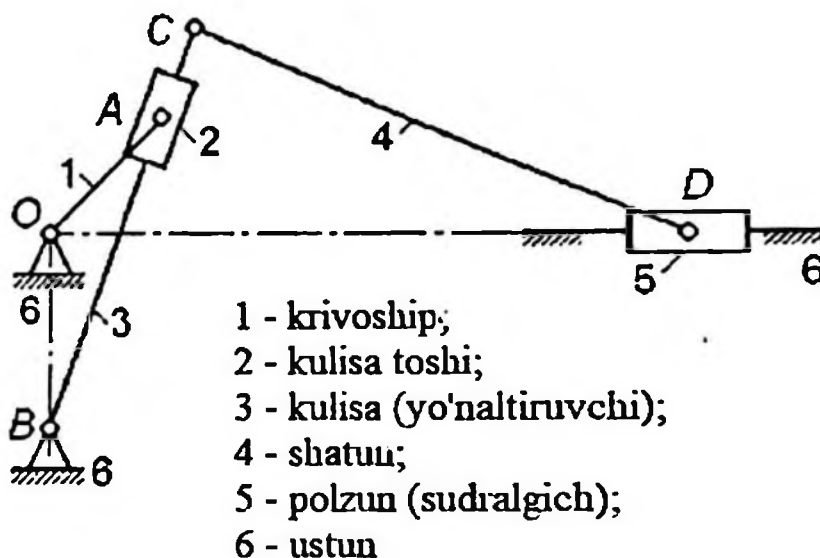
Chiqish (yetaklanuvchi) bo'g'ini – mexanizmning mo'ljallangan harakatini amalga oshiruvchi bo'g'in.

Ustun – harakatsiz qabul qilingan bo'g'in. Mexanizmdagi bunday bo'g'in faqat bitta bo'lishi mumkin.

Harakatlanuvchan bo'g'inlar mexanizmning bir qismi sifatida amalga oshiradigan harakat turiga bog'liq holda nomlanadi (3.20-rasm).



3.19-rasm. Bo'g'inlarning turlari.



3.20-rasm. Kulisali mexanizmning semasi.

Bo'g'inlari faqat quyi kinematik juftlar yordamida ulangan mexanizm *richagli mexanizm* deyiladi.

Sxemalarda bo'g'inlar sonlar bilan belgilanadi, masalan 1, 2 va h.k. Erkinlik darajasi $W = 1$ tekis mexanizmlarda 1 soni faqat yetakchi bo'g'inga qo'yiladi.

Ustun belgilanmasligi ham mumkin (faqat harakatga ega bo'g'inlar belgilanadi).

Richagli mexanizmlarning bo'g'inlari, ularning harakat turiga ko'ra, quyidagicha nomlanadi:

krivoship – qo'zg'almas o'q atrofida to'liq aylanma harakatni amalga oshiradigan mexanizmining bo'g'ini ($\varphi = 360^\circ$);

koromislo – faqat to'liq bo'lmagan aylanma harakatni (aylanma-chayqalma) amalga oshiradigan mexanizmining bo'g'ini;

shatun – murakkab harakatni (bir vaqtning o'zida aylanma va ilgarilanma) amalga oshiradigan va faqat harakatlanuvchi bo'g'inlar bilan kinematik juftlikni tashkil etuvchi mexanizmining bo'g'ini;

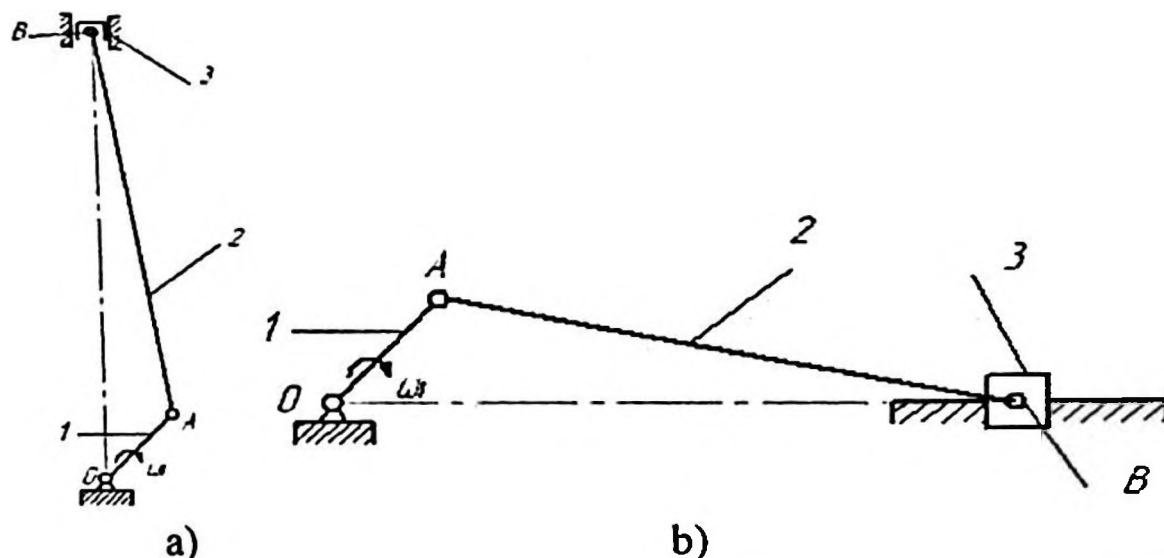
kulisa – qo'zg'almas o'q atrofida aylanadigan va boshqa harakatlanuvchi bo'g'in bilan (tosh) ilgarilanma harakatli bog'lanish juftligini hosil qiluvchi mexanizmining bo'g'ini;

polzun (porshen) – tayanch bilan faqat ilgarilanma harakatli juftlikni hosil qiladigan mexanizmining bo'g'ini;

Polzun faqat harakat qonuni bo'yicha berilgan ilgarilanma-qaytma harakatni amalga oshiradi.

Porshen – bosim ta'sirida (ichki yonilg'i dvigatellarida) yoki bosimni hosil qilish uchu (kompressollarda) ilgarilanma-qaytma harakat qiladi.

Kinematik juftlar sxemalarda lotin alifbosining bosh harflari bilan ko'rsatiladi, masalan A, B, C va h.k.



3.21-rasm. Richagli mexanizmlar. a) krivoship - shatun mexanizm (KShM); b) krivoship - polzunli mexanizm (KPM).

Kinematik juftlarni tasniflash

Kinematik juftlarni quyidagi ko'rsatkichlar bilan tasniflanadi [6,47,48]:

1. Bo'g'inlarning nisbiy harakatiga kiritilgan *bog'lanishlar soniga* ko'ra.

Fazoda erkin harakatlanadigan har qanday qattiq jism olti erkinlik darajasiga yoki oltita mustaqil mumkin bo'lgan harakatga ega. Kinematik juftlikda ikkita bo'g'inlarni kiritish ularning nisbiy harakatiga ba'zi cheklovlar yoki bog'lanish shartlarini qo'yadi; kinematik juftning sinfi (sinf raqami bog'lanish shartlari soniga s ga to'g'ri keladi) har doim 1 dan 5 gacha, qolgan harakatchanlik H soni oltitaga, ya'ni $H = 6 - S$ gacha bo'lgan ulanishlar sonini to'ldiradi, shuning uchun beshinchi sinfning juftligi bitta harakatlanuvchi, to'rtinchi - ikki va h.k.

Kinematik juftlar sinflarga bo'linishi bog'lanishlar soni S bilan belgilanadi.

$$S_1 = 1 \text{ (1 sinf) } - P_1$$

$$S_2 = 2 \text{ (2 sinf) } - P_2$$

$$S_3 = 3 \text{ (3 sinf) } - P_3$$

$$S_4 = 4 \text{ (4 sinf) } - P_4$$

$$S_5 = 5 \text{ (5 sinf)} - P_5$$

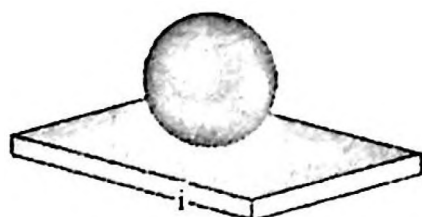
Kinematik juftlarning sinfi $P_1, P_2, \dots, P_5$ qilib belgilanadi.

3.22-rasmda $P_1, \dots, P_5$ sinfli kinematik juftlarga misollar ko'rsatilgan.

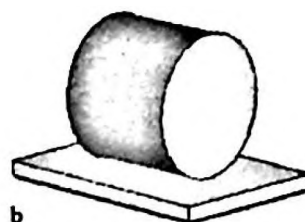
2. Kinematik juftning elementi turu bo'yicha KJ lar ikki turga bo'linadi:

quyi KJ - KJ elementi yuza yoki tekislik bo'lsa (3.22-rasmda d, e, f, g);

oliy KJ - KJ elementi nuqta yoki chiziq bo'lsa (3.22-rasmda a, b).



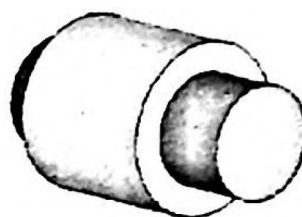
a) Besh harakatlanuvchi juft (1-sinf)



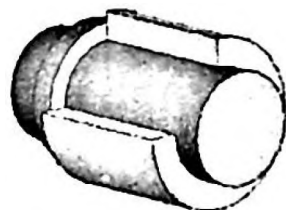
b) To'rt harakatlanuvchi juft (2-sinf)



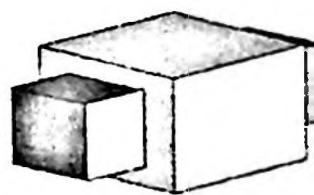
d) Uch harakatlanuvchi juft (3-sinf)



e) Ikki harakatlanuvchi juft (4-sinf)



Bitta harakatlanuvchi juftlar (5-sinf):
f) aylanma

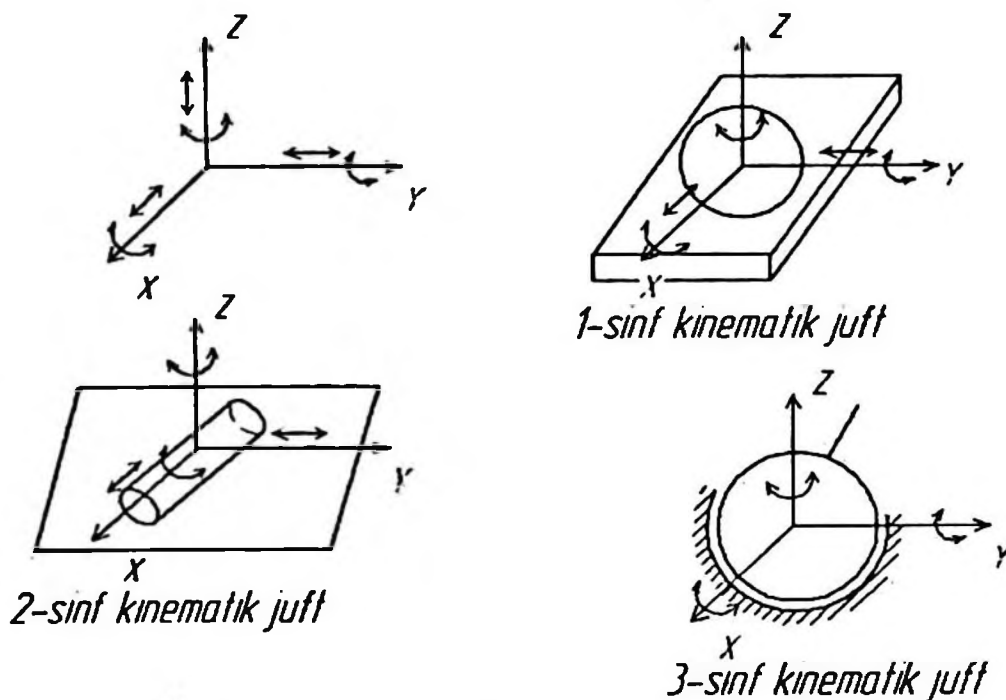


g) ilgarilanma

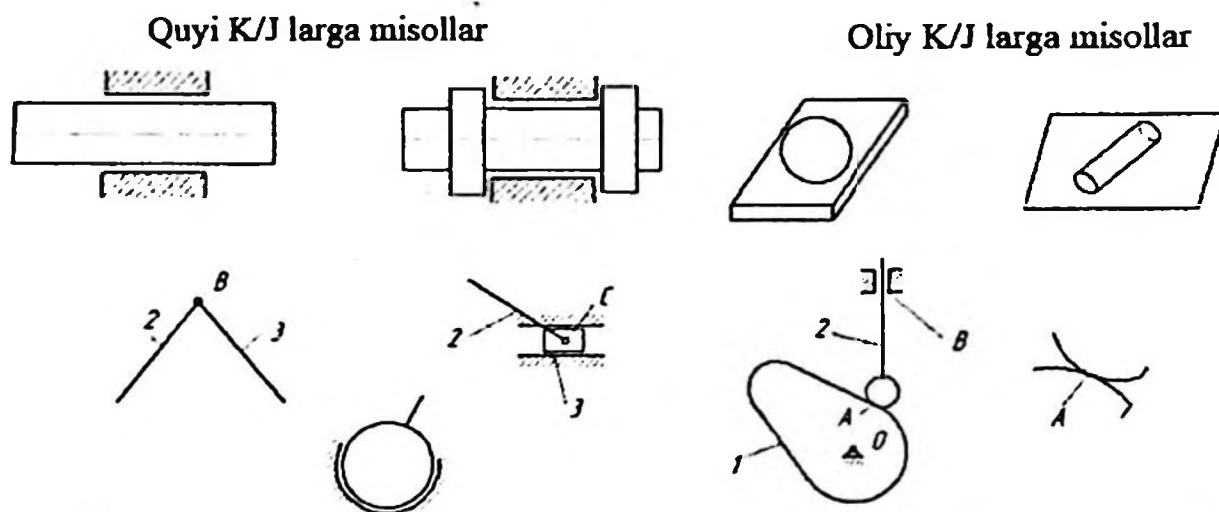
3.22-rasm. Kinematik juftlarning sinflari.

Juftlik elementlari doimiy aloqada bo'lishi uchun juftlik geometrik (ulanishning strukturaviy shakllari tufayli) yoki kuch (og'irlik, prujina, suyuqlik yoki gaz bosimi kuchi va boshqalar) bilan yopilishi kerak.

3.23-rasmda oliy va quyi KJ larga misollar ko'rsatilgan.



3.23-rasm. Kinematik juftlarning sinflarini aniqlash.



3.24-rasm. Oliy va quyi KJ larga misollar.

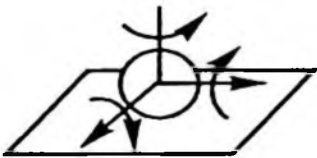
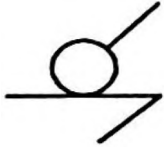
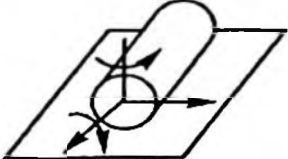
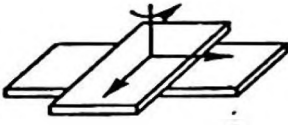
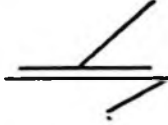
Quyi kinematik juftlarning oliyga nisbatan afzalligi – katta kuchlarni o‘tkazish qobiliyatidir, chunki quyi juftlikning aloqa bog‘lamlarining kontakt yuzasi juda katta bo‘lishi mumkin va u juda muhimdir. Oliy KJ larni qo‘llash ishqalanishni kamaytiradi (masalan, yumalash podshipnik) va yuqori juftlikni tashkil etuvchi bo‘g‘inlarga muayyan shakl berilishi bilan chiqish bo‘g‘ini harakatining turli qonunlarini olish imkonini beradi.

Kinematik juftlar asosan mexatron modulning ishlashi va ishonchliligini aniqlaydi, chunki ular orqali bir bo‘g‘indan ikkinchisiga kuch uzatiladi, bu harakatning o‘zaro bog‘liqligi tufayli ishqalanish paydo bo‘ladi, juftlikning elementlari kuchlanish holatda va yemirilish jarayonida bo‘ladi.

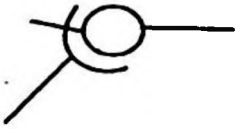
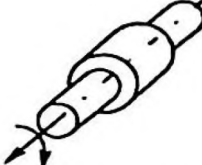
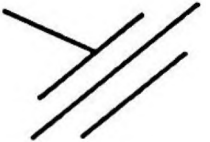
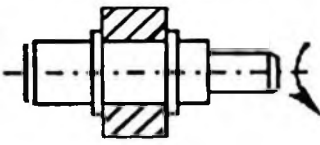
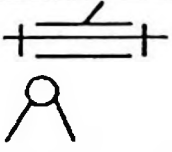
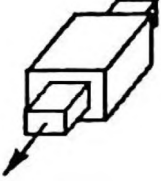
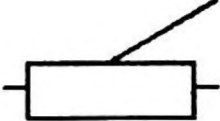
Sxemalarda KJ larni shartli grafik tasviri va belgilanishi 3.1-jadvalda ko‘rsatilgan.

3.1- jadval

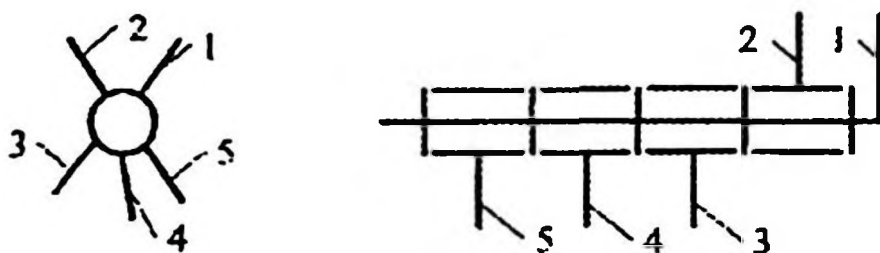
Kinematir juftlarning sinflanishi

KJ sinfi	Juftlikning nomi	Shakli	Belgilanishi
1	Tekislikdagi shar		
2	Tekislikdagi silindr		
3	Sferik juftlik		
3	Tekislikdagi juftlik		

3.1- jadvalning davomi

4	Barmoqli sferik juftlik		
4	Silindrik juftlik		
5	Aylanma juftlik		
5	Ilgarilanma juftlik		

Aylanma kinematik juftlik ba'zan *sharnir* deb ataladi. Sharnir murakkab va oddiy bo'lishi mumkin. Murakkab sharnir – bir nechta bo'g'inlarning ularning nisbiy harakatiga ruxsat beruvchi bir tugunga birlashmasidir (3.25-rasm).



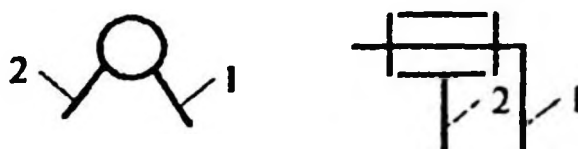
3.25-rasm. Murakkab sharnir.

Murakkab sharnirda kinematik juftliklar soni quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\theta = N - 1,$$

bu yerda N – sharnirda birlashadigan ulanishlar soni.

Oddiy sharnir – ularning nisbiy harakatiga ruxsat beruvchi ikkita bog‘inning bir tugunga birlashishi (3.25-rasm).



3.26-rasm. Oddiy sharnir.

Oddiy sharnirda kinematik juftliklar soni birga teng, chunki

$$\Theta = N - 1 = 2 - 1 = 1.$$

Faol kinematik juftliklar juftlikning bir bo‘g‘iniga boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatalar bilan bog‘lashga imkon beradi. Bunday kinematik juftliklar harakatlanish darajalari deb ataladi.

Harakatchanlik darajasi (HD) – bo‘g‘inlardan biriga boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatalarni berishga imkon beruvchi ikkita bo‘g‘inning ulanishi. Harakatchanlik darajasi bo‘g‘inga harakatni uzatuvchi yuritmalarni o‘z ichiga oladi.

Har bir harakatlanish darajasi muayyan miqdordagi harakatlar soniga, ya’ni muayyan miqdordagi boshqariladigan umumlashtiriladigan koordinatalarga ega – mexanizmning barcha bo‘g‘inlarining ustunga nisbatan holatlarini belgilaydigan mustaqil boshqariladigan o‘zgaruvchanliklar.

Ularning sinfiga qarab harakatchanlik darajasi quyidagi harakatchanlikka ega:

beshinchii sinf – bitta;

to‘rtinchi sinf – ikki;

uchinchi sinf – uchta;

ikkinchi sinf – to‘rt;

birinchi sinf – besh.

Agar harakatchanlik mexanizmning funksional o‘zgarishlariga ta’sir qilmasa, u *ortiqcha* deb ataladi [6].

Ortiqcha harakatlanish – bu mexanizmning funksional harakatlariga ta'sir etmaydigan boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatadir.

Agar harakatchanlik mexanizmning qo'shimcha funksional o'zgarishlariga olib keladigan bo'lsa, u qo'shimcha deb ataladi.

Qo'shimcha harakatchanlik – mexanizmni qo'shimcha funksiyalar (harakatlar) bilan ta'minlaydigan, boshqariladigan, umumlashtirilgan koordinatadir.

Misol uchun, robotning ijro mexanizmida qo'shimcha harakatlarning mavjudligi unga to'siqlarni chetlab o'tish, tor joylarga kirib borish va h.k.

Shuni ta'kidlash kerakki, "Mexanizmning harakatlanishi" va "Jismning erkinligi darajasi" tushunchalari ko'pincha aralashtiriladi. *Mexanizmning harakatlanishi – bu boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatalar soni. Jismning erkinligi darajasi – uning mumkin bo'lgan mustaqil harakatlarining soni.*

Fazoda joylashgan jismning oltitadan ortiq erkinlik darajasiga ega bo'lishi mumkin emas, mexanizmning harakatchanligi soni cheksizdir. Misol uchun, robotning fazoda harakatlanayotgan ijro etuvchi qurilmasining ishchi organiga joylashgan jism qaralganda, u oltitadan ortiq erkinlik darajasiga ega bo'lmaydi, lekin ijro etuvchi mexanizm oltitadan ortiq harakatga ega bo'lishi mumkin. Shunday qilib, ma'lum bir miqdordagi erkinlik darajasiga ega bo'lgan fazoda qattiq jismning harakatini amalga oshirish uchun mexanizmning harakatlanishi jismning erkinlik darajalariga teng yoki undan ko'p bo'lishi kerak.

Kinematik zanjir

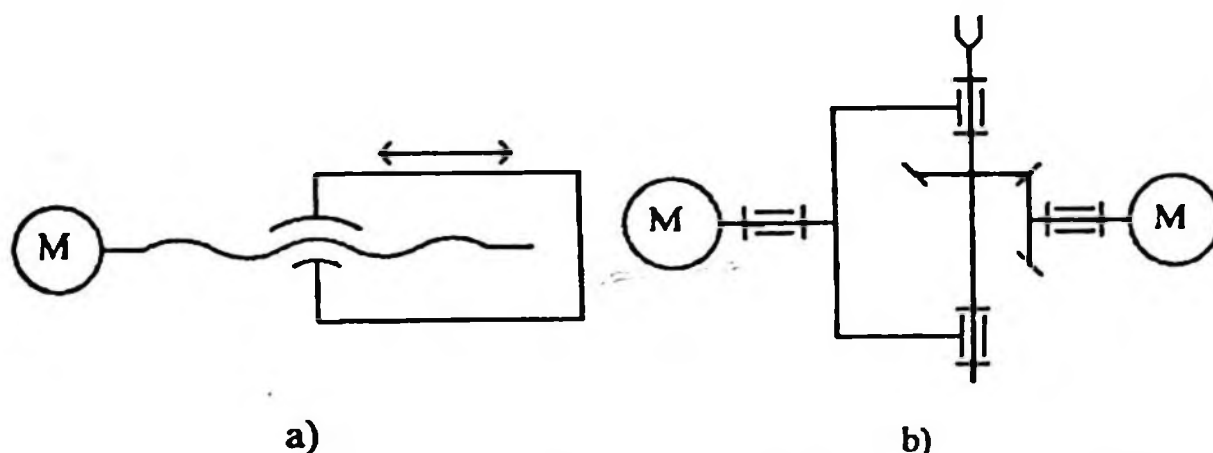
Kinematik juftliklar bilan bir-biriga bog'langan bir nechta bo'g'inlar kinematik zanjir hosil qiladi.

Bir yoki bir nechta bo'g'inlariga nisbatan bunday kinematik zanjir harakatsiz bo'ladi. Uni harakatga keltirish uchun bir yoki bir

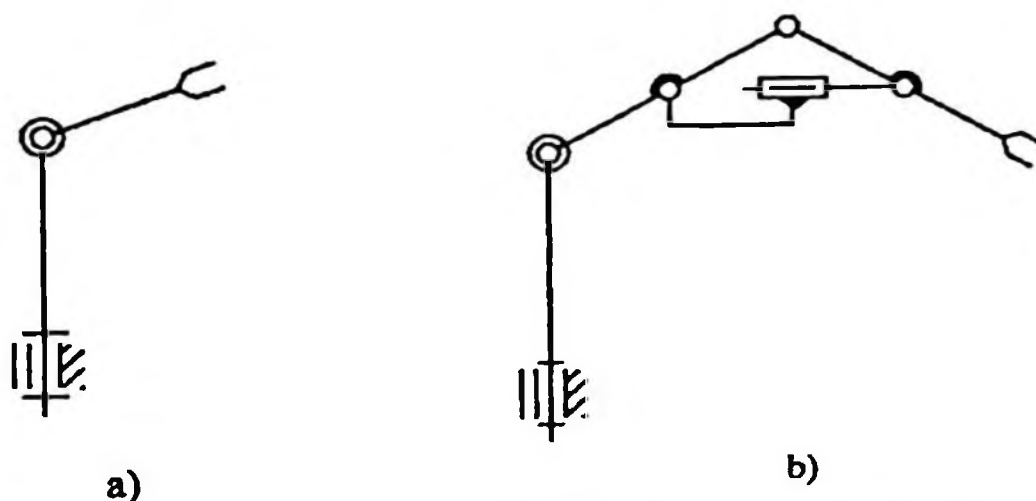
nechta kinematik juftlarni harakatchanlik darajasiga almashtirish va ularga umumlashtirilgan koordinatalar berilishi kerak.

Bo'g'inlarning harakatlanish turiga qarab, kinematik zanjirlar tekis (3.27-rasm, a) va fazoviy (3.27-rasm, b) ga bo'linadi. Tekis kinematik zanjirlarda bo'g'inlar bir yoki bir nechta parallel tekisliklarda harakat qiladi, fazoviy zanjirda bo'g'inlar fazoda (kesishuvchan tekisliklarda) harakatlanadi.

Bo'g'inlar birikmalarining tabiatiga qarab, kinematik zanjirlar yopiq (3.27-rasm, a, b) va ochiq (3.28-rasm, a), shuningdek, ochiq mahalliy, yopiq konturli (3.28-rasm, b)larga bo'linadi.



3.27-rasm. Yopiq kinematik zanjirlar: a) tekis; b) fazoviy.



3.28 - rasm. Ochiq kinematik zanjirlar: a) ochiq fazoviy;
b) ochiq yopiq konturli.

Barcha mexanizmlar kinematik zanjirlardan tashkil topgan.

Asos (tayanch), harakatlanuvchi bo'g'inlar, harakatchanlik darajalari va kinematik juftlardan tashkil topgan kinematik zanjir mexanizmning strukturaviy sxemasi hisoblanadi. Faqat tayanch, harakatlanuvchi bo'g'inlar va harakatlanish darajasidan (masalan, robotlarning ijro etuvchi mexanizmlari) iborat mexanizmlar ham mavjud.

Agar strukturaviy sxemada bog'lanishlarning geometrik parametrlari (ko'p hollarda uzunligi) ko'rsatilgan bo'lsa, unda bunday sxema kinematik deb ataladi.

Chiqish bo'g'inining kerakli funksional harakatini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan va ortiqcha konturli bog'lanishlar va ortiqcha harakatlarga ega bo'lmagan, ularning turi va o'zaro joylashuvini ko'r-satuvchi harakatlanuvchi bog'linlar, kinematik juftliklar va harakat-lanish darajalarining minimal sonini o'z ichiga olgan mexanizmning strukturaviy sxemasi asosiy strukturaviy sxema deb ataladi.

3.4. Mexatron qurilmalar mexanizmlarini strukturaviy tahlili.

Fazoviy mexanizmlarning strukturaviy tahlili.

Manipulatorlarning tuzilishi bo'yicha asosiy tushunchalar va ta'riflar, asosiy koordinata tizimlari

Manipulator tomonidan taqdim etilgan harakatlar quyidagilarga bo'linadi [2, 49]:

– global (harakatlanuvchi tayanchli robotlar uchun) – manipulator ustunining harakati, bu mexanizmning kattaligini sezilarli darajada oshiradi;

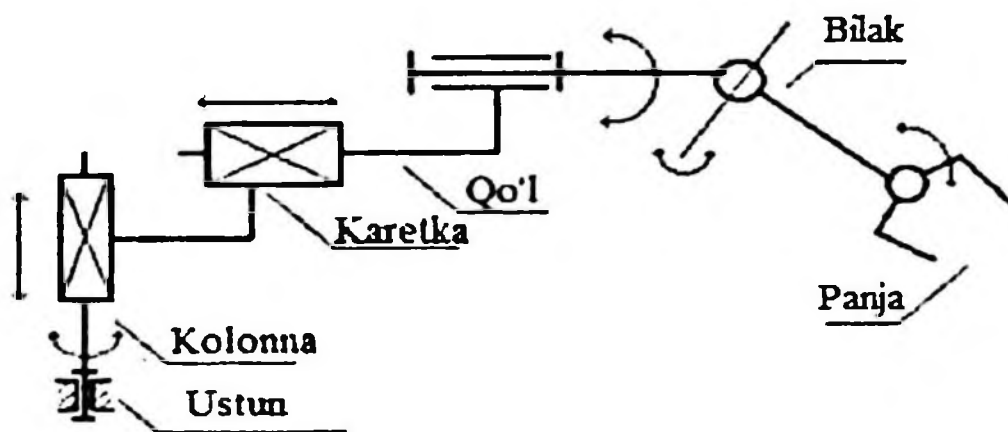
– mintaqaviy (transport) – manipulatorning birinchi uchta bo'g'ini yoki uning “qo'li” tomonidan taqdim etilgan harakatlar, uning kattaligi mexanizmning o'lchamiga mos keladi;

– mahalliy (yo‘naltiruvchi) – uning “panja”ni tashkil etuvchi manipulatorning bo‘g‘inlari bilan ta‘minlangan harakatlar, uning qiymati mexanizmning kattaligidan ancha kichikdir.

3.29-rasmda manipulatorning bo‘g‘inlari beshinchi darajali kinematik juftlar yordamida bir-biriga ulangani tasvirlangan. Har bir bo‘g‘in o‘z nomiga ega. Qo‘zg‘almas ustun bilan kolonna bog‘langan, kolonna bilan karetk, karetk bilan-qo‘l, qo‘l bilan bilak, bilak bilan ushlash moslamasi panja.

Ushbu ulanishlar bir xil darajadagi harakatga ega bo‘lgan 5-sinfdagi kinematik juftlarni tashkil qiladi.

Harakat darajalari soni va robotning har bir harakat mexanizmlarining tegishli kinematik sxemasi bilan ta‘minlanadi. Robotlarning kinematik sxemalari qo‘l va panjaning muayyan tuzilmalariga ega bo‘lib, ular aylanma (A) va ilgarilanma (I) harakatlarga imkon beruvchi kinematik juftlarning joylashuvi va tartibiga bog‘liq bo‘ladi.



3.29-rasm. Manipulatorning tarkibiy qismlari

Manipulatorning asosiy koordinata tizimlari

Kinematik juftlardan tashkil topgan manipulatorlarning qo‘lining kinematik tizimli sxemalarini quyida harakatlardan iborat (A – aylanma harakat, I - ilgarilanma harakat) [61]:

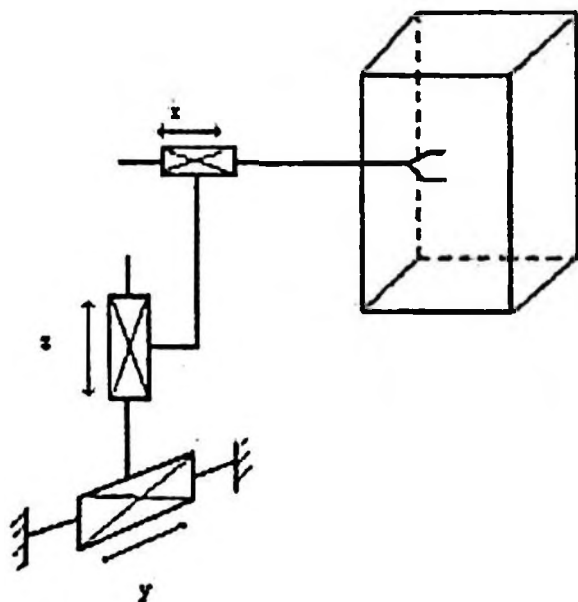
1-AAA, uchta aylanma;

- 2-AAI, ikkita aylanma va bitta ilgarilanma;
- 3-IAI, AII, IIA, ikkita ilgarilanma va bitta aylanma;
- 4-III, uchta ilgarilanma.

Ish joyining shakli va obyektни manipulyatsiya qilish qobiliyati manipulyator qo'lining kinematik tizimli sxemasi (qattiq, A, AA, AAA) bilan belgilanadi.

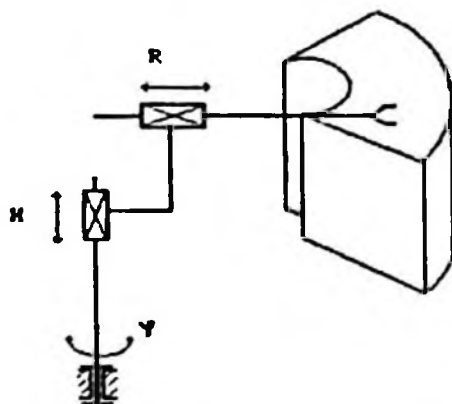
Ko'chirma harakatlanish darajalarining (ilgarilanma va aylanma) tabiati manipulyator koordinatlarining asosiy tizimini belgilaydi. Agar ilgarilanma ko'chirma harakat darajalari uch ($I=3$) bo'lsa va aylanma harakatlar bo'lmasa ($B=0$), unda asosiy koordinata tizimi to'rtburchaklar shaklida va ish maydoni parallelepiped shakliga ega bo'ladi (3.30-rasm).

Konstruksiyaning soddaligiga qaramasdan, bunday koordinata tizimiga ega sanoat robotlari juda kam, chunki ular kichik hajmdagi ish maydoni bilan katta o'lchamlarga ega va nisbatan past tezlik bilan tavsiflanadi. Bunday robotlar, odatda, xizmat ko'rsatiladigan texnologik asbob-uskunalar ustidan osib qo'yiladi yoki karetkalarning yo'riqno-malarga uning ostida o'rnatiladi.



3.30 - rasm. To'g'ri burchakli koordinatalar tizimi.

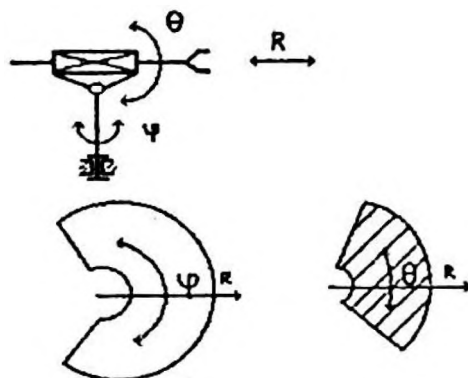
$A=2$, $I = 1$ bo'lsa, sanoat robotlarining ish maydoni silindrsimon shaklga, aniqrog'i to'liq bo'lmagan silindrning shaklga ega bo'ladi (3.31 - rasm).



3.31-rasm. Silindrik koordinatalar tizimi.

Silindrsimon asosiy koordinata tizimi R , H , j qulay va keng tarqalgan. U ish maydonining katta maydoniga xizmat beradi, lekin past balandlikda obyektlar manipulyatsiyasi tashkili qiyinchilik bilan bog'liq.

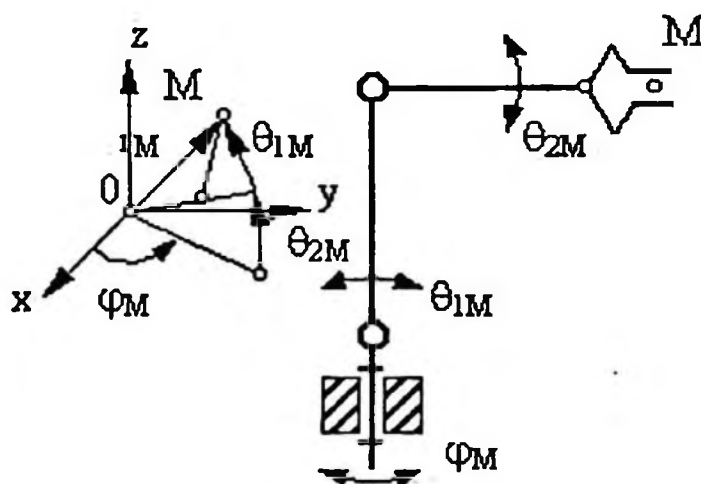
Agar $I = 1$, $A = 2$ bo'lsa, ish maydoni to'liq bo'lmagan shar va asosiy koordinata tizimi R , H , j sferik bo'ladi. Bu eng universal koordinata tizimi (3.32-rasm). Bu to'rtburchaklar va silindrsimon koordi-natali tizimlarga qaraganda ko'proq ish maydoniga xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi. Biroq, bu holda manipulatorning konstruksiyasi yanada murakkablashadi va sanoat robotiga yanada murakkab boshqaruv tizimiga muhtoj bo'ladi.



3.32-rasm. Sferik koordinatalar tizimi.

$I=0$, $A = 3$ da angular (burchak) asosiy koordinatalari tizimi g , q , j olinadi (3.33-rasm).

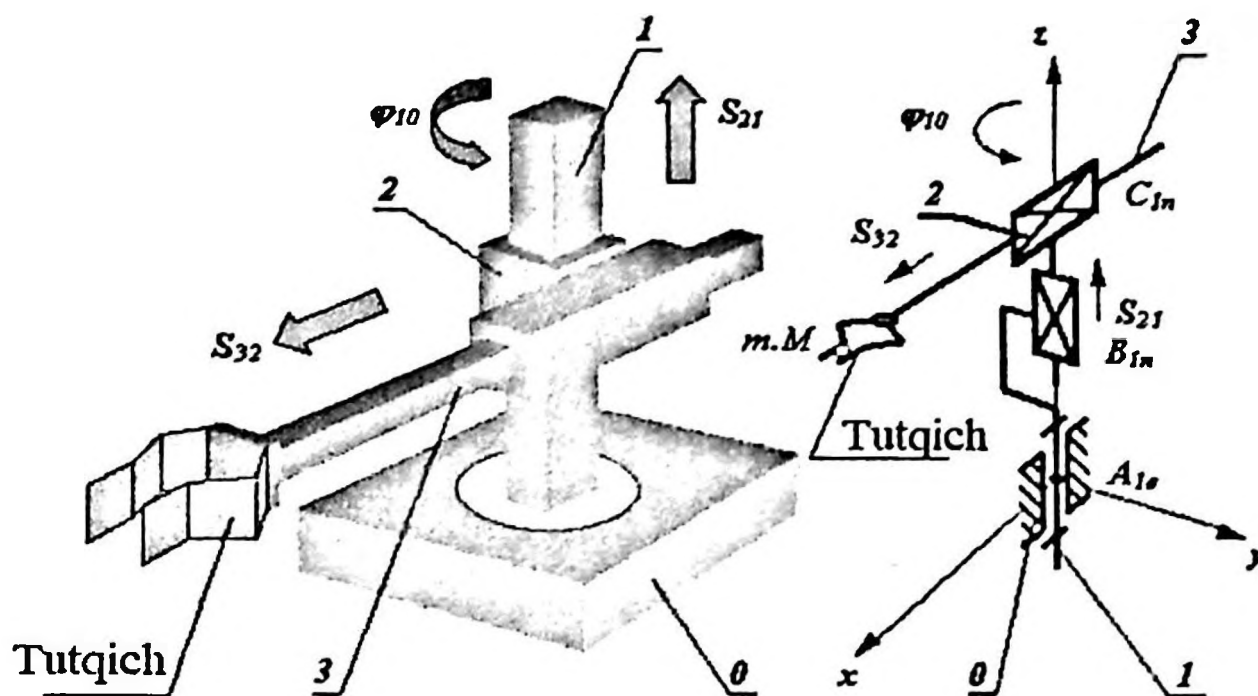
Bunday koordinata tizimi universal bo'lib, eng katta ish maydoniga xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi va maksimal antropomorfizmga (inson qiyofasi va uning xususiyatlarini jonsiz narsalarga o'tkazish) ega bo'lgan sanoat robotlarini yaratishga imkon beradi. Biroq, manipulatorning konstruksiyasi juda murakkab, noqulay va murakkab boshqaruv tizimini o'z ichiga oladi. Salbiy tomoni shundaki, unda manipulatorning bikrligi kamayadi, shuning uchun kerakli joylashishning aniqigini ta'minlashdagi qiyinchiliklar mavjud. To'rtburchak koordinatali tizim uchta ilgarilanma kinematik juftlik, silindrsimon – ikkita ilgarilanma va bitta aylanma, sferik – ikkita aylanma va bitta ilgarilanma, burchak – uchta aylanma harakat tizimi tomonidan amalga oshiriladi.



3.33-rasm. Burchakli (angular) koordinatalarli.

Misol uchun, uch tomonlama harakatlanuvchi sanoat roboti manipulatorlining strukturaviy va funksional sxemasini ko'rib chiqamiz. Manipulator "qo'lining" asosiy mexanizmi qo'zg'almas bo'g'in 0 va uchta harakatlanuvchi bo'g'inlar 1,2 va 3 dan iborat (3.34-rasm). Ushbu manipulator mexanizmining strukturaviy sxemasi silindrsimon koordinata tizimiga mos keladi. Ushbu tizimda bo'g'in 1

ustun 0 ga (φ_{10} nisbiy burchak harakati) nisbatan aylanishi mumkin, bo'g'in 2 bo'g'in 1 ga (S_{21} nisbiy chiziqli harakati) nisbatan vertikal ravishda harakat qiladi va bo'g'in 3 bo'g'in 2 ga (S_{32} nisbiy chiziqli harakati) nisbatan gorizontal tekislikda harakat qiladi.



3.34-rasm. Sanoat robotining funksional sxemasi.

Bo'g'in 3 oxirida manipulator ishlayotgan paytda manipulatsiya obyektini ushlab turish uchun mo'ljallangan "tutqich" yoki "ushlagich" qotirilgan. Manipulatorning asosiy richagli mexanizmining bog'lanishlari bir-biriga uchta bitta harakatlanuvchi kinematik juftlarni (bir aylanish A va ikkita ilgarilanma B va C) hosil qiladi va obyektning yo'nalishini nazorat qilmasdan fazoda harakatlanishini ta'minlashi mumkin. Uchta nisbiy harakatlarning har birini bajarish uchun manipulator reduktorli dvigatellar va teskari sensor tizimidan iborat tizim bilan jihozlangan bo'lishi kerak. Obyektning harakati ma'lum bir harakat qonuniga muvofiq amalga oshirilganligi sababli, tizimda dastur tashuvchisi deb ataladigan harakat dasturini saqlaydigan va o'rnatadigan qurilmalar bo'lishi kerak.

Belgilangan harakat dasturini nazorat qilish signallariga aylantirish nazorat qilish tizimi tomonidan amalga oshiriladi. Ushbu tizim tegishli dasturiy ta'minot, raqamli-analog o'zgartiruvchilar va kuchaytirgichlar bilan kompyuterlarni o'z ichiga oladi. Nazorat qilish tizimi, belgilangan dasturga muvofiq, bajaruvchi yuritmalarning qurilmalariga (dvigatellarga) "I" boshqaruvini yetkazadi. Agar kerak bo'lsa, u bu ta'sirlarni Δx_i signallariga moslashtiradi, bu unga hisobot sensorlaridan keladi.

Mexatron qurilmalarida manipulatorlar keng qo'llanilgani uchun, manipulatorning ayrim ishlash xususiyatlarini keltirib o'tmoqchiman.

Manipulatorning ish maydoni – uning bog'lanishlari uchun ko'plab mumkin bo'lgan pozitsiyalarni o'rab turgan sirtlar bilan chegaralangan fazoning bir qismi.

Manipulatorning xizmat ko'rsatish zonasi – manipulatorni ushlab turish markazining ko'plab pozitsiyalariga mos keladigan fazoning bir qismidir. Xizmat ko'rsatish zonasi manipulatorning muhim xususiyati hisoblanadi. Manipulator "qo'lining" tuzilishi va koordinatalari tizimi, shuningdek, kinematik juftlardagi bog'lanishlarning nisbiy harakatlari bilan bog'liq konstruktiv cheklovlar bilan belgilanadi.

Manipulatorning manevrligi – uning tutqichi qotirilgan (harakatsiz) holdagi manipulatorning harakatchanligi. U quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$M = W - 6. \quad (3.1)$$

Xizmat ko'rsatish zonasining ma'lum bir nuqtasida tutqich markazini joylashtirishda sxemaning yo'nalishini o'zgartirish imkoniyati **servis burchagi** deyiladi.

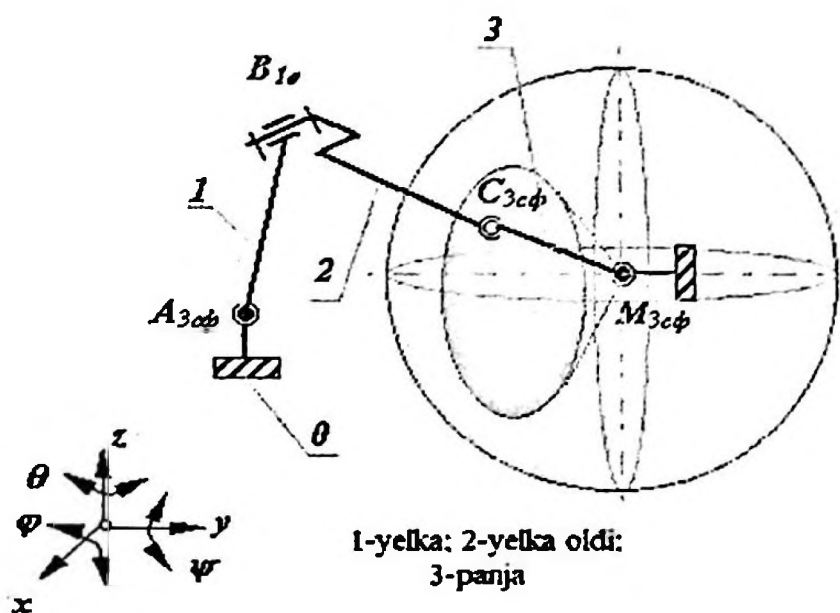
$$\psi = \frac{S_s}{l^2}, \quad (3.2)$$

bu yerda S_s – bo‘g‘in 3 ning C nuqtasi (3.35-rasm) hosil qiladigan sferik sirt maydoni; l - uchinchi bo‘g‘in (bilak)ning uzunligi.

Ma‘lum bir nuqtada servis burchagining haqiqiy qiymatini uning mumkin bo‘lgan maksimal qiymatiga nisbati xizmat koeffitsiyenti deb ataladi:

$$K_\psi = \frac{\psi}{4\pi}, \quad (3.3)$$

bu yerda 4π – servis burchagining maksimal qiymati.



3.35-rasm. Servis burchagini aniqlash.

Manipulator mexanizmining strukturaviy sintezida quyidagilarni hisobga olish kerak [61]:

✓ manipulatorlarning kinematik juftlari dvigatellar va tormoz qurilmalarini o‘z ichiga olgan yuritmalar bilan jihozlangan, shuning uchun manipulatorlarning sxemalarida bitta harakatlanuvchi kinematik juftliklar qo‘llaniladi: aylanma yoki ilgarilanma;

✓ manipulatorni ushlab turishining ma‘lum bir harakatchanligini ta‘minlashdan tashqari, kerakli xizmat ko‘rsatish zonasini ta‘minlaydigan kinematik juftlar o‘qlarining yo‘nalishini, shuningdek,

uning harakatlar dasturlashning soddaligi va qulayligini ta'minlash kerak;

✓ kinematik juftlarning yo'nalishini tanlayotganda yuritmalarning oriyentatsiyasining (harakatlanuvchi bo'nlarda yoki asosida), shuningdek, bo'g'inlarning o'g'irlik kuchlarini muvozanatlash usulini hisobga olish kerak.

Agar dastlabki uchta kinematik juftning o'qlarini koordinatalar o'qlaridan birining oqlari bo'ylab yo'naltirilsa, tutqichning fazodagi harakatini ta'minlash mumkin. Shu bilan birga, koordinata tizimini tanlash manipulator "qo'lining" turini va uning xizmat ko'rsatish zonasining turini belgilaydi.

3.30-3.31 rasmlarda keltirilgan manipulatorning "qo'llari" uchun koordinata tizimlarining turlari tasvirlangan. Ularda koordinata tizimlariga mos keladigan mexanizmlarning strukturaviy sxemalari misollari keltirilgan.

Manipulatorlarda ishlatiladigan "panja" mexanizmlarining strukturaviy sxemalari 3.2-jadvalda keltirilgan. "Qo'l"ning ma'lum bir mexanizmining chiqish bo'g'iniga biriktirilganda, real sanoat robotlarida ishlatiladigan manipulatorlarning ma'lum tizimli sxemalarini olish mumkin.

3.2-jadval.

Manipulator "qo'li"ning strukturaviy sxemalari				

Manipulatorning tuzilishi yuritmalarning joylashuvi bilan ham belgilanadi. Agar yuritmalar to'g'ridan to'g'ri kinematik juftlarga

joylashtirilsa, manipulatorning harakatlanuvchi bog'lanishlari massasiga yuritmalarning massasi qo'shiladi. Yuritmalardagi umumiy yuk va ularning kuchi ortadi va manipulator massasining foydali yukga nisbati (manipulatsiya obyektining maksimal massasi) kamayadi. Shuning uchun, eng qudratli va katta massaga ega bo'lgan robot qo'llari bo'g'inlarining yuritmalarini loyihalashda robotning tagiga yaqinroq bo'lishga intiladi. Yuritmadan bo'g'inga harakatni o'tkazish uchun qo'shimcha kinematik zanjirlar ishlatiladi.

Yuritmalarni asosda joylashtirish prinsipidan foydalanadigan manipulatorlar yanada murakkab mexanizmlarga ega. Biroq, bo'g'inlar va kinematik juftliklar sonining ko'payishi massa va inersiya momentlarining pasayishi, manipulatorning harakatlanuvchi bo'g'inlari bilan qoplanadi. Bundan tashqari, yopiq kinematik zanjirlar mexanizmning aniqligi va bikrligini oshiradi. Umuman olganda, yuritmalarning kombinatsiyalashgan joylashtirish tamoyillaridan foydalanadigan manipulatorlar (yuritmalarning bir qismi asosda, bir qismi harakatlanuvchi bo'g'inlarda) yaxshi energiya va dinamik xususiyatlarga, shuningdek yuqori aniqlikka ega.

Manipulatorlarning muhim xususiyati ish jarayonida mexanizm tuzilmasini o'zgartirishdir. Robotning siklogrammasi yoki ish dasturiga muvofiq, ba'zi kinematik juftliklarda tormoz qurilmalari mavjud. Shu bilan birga, mexanizmning ikkita bo'g'ini bir-biriga qattiq bog'langan bo'lib, bitta bo'g'inni hosil qiladi. Mexanizmning tuzilish sxemasidan bitta kinematik juftlik va bitta bo'g'in chiqarib tashlanadi, mexanizm sxemasining harakatchanligi soni kamayadi (odatda bittaga).

Mexanizmning tuzilishi, shuningdek, ish operatsiyalari jarayonida (masalan, yig'ish yoki payvandlash paytida) manipulatsiya objekti bilan ushlab atrofda narsalar bilan aloqa qilganda, ular bilan kinematik juftlarni hosil qiladigan holatlarda ham o'zgaradi. Mexanizmning kinematik zanjiri yopiladi va harakat miqdori kamayadi. Bunday holda, zanjirda ortiqcha aloqalar bo'lishi mumkin.

Sanoat robotining ishlashini dasturlashda manipulatorlarning bu strukturaviy xususiyatlari e'tiborga olinishi kerak.

Mexatron qurilmalar mexanizmlarining harakatchanligi

Mexanizmning erkinlik darajalari soni yoki mexanizmning harakatchanligi butun kinematik zanjirning harakatga ega bo'lmagan bo'g'in (ustun)ga nisbatan erkinlik darajalarining soni.

Ustunga nisbatan manipulatorning (fazoviy mexanizmning) harakatchanligi A.P. Malishev tenglamadan hisoblanadi [14, 46, 47]:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 i p_i, \quad (3.4)$$

bu yerda W – mexanizmning harakatchanligi fazodagi tutqich holatini aniq belgilaydigan mustaqil umumlashtirilgan koordinatalar soni; n – harakatlanuvchi bo'g'inlar soni; i – kinematik juftning sinfi, P_i – i – sinfli kinematik juftlari soni.

Kinematik zanjirning bo'g'inlari boshqa bo'g'inlar bilan kinematik juftlarni shakllantirganda erkinlik darajalarining bir qismini yo'qotadi.

Tekis mexanizmlar uchun P.L. Chebyshev formulasi qo'llanadi:

$$W = 3n - \sum_{i=4}^5 (i-3) p_i, \quad (3.5)$$

bu yerda 4 raqami oliy kinematik juftlarga tegishli bo'lsa, 5 raqami quyi kinematik juftlarga tegishli.

Mexanizmning harakatchanligi mexanizmni boshqariladigan harakatga olib kelish uchun qancha boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatalarni belgilash kerakligini, ya'ni qancha harakatlantirgichlar (dvigatellar) o'rnatilishini ko'rsatadi.

Boshqacha aytganda mexanizmning harakatchanligi undagi yetakchi bo'g'inlar sonini ko'rsatadi [47].

Masalan, $W = 1$ bo'lsa, ishchi bo'g'inining harakat qonuni ta'minlash uchun bitta yetakchi bo'g'in va uni harakatga keltirish uchun bitta dvigatel yetarli. $W=2$ teng mexanizmlar differensial mexanizmlar deyiladi, ular barcha avtomobillarning transmissiyasida va shuningdek uchuv mashinalarda keng qo'llanadi. Fazoviy mexanizmlarda, masalan manipulatorlarda, harakatlanish darajasi $W = 6$ va undan katta bo'lishi mumkin.

$W = 0$ teng bo'lsa, bunday sistemani "ferma" deb ataladi.

Agar kinematik zanjirda uning tashqi kinematik juftligiga nisbatan harakatchanligi soni nolga teng bo'lsa va bu shartni qondiradigan oddiy kinematik zanjirlarga bo'linmasa, unda bunday kinematik zanjir *tarkibiy guruh* deb ataladi.

Fazoviy tarkibiy guruhni tasvirlaydigan holat [14]:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i = 0. \quad (3.6)$$

Bu tenglamadan fazoviy tarkibiy guruhning harakatlanuvchi bo'g'inlari sonini topish mumkin:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^5 ip_i}{6}. \quad (3.7)$$

Fazoviy tarkibiy guruhdagi harakatlanuvchi bo'g'inlar va kinematik juftliklar soni butun bo'lishi kerak.

Beshinchi sinf kinematik juftlari bo'lgan fazoviy tizimli guruhlar uchun hususiy holatda:

$$n = \frac{5}{6} p_5.$$

Tekis tarkibiy guruhni tasvirlaydigan holat:

$$W = 3n - \sum_{i=4}^5 (i-3)p_i = 0. \quad (3.8)$$

Bu tenglamadan tekis tarkibiy guruhning harakatlanuvchi bo'g'inlari sonini topish mumkin:

$$n = \frac{\sum_{i=4}^5 (i-3)p_i}{3}.$$

Xususiy holatda beshinchi sinfli kinematik juftliklar bilan:

$$p_5 = \frac{3}{2}n. \quad (3.9)$$

(3.9) tenglamadan ko'rinib turibdiki, faqat beshinchi sinfli kinematik juftliklar tashkil topgan tekis tizimli guruhlar juft sonli harakatlanuvchi bo'g'inlarda tashkil topishi mumkin.

Ushbu formulaga asoslanib, turli xil turdagi tekis tizimli guruhlarining bo'g'inlari va kinematik juftlari quyidagi kombinatsiyalarni olish mumkin:

$$\begin{array}{lll} n & \dots\dots 2 & 4 \quad 6; \\ p_5 & \dots\dots 3 & 6 \quad 9. \end{array}$$

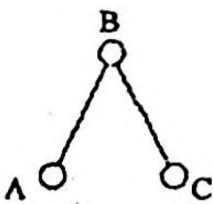
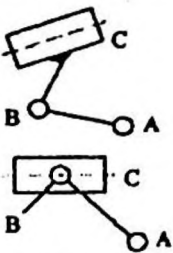
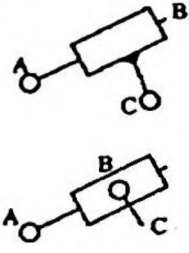
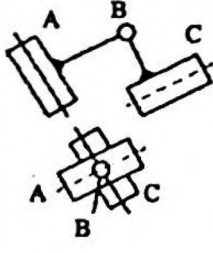
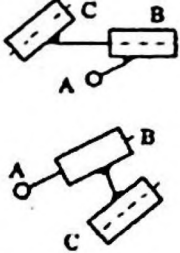
Tarkibiy guruhlarining mexanizmga qo'shilishi uning harakatchanligini o'zgartirmaydi.

Assur guruhi – nol darajadagi harakatga ega ochiq kinematik zanjir. Agar tekis tizimli guruhning bo'g'inlari faqat 5 sinfidagi kinematik juftliklar bilan bir-biriga bog'langan bo'lsa, unda bunday tizimli guruh Assur guruhidir. Buning uchun formula (3.9) asosida 5-sinf harakatlanuvchi bo'g'inlar va kinematik juftlarning minimal soni $n = 2$, $P_5 = 3$ ga teng. Ikkita bo'g'in va beshinchi sinfli uchta kinematik juftlikdan iborat kinematik zanjir “diada” deb ataladi. 3.3-jadvalda Assur tarkibiy guruhlarining har xil turlari (diadlar) ko'rsatilgan. Unda quyidagilar belgilangan: A – bitta aylanma

harakatlanuvchi kinematik juftlik; I – bitta ilgarilanma harakatlanuvchi kinematik juftlik.

3.3-jadval

Assur tarkibiy guruhlari

Tizimli guruhning ko'rinishi				
AAA	AAI	AIA	IAI	AII
				

Assur guruhining sinfi yopiq konturga kiritilgan kinematik juftlarning eng yuqori soni bilan belgilanadi. Strukturaviy guruhning tartibiy guruhi oddiy mexanizmga qo'shilgan erkin kinematik juftliklar soniga teng. Erkin juftliklar o'qlar (strelkalar) bilan ko'rsatilgan (3.34-rasm). Guruhni bitta bo'g'inga ulash mumkin emas [14,47,55].

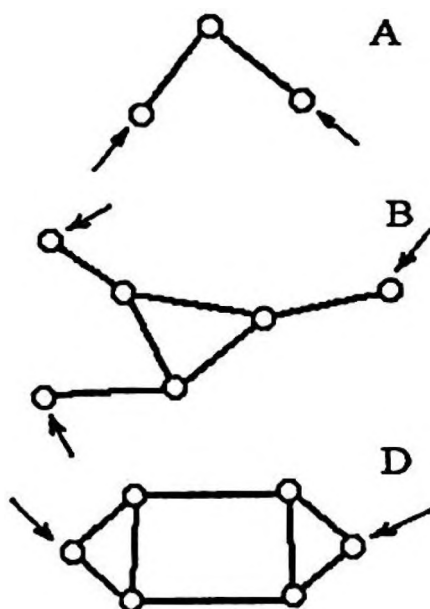
3.36-rasmda tarkibiy guruhlarga misollar keltirilgan. Strelkalar bilan guruhga qo'shiladigan bo'g'inlar ko'rsatilgan. Ushbu ulanishlar boshlang'ich bo'g'in yoki boshqa guruhlarning bo'g'inlari yoki ustundir.

Mexanizm sinfi ushbu mexanizmning bir qismi bo'lgan tizimli guruhning eng yuqori sinfi bilan belgilanadi.

Agar mexanizm quyi kinematik juftliklar (P_5) bilan bir qatorda oliy juftlarni (P_4) ham o'z ichiga olsa, oliy kinematik juftlarni quyiga almashtiriladi, so'ngra tizimli guruhlarning sinfi va tartibini aniqlash kerak.

Kinematik juftlar o'nta $O_1, O_2, O_3, A, B, C, D, E, F, F_1$, shulardan bitta aylanma harakatga imkon beruvchi 5-sinfl (P_5) KJ lar 9 ta, F_1 bitta ilgarilanma harakatga. Beshinchi sinf KJ soni $P_5 = 10$.

Oliy KJ yoq, $P_4 = 0$



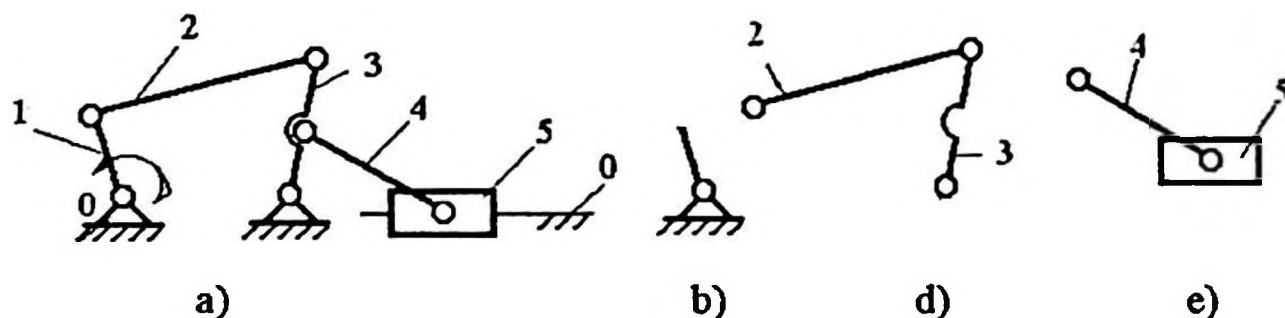
3.36-rasm. Tarkibiy guruhlarga misollar: A-II sinf, ikkinchi tartibli; B-III sinf, uchinchi tartibli; D - IV sinf, ikkinchi tartibli.

Mexanizmni tizimli tahlil qilish uni tizimli guruhlarga ajratish yo'li bilan amalga oshirilishi kerak, mexanizmning teskari shakllanishi, ya'ni guruhlarni ajratish eng uzoqda (ularni i sinf mexanizmiga qo'shilish tartibida oxirgi) joylashganidan boshlanadi va yetakchi bo'g'in bilan ustun (1-sinfli mexanizm) qolguncha davom ettiriladi.

3.37 - rasmda mexanizm sxemasini Assur guruhlariga bo'lish tasvirlangan.

Mexanizmni strukturaviy guruhlarga ajratish kinematik va kuchoviy tahlil muammolarini hal qilish uchun zarurdir, chunki Assur prinsipiga muvofiq, bu usul tekis mexanizmlarning sxemalarini statik aniqlanishini ta'minlaydi.

Tekis va fazoviy mexanizmlarning tarkibiy tenglamalari turlicha bo'ladi.



3.37-rasm. Mexanizm sxemasini Assur guruhlariga bo'lish: a) mexanizm sxemasi; b) yetakchi bo'g'in bilan ustun; d) va e) II -sinf Assur guruhlari.

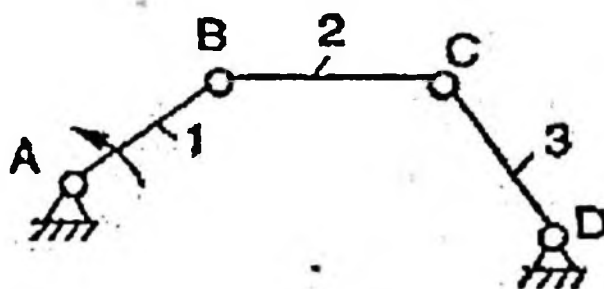
Tekis mexanizmدا mexanizmlarning strukturaviy tenglamasi ma'lum sinfli Assur guruhlariga tegishli bo'g'inlarning ketma-ket ulanishidan hosil bo'lgan mexanizmning tuzilish sxemasining matematik ko'rinishi.

Fazoviy mexanizm (manipulator)ning tuzilish formulasi – manipulatorning tuzilish sxemasining matematik ko'rinishi bo'lib, uning harakatchanligi, kinematik juftlarning shakli va ularning asosiy koordinata tizimining o'qlariga (ustun bilan bog'liq tizim) nisbatan yo'nalish ma'lumotini o'z ichiga oladi.

Mexanizmning tuzilish formulasini yozish strukturaviy tahlilning muhim bosqichidir, chunki strukturaning formulasi mexanizmni kinematik va kuch-quvvat bilan o'rganish ketma-ketligi va usullarini ko'rsatadi. Kinematik tahlil strukturaviy guruhlarini biriktirish tartibida amalga oshiriladi va kuchga hisoblash teskari tartibda amalga oshiriladi. Assur guruhlarining har bir sinfi o'z tadqiqot usullariga ega.

Tekis mexanizmlarning strukturaviy tahliliga misollar.

1. Sharnirli to'rt bo'g'inli mexanizmning tarkibiy tahlili bajarilsin (3.37-rasm) [47].



3.38-rasm.

Bo'g'inlarning umumiy soni to'rtta, shu jumladan uchta harakatlanuvchi bo'g'inlar, $n = 3$:

1-krivoship, to'liq aylanma harakat qiladi va yetakchi bo'g'in hisoblanadi;

2-shatun, murakkab harakat qiladi;

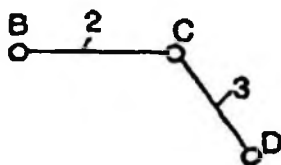
3-koromislo, aylanma-chayqalma harakat qiladi.

Kinematik juftlar to'rtta – A, B, C, D bitta aylanma harakatga imkon beruvchi 5-sinfli (P_5) KJ lar.

Tekis mexanizmning erkinlik darajasi P.L.Chebichev (3.5) tenglamasi asosida aniqlanadi:

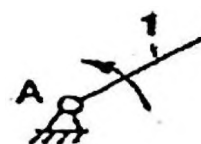
$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$

Mexanizm sxemasini Assur guruhlariga bo'lamiz, bo'lishni 3-bo'g'indan boshlab, yetakchi bo'g'in bilan ustun qolguncha davom ettiriladi:



II (2,3).

$$W = 3n - 2P_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$



I(0,1)

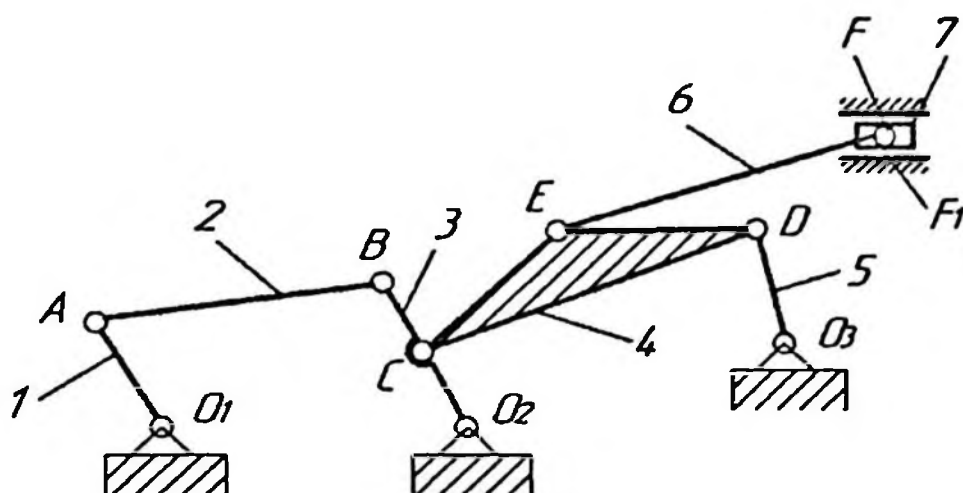
Assur guruhining eng katta sinfi II sinf bo'lgani uchun ushbu mexanizm II sinfli mexanizmlar turkumiga tegishli.

Mexanizmning strukturaviy tenglamasi: $I(0,1) \rightarrow II(2,3)$.

2. Sakkiz bo'g'inli krivoship-koromisli mexanizmning strukturaviy tahlili bajarilsin (3.38-rasm).

Bo'g'inlarning umumiy soni sakkizta, shu jumladan yettita harakatlanuvchi bo'g'inlar, $n = 7$:

- 1-yetakchi bo'g'in krivoship, to'liq aylanma harakat qiladi;
- 2, 4 va 6-shatun, murakkab harakat qiladi;
- 3 va 5-koromislo, aylanma-chayqalma harakat qiladi;
- 7-polzun, ilgarilanma-qaytma harakat qiladi.



3.39-rasm. Krivoship - koromisli mexanizmning strukturaviy sxemasi.

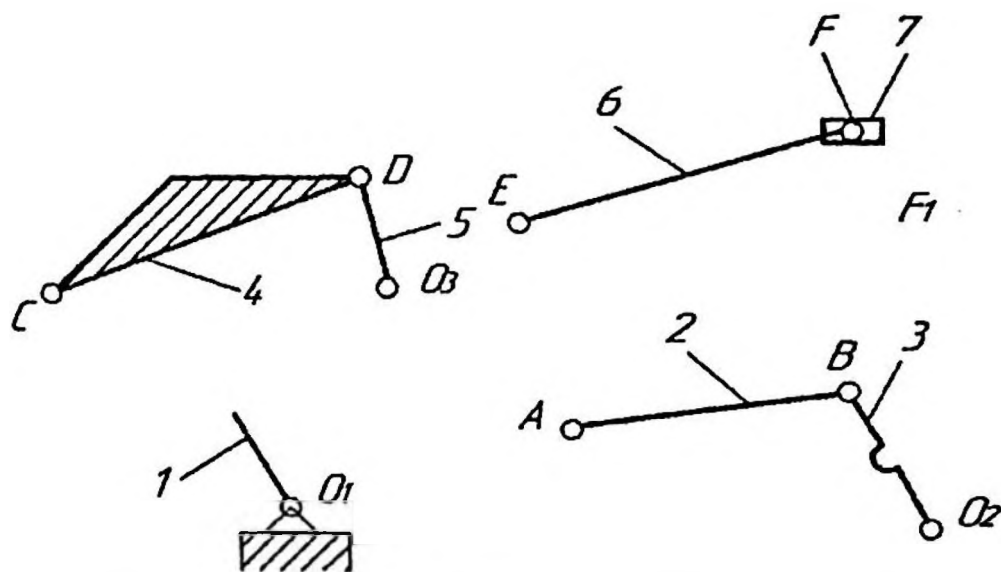
Tekis mexanizmning erkinlik darajasi P.L.Chebishev tenglamasi (3.5) asosida aniqlanadi:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 - 0 = 1$$

Mexanizm sxemasini Assur guruhlariga bo'lamiz, bo'lishni 7-bo'g'indan boshlab, yetakchi bo'g'in bilan ustun qolguncha davom ettiriladi:

Barcha Assur guruhleri ikkinchi sinf. Mexanizmning tarkibiy tenglamasi:

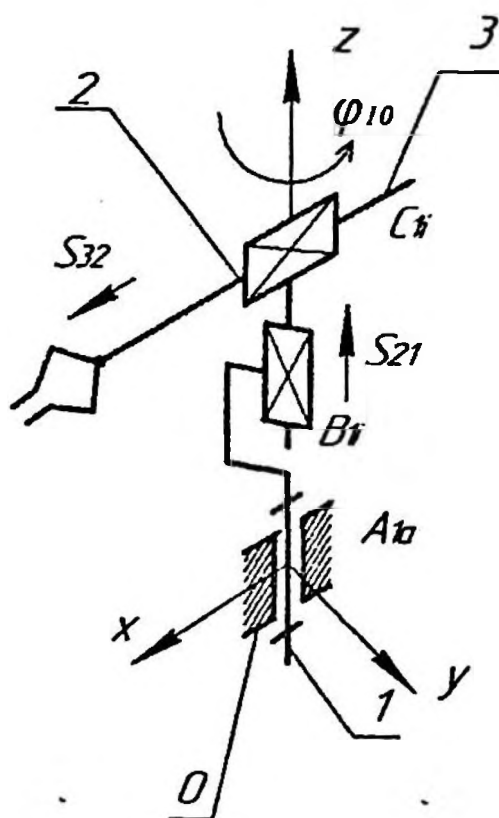
$$I(0,1) \rightarrow II(2,3) \rightarrow II(4,5) \rightarrow II(6,7)$$



3.40-rasm. Mexanizmni Assur guruhlariga bo‘linishi.

Fazoviy mexanizmlarning tarkibiy tahliliga misollar.

3. 3.41-rasmda ko‘rsatilgan fazoviy mexanizmning tarkibiy tahlili bajarilsin.



3.41- rasm. To‘rt bo‘g‘inli manipulator sxemasi.

Manipulatorning harakatchanligini 3.4-tenglamadan aniqlaymiz.

Harakatlanuvchan bo'g'inlar soni $n = 3$. Kinematik juftlar faqat beshinchi sinfli va ular bittadan harakatga imkon beradi : A_{1a} aylanma, B_{1i} ilgarilanma, C_{1i} ilgarilanma.

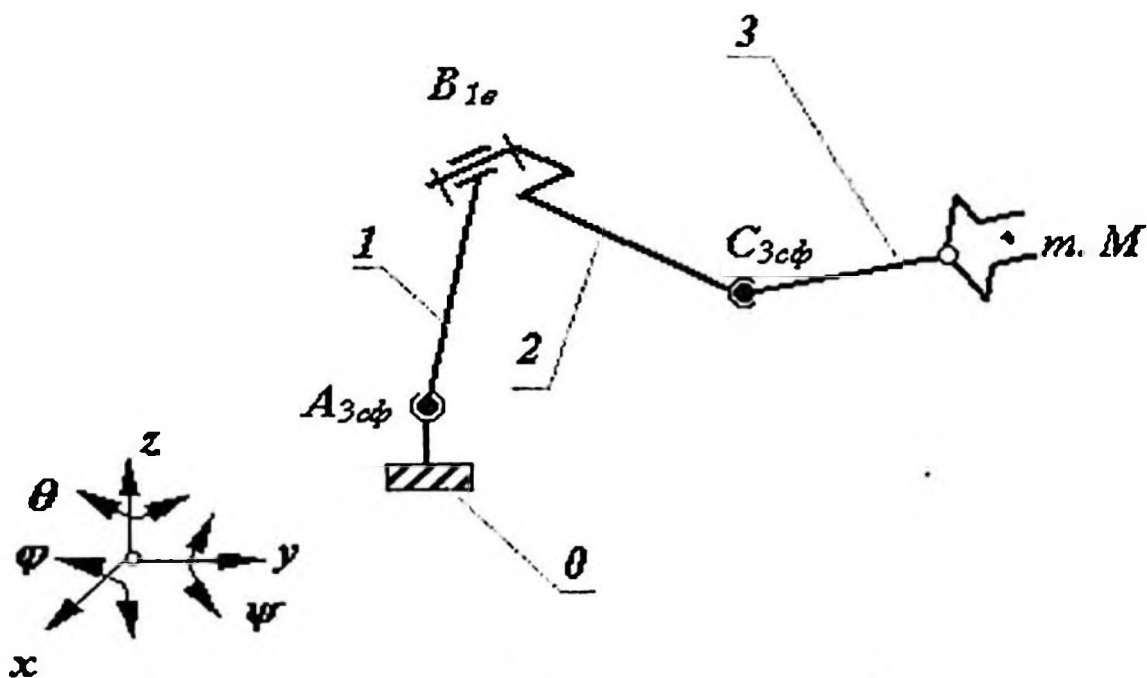
$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 p_i = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 3 = 3.$$

Manipulatorning manyovrligi $M = W - 6 = 3 - 6 = -3$, ya'ni tutqichi qotirilgan (harakatsiz) holdagi manipulatorning harakatchanligi yo'q.

Mexanizmning tuzilish tenglamasi: $W = \varphi_{10} + Z_{21} + X_{32}$;

bu yerda φ_{10} – birinchi bo'g'inning ustunga nisbatan aylanma harakati; Z_{21} – ikkinchi bo'g'inning birinchiga nisbatan Z o'qi bo'yicha ilgarilanma harakati; X_{32} – uchinchi bo'g'inning ikkinchi bo'g'inga nisbatan X o'qi bo'yicha ilgarilanma harakati.

4. 3.42 - rasmda ko'rsatilgan fazoviy mexanizmning strukturaviy tahlili bajarilsin.



3.42-rasm.

Harakatlanuvchan bo'g'inlar soni $n = 3$. Kinematik juftlar quyidagi harakatlarga imkon beradi : A_3 – sferik (P_3), B_1 – aylanma (P_5), C_3 - sferik (P_3).

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 p_i = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 1 - 3 \cdot 2 = 18 - 11 = 7.$$

Manipulatorning manyovrligi $M = W - 6 = 7 - 6 = 1$, ya'ni tutqichi qotirilgan (harakatsiz) holdagi manipulatorning harakatchanligi birga teng.

Mexanizmning tuzilish tenglamasi:

$$W = [\theta_{10} + \varphi_{10} + \psi_{10}] + \varphi_{21} + [\theta_{32} + \varphi_{32} + \psi_{32}];$$

bu yerda θ_{10} , φ_{10} , ψ_{10} – A KJ ti uchinchi sinf bo'lgani uchun birinchi bo'g'in ustunga nisbatan X, Y, Z o'qlari bo'yicha aylanma harakat qiladi; φ_{21} – B KJ beshinchi sinf bo'lgani uchun ikkinchi bo'g'in birinchiga nisbatan X o'qi bo'yicha aylanma harakat qiladi; θ_{32} , φ_{32} , ψ_{32} – uchinchi bo'g'in ikkinchiga nisbatan X, Y, Z o'qlari bo'yicha aylanma harakatlari.

5. 3.43-rasmda ko'rsatilgan manipulatorning tarkibiy tahlili bajarilsin.

Umumiy bo'g'inlar soni 7; harakatga ega bo'g'inlar soni 6.

Manipulatorning “qo'lini” ifodalovchi harakatlanuvchi bo'g'inlar – 1, 2, 3.

Manipulatorning “panja” sini ifodalovchi harakatlanuvchi bo'g'inlar – 4, 5, 6.

Kinematik juftlar: jami oltita bitta harakatli (beshinchi sinf P_5), shulardan beshtasi bir harakatli aylanma (A, B, D, E, F) va bitta bir harakatli ilgarilanma (C).

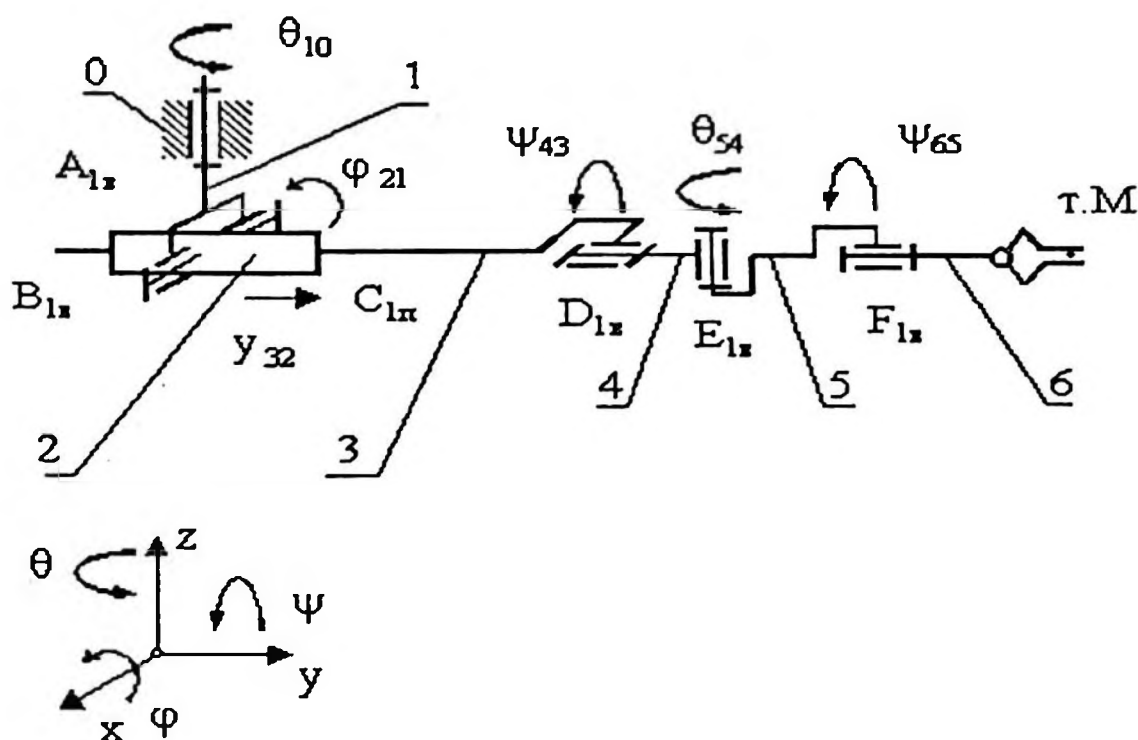
Manipulatorning harakatchanligi:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 p_i = 6 \cdot 6 - 5 \cdot 6 = 36 - 30 = 6.$$

Manipulatorning manyovrligi $M = W - 6 = 6 - 6 = 0$.

Tuzilish tenglamasi:

$$W = \theta_{10} + \varphi_{21} + y_{32} + \psi_{43} + \theta_{54} + \psi_{65}.$$



3.43-rasm. “Unimate” robotining manipulator sxemasi.

Mexanizmdagi ortiqcha ulanishlar va passiv harakatchanlik.

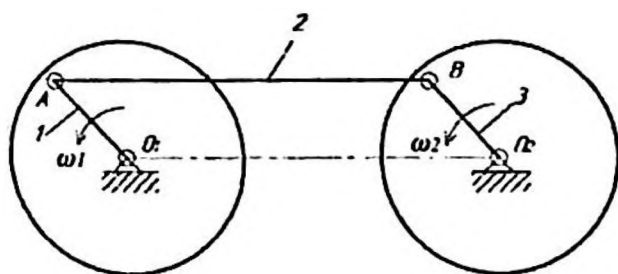
Mexanizmda ortiqcha (passiv) ulanishlar va passiv (lokal, mahalliy) harakatchanlik mavjud bo‘lishi mumkin, bu mexanizmning harakatiga va kirish bo‘g‘inining harakat qonuniga ta’sir qilmaydi [1,3,6,14,47].

Mexanizmdagi ortiqcha ulanishlar takrorlanuvchi (yoki qaram) ulanishlar bo‘lib, ularni olib tashlash mexanizmning ma’lum bir erkinlik darajasini o‘zgartirmaydi. Ulanishlar joylashuvidagi o‘zgarishlar bo‘g‘inlarning deformatsiyalari, kontaktli yuzalarni kinematik juftlik elementlari orasidagi yeyilish bo‘shliqlari bilan

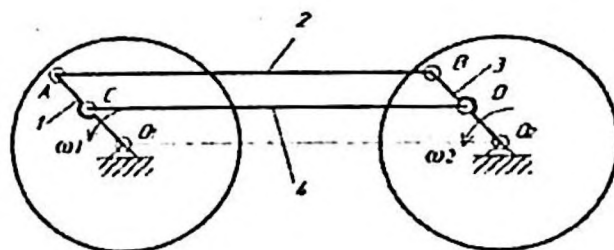
taqqoslash, bo'g'inlarni ishlab chiqarish va yig'ishning aniqligi, juftlik elementlarining qirra tutashuvi bilan qoplanadi. Ortiqcha ulanishsiz mexanizmning strukturaviy sxemasi *asosiy sxema* deb ataladi.

Passiv ulanishlar foydali va zararli bo'lishi mumkin.

Foydali passiv ulanishlar konstruktor tomonidan mexanizmning strukturasi yaxshilash uchun sun'iy ravishda mexanizm sxemasiga kiritiladi (yuklanish va ishonchliligini oshirish). 3.44-rasmda parallel krivoshiplar mexanizmining sxemasi tasvirlangan (lokomotivlarning yetakchi g'ildiraklarining yuritmasi sifatida ishlatiladi).



3.44-rasm. Parallel krivoshiplar mexanizmining sxemasi.



3.45-rasm. Qo'shimcha bo'g'inli parallel krivoshiplar mexanizmi.

Sxemaning kamchiligi:

a) mexanizmning chetki holatida, 1, 3 krivoshiplar va shatun 2 O_1 , O_2 bilan mos keladigan bir tekis chiziqda bo'lishi mumkin. Krivoship 1 ning keyingi harakati bilan parallelogramm mexanizmini antiparallelogramm mexanizmiga o'tib ketishi mumkin. Bo'g'in 3 yo'nalishidagi harakatning noaniqligi mexanizmdagi kuchlarning uzatilishi keskin yomonlashishiga olib keladi. Amalda, bu kamchiliklar mexanizm sxemasiga qo'shimcha "ortiqcha" 4 bo'g'inini kiritish orqali bartaraf etiladi (3.45-rasm), ya'ni o'rnatilgan yoki passiv ulanishlarni kiritish;

b) Lokomotiv-energiya talab qiladigan mashina, shuning uchun lokomotivning yetakchi g'ildiraklarini ($\omega_1 = \omega_3$) bir xil aylanishni ta'minlaydigan va bog'lab turadigan shatunga tushadigan yuklanish

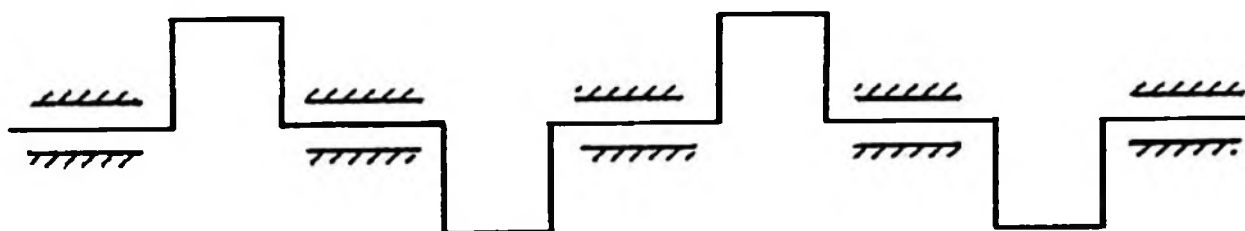
yetarlicha katta. Natijada, uning ortiqcha yuklanishi tufayli shatunning deformatsiyalanishi yoki mustahkamligi yo'qolishi mumkin (chunki krivoshipning o'lchamlari g'ildiraklarining gabaritlari bilan cheklangan).

Passiv ulanishlar bilan mexanizmning harakatchanligi:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 0 = 0 \quad (3.10)$$

Hisoblash natijalariga ko'ra, mexanizm sxemasiga (3.45-rasm) qo'shimcha bo'g'in 5 ni kiritishu mexanizmni harakatdan mahrum qilib, uni fermaga aylantirdi. Aslida, mexanizmning harakatchanligini o'zgartirmaslik (u oldingi holatda qoladi, ya'ni $W = 1$) va mexanizmning maqsadini saqlab qolish ($\omega_1 = \omega_3$) va CD AB ga parallel sharti bajarilgan holda, mexanizm sxemasiga 4-harakatlanuvchi bo'g'in kiritilgan.

Shundan xulosa kelib chiqadi: *mexanizmning strukturaviy formula bo'yicha harakatchanligini aniqlashda passiv ulanishlar hisobga olinmasligi kerak, ular aniqlanishi va xayolan olib tashlanishi kerak.* "Qo'shimcha" ulanishlar tez-tez mexanizmlarda ularning bikrligini oshirish va energiya uzatish sharoitlarini yaxshilash uchun ishlatiladi. Qo'shimcha kinematik juftlarni kiritish orqali bo'g'inlarning bikrligi va yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish mumkin (3.44-rasm).



3.46-rasm. Dvigatel tirsakli valining ko'p ustunli sxemasi.

L.N. Reshetov Maleshevning formulasiga qo'shimcha q a'zosini kiritdi, bu butun mexanizmning ortiqcha kontur bog'lanishining umumiy sonini hisobga oladi. Natijada, formula (3.3) quyidagi shaklga ega bo'ldi:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^s ip_i + q \quad (3.11)$$

Tekis mexanizmlar uchun

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 + q \quad (3.12)$$

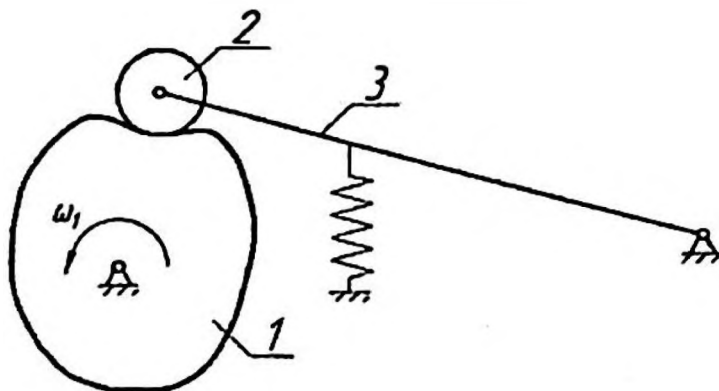
3.12-tenglamani hisobga olib, 3.43-rasmdagi mexanizmning harakatchanligi quyidagicha topiladi:

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 0 + 1 = 1$$

Mexanizmlarni loyihalashda detallarning ishlaydigan yuzalarini yeyilishi mahalliy harakatga ega bo'lgan ulanishlarni o'rnatish orqali kamaytiriladi. Oraliq bo'g'inlarning roli mexanizmning kinematikasiga ta'sir qilmaydigan detallar tomonidan amalga oshiriladi. Eng keng tarqalgan oraliq detallar vintli uzatmalardagi podshipniklar zoldirlari, turli uzatmalarda qo'llanadigan podshipniklarning roliklari va kulachokli (mushtumli) mexanizmlari. Masalan, kulachokli mexanizmlarda rolik 3 ni o'rnatish (3.47-rasm) turtkich 2 harakatining dastlabki qabul qilingan qonunini o'zgartirmaydi.

P. L. Chebishev formulasiga muvofiq mexanizmning harakatchanligi darajasi:

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



3.47-rasm. Rolikli turtkich bilan kulachokli mexanizm sxemasi.

Tekis va fazovi yopiq kinematik zanjirlarga ega mexanizmlar bir yoki bir nechta yopiq konturlarni o'z ichiga oladi, ochiq kinematik zanjirlarga ega mexanizmlar mahalliy yopiq konturlarni o'z ichiga olishi mumkin. Yopiq konturning asosi strukturaviy guruhdir. Mexanizmning yopiq konturlari soni X.I. Gohman formulasi bilan belgilanadi [5,6]:

$$K = \sum_{i=1}^s p_i - n, \quad (3.13)$$

bunda p_i - i - sinfli kinematik juftlar soni, n - harakatlanuvchi bo'g'inlar soni.

Har bir yopiq kontur mexanizmning ishlash jarayonini yomonlashtiradigan bir qator ulanishlar bo'g'inlarning nisbiy harakatlariga ta'sir ko'rsatadi. Bu, ayniqsa, mexanizmning kinematik juftlari o'qi bir-biriga parallel bo'lmaganda namoyon bo'ladi.

Tekis yopiq konturli tekis va fazoviy yopiq mexanizmlar yuqori aniqlikdagi tayyorlash va yig'ishni talab qiladi, aks holda kinematik juftliklarning o'qlari qiyshayishi va yig'ish bilan bo'g'inlarning deformatsiyasi mexanizmni qadalishga olib kelishi mumkin bo'lgan ishqalanishni oshiradi. Xuddi shunday, qadalish mahalliy tekis yopiq konturlar bilan ochiq mexanizmlarda sodir bo'lishi mumkin. Shuning uchun bunday mexanizmlar ortiqcha (bir xil, qaytariladigan) konturli ulanishli deb qaraladi, bu esa mexanizmni sozlash va ushbu kamchiliklardan xalos bo'lishga imkon beradi.

Faqat 5-sinfidagi kinematik juftlar tomonidan yaratilgan bir yopiq konturni o'z ichiga olgan mexanizm uchta ortiqcha kontur ulanishlariga ega. 5-sinfidan tashqari yopiq konturdagi kinematik juftliklar 4-, 3-, 2- yoki 1-sinflar bo'lishi mumkin bo'lsa, ya'ni qo'shimcha harakatlar bo'lsa, j -yopiq konturning ortiqcha kontur ulanishlar soni o'zgaradi va quyidagi tenglama bilan aniqlanishi mumkin [51].

$$S_j = 3 - \sum_{i=1}^s (m-i)p_i, \quad (3.14)$$

bu yerda p_i – i sinfli yopiq konturning kinematik juftlari soni; m – kinematik juftlarning turini ko'rsatuvchi ko'rsatkich:

$m = 5$ – quyi kinematik juftlar uchun;

$m = 4$ – oliy kinematik juftlar uchun.

Salbiy S qiymati yopiq konturning ortiqcha harakatchanligi paydo bo'lganligini ko'rsatadi:

$$h_j = - S_j.$$

Mexanizmning strukturaviy sxemasida ortiqcha kontur bog'lanishlari yoki keraksiz harakatlarning mavjudligi mexanizm tizimli *strukturaviy ortiqchalikka* egaligini ko'rsatadi.

Butun mexanizmning ortiqcha konturli ulanishlar va ortiqcha harakatchanligi (strukturaviy ortiqchalik) soni quyidagi formula bilan aniqlanadi [51]:

$$S = \sum_{j=1}^K S_j = \sum_{j=1}^K 3 - \sum_{i=1}^5 (m-i) p_i. \quad (3.15)$$

Mexanizmning strukturaviy sxemasi ortiqcha bog'lanishlar va kinematik juftliklarga ega bo'lishi mumkin, bu uning funksional o'zgarishlariga ta'sir qilmaydi, lekin mexanizmning ishlash sifatiga ta'sir qiladi. Bunday mexanizm konstruktiv ortiqchalikka ega bo'ladi (3.46 va 3.47-rasmlar).

Shunday qilib, mexanizmning harakatlanishi quyidagi tenglamadan aniqlasa bo'ladi [53]:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 i p_i + \sum_{j=1}^K S_j - \sum_{j=1}^K Z_j, \quad (3.16)$$

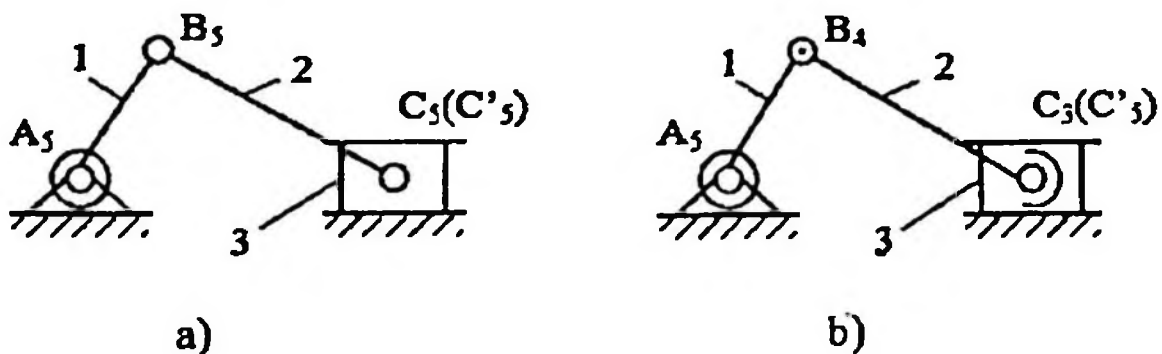
bu yerda p_i – butun mexanizmning i – sinfli juftliklar soni; Z_j – chiqish bo'g'inlarining funksional harakatlariga ta'sir qilmaydigan yopiq konturning ortiqcha bo'g'inlar soni.

(3.14) va (3.16) formulalar ham fazoviy, ham tekis yopiq mexanizmlar uchun, shuningdek, mahalliy yopiq konturli yopiq richagli mexanizmlari uchun qo'llaniladi.

1-misol

Ichki yonuv dvigateli mexatron modulining strukturaviy tahlili qilinsin (3.46, a-rasm).

Mexanizm uch bo'g'in 1, 2, 3 va to'rtta beshinchi sinfli A_5 , B_5 , C_5 va C'_5 kinematik juftlardan iborat. Yopiq konturlar sonini hisoblaymiz:



3.48-rasm.

$$K = \sum_{i=1}^5 p_i - n = 4 - 3 = 1$$

Yopiq konturning ortiqcha bog'lanishlari sonini topamiz:

$$S = 3 - \sum_{i=1}^5 (m-i)p_i = 3 - (5-5)4 = 3.$$

Mexanizmning harakatchanligini aniqlaymiz:

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i + \sum_{j=1}^K S_j = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 4 + 3 = 1.$$

Ortiqcha kontur ulanishlarini bartaraf etish uchun kinematik juftliklar sinfini pasaytiramiz: B_5 ni B_4 bilan va C_5 ni C_3 bilan almashtiriladi (rasm 3.46, b).

Unda

$$S = 3 - (5 - 3) - 1 - (5 - 4) - 1 = 0.$$

Mexanizmning harakatchanligini aniqlaymiz:

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

Xulosa: kinematik juftlarning sinfini o'zgartirib, yopiq konturning ortiqcha bog'lanishlari sonini kamaytirish mumkin. Bunda mexanizmning harakatchanligi o'zgarmaydi.

2-misol

Ikki tomonlama tishli reyka 1, 3 va 3", bo'g'inlar qattiq qotirilgan ikki tishli g'ildiraklar 2 va 2", ishchi elementlari mavjud 4 va 4', 5, va 5' bo'g'inlardan iborat. Mexatron mexanizm robotining ushlar moslamasini ko'rib chiqamiz. (3.46-rasm, a).

Mexanizm yetti harakatlanuvchi bo'g'inlardan ($n = 7$), ikkinchi sinfnig ikki juftidan (E_2, E'_2) va beshinchi sinfli to'qqizta kinematik juftlardan iborat ($A_5, B_5, C_5, D_5, F_5, D'_5, C'_5, B'_5, A'_5$).

Mexanizmning yopiq konturlari sonini aniqlaymiz:

$$K = \sum_{i=1}^5 p_i - n = 11 - 7 = 4$$

Konturlarning ortiqcha bog'lanishlari sonini hisoblaymiz:
birinchi D_5, E_2, F_5

$$S_1 = 3 - \sum_{i=1}^5 (m-i)p_i = 3 - (4-2) - 1 + (5-5) - 2 = 1.$$

ikkinchi D'_5, E'_2, F_5

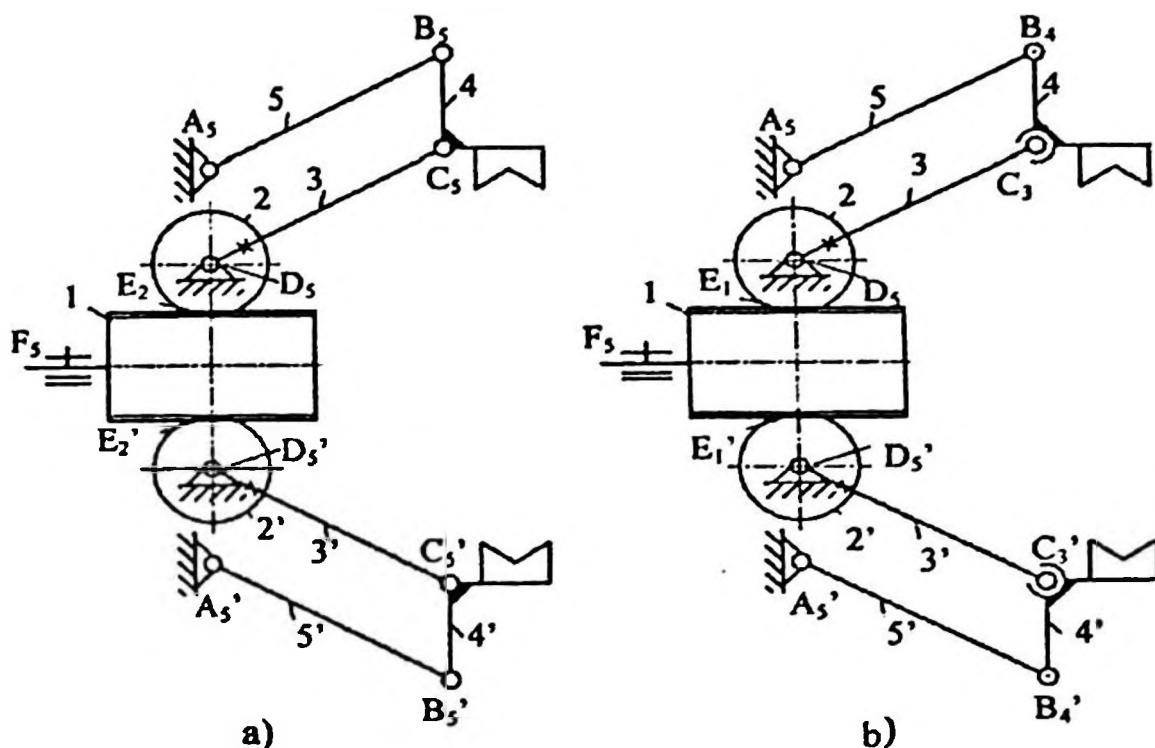
$$S_2 = 3 - (4-2) - 1 + (5-5) - 2 = 1.$$

uchinchi A_5, B_5, C_5, D_5

$$S_3 = 3 - (5-5) - 4 = 3.$$

to'rtinchi A'_5, B'_5, C'_5, D'_5

$$S_4 = 3 - (5 - 5) = 3.$$



3.49-rasm.

Shunday qilib, butun mexanizmning ortiqcha kontur bog'lanishlari soni tengdir:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 1 + 1 + 3 + 3 = 8.$$

Mexanizmning harakatchanligi soni:

$$W = 6 \cdot 7 - 2 \cdot 2 - 5 \cdot 9 + 8 = 1.$$

Shunday qilib, tutqich mexanizmini boshqariladigan harakatga olib kelish uchun bitta boshqariladigan umumiy koordinatani – reyka 1 yo'lining chiziqli harakatini o'rnatish kerak. Buning uchun F_5 juftligida bitta yuritma o'rnatish kerak.

Birinchi va ikkinchi konturlarida ortiqcha ulashmalarni bartaraf etish E_2 va E'_2 ikkinchi sinf ikki kinematik juftlarni birinchi sinf E_1 va E'_1 ikki kinematik juftlar bilan almashtirish, uchinchi va to'rtinchi

konturlarda – beshinchi sinf C_5 va B_5 kinematik juftlarni uchinchi C_3 va to'rtinchi B_4 sinflar bilan, va to'rtinchi konturda C'_5 ni C'_3 ga va B'_5 ni B'_4 ga (3.46-rasm, b) yoki D_5 va D'_5 larni D_3 va D'_3 larga hamda va B_5 va B'_5 larni B_4 va B'_4 bilan almashtirish. Shunday qilib, ortiqcha kontur ulashmalarini bartaraf etish ko'p tomonlama vazifadir.

Konturlarning ortiqcha ulashmalari soni:

$$S_1 = 3 - (4 - 1) - 1 + (5 - 5) - 2 = 0;$$

$$S_2 = 3 - (4 - 1) - 1 + (5 - 5) - 2 = 0;$$

$$S_3 = 3 - (5 - 3) - 1 - (5 - 4) - 1 = 0;$$

$$S_4 = 3 - (5 - 3) - 1 - (5 - 4) - 1 = 0.$$

Mexanizmning harakatchanligi soni o'zgarmadi:

$$W = 6 \cdot 7 - 1 \cdot 2 - 3 \cdot 2 - 4 \cdot 2 - 5 \cdot 5 = 1.$$

Xulosa:

Haddan tashqari kontur ulanishlarini bartaraf etish kinematik juftliklarda qadalish hodisasini keltirib chiqarishni oldini oladi va shunga mos ravishda ularda yeyilishni kamaytiradi, mexanizmning ishlashida aniqligini, uning chidamliligi va ishonchliligini oshiradi, ya'ni uning sifat xususiyatlarini yaxshilaydi.

Nazorat va muhokama savollari

1. Mexatron modullarning asosiy komponentlariga nimalar kiradi?
2. Dvigatel qanday qurilma? Dvigatelning turlarini keltiring.
3. Harakatni o'zgartiruvchi mexanizmlar to'g'risida tushuncha bering. Ular nimani o'zgartiradi?
4. Harakatni o'zgartiruvchi mexanizmlarning turlarini keltiring.
5. Harakatni o'zgartiruvchi mexanizmlarning funksional xususiyatlari.
6. Mexatron modul elementlarini ulash usullari.

7. Mashina va mexanizm deb nimani tushunasiz? Ularning tasniflari.

8. Mexanizm elementlari – bo‘g‘in, kinematik juft to‘g‘risida tushuncha bering.

9. Bo‘g‘inlarnin qanday turlari mavjud va ular qanday nomlanadi?

10. Kinematik juftlarning klassifikatsiyasi. Ular nechta sinflarga bo‘linadi?

11. Kinematik juftning sinfi qanday aniqlanadi?

12. Kinematik juftning harakatchanlik darajasi deb nimani tushunasiz?

13. Qo‘shimcha (ortiqcha) harakatchanlik deb nimani tushunasiz? Misol keltiring.

14. Mexanizmning harakatchanligi (harakatchanlik darajasi) tekis va fazoviy mexanizmlarda qanday aniqlanadi?

15. Mexanizmning harakatchanligi soni nimani anglatadi?

16. Strukturaviy va kinematik sxemalarning farqini tushuntiring.

17. Passiv bo‘g‘in nima? U mexanizmda qanday rol o‘ynaydi?

18. Mexanizmning strukturaviy analizi deb nimani tushunasiz? Unda nimalar aniqlanadi?

19. Qo‘shimcha kontur bog‘lanish qanday aniqlanadi?

20. Qo‘shimcha harakatlanish to‘g‘risida tushuncha bering.

21. Manipulatorning tarkibiy qismlarini aytib bering.

IV BOB

MEXATRON QURILMALARNING MEXANIZMLARINI KINEMATIK TAHLIL QILISH

Mexanizmni kinematik tahlil qilish – yetakchi yoki yetaklanuvchi bo‘g‘inlarning harakat qonunlari bo‘yicha mexanizm bo‘g‘inlarining harakat qonunlarini aniqlash [6].

Mexanizmlar kinematikasining asosiy vazifasi ularning massasi va bo‘g‘inlarga ta’sir qilayotgan kuchlardan qat’i nazar, uning bo‘g‘inlari harakatini o‘rganishdir. Shu bilan birga, mexanizmning nuqtalari va bo‘g‘inlarning vaqt funksiyasidagi harakat, tezlik va tezlanishlari o‘rganiladi.

Yetakch bo‘g‘inlarning harakat qonunlari juda xilma-xildir va ularni turli sxemalar bo‘yicha tayyorlangan mexanizmlar bilan amalga oshiriladi. Har bir alohida holatda eng ratsional mexanizmni tanlash bir qator omillarni hisobga olgan holda amalga oshiriladi: konstruktiv, texnologik, iqtisodiy, ishlatish, shuningdek, mexanizmlarni tegishli tadqiqotlardan so‘ng olingan kinematik, dinamik va aniqlik xususiyatlarni baholash natijalari. Ushbu bobda mexanizmlarning kinematik tahlil qilishning ba’zi usullari ko‘rib chiqiladi va ular kinematikaning ikkita masalasini hal qilishga imkon beradi: *bevosita va teskari*.

Kinematikaning *bevosita vazifasi* umumiy koordinatalarni o‘zgartirishning ma’lum qonunlariga muvofiq mexanizmning chiqish bo‘g‘ini (yoki biron-bir bo‘g‘ini) koordinatalarini o‘zgartirish qonunlarini aniqlashdan iborat.

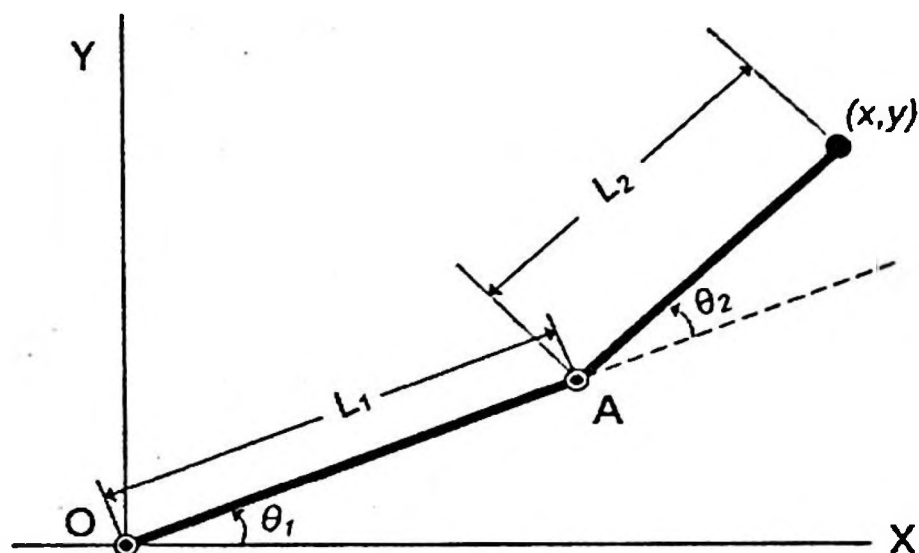
Kinematikaning *teskari vazifasi* chiqish bo‘g‘ini koordinatalarini ma’lum qonunlari bo‘yicha mexanizmning umumiy koordinatalarini o‘zgartirish qonunlarini belgilashdir.

4.1. Mexanizmlarning kinematik tahlil qilishning analitik (koordinata) usuli

Mexanizmning kinematik tenglamalarini analitik shaklda tuzish uchun uning vektor modeli asos bo'ladi. Bu mexanizmning strukturaviy (kinematik) sxemasida kinematik juftlarni va harakat darajasini bog'laydigan geometrik vektorlarning to'plamidir[6].

Kinematikaning bevosita vazifasiga misol [52]:

Faqat bitta tekislikda ishlaydigan va ikkita bo'g'inlarga ega bo'lgan manipulator sxemasi 4.1-rasmda ko'rsatilgan.



4.1-rasm. Kinematikaning bevosita vazifasiga mexanizm sxemasi.

L_1 ning birinchi bo'g'ini ustunga o'rnatiladi va Q_1 burchagiga buriladi, ikkinchi bo'g'in L_2 birinchi bo'g'inning oxiriga biriktirilgan va unga nisbatan Q_2 burchagiga buriladi.

Manipulatorning ishchi organi ikkinchi bo'g'inning oxirida joylashadi.

Kinematikaning bevosita vazifasi L_1 , L_2 , Q_1 , Q_2 tomonidan ishchi organning (x, y) koordinatalarini topishdir.

L_1 va L_2 navbati bilan manipulatorning yelkasi va tirsagi uzunligi manipulatorning konstruksiyasi bilan belgilanadi.

Yechimi:

Bu yerda bizda ikkita mos sanoqlarlar tizimi mavjud: birinchisi, L_1 – O yelkasini bog‘lash nuqtasi, ikkinchisi esa tirsakni bog‘lash nuqtasida L_2 – A koordinatalarning boshlanishi bilan bog‘liq.

Ikkinchi tizimning birinchiga (A nuqtasining koordinatalarini O sanoq tizimidagi) nisbatan o‘zgarishini topamiz:

$$X_A = L_1 \cos Q_1;$$

$$Y_A = L_1 \sin Q_1.$$

Tirsakka mos sanoqlar tizimida koordinatalari (x, y) :

$$X_A' = L_2 \cos Q_2;$$

$$Y_A' = L_2 \sin Q_2.$$

Rasmga ko‘ra, O tizimida L_2 tirsagi Q_1+Q_2 burchakda yelkaga nisbatan aylanadi:

$$X_A' = L_2 \cos(Q_1+Q_2);$$

$$Y_A' = L_2 \sin(Q_1+Q_2).$$

Asosiy koordinatalar tizimi O nuqtasiga nisbatan:

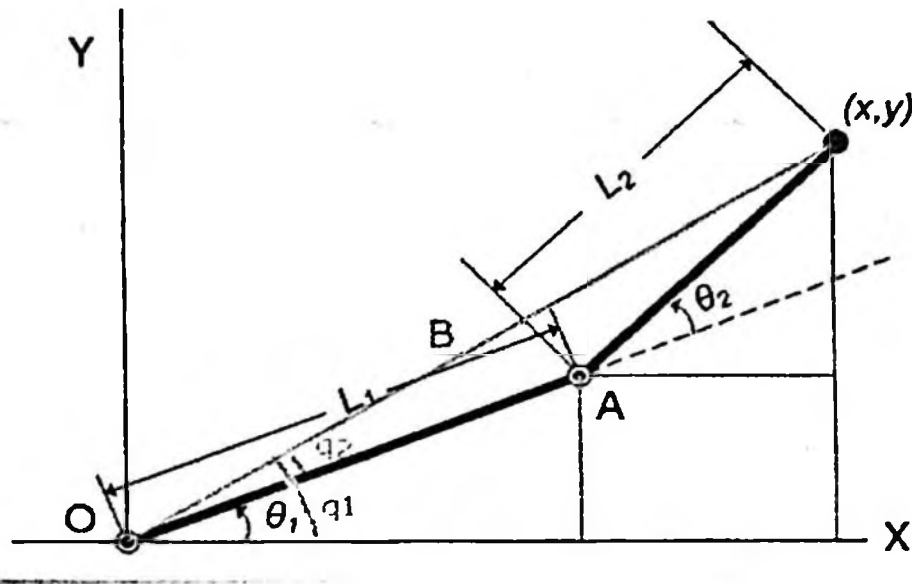
$$X = X_A + X_A' = L_1 \cos Q_1 + L_2 \cos(Q_1+Q_2);$$

$$Y = Y_A + Y_A' = L_1 \sin Q_1 + L_2 \sin(Q_1+Q_2).$$

Kinematikaning teskari vazifasiga misol [52]:

4.1-rasmga ko‘ra, bu manipulatorga yelkasi L_1 va tirsagi L_2 larni ishchi organi belgilangan nuqtaga (x, y) joylashtirish imkonini beruvchi Q_1 va Q_2 burchaklarini topish kerak.

Koordinatalarning boshlang'ich nuqtasi O ni ma'lum bir nuqta bilan (x, y) bog'laydigan to'g'ri chiziq B chizamiz (4.2-rasm).



4.2-rasm. Kinematikaning teskari vazifasiga mexanizm sxemasi.

$$B^2 = X^2 + Y^2;$$

$$X = B \cos q_1;$$

$$Y = B \sin q_1,$$

bu yerda q_1 – OX o'qi va to'g'ri chiziq B orasidagi burchak, q_2 – to'g'ri chiziq B va yelka L_1 o'rtasidagi burchak.

Bunda $Q_1 = q_1 - q_2$.

$q_1 = \arccos(X/B)$ yoki $q_1 = \arctg(Y/X)$.

q_2 ni kosinuslar teoremasi orqali topamiz:

$$L_2^2 = B^2 + L_1^2 - 2 B L_1 \cos q_2;$$

$$q_2 = \arccos \frac{L_1^2 - L_2^2 + B^2}{2 B L_1};$$

$$Q_1 = q_1 - q_2 = \arccos \frac{X}{B} - \arccos \frac{L_1^2 - L_2^2 + B^2}{2 B L_1}.$$

Xuddi shu kosinuslar teoremasidan Q_2 burchagini topamiz. Rasmda ko‘rinib turganidek, Q_2 burchagi $180^\circ - Q_1$.

$$B^2 = L_1^2 + L_2^2 - 2 L_1 L_2 \cos(180^\circ - Q_2);$$

$$Q_2 = 180^\circ - \arccos \frac{L_1^2 + L_2^2 - B^2}{2 L_1 L_2}$$

4.2. Mexanizmlarni kinematik tahlil qilishning differensial usuli

Mexanizmlarni kinematik tahlil qilishning differensial usuli mexanizmning vektorli konturining tenglamasini tuzish, uni koordinatlar o‘qlariga proektsiyalash va vaqt bo‘yicha proyeksiya tenglamalarni differensiyalashdan iborat. Birinchi differensiyalashdan so‘ng, mexanizmning nuqtasi yoki bo‘g‘inining tezligi, ikkinchi differensiyalashdan keyin nuqta yoki bo‘g‘inining tezlashishi olinadi [6].

Sinus-kosinus mexanizmi uchun (4.3-rasm) tezlik va tezlashmalarning analoglaridan foydalanib, bo‘g‘in 3 ning chiziqli tezligi va tezlashishi topilsin.

Mexanizmning holat funksiyasi:

$$x_c = l_1 \cos q_1.$$

Bo‘g‘in 3 ning chiziqli tezligi analogi:

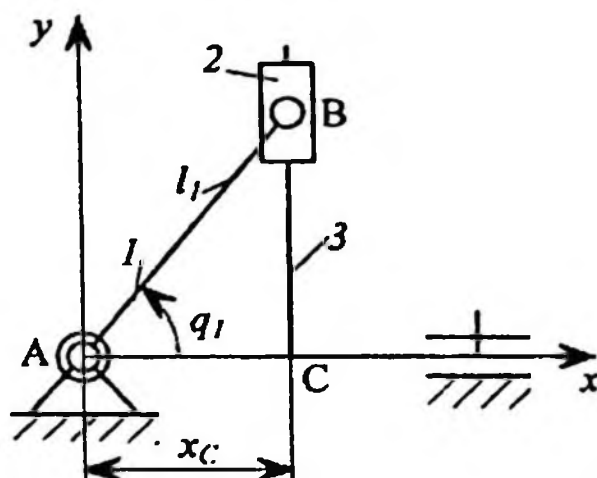
$$v_{qc} = -l_1 \sin q_1 \cdot \dot{q}_1.$$

Bo‘g‘in 3 ning chiziqli tezligi:

$$v_c = v_{qc} \dot{q}_1 = -l_1 \sin q_1 \dot{q}_1^2.$$

Bo‘g‘in 3 ning chiziqli tezlanish analogi:

$$a_{qc} = \frac{dv_{qc}}{dq_1} = l_1 \cos q_1 \cdot \dot{q}_1^2.$$



4.3-rasm. Sinus-kosinus mexanizmi kinematik sxemasi.

Bo'g'in 3 ning chiziqli tezlanishi:

$$a_c = v_c \ddot{q}_1 + a_c \dot{q}_1^2 = -l_1 \sin q_1 \ddot{q}_1 - l_1 \cos q_1 \dot{q}_1^2.$$

Agar $\dot{q}_1 = \text{const}$ bo'lsa, $\ddot{q}_1 = 0$.

Unda 3-bo'g'inning tezlanishi:

$$a_c = -l_1 \cos q_1 \dot{q}_1^2.$$

Robotning ijro etuvchi mexanizmidagi ishchi organining D nuqtasining holatini, tezligini va tezlashishini aniqlaylik.(4.4-rasm).

ABC vektorli ko'pburchagining tenglamasini yozamiz:

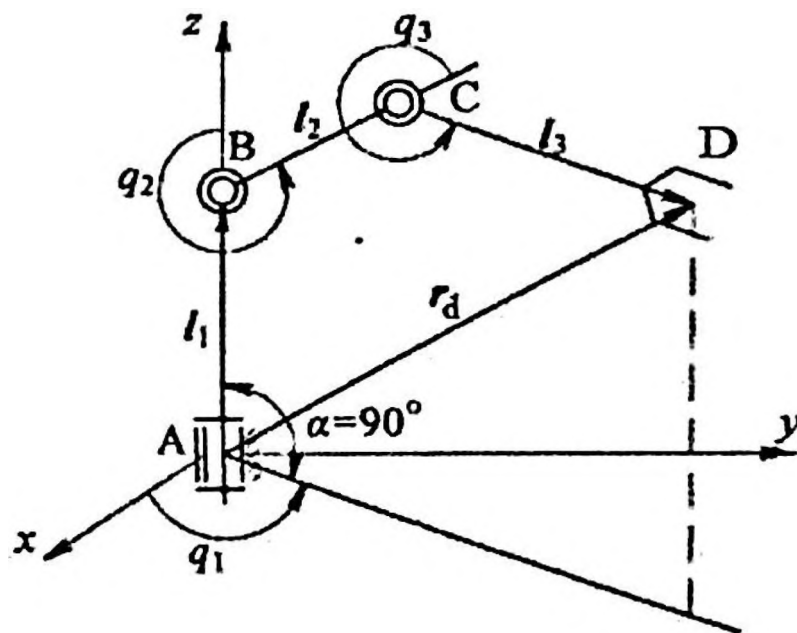
$$r_d = l_1 + l_2 + l_3.$$

Vektor tenglamasining koordinata o'lariga proyeksiyalari:

$$x_d = l_1 \cos \alpha \cos q_1 + l_2 \cos(\alpha + q_2) \cos q_1 + l_3 \cos(\alpha + q_2 + q_3) \cos q_1;$$

$$y_d = l_1 \cos \alpha \sin q_1 + l_2 \cos(\alpha + q_2) \sin q_1 + l_3 \cos(\alpha + q_2 + q_3) \sin q_1;$$

$$z_d = l_1 \sin \alpha + l_2 \sin(\alpha + q_2) + l_3 \sin(\alpha + q_2 + q_3).$$



4.4-rasm. Robotning ijro etuvchi mexanizmi.

Lekin $\alpha = 90^\circ$ va shuning uchun bu tenglamalar quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\begin{aligned} x_d &= l_2 \cos(90^\circ + q_2) \cos q_1 + l_3 \cos(90^\circ + q_2 + q_3) \cos q_1; \\ y_d &= l_2 \cos(90^\circ + q_2) \sin q_1 + l_3 \cos(90^\circ + q_2 + q_3) \sin q_1; \\ z_d &= l_1 + l_2 \sin(90^\circ + q_2) + l_3 \sin(90^\circ + q_2 + q_3). \end{aligned}$$

Ushbu tenglamalarni differensiyalaymiz:

$$\begin{aligned} \dot{x}_d &= -l_2 \sin(90^\circ + q_2) \dot{q}_2 \cos q_1 - l_2 \cos(90^\circ + q_2) \sin q_1 \dot{q}_1 - \\ &\quad - l_3 \sin(90^\circ + q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \cos q_1 - l_3 \cos(90^\circ + q_2 + q_3) \sin q_1 \dot{q}_1; \\ \dot{y}_d &= -l_2 \sin(90^\circ + q_2) \dot{q}_2 \sin q_1 + l_2 \cos(90^\circ + q_2) \cos q_1 \dot{q}_1 - \\ &\quad - l_3 \sin(90^\circ + q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \sin q_1 + l_3 \cos(90^\circ + q_2 + q_3) \cos q_1 \dot{q}_1; \\ \dot{z}_d &= l_2 \cos(90^\circ + q_2) \dot{q}_2 + l_3 \cos(90^\circ + q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \end{aligned}$$

D nuqtaning tezlik moduli;

$$v_d = \sqrt{\dot{x}_d^2 + \dot{y}_d^2 + \dot{z}_d^2}.$$

Agar D nuqtaning tezlik proyeksiyalarini yana bir marta differensiyallasak, ushbu nuqtaning koordinata o'qlariga tezlanish proyeksiyalarini olamiz.

4.3. Richagli mexanizmlarni kinematik tahlilini vektorli usuli (rejalar usuli)

Mexanizmlarni kinematik tahlil qilishning vektor usuli – bu nuqta yoki bo'g'inning murakkab harakatini ko'chma va nisbiy harakatlar summasi shaklida ko'rib chiqishdan iborat [6, 14, 47].

Ko'rib chiqilagingan nuqta uchun mutlaq chiziqli tezlik vektori:

$$\vec{v} = \vec{v}_r + \vec{v}_e;$$

bu yerda $\vec{v}_r$ – nuqtaning ko'chma tezligi vektori; $\vec{v}_e$ – nuqtaning nisbiy tezlik vektori.

Mexanizm rejasi – tanlangan vaqt oralig'ida bo'g'inlarning o'zaro joylanishini uzunlik masshtabidagi grafik tasviri.

Tekis mexanizmning *tezlik (tezlanish) rejasi* – bu vektorlarning tekis to'plami bo'lib, u $p(\pi)$ ning umumiy nuqtasidan kelib chiqadi, uning nurlari absolut tezlikni (tezlanishni) bog'lanish vektorlarini ifodalaydi va nurlarning uchlarini bog'laydigan kesmalar tanlangan masshtabdagi mexanizmning bu holatiga tegishli nuqtalarning nisbiy tezligi (tezlanishi) vektorlari deb ataladi.

Uzunlik masshtabi μ_l – bo'g'inlarning haqiqiy uzunligini (m; mm) rejadagi bo'g'inlarning (mm) uzunligiga nisbati.

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{l_{OA}} = \frac{l_{OA}}{OA} \frac{m}{mm};$$

bu yerda l_{OA} – OA bo'g'inining haqiqiy uzunligi (m), – $\overline{OA}$ rejadagi OA bo'g'inining uzunligi chiziladigan varaq formatiga ko'ra ixtiyoriy olinadi.

Tezlik masshtabi – bo'g'in nuqtasining haqiqiy tezlik qiymatini rejadagi tezlik vektor uzunligi nisbatiga aytiladi:

$$\mu_v = \frac{v_A}{pa} \frac{m/s}{mm};$$

bu yerda v_A – krivoshipga tegishli A nuqtasining haqiqiy tezligi, pa – A nuqtasi tezligining vektor uzunligi.

Rejadagi tezlik vektor uzunligi (pa) ixtiyoriy uzunlikda olinsa, tezlik rejasi *ixtiyoriy masshtabda*, agar chizmadagi krivoship uziliga teng qilib olinsa ($pa = OA$), tezlilar rajasi krivoship masshtabida chizilgan bo'ladi.

Krivoshipning A nuqtasi (chetki nuqtasi) tezligi $V_A = \omega_1 \cdot \ell_1 = \omega_1 \cdot OA \cdot \mu_l$ hisobga olib, krivoship masshtabida quraligan tezlik rejasi masshtabi quyidagicha topiladi:

$$\mu_v = \frac{v_A}{pa} = \frac{\omega_1 l_{OA}}{pa} = \frac{\omega_1 OA \mu_l}{OA} = \omega_1 \mu_l \frac{m/s}{mm}.$$

Tezlanish masshtabi – bo'g'in nuqtasining haqiqiy tezlanish qiymatini rejadagi tezlanish vektor uzunligi nisbatiga aytiladi.

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi a} \frac{m/s^2}{mm};$$

bu yerda a_A – krivoshipga tegishli A nuqtasining haqiqiy tezlanishi, πa – A nuqtasi tezlanishining vektor uzunligi.

Tezlik rejasi kabi, tezlanish rejasini ham ixtiyoriy yoki krivoship mashtabida qurish mumkin.

Tezlanish rejasi krivoship masshtabi quriladigan bo'lsa, ya'ni $\pi a = OA$ bo'lsa, tezlanish masshtabi:

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi a} = \frac{\omega_1^2 l_{OA}}{\pi a} = \frac{\omega_1^2 OA \mu_l}{OA} = \omega_1^2 \mu_l \frac{m/s^2}{mm}.$$

Mexanizmlarni kinematik o'rganish bilan mexanizm rejasini, keyin tezlik rejalarini va tezlanish rejaları vektorli tarzda quriladi.

Mexanizm bo'g'inlarining tezligi (tezlashuvi) rejasining o'xshashligi teoremasi.

Bo'g'in nuqtalarini mexanizm rejasida va bu nuqtalarning tezlik vektorlarining (tezlanishlar) uchlarini tezlik (tezlanish) jihatidan bog'laydigan to'g'ri chiziqlar vektorlari shunga o'xshash tarzda mexanizm rejasida joylashtirilgan shakllarni hosil qiladi.

O'xshashlik teoremasi ushbu bo'g'inlarning har qanday ikki nuqtasining tezligi (tezlashishi) ma'lum bo'lsa, bo'g'inlarning har qanday nuqtasining tezligini (tezlashishini) aniqlash imkonini beradi.

Krivoship – polzun mexanizmi uchun tezlik va tezlashtirish rejalarini tuzamiz (4.5, a). Dastlabki ma'lumotlar: mexanizmning kinematik sxemasi, umumlashtirilgan q koordinatasi, yetakchi bo'g'inning burchak tezligi $\omega_1 = \text{const}$.

1. Uzunlik masshtabi μ_l da mexanizm holati (8 yoki 12 holati) quriladi.

2. Tezlik rejaları μ_v masshtabida quriladi.

Krivoshipga tegishli B nuqtaning tezlik vektor tenglamasi

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

A nuqtasining chiziqli tezligi nolga teng, chunki A nuqtasi ustunga tegishli. Unda

$$v_B = v_{BA} = \omega_1 l_{AB} = \omega_1 AB \mu_l.$$

Tezliklar masshtabi:

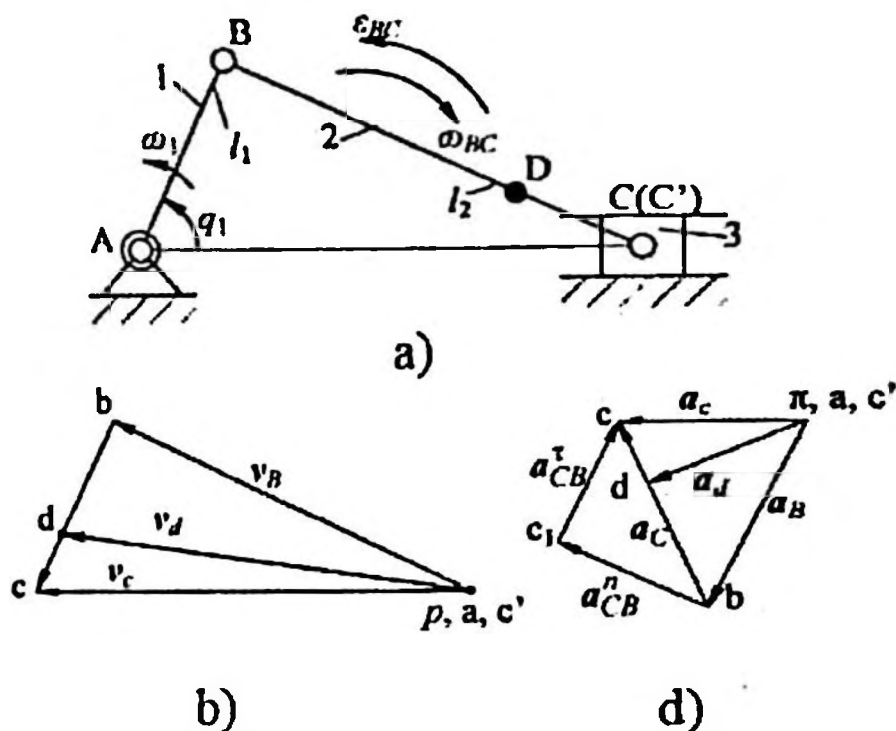
$$\mu_v = \frac{v_B}{pb} = \frac{\omega_1 AB \mu_l}{pb}.$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, tezlik rejasi ixtiyoriy masshtabda quriladi.

B nuqtasining chiziqli tezligi vektori AB bo'g'iniga aylanish yo'nalishi bo'yicha perpendikular bo'lgan Pb kesmasi bilan ifodalanadi. "C" nuqta ikkita bo'g'inga tegishli ikkinchi bo'g'inni

shatunning chetki va polzun 3 ning yagona nuqtasi hisoblanadi. Shuning uchun ushbu nuqtaning tezlik vektor tenglamasi ikki tenglama tizimi orqali ifodalanadi:

$$\begin{aligned}\vec{v}_C &= \vec{v}_B + \vec{v}_{CB}; \\ \vec{v}_C &= \vec{v}_{C'} + \vec{v}_{CC'}.\end{aligned}$$



4.5-rasm. To'rt zvenoli mexanizmning tezlik va tezlanish rejalari.

B nuqtasiga nisbatan C nuqtasining tezli vektori BC ga perpendikular yo'nalgan, ya'ni $\vec{v}_{CB} \perp CB$.

$V_{C'} = 0$, chunki C' nuqta ustunga tegishli; $V_{CC'}$ tezlik vektori polzunning harakat chizig'i bo'yicha yo'nalgan, ya'ni $V_{CC'} \parallel AC'$.

Tezlik rejasini tuzamiz (4.5-rasm, b). bc va pc vektorlari kesishmasidan c nuqta hosil bo'ladi. bc va pc kesmalar tezlik masshtabida V_{CB} va V_c chiziqli tezliklarini ifodalaydi.

Nisbiy va absolut chiziqli tezliklarning modullarini aniqlaymiz:

$$v_{CB} = bc \mu_v [m/s]; \quad v_c = pc \mu_v [m/s].$$

Ikkinchi bo'g'indagi D nuqtaning tezlik rejasidagi holati quyidagi proporsiyadan aniqlanadi:

$$\frac{bd}{BD} = \frac{bc}{BC}; \quad bd = \frac{bc}{BC} BD [mm].$$

D nuqtaning tezlik moduli

$$v_D = \rho d \mu [m/s].$$

BC bo'g'inining (ikkinchi bo'g'in) burchak tezligi

$$\omega_2 = \frac{v_{CB}}{l_{CB}}.$$

Burchak tezlik yo'nalishini aniqlash uchun shartli ravishda tezliklar rejasidan bc vektorni mexanizm sxemasidagi C nuqtaga ko'chiramiz va shu vektor yo'nalishidan B nuqtaga nisbatan moment olamiz, shu momentning yo'nalishi ω_2 ning yo'nalishini beradi.

Mexanizmni tezlashtirish rejasini tuzamiz (4.5-rasm, C) 1-bo'g'indagi B nuqtaning chiziqli tezlanishi aniqlaymiz.

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

A nuqtaning tezlanishi $a_A = 0$, chunki u ustunga tegishli.

B nuqtaning A nuqtaga nisbatan nisbiy normal tezlanishi

$$a_{BA}^n = \omega_1^2 l_{AB} = \omega_1^2 AB \mu_1 = \frac{v_B^2}{AB \mu_1}.$$

B nuqtaning chiziqli normal tezlanish πb kesma qilib, AB ga parallel ravishda yo'naltiramiz, (B nuqtadan A ga, ya'ni markazga yo'naltirilgan).

Ushbu kesmaning uzunligi ixtiyoriy tanlanadi (bizning misolda).

$$a_{BA}^r = \varepsilon_1 l_{BA} = \frac{d\omega_1}{dt} l_{BA} = 0;$$

chunki $\omega_1 = \text{const.}$

C nuqtaning chiziqli tezlanishini vektor tenglamalar tizimidan topamiz:

$$\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}^n + \vec{a}_{CB}^r;$$

$$\vec{a}_C = \vec{a}_{C'} + \vec{a}_{CC'}.$$

$\vec{a}_{CB}^n$ vektori CB ga parallel va C nuqtadan B ga yo'nalgan.

$$a_{CB}^n = \omega_2^2 l_{BC} = \frac{v_{CB}^2}{l_{BC}}.$$

Tezlanishlar rejasida $\vec{a}_{CB}^n$ vektorini bc_1 bilan belgilaymiz. Uning uzunligi

$$\vec{a}_{CB}^n = bc_1 = \frac{a_{CB}^n}{\mu_a} [mm].$$

$\vec{a}_{CB}^r$ vektori CB ga perpendikular yo'nalgan.

Tizimning ikkinchi tenglamasidan $a_{C'} = 0$; $a_{CC'}$ vektori polzun harakat yoli chizig'i bo'yicha yo'nalgan.

C nuqtasi $\vec{a}_{CB}^r$ vektori va tezlanish qutbi π da polzunning yurish yo'liga parallel chiziqlar tutashgan joyida bo'ladi (4.5-rasm, C).

Nisbiy va absolut chiziqli tezlanishlarning modullarini aniqlaymiz.

$$a_{CB}^r = bc_1 \mu_a \text{ m/s}^2 ; \quad a_C = \pi c \mu_a \text{ m/s}^2 .$$

D nuqtaning tezlanish rejasidagi vaziyatini aniqlash uchun proporsiyadan foydalanib topamiz:

$$\frac{BD}{BC} = \frac{bd}{bc}; \quad bd = \frac{BD}{BC} bc [mm].$$

$$a_D = \pi d \mu_a \text{ m/s}^2 .$$

Ikkinchi bo'g'in CB ning burchak tezlanishi:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BC}^r}{l_{CB}} \frac{1}{s} .$$

Burchak tezlanish ε_2 yo'nalishini aniqlash uchun shartli ravishda rejasida (4.5-rasm, C) $\vec{a}_{CB}$ vektorini (bc 1 kesma) shakli ravishda mexanizm sxemasidagi C nuqtaga ko'chiramiz va shu vektor yo'nalishidan B nuqtaga nisbatan moment olamiz, shu momentning yo'nalishi ε_2 ning yo'nalishini beradi.

4.5-rasm, a dan ko'rinib turibdiki, ikkinchi bo'g'inning burchak tezligi ω_2 va burchk tezlanishi ε_2 har xil tomonga yo'nalgan. Demak, mexanizmning berilgan vaziyatida bo'g'in CB sekinlashib harakat qilmoqda. Agar bir tomonga yo'nalgan bo'lsa, tezlashib harakat qilayotganidan ma'lumot beradi.

Nazorat va muhokama savollari

1. Mexanizmnı kinematik tahlili deb nimani tushunasiz?
2. Mexanizmlar kinematikasining asosiy vazifasini aytib bering.
3. Kinematikaning bevosita vazifasi nimadan iborat?
4. Kinematikaning teskari vazifasi nimadan iborat?
5. Mexanizmlarning kinematik tahlil qilishning qanday usullarini bilasiz? Ularning afzalliklari va kamchiliklari.
6. Mexanizmlarni kinematik tahlil qilishning differensial usuli nimalardan iborat?
7. Mexanizmlarni kinematik tahlil qilishning vektor usuliga izoh bering.
8. Tezlik va tezlanish qutbi deb nimani tushunasiz?
9. Tezlik rejasining xususiyatlarini aytib bering.
10. Tezlanish rejasining xususiyatlarini aytib bering.
11. Agar nuqta (kinematik juft) ustun va harakatlanuvchi zvenoga tegishli bo'lsa, tezlik yoki tezlanish vektor tenglamasi nechta bo'ladi?
12. Agar nuqta (kinematik juft) ikkita harakatlanuvchi zvenolarga tegishli bo'lsa, tezlik yoki tezlanish vektor tenglamasi nechta bo'ladi?

13. Tezlik yoki tezlanish rejasini krivoship masshtabida qurilishi deb nimani tushunasiz?

14. Uzunli masshtabi, tezlik va tezlanish masshtablariga izoh bering.

15. Qanday tezlik yoki tezlanish vektorlari qutbdan o'tadi?

16. Bo'g'ndagi ixtiyoriy nuqtaning tezlik yoki tezlanish rejalaridagi vaziyat qanday aniqlanadi?

17. Aylanma yoki murakkab harakat qiladigan zvenoning burchak tezlik yoki burchak tezlanishining yo'nalishi qanday aniqlanadi?

18. Bo'g'nning tezlashib yoki sekinlashib harakat qilishiga izoh bering.

V BOB

MEXATRON QURILMALARNING MEXANIZMLARINI KUCH BILAN TAHLIL QILISH

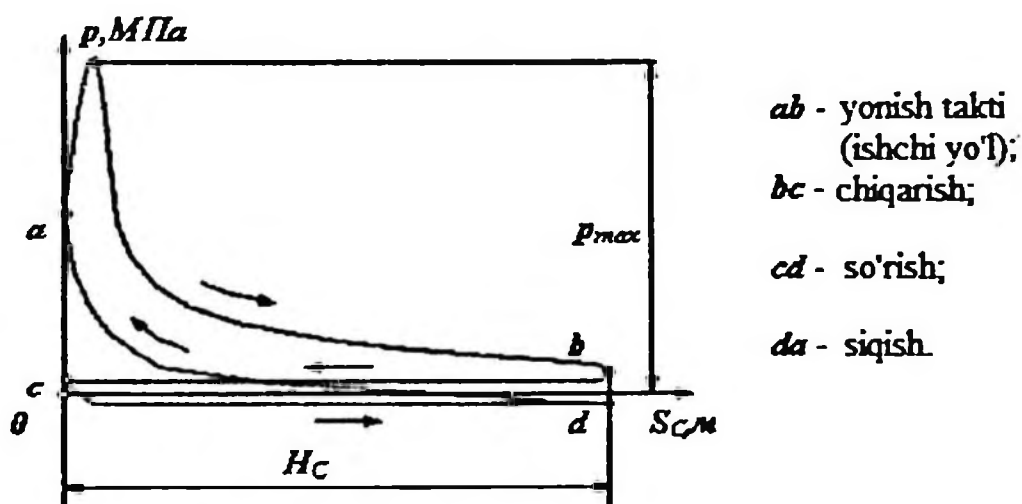
5.1. Mashinalarning mexanik xususiyatlari

Mashinaning mexanik xususiyati chiqish valiga yoki mashinaning ishchi organidagi kuch yoki momentning kuch qo'yilgan nuqta yoki bo'g'inning tezligi yoki harakatlanishiga bog'liqligi [14, 47].

Turli mashinalarning mexanik xususiyatlariga misollarni ko'rib chiqamiz:

1. To'rt taktli ichki yonish dvigateli (IYoD) – silindrda yonayotgan yonilg'i gazlarning bosim kuchi harakatlantiruvchi kuchdir.

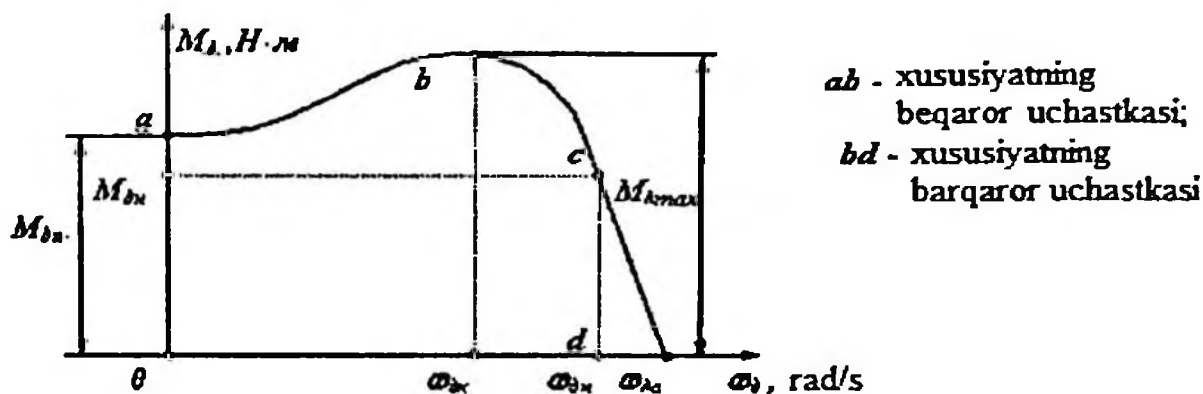
Indikator diagrammasi porshenning yurish yo'li bilan porshenli mashinaning silindridagi bosimga bog'liq bo'lgan grafik tasviri (5.1-rasm).



5.1-rasm. To'rt taktli IYoD ning indikator diagrammasi.

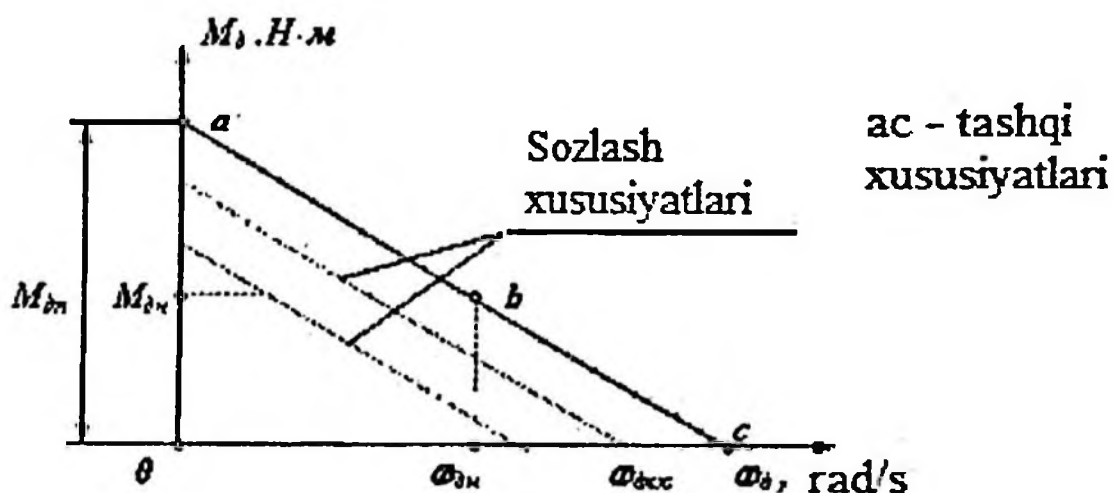
2. Elektr dvigatellar:

- o'zgaruvchan tokli asinxron elektr dvigatel (mexanik xususiyatlari 5.2-rasmida ko'rsatilgan):



5.2-rasm. O'zgaruvchan tokli asinxron elektr dvigatel diagrammasi.

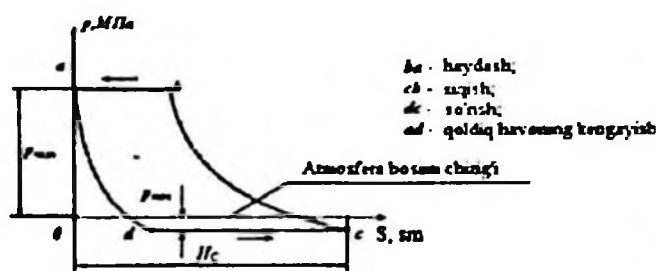
- mustaqil qo'zg'alishi bilan doimiy tokli dvigatel (mexanik xususiyatlari 5.3-rasmda ko'rsatilgan):



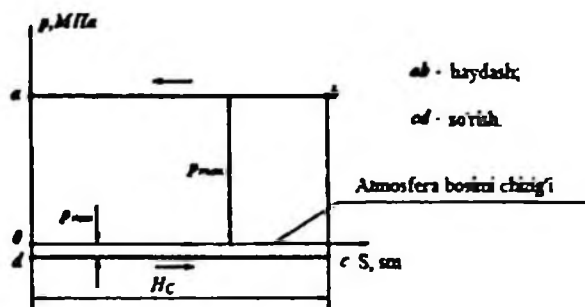
5.3-rasm. Mustaqil qo'zg'alishi bilan doimiy tokli dvigatel diagrammasi.

3. Ishchi (ijro etuvchi) mashinalar:

- porshenli kompressor (indikator diagrammasi 5.4-rasmda ko'rsatilgan);
- porshenli nasos (indikator diagrammasi 5.5-rasmda ko'rsatilgan):



5.4-rasm. Porshenli kompressor indikator diagrammasi.



5.5-rasm. Porshenli nasos indikator diagrammasi.

bc va ad – gaz (havo)ning siqish va kengayishi chiziqlari gaz parametrlari (hajmi, bosimi va harorati) bilan belgilanadi va odatda politropa tenglamasi $p \cdot V^n = const$ bilan tavsiflanadi, bu yerda n – politropa ko'rsatkichi ($1 < n < \infty$).

Mexanik xususiyatlar tashqi tizimlar va atrof-muhit bilan o'zaro ta'sirda bo'lgan mexanik tizimning kirish va chiqish bo'g'inlariga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar va momentlarni aniqlaydi. Xususiyatlar eksperimental tarzda aniqlanadi, eksperimentlar natijalariga ko'ra, mashinalar va mexanizmlarning dinamik hisob-kitoblarini amalga oshirishda foydalaniladigan regressiya empirik modellari olinadi.

5.2. Mexanizmlarga ta'sir qiluvchi kuchlarning tasnifi

Mexanizmlarda ishlaydigan barcha kuchlar shartli ravishda quyidagilarga bo'linadi [6, 14, 47]:

1. Tashqi tizimlar tomonidan o'rganilayotgan tizimda ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar.

2. Ichki, mexanik tizimning bo'g'inlari orasida paydo bo'ladi. Ushbu kuchlar ishi tizimning energiyasini o'zgartirmaydi. Mexanik tizimlarda bu kuchlar KJ dagi reaksiyalar deb ataladi.

3. Inersiya kuchlari – D'alembert tomonidan harakatlanuvchi mexanik tizimlarni kuch bilan hisoblash uchun taklif qilingan. Ushbu kuchlarni tizimga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarga qo'shganda, :

tizimning muvozanati o'rnatiladi va statik tenglamalardan (kinetostatika usuli) foydalanish mumkin.

4. Keltirilgan (umumlashtirilgan) kuchlar – umumiy koordinatada ishni amalga oshiradigan kuchlar, tegishli haqiqiy kuchning ekvivalent harakatidagi ishiga teng bo'ladi.

Tashqi kuchlar o'z navbatida quyidagilarga bo'linadi:

1. Mexanizm harakatini tezlashtiruvchi kuchlarga *harakatlantiruvchi kuchlar* deyiladi. Bu kuchlarni bajargan ishlari musbat bo'ladi, $A_h > 0$.

2. Mexanizm harakatini kamaytiruvchi kuchlarga *qarshilik kuchlari* deyiladi. Bu kuchlarni bajargan ishlari manfiy bo'ladi, $A_q < 0$. Bu kuchlar o'z navbatida *foydali va zararli qarshilik kuchlariga* bo'linadi:

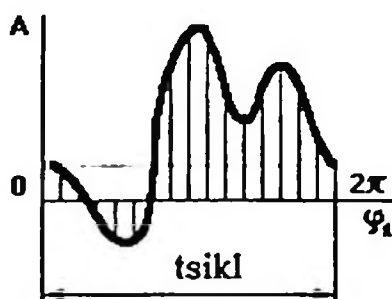
- bajargan ishi biron-bir texnologik jarayonni ta'minlash uchun sarflansa, bunday kuchlarga foydali qarshilik kuchlari deyiladi. Misol uchun, detallarni parmalash yoki yo'nishda hosil bo'ladigan qarshilik kuchi;

- zararli qarshilik kuchlari deb foydali ishlardan tashqari qo'shimcha ishni yengib o'tishga qaratilgan kuchlarga aytiladi. Ular odatda ishqalanish kuchlaridir.

3. Harakatlanuvchi bo'g'inlarning *og'irlik kuchi* va *taranglik kuchi* (ko'p hollarda prujinalar). Ular mexanizmning ayrim qismlarida ham ijobiy, ham salbiy ishlarni amalga oshiradilar, ammo harakatning to'liq siklida bu kuchlarning ishi nolga teng.

Sikl – barcha kinematik parametrlar asl qiymatni qabul qiladigan va ishchi mashinada yuz beradigan texnologik jarayon yana takrorlana boshlaydigan vaqt oralig'i (5.6-rasm).

4. Mexanizmning bo'g'inlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchlari, ya'ni uning kinematik juftliklarida ta'sir qiluvchi kuchlar *reaktiv kuchlardir*. Kinematik juftlikdagi reaksiyalar o'zaro bog'liq, ya'ni $R_{12} = -R_{21}$. Reaktiv kuchlar va momentlar umumiy mexanizmga nisbatan ichki kuchlar toifasiga kiradi; har bir alohida bo'g'inga nisbatan ular tashqi hisoblanadi.



5.6-rasm. Bajarilgan ishning siklda o'zgarishi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan kuchlarni hisoblash va ularning kinematik juftlarga ta'sirini ko'rsatish mexanizmlar dinamikasining asosiy masalasidan biridir. Mexanizm bo'g'inlariga ta'sir etuvchi kuchlarni hisoblash uchun tashqi kuchlar va bo'g'inlarni harakat qonunlari ma'lum bo'lishi kerak. Masalani yoritish uchun qattiq jismning muvozanat shartini eslaylik (buni D'alamber tamoyili deyiladi).

Bu tamoyilni mexanizmlarga tatbiq etsak, unga quyidagi ta'rifni berish mumkin: *agar harakatlanayotgan mexanizmga ta'sir etuvchi kuchlar ichiga inersiya kuchlarini qo'shib qaralsa, bunday mexanizmni shartli ravishda muvozanat holatda deb qabul qilish mumkin.* Berilgan kuchlarga inersiya kuchlarini qo'shib hisoblash kinetostatik hisoblash deyiladi.

Bo'g'inlarning inersiya kuchlari

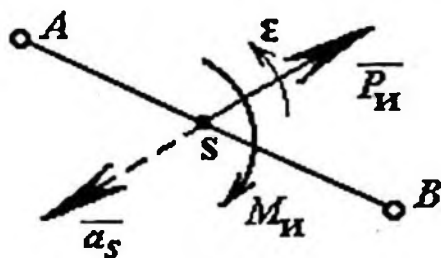
Bo'g'inlarning inersiyasi kuchlari uning tezlanishi va yo'nalishi bo'yicha o'zgarishiga bog'lanish reaksiyasi sifatida qaraladi. Inersiya kuchlarining mavjudligi ikki holatdan kelib chiqadi: bo'g'inlarning massasi mavjudligi va bo'g'inlarning tezlashib harakat qilishi.

Ma'lumki, mexanizm bo'g'ini murakkab ravishda harakatlanayotgan bo'lsa, u holda uning og'irlik markaziga qo'yilgan inersiya kuchi F_u va inersiya kuchlarining momenti M_u lar mavjud bo'ladi. Bu kuch quyidagi formula bilan topiladi:

$$\vec{F}_u = -m \vec{a}_s; \quad (5.1)$$

bu yerda, F_u – AB bo'g'in inersiya kuchlarining vektori, N; m – bo'g'inning massasi, kg; a_s – og'irlik markazining absolut tezlanish vektori, $[m/s^2]$.

Inersiya kuchi vektori bo'g'inning og'irlik markaziga qo'yilib, uning absolut chiziqli tezlanish vektoriga qarama-qarshi yo'naladi (5.7-rasm).



5.7-rasm. Inersiya kuchi va uning momentining yo'nalishlari.

Inersiya kuchlaridan hosil bo'lgan moment burchak tezlanishi ϵ ga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi, ya'ni

$$M_i = -I_{Si} \epsilon_i; \quad (5.2)$$

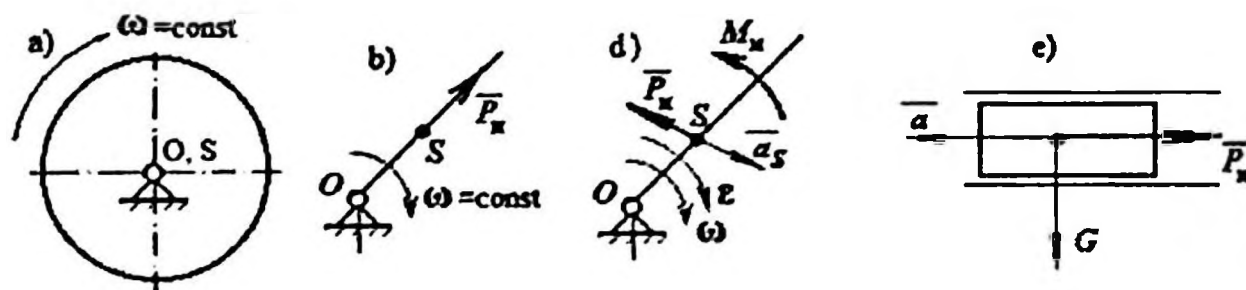
bu ifodada, I_s – bo'g'inning og'irlik markazi orqali o'tuvchi va harakat tekisligiga perpendikular bo'lgan o'qqa nisbatan olingan inersiya momenti; ϵ – bo'g'inning burchak tezlanishi (uning yo'nalishini aniqlash oldingi bobda ko'rib chiqilgan).

$$I_s = m_i \rho^2 \text{ kg m}^2, \quad (5.3)$$

bu yerda m_i – i bo'g'inning massasi, ρ^2 – i elementning (bo'g'inning) aylanish markaziga nisbatan inersiya radiusi.

Aylanma harakatni amalga oshiradigan bo'g'inlarning inersiya kuchlari.

Silindrsimon shaklga ega bo'lgan bo'g'inlarning bir me'yorda aylanma harakat qilsa ($\omega = \text{const}$) (5.8-rasm, a), unda $P_u = 0$ va $M_u = 0$, chunki $a_s = 0$, $\varepsilon = 0$.



5.8-rasm. Bo'g'inning harakat turiga ko'ra, inersiya kuchi va uning momentining mavjudligi.

Bo'g'in bir me'yorda aylanib, og'irlik markazi S aylanish markazi O da yotmasa, $P_u \neq 0$, $M_u = 0$ (5.8-rasm, b). Og'irlik markazi S aylanish markazi O da yotmasa va $\omega \neq \text{const}$, unda $P_u \neq 0$, $M_u \neq 0$ (5.8-rasm, d). Bo'g'in ilgarilanma harakat qilganda (5.8-rasm, e), $P_u = -m \cdot a_s$, va $M_u = 0$.

5.9-rasmda ko'rsatilgan bo'g'inning markazga qo'yilgan inersiya kuchini o'ziga parallel ravishda biron T nuqtaga ko'chiramiz [10].

Mexanika qoidalariga muvofiq T nuqtaga ko'chirilgan P_u kuchi biron-bir moment $F_u \cdot h$ bilan birga ko'chadi.

Agar bu moment qiymatini $P_u \cdot h \cdot \mu^2 = M_u$ deb qabul qilsak, u holda

$$h = \frac{M_u}{P_u \mu} \quad (5.4)$$

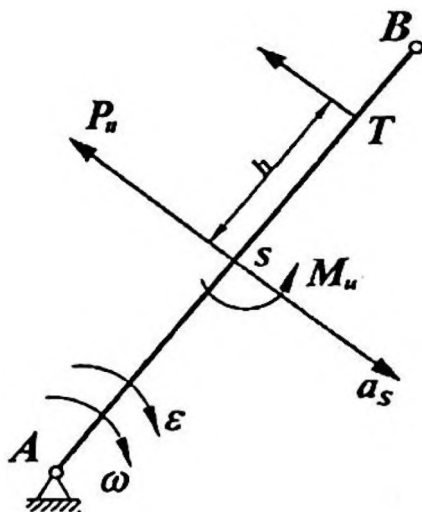
ekanligi kelib chiqadi. Bu yerda, M_u – bo'g'in inersiya kuchlarining momenti, N·m; P_u – bo'g'inning inersiya kuchi, N; h – P kuchini ko'chirish kerak bo'lgan yelka, mm; μ – mexanizm uzunligining masshtabi.

Bunday usul bilan topilgan nuqta (5.9-rasmda T nuqta) zarba markazi deyiladi [47].

Zarba markazini boshqa tenglama bilan ham aniqlasa bo'ladi [47]:

$$l_{AT} = l_{AS} + \frac{I_s}{m l_{AS}},$$

bu yerda l_{AT} – zarba markazidan aylanish o'qi oralig'idagi masofa, m ; l_{AS} – og'irlik markazidan aylanish o'qi oralig'idagi masofa, m ; I_s – bo'g'inning inersiya momenti, $kg \cdot m^2$; m – bo'g'in massasi, kg .



5.9-rasm. Bo'g'inning markazga qo'yilgan inersiya kuchini o'ziga parallel ravishda biron T nuqtaga ko'chirish.

1-misol: 5.10-rasmda ko'rsatilgan krivoship-shatunli mexanizm bo'g'inlarining inersiya kuchlarini topamiz [10].

Mexanizm bo'g'inlarining o'lchamlari va bosh bo'g'inning burchak tezligi $\omega = const$ berilgan bo'lsin. Tezlik va tezlanishlar rejasini quramiz.

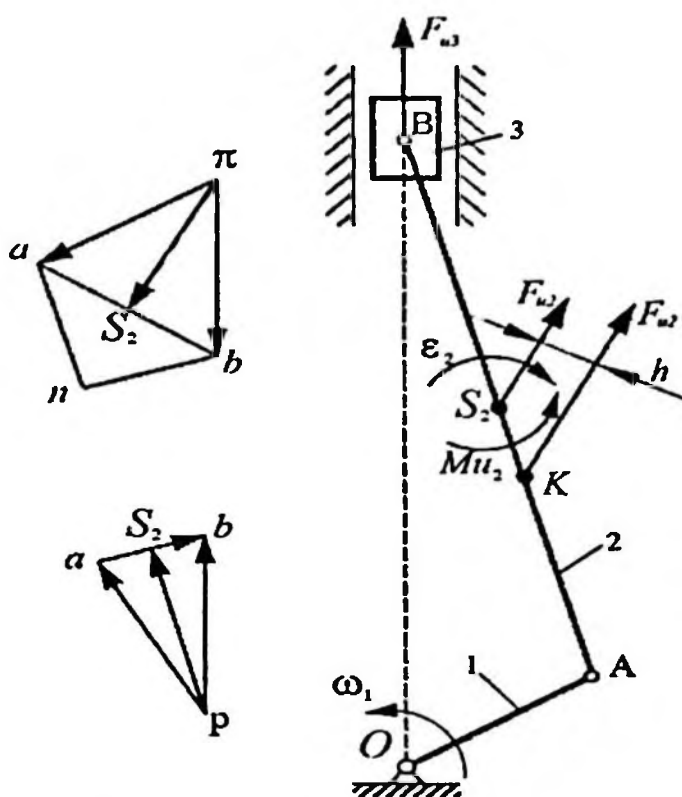
1-bo'g'inni og'irlik markazi aylanish o'qi O bilan ustma-ust tushgan bo'lsin. U holda, 1-bo'g'in uchun:

$$F_{u1}=0, \quad M_{u1}=0.$$

2-bo'g'in uchun:

$$|F_{u2}| = m_2 a_{S2} = m_2 \pi S_2 \mu_a,$$

$$|M_{u2}| = I_{S2} \varepsilon_2 = \frac{nb \varepsilon_a}{AB \mu_1} I_{S2}.$$



5.10-rasm. Krivoship-polzunli mexanizm bo'g'inlariga ta'sir kuch va momentlar.

3-bo'g'in uchun:

$$|F_{u3}| = m_3 a_B = m_3 \pi b \mu_a, \quad M_u = 0.$$

Inersiya kuchlari F_u va inersiya momentlari M_u larni

ng yo'nalishlarini yuqoridagi mulohazalarga asosan ko'rib chiqamiz. Bo'g'in 2 nuqtadan h masofada A nuqta tomonga qarab biron-bir K nuqtani tanlaymiz va bu nuqtaga F_{u2} kuchini o'z-o'ziga parallel holatda ko'chiramiz. (5.4) formulaga asosan

$$h = \frac{M_{u2}}{F_{u2} \mu_1} [mm].$$

5.3. Mexanizmning kinetostatik analizi. Kinematik juftlardagi reaksiya kuchlarini aniqlash

Kuchka hisoblash quyidagi prinsiplarga asoslanadi:

1. D'alambert prinsipi. Bu quyidagicha ifodalanishi mumkin: agar jismlar tizimida harakat qiluvchi kuchlar tizimiga tashqi inersion yuklanish qo'shilsa, natijada paydo bo'lgan tizim muvozanat holatida ko'rib chiqilishi mumkin. Mexanikaning ushbu prinsipiga muvofiq, inert kuchlar tashqi toifaga kiradi.

2. Bog'lanishlardan ozod qilish prinsipi. Mexanizmlarga nisbatan quyidagi tarzda shakllantirilishi mumkin: agar mexanizmning ayrim qismini (masalan, strukturaviy guruh) alohida ko'rib chiqsak, ya'ni uni boshqa mexanizmdan ajratib turadigan ba'zi kinematik juftlarni ajratib olsak, unda ajratilgan joylarda biz tashlab yuborilgan qismlarning reaksiyalarini qo'yishimiz kerak.

3. O'zaro munosabat tamoyili. Agar j bo'g'ini k bo'g'iniga $\bar{R}_{jk}$ kuch bilan ta'sir qilsa, k bo'g'ini j bo'g'iniga $\bar{R}_{kj} = -\bar{R}_{jk}$ kuch bilan ta'sir qiladi.

Mexanizmni kuchga hisoblashning umumiy usuli.

Ortiqcha ulanishlarsiz mexanizmni kuch bilan hisoblash quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi [47]:

1. Bizni qiziqtirgan holatda mexanizm rejasi tuziladi.
2. Tezlik va tezashtirish rejalari tuziladi.
3. Bo'g'in massalari markazlarining mutlaq chiziqli tezlashmalarini burchak tezlanishlari kattaligi va yo'nalishi bo'yicha aniqlanadi.

4. Inertiya kuchlari va inersiya kuchlari momentlarining miqdori va yo'nalishi aniqlanadi.

5. Mexanizm rejasiga barcha tashqi kuch omillarining vektorlari qo'yiladi.

6. Mexanizmni tizimli tahlil qilish, ya'ni mexanizmni alohida tarkibiy guruhlariga ajratiladi (Assur guruhlariga bo'lish yetakchi bo'g'in va ustun qolguncha davom ettiriladi).

7. Har bir tizimli guruhni yetakchi bo'g'indan eng uzoqroqda joylashgandan boshlab kuch bilan hisoblanadi.

8. Yetakchi bo'g'inning muvozanati ko'rib chiqiladi va muvozanatlovchi kuch va muvozanatlovchi kuch momenti aniqlanadi.

Mexanizmdagi ortiqcha bog'lanishlarining mavjudligi kinematik juftlardagi reaksiyalarning noma'lum tarkibiy qismlari sonini oshiradi, ya'ni statik noaniq sistemaga olib keladi va ularni aniqlash uchun kinetostatika tenglamalariga qo'shimcha ravishda deformatsiyalar tenglamalarini tuzish kerak.

Mexatron qurilmaning krivoship-shatunli press mexanizmini kuch bilan hisoblashni amalga oshiramiz (5.11-rasm). Berilgan: mexanizmning kinematik sxemasi (5.11-rasm, a), m_1 , m_2 massalari, I_1 va I_2 inersiya momentlari va S_2 , S_3 massalar markazlari, porshendagi uning ushbu vaziyatidagi qarshilik kuchi P_q . bo'g'in nuqtalarining chiziqli tezlik va tezlanishlari aniqlangan, ularning rejalari ko'rsatilgan (5.11-rasm, a). Yetakchi bo'g'in 1 doimiy burchak tezlik $\omega_1 = \text{const}$ bilan aylanadi.

Yetakchi bo'g'indan eng uzoqda joylashgan uchinchi bo'g'indan (porshen) 2-Assur guruhini ajratib olib, bo'g'inlarga ta'sir etayotgan barcha tashqi kuchlar

(G_2 , G_3 , P_q), inersiya kuchlari (P_{u2} , P_{u3}) va (R_{12}'' , R_{12}' , R_{u3}) reaksiya kuchlarining vektorlari yo'nalishlari qo'yilgan sxema 5.11, b rasmda ko'rsatilgan.

2- va 3- bo'g'inlardagi inersiya kuchlari va inersiya kuchi momenti:

$$P_{u2} = -m_2 a_{S2};$$

$$M_{u2} = -I_2 \varepsilon_2;$$

$$P_{u3} = -m_3 a_B.$$

2-bo'g'inning «A» nuqtasiga 1-bo'g'indan ta'sir etayotgan reaksiya kuchini (R_{12}) normal R^n_{12} va tangensial R^t_{12} ga taqsimlanadi. R^t_{12} ni aniqlash uchun barcha kuchlardan «B» nuqtasiga nisbatan muvozanat moment tenglamasi tuziladi:

$$\Sigma M_p(B) = R^t_{12} AB + G_2 h_{G2} - P_{u2} h_{Pu2} + \frac{M_{u2}}{\mu_l} = 0;$$

$$R^t_{12} = \frac{-G_2 h_{G2} + P_{u2} h_{Pu2} - \frac{M_{u2}}{\mu_l}}{AB} [N].$$

R^t_{12} manfiy ishorada chiqsa, kuch rejasida (5.11-rasm,d) uning vektori qarama-qarshi yo'naladi.

R^n_{12} va porshen bilan gilza orasidagi reaksiya kuchi R_{03} kuch rejasidan aniqlanadi. Buning uchun 2- va 3- bo'g'inlarga ta'sir etayotgan barcha tashqi va ichki kuchlardan vektor muvozanat tenglamasi tuziladi:

$$\overline{R^n_{12}} + \overline{R^t_{12}} + \overline{G_2} + \overline{P_{u2}} + \overline{G_3} + \overline{P_{u3}} + \overline{P_q} + \overline{R_{03}} = 0. \quad (5.5)$$

Qoida: Vektor muvozanat tenglamasida noma'lum faktorlar 2 dan oshmasligi, ulardan biri tenglamani boshlanishida (R^n_{12}), ikkinchisi esa tenglamaning ohirida joylanishi lozim.

Ma'lumki, har bir kuch uch omil bilan tavsiflanadi: kuch qo'yilgan nuqtasi, yo'nalishi va qiymati bilan. (5.5) tenglamadan uch omili ma'lum kuchlar bu R^t_{12} , G_2 , P_{u2} , G_3 , P_{u3} va P_q . Ikki omili (qo'yilgan nuqtasi va yo'nalishi) ma'lum kuchlar – R^n_{12} , R_{03} . Ularning uchinchi omili qiymatlari kuch rejasidan aniqlanadi.

Kuchlar rejasi quyidagi ketma-ketlikda quriladi:

✓ Assur guruhlaridagi bo'g'inlarga ta'sir etayotgan barcha tashqi va inersiya kuchlarini hisobga olib, kuch vektor muvozanat tenglamasi tuziladi (5.5 tenglama);

✓ ushbu tenglamadagi uch omili ma'lum kuchlarning qiymati eng kattasidan kuch masshtabi aniqlanadi:

$$\mu_p = \frac{F_{\max}}{F_{\max}} \frac{N}{mm};$$

bu yerda $F_{\max}$ – kuchlar vektor muvozanat tenglamasidagi eng katta kuch qiymati, N , masalan qarshilik kuchi P_q , - maksimal $\overline{F}_{\max}$ -kuchning vektor uzunligi, ixtiyoriy olinadi. 50....200 mm oraliqda olish tavsiya etiladi. Kuchlar orasidagi farq qancha katta bo'lsa, kuch vektor uzunligi proporsional ravishda olinadi.

✓ Ma'lum kuchlarning vektor uzunliklari aniqlanadi.

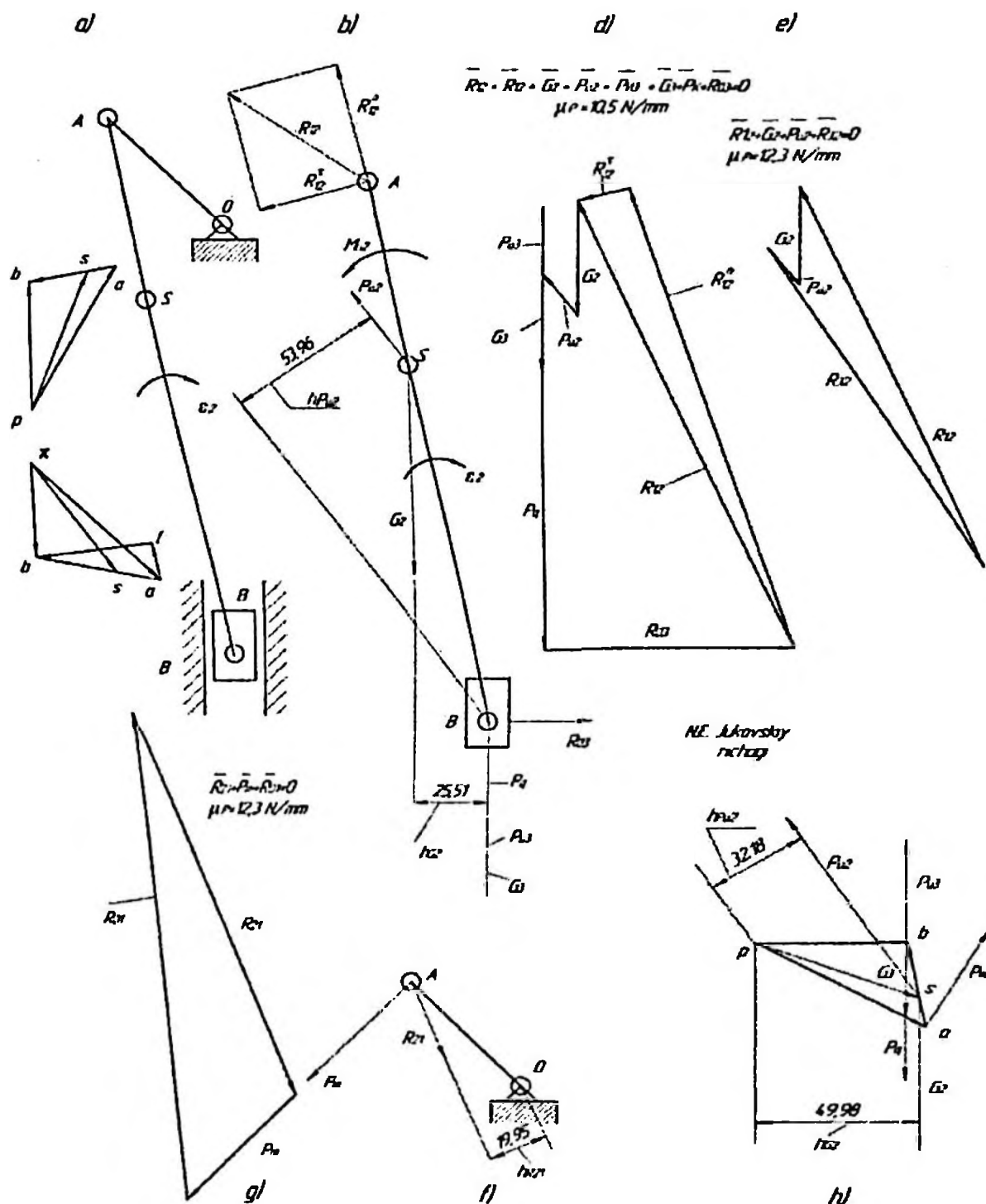
va h.k.

$$\overline{R}_{12} = \frac{R_{12}^r}{\mu_p} [mm]; \quad \overline{G}_2 = \frac{G_2}{\mu_p} [mm]; \quad \overline{P}_{u2} = \frac{P_{u2}}{\mu_p},$$

✓ 5.5 tenglamaga asosan kuch rejasi μ_p masshtabida quriladi (5.11-rasm, d) va noma'lum R_{12} , R_{12} va R_{03} kuchlarning vektor uzunliklari va yo'nalishlari aniqlanadi. Ushbu kuchlarning haqiqiy qiymatlari ularning vektor uzunliklarini kuch masshtabiga ko'paytirib aniqlanadi:

$$R_{12}^r = \overline{R}_{12}^r \mu_p [N]; \quad R_{03} = \overline{R}_{03} \mu_p [N]; \quad R_{12} = R_{12} \mu_p [N].$$

Ikkinchi va uchinchi bo'g'inlar (porshen va shatun) orasidagi reaksiya kuchini – R_{32} aniqlash uchun 2- yoki 3- bo'g'indagi barcha kuchlardan vektor muvozanat tenglamasi tuziladi va shu tenglama asosida kuch rejasi quriladi.



5.11-rasm. Krivoshi-shatun press mexanizmini kinetostatik analizi:
a) mexanizmning kinematik sxemasi, tezlik va tezlanish rejalar; b) 2-Assur guruhi; d) kuchlar rejasi; e) 2- va 3- bo'g'inlarning B kinematik juftida reaksiya kuchini aniqlashga kuch rejasi; f) yetakchi bo'g'in bilan ustun; g) aylanish markazi O nuqtada reaksiya kuchini aniqlashga kuchlar rejasi; h) N.E. Jukovskiy qattiq richagi.

2- bo'g'indagi barcha kuchlardan vektor muvozanat tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$\overline{R}_{12} + \overline{G}_2 + \overline{P}_{12} + \overline{R}_{23} = 0 \quad (5.6)$$

Kuchlar masshtabi: $P_{\max} / \overline{P}_{\max} = R_{12} / \overline{R}_{12}$.

(5.6) tenglamaga asosan kuch rejasi quriladi (5.11-rasm, e) va yopiq to'rt burchakdan R_{23} vektorining yo'nalishi va uzunligi aniqlanadi. Uning haqiqiy qiymati $R_{23} = R_{23} \cdot \mu_p$ [N].

Yetakchi bo'g'inni kuchga hisoblash

Krivoshipning A nuqtasiga R_{21} reaksiya kuchi vektori va krivoship holatiga perpendikular muvozanatlovchi kuch vektori P_m qo'yiladi.

Muvozanatlovchi kuch qiymati P_m aylanish markazi O nuqtasiga nisbatan moment muvozanat tenglamasidan aniqlanadi:

$$\Sigma M_O = -P_m l_{OA} - R_{21} h_{R21} = 0;$$

$$P_m = -R_{21} \frac{h_{R21}}{l_{OA}}.$$

Muvozanatlovchi kuch momenti $M_m = P_m \cdot l_{OA}$.

Krivoshipning aylanish markazi O nuqtasidagi R_{01} reaksiya kuchining yo'nalishi kuch rejasidan aniqlanadi. Kuch rejasi kuch vektorlari muvozanat tenglamasiga asosan quriladi.

$$\overline{R}_{21} + \overline{P}_m + \overline{R}_{01} = 0.$$

$$\text{Kuch masshtabi } \mu_p = \frac{P_{\max}}{P_{\max}} = \frac{R_{21}}{R_{21}} \frac{N}{mm}.$$

Kuch rejasi qurilib (5.11-rasm, g) R_{01} reaksiya kuchining qiymati aniqlanadi.

$$R_{01} = \bar{R}_{01} \mu_p [N].$$

Muvozanatlovchi kuch P_m ni N.E. Jukovsiy qattiq richagi yordamida aniqlash.

Bu usul yordamida muvozanatlovchi kuch P_m qiymatini aniqlash Assur guruhlardagi reaksiya kuchlarini topmasdan amalga oshirish mumkin.

Jukovskiy teoremasi: mexanizmdan 90° ga aylantirilgan tezlik rejasining tegishli nuqtalariga o'tkazilgan barcha tashqi kuchlar momentlarining algebraik yig'indisi qutbga nisbatan nolga teng.[14].

Energiya tejash tamoyiliga asoslanib, mexanizmning bo'g'inlariga tatbiq etilgan barcha tashqi kuchlarning ish miqdori nolga teng. Bu holat quyidagi shaklda yozilishi mumkin:

$$\sum P_i dS_i \cos \alpha_i + P_{muv} dS_{muv} \cos \alpha_{muv} = 0, \quad (5.7)$$

bu yerda P_i – barcha tashqi kuchlar, shu jumladan foydali va zararli qarshilik kuchlari, mexanizmning bo'g'inlariga ta'sir qiladigan inersiya va og'irlik kuchlari (reaksiya kuchlari bu yerda hisobga olinmaydi); dS_i – bu kuchlarning qo'yilish nuqtalarining elementar harakati; α – tashqi kuchlarning bosim burchagi (kuch vektori va tezlik vektori orasidagi burchak); P_{muv} - keltirish bo'g'iniga qo'yilgan muvozanatlanuvchi kuch.

Tenglama (5.7) ni dt vaqtining cheksiz kichik oralig'iga bo'lamiz va quyidagi tenglamani hosil qilamiz ($dS/dt = v$ shartini inobatga olib):

$$\sum P_i v_i \cos \alpha_i + P_{muv} v_{muv} \cos \alpha_{yp} = 0, \quad (5.8)$$

ya'ni, bir zumda quvvatlar miqdori yig'indisi nolga teng.

Bir zumda quvvatning qiymatini aniqlash uchun quyidagi grafik sharhning yechimini bajarish mumkin. D nuqtasining ma'lum bir tezligi $\bar{v}_D$ va bu nuqtaga biriktirilgan kuch $\bar{P}_i$ qo'yilgan BC bo'g'ini berilgan (5.12-rasm). 90° ga $v_D = (P_i d) \mu_v$.

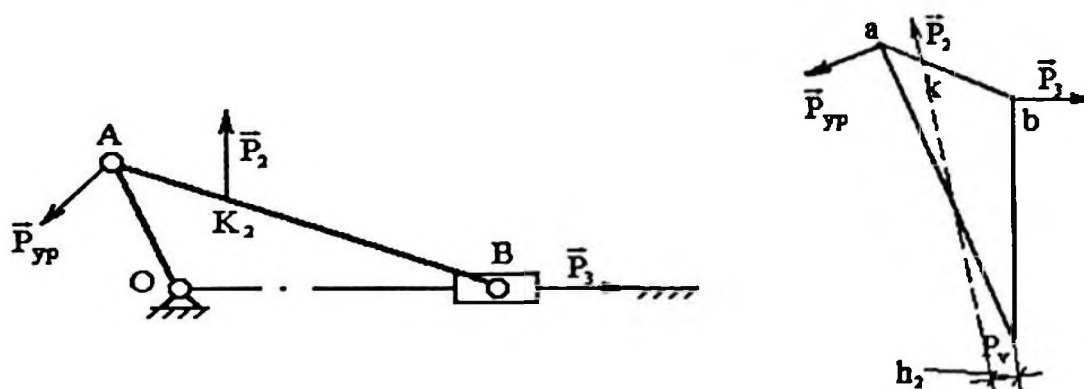
burilgan tezlik rejasini tuzamiz, bunda, $(P_v d) \perp v_d$

Tezlik rejasining P_v qutbiga nisbatan kuch momenti:

$$M_{P_v}(\vec{P}_i) = P_i h_i \mu_v = P_i (P_v d) \cos \alpha_i \mu_v = P_i v_D \cos \alpha_i$$

Ushbu tenglamani hisobga olib, (5.8) tenglamani quyidagi ko'rinishda yezsa bo'ladi:

$$(\sum P_i h_i + P_{yp} h_{yp}) \mu_v = 0$$



5.12-rasm. Mexanizm sxemasi va 90° ga burilgan tezlik rejasi.

Tezlik masshtabi $\mu_v = 0$ bo'lgani uchun, Jukovski teoremasini ifodalavchi tenglama kelib chiqadi:

$$(\sum P_i h_i + P_{yp} h_{yp}) = 0.$$

Muvozanatlovchi kuch P_m qiymatini aniqlash quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

✓ mexanizmning kuchga hisoblash holatidagi tezlik rejasi ω_1 yo'nalishida 90° ga buriladi va mos nuqtalarga tashqi va inersiya kuchlari vektorlari qo'yiladi (5.11-rasm, h);

✓ tezlik qutbi P nuqtaga nisbatan kuchlar momenti muvozanat tenglamasi tuziladi:

$$\Sigma M_P = P'_m \cdot ap - G_2 \cdot h_{G2} + P_{u2} \cdot h_{Pu2} - pb(G_3 + P_q - P_{u3}) + \frac{M_{u2}}{\mu_l} = 0,$$

tenglamadan muvozanatlanuvchi kuch P'_m qiymati aniqlanadi:

$$P'_m = \frac{G_2 \cdot h_{G2} - P_{u2} \cdot h_{Pu2} + pb(G_3 + P_q - P_{u3}) - \frac{M_{u2}}{\mu_l}}{ap} [N].$$

Ikki usulda topilgan muvozanatlanuvchi kuchlar xatoligi aniqlanadi:

$$\Delta = \frac{P_m - P'_m}{P_m} 100\% \quad 5\%$$

Nazorat va muhokama savollari

1. Mashinaning mexanik xarakteristikasi deb nimani tushunasiz?
2. Ichki yonilg'i dvigatelining indikator diagrammasi nima va u qanday ma'lumotlarni beradi?
3. Kuchlar necha turga bo'linadi? Mexanizm bo'g'inlariga ta'sir qiladigan kuchlar to'g'risida ma'lumot bering. Qanday kuch qiymati va yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi?
4. Mexanizmning kinetostatik analizi deganda nimani tushunasiz?
5. D'alamber prinsipini qaytib bering.
6. Sikl deb nimani tushunasiz?
7. Inersiya kuchi vektori bo'g'inning qaysi joyida qo'yiladi va u qanday yo'naladi?
8. Inersiya kuchining momenti qanday aniqlanadi va qanday yo'naladi?
9. Kuchlar rejasi deb nimani tushunasiz va u nimaga asosan quriladi?
10. Kuchlar vektor tenglamasi qanday qoidaga asosan tuziladi?

11. Tashqi kuchlar qanday faktor xususiyatlariga ega?
12. Kuch masshtabi qanday tanlanadi?
13. Qurilgan kuchlar rejasidan noma'lum kuchlar qiymati qanday aniqlanadi?
14. N.E. Jukovsiy qattiq richagi yordamida nimalar aniqlanadi?
15. Muvozanatlovchi kuch P_m qiymatini aniqlash qanday ketma-ketlikda olib boriladi?

VI BOB. MEXANIZMLAR DINAMIKASI

6.1. Mexanizmning dinamik modeli

Mexanizmning harakatini ko'rib chiqishdan oldin, mexanizmning qaysi bo'g'ini yetakchi va qaysinisi yetaklanuvchi ekanligini bilib olamiz [6].

Yetakchi (harakatlantiruvchi) bo'g'in deb unga biriktirilgan tashqi kuchlarning elementar ishi musbat bo'lgan bo'g'inga aytiladi.

Yetaklanuvchi bo'g'inda unga biriktirilgan tashqi kuchlarning elementar ishi manfiy yoki nolga teng.

Shuni ta'kidlash kerakki, bir xil bo'g'in uning harakatining ayrim qismlarida ham yetakchi, ham yetaklanuvchi bo'lishi mumkin.

Hozirgi kunga kelib, mexanizmning harakatini hisobga olgan holda, uning yetakchi bo'g'ini bir xil tezlikda harakat qiladi deb hisob-kitoblar qilingan. Aslida, vaziyat boshqacha, chunki jismning yoki tizimning harakat qonuni qo'llaniladigan kuch va momentlarga, bog'lanishlar massasiga va bo'g'inlarning inersiya momentlariga bog'liq. Bu miqdorlarning barchasi umuman o'zgaruvchan bo'ladi.

Mexanizm dinamikasining asosiy vazifalaridan biri mexanizmning turli yo'nalishlariga tatbiq etilgan kuchlar va kuch momentlarining ta'siri ostida uning yetakchi bo'g'ini harakatining haqiqiy qonunini aniqlashdan iborat.

Yetakchi bo'g'in harakatining qonunini aniqlab, mexanizmning har qanday bo'g'ini yoki alohida nuqtasi harakatining qonunini aniqlash mumkin. Lekin bu qiyin vazifani tashkil etadi.

Vazifani soddalashtirish uchun barcha kuchlar va kuch momentlarini, shuningdek, barcha bo'g'inlarning massa va momentlarini bir bo'g'iniga olib kelinadi. Shubhasiz, bunday bog'lanish butun mexanizm bilan bir xil dinamik xususiyatlarga ega bo'lishi kerak. Bunday bo'g'in *keltirish bo'g'ini* deyiladi.

Keltirish bo'g'ini deb shartli o'zgaruvchan massa va o'zgaruvchan inersiya momentiga ega bo'lgan hamda butun mexanizmni dinamik ravishda o'rnini bosadigan shartli bo'g'inga aytiladi.

Olingan hisoblash sxemasi mexanizmning bir massali dinamik modeli deb ataladi.

Shu bilan birga, quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

- mexanizm yetakchi bo'g'inining burchak harakatida $\omega_1 = \omega_m$;
- mexanizm yetakchi bo'g'inining chiziqli harakatida $v_1 = v_m$.

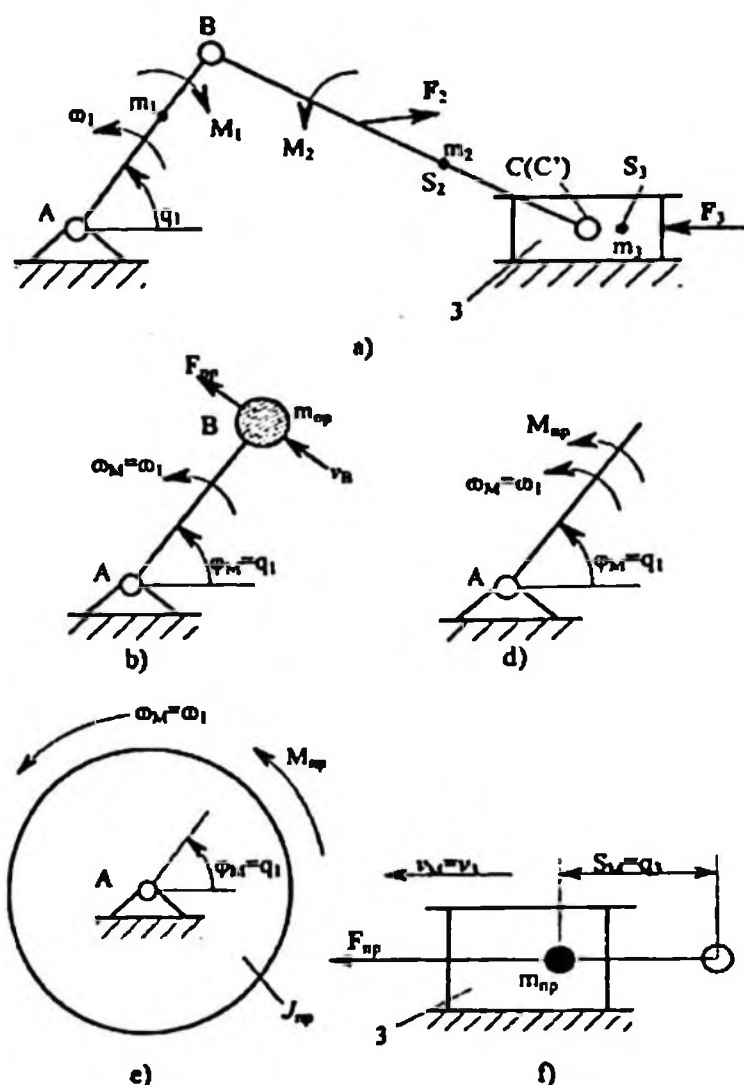
Bu tenglamalarda ω_1 va v_1 – mexanizm yetakchi bo'g'inining burchak va chiziqli tezliklari; ω_m va v_m – keltirish bo'g'inining (modelning) burchak va chiziqli tezliklari.

6.1, a-rasmda tashqi yuklanish qo'yilgan mexatron qurilmaning harakat o'zgartiruvchisi sxemasi, 6.1-rasm, b, d, e, f da uning dinamik modellari tasvirlangan.

Agar keltirish bo'g'in sifatida aylanma harakatlanuvchi bo'g'in AB qabul qilingan bo'lsa, unda keltirilgan massa m_{kel} va keltirilgan kuch F_{kel} bilan dinamik model 6.1, b-rasmda ko'rsatilgan. Keltirilgan inersiya momenti I_{kel} va M_{kel} kuchlarining momenti 6.1-rasm, d, e.

Agar keltirish bo'g'in sifatida ilgarilanma harakatlanuvchi bo'g'in 3 qabul qilingan bo'lsa, unda berilgan massa m_{kel} va keltirilgan kuch F_{kel} bilan dinamik model 6.1-rasm, f da ko'rsatilgan.

Shunday qilib, mexanizmning dinamik xususiyatlarini o'rganish vazifasi keltirilgan kuch F_{kel} yoki keltirilgan moment M_{kel} ta'sir qiladigan, keltirilgan massa m_{kel} yoki keltirilgan inersiya momentiga I_{kel} va ma'lum tezlikka ega $v_1=v_{kel}$ yoki $\omega_1=\omega_{kel}$ bitta bo'g'inni ko'rib chiqish bilan qisqartiriladi.



6.1-rasm. Mexanizm sxemasi va dinamik modellari.

6.2. Mexanizmlarda massa va inersiya momentlarini keltirish

Mexanizmning keltirilgan massasi deb mexanizmning keltirish nuqtasida to'plangan va kinetik energiyasi uning barcha bo'g'inlarining kinetik energiyasining yig'indisiga teng bo'lgan shartli massaga aytiladi [6, 14].

Butun mexanizmning kinetik energiyasi T barcha bo'g'inlarining kinetik energiyasining yig'indisiga teng:

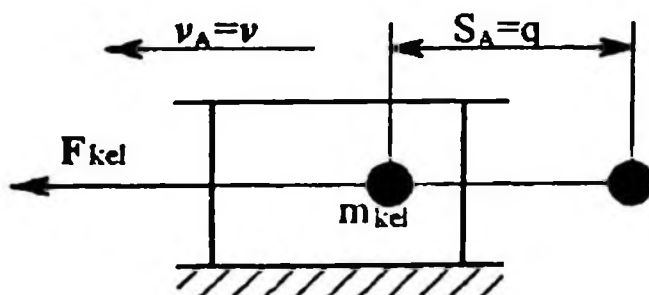
$$T = \sum_{i=1}^n T_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i v_{Si}^2}{2} + \frac{I_{Si} \omega_i^2}{2} \right), \quad (6.1)$$

bu yerda m_i – mexanizmning i – bo‘g‘ini massasi; v_{Si} – i – bo‘g‘ini massasining markazi tezligi; J_{Si} – bo‘g‘in massasining markazi S_i dan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti; ω_i – i – bo‘g‘inining burchak tezligi; n – mexanizmdagi bo‘g‘inlar soni.

(6.1) tenglamada ilgarilanma harakat qiladigan bo‘g‘inlarning kinetik energiyasi $\frac{m_i v_{Si}^2}{2}$;

$\frac{I_{Si} \omega_i^2}{2}$ aylanma harakat qiladigan bo‘g‘inlarning kinetik energiyasi.

Yetakchi bo‘g‘inning tezligi v ga teng bo‘lgan v_A tezligi bilan keltirish bo‘g‘ini ilgarilanma-qaytma harakatni amalga oshiradigan holatni ko‘rib chiqamiz. Bunday holda, dinamik model, berilgan kuch ta‘sirida va keltirilgan kuch F_{kel} deb ataladigan kuchining ta‘sirida harakatlanadigan, keltirilgan massa m_{kel} ga ega moddiy nuqta bo‘ladi, shuning uchun ushbu nuqtaning umumlashgan koordinatasi S_A har qanday vaqtda mexanizmning umumlashgan q koordinatasiga to‘g‘ri keladi (6.2-rasm).



6.2-rasm. Keltirish bo‘g‘ini ilgarilanma-qaytma harakat qiladi.

Keltirilgan massaning kinetik energiyasi:

$$T = \frac{m_{kel} v_A^2}{2},$$

bunda v_A – keltirish nuqtasi A ning chiziqli tezligi.

Ikkala holatda ham dinamik model va ko'rib chiqilayotgan mexanizmning kinetik energiyasi teng bo'lishi kerak.

Shuning uchun

$$\frac{m_{kel} v_A^2}{2} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_S^2}{2} + \frac{I_S \omega_i^2}{2} . \quad (6.2)$$

Shundan mexanizmning keltirilgan massasi:

$$m_{kel} = \sum_{i=1}^n m_i \frac{v_S^2}{v_A^2} + I_S \frac{\omega_i^2}{v_A^2} . \quad (6.3)$$

Keltirilgan massa bilan keltirish bo'g'inining ilgariylanma harakatlanishi holatida foydalanish uchun qulaydir. Keltirish bo'g'inining aylanma harakatida keltirilgan inersiya momenti J_{kel} dan foydalanish qulayroq.

Mexanizmning keltirilgan inersiya momenti deb uning aylanish o'qiga nisbatan keltirish bo'g'inining shartli inersiya momentiga aytiladiki, unda bu bo'g'in mexanizmning barcha kinetik energiyasi yeg'indisiga teng bo'lgan kinetik energiyaga ega bo'ladi.

Berilgan mexanizm va almashtirish mexanizmi uchun kinetik energiyani taqqoslashdan olamiz:

$$\frac{I_{kel} \omega_1^2}{2} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_S^2}{2} + \frac{I_S \omega_i^2}{2} . \quad (6.4)$$

Mexanizmning keltirilgan inersiya momenti:

$$I_{kel} = \sum_{i=1}^n m_i \frac{v_S^2}{\omega_1^2} + I_S \frac{\omega_i^2}{\omega_1^2} .$$

Mexanizmning keltirilgan massa m_{kel} va keltirilgan inersiya momenti I_{kel} o'zgaruvchan kattaliklar bo'lib, ular mexanizmning holatiga bog'liq, chunki tezliklar nisbati mexanizmning holatiga bog'liq.

Tengliklar (6.2) va (6.4) taqqoslashlaridan ko‘rinib turibdiki, yuqorida ko‘rsatilgan keltirilgan massa va keltirilgan inersiya momenti quyidagi shart bilan bog‘liq:

$$\frac{m_{kel} v_A^2}{2} = \frac{I_{kel} \omega_1^2}{2}. \quad (6.5)$$

$$v_A = \omega_1 l_{AB}$$

ni hisobga olib,

$$m_{kel} = \frac{I_{kel}}{l_{AB}^2}.$$

6.3. Mexanizmlarda kuchlar va kuchlar momentlarini keltirish

Mexanizm harakatini o‘rganayotganda, mexanizmlarning barcha bo‘g‘inlari bo‘ylab ta’sir etayotgan kuchlarning bir qismini yoki barcha kuchlarni keltirish nuqtasiga qo‘yilgan bitta keltirilgan kuch bilan almashtirish mumkin.

Keltirilgan F_{kel} kuch – bu keltirish nuqtasida qo‘yilgan kuch, uning ishi (yoki quvvatii) mexanizmning turli bo‘g‘inlariga ta’sir etuvch barcha tashqi

kuchlarning yoki momentlarning ishiga (yoki quvvatiga) teng.

Keltirish bo‘g‘in sifatida odatda yetakchi bo‘g‘in olinadi.

Mexanizmda harakat qilayotgan barcha tashqi kuchlar va momentlarning elementar ishi uchun ifodani yozamiz:

$$dA = \sum_{i=1}^n (F_i dS_i \cos \alpha_i + M_i d\varphi_i), \quad (6.6)$$

bu yerda F_i – i bo‘g‘inga ta’sir qilayotgan kuch; dS_i – i bo‘g‘inining elementar siljishi; α – kuch ta’siri yo‘nalishi bilan i bo‘g‘inning elementar siljishi orasidagi burchagi; M_i – i bo‘g‘iniga ta’sir qilayotgan moment; φ_i – bo‘g‘inning elementar buralish burchagi.

Bu yerda inersiya kuchlari va inersiya kuchlari momentlari hisobga olinmaydi, chunki mexanizm harakatda ko‘rib chiqiladi.

Yuqorida keltirilgan kuchning elementar ishi uchun ifoda:

$$dA = F_{kel} dS_A, \quad (6.7)$$

bu yerda dS_A – keltirish bo‘g‘inining elementar siljishi.

Yuqoridagi ikki tenglamalardan (6.6 va 6.7) quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$dA = F_{kel} dS_A = \sum_{i=1}^n (F_i dS_i \cos \alpha_i + M_i d\varphi_i). \quad (6.8)$$

Olingan iboraning chap va o‘ng qismlarini dt vaqtida bo‘lish orqali biz mexanizmga biriktirilgan kuchlarning elementar quvvatini olamiz:

$$dN = \frac{dA}{dt} = F_{kel} \frac{dS_A}{dt} = \sum_{i=1}^n F_i \frac{dS_i}{dt} \cos \alpha_i + M_i \frac{d\varphi_i}{dt}. \quad (6.9)$$

$$F_{kel} v_A = \sum_{i=1}^n F_i v_i \cos(F_i v_i) + M_i \omega_i.$$

Oxirgi tenglamadan keltirilgan kuch qiymati:

$$F_{kel} = \sum_{i=1}^n F_i \frac{v_i}{v_A} \cos(F_i v_i) + M_i \frac{\omega_i}{v_A}.$$

Agar yetakchi bo‘g‘in ilgarilanma harakatni amalga oshirsa, barcha kuchlari va momentlari keltirilgan kuch bilan almashtiriladi.

Yetakchi bo‘g‘in (keltirish bo‘g‘ini) aylanma harakat qilsa, kuch va momentlarni keltirilgan moment M_{kel} bilan almashtirish qulayroq bo‘ladi.

Xuddi shunday, keltirilgan kuch hisoblangani kabi mexanizmga ta’sir qiluvchi kuchlar momentlarining bajargan ishi va keltirilgan momentning elementar bajargan ishi ifodalar yozilishi mumkin:

$$dA = M_{kel} d\varphi = \sum_{i=1}^n (F_i dS_i \cos \alpha + M_i d\varphi_i).$$

: dt vaqtida:

$$dN = \frac{dA}{dt} = M_{kel} \frac{d\varphi_1}{dt} = \sum_{i=1}^n F_i \frac{dS_i}{dt} \cos \alpha + M_i \frac{d\varphi_i}{dt},$$

yoki
$$M_{kel} \omega_1 = \sum_{i=1}^n (F_i v_i \cos(F_i v_i) + M_i \omega_i).$$

Shundan keltirilgan kuch quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$M_{kel} = \sum_{i=1}^n F_i \frac{v_i}{\omega_1} \cos(F_i v_i) + M_i \frac{\omega_i}{\omega_1}. \quad (6.10)$$

Keltirilgan kuch va keltirilgan moment mexanizmning holatiga bog'liq va o'zgaruvchan qiymatlardir.

Mexanizmning bir qator pozitsiyalari uchun berilgan F_{kel} kuchini yoki M_{kel} momentini aniqlagandan so'ng, $F_{kel} = f(S_A)$ a) yoki $M_{kel} = f(\varphi_1)$ diagrammalarini qurish mumkin. Shundan so'ng, grafik integratsiya usuli bilan ish diagrammasini $\Sigma A = f(\varphi_1)$ yaratish mumkin.

6.4. Manipulator dinamikasi

Manipulatorlarning dinamik fazilatlarini o'rganishda ikkita asosiy vazifa hal etiladi [54]:

1. Manipulatorlar dinamikasining to'g'ridan to'g'ri vazifasi manipulatorning bo'g'inlariga ta'sir etayotgan tashqi kuchlar va momentlar bo'yicha umumlashgan koordinatalarni aniqlashdan iborat. Umumlashtirilgan koordinatalar fazoviy mexanizmning bir necha erkinlik darajasiga ega bo'lgan harakat tenglamalarining yechimidan kelib chiqadi va harakat tenglamalarini yaratish uchun ikkita usul qo'llaniladi: *ikkinchi turdagi Lagrange tenglamalari usuli va kinetostatik usul.*

To'g'ridan to'g'ri vazifa odatda manipulatorni loyihalashda ko'p marta ishlatiladi. Uning yordami bilan umumlashtirilgan koordinatalarga cheklovlar mavjud bo'lganda murakkab kinematik sxemaga ega bo'lgan manipulatorning ish joyi maydonining

xususiyatlarini aniqlash mumkin, aniqlik xususiyatlarini aniqlash, masalan, manipulatorning bo'g'inlarini noto'g'ri tayyorlash yoki muayyan koordinatalarni qayta ishlashning noto'g'riligi sababli ta'qib qiluvchi qurilmaning pozitsiyasi va yo'nalishi xatoliklari.

2. Dinamikaning teskari vazifasi chiqish bo'g'ini harakatining qonunini ta'minlaydigan yuritmalardagi boshqaruv kuchlari va momentlarini o'zgartirish to'g'risidagi qonunni aniqlashdan iborat [56].

Manipulator kinematikasining teskari vazifasi kinematik va dinamik tahlil va manipulatorlarning sintezining asosiy vazifalaridan biridir. U manipulatorning umumlashtirilgan koordinatalari qiymatlarini ushlash moslamasining ma'lum bir pozitsiyasiga ko'ra aniqlashdan iborat. Manipulator ish bajarganda, ushlash moslamasining holati doimiy ravishda harakat qonuniga muvofiq o'zgaradi. Bunda ushlash moslamasining markazi kerakli trayektoriyani tasvirlaydi va u fazoda ma'lum tarzda yo'naltiriladi.

Ikkala vazifani hal qilish uchun, odatda, dinamik koeffitsiyentlarni hisoblash kerak. Ushbu koeffitsiyentlarni hisoblash juda ko'p arifmetik operatsiyalarni bajarishni talab qiladi. Shu nuqtai nazardan, Lagrange-Eyler tenglamalari qo'shimcha soddalashtirishsiz real vaqtda manipulatorni boshqarish uchun deyarli qo'llanilmaydi.

Hisoblash nuqtai nazaridan yanada samarali bo'lish uchun umumiy kuch va momentlarni hisoblash algoritmlari Nyuton-Eyler tenglamalaridan foydalanadi, ular tarkibi oddiy, ammo juda ko'p vaqt sarflaydi. Natijada manipulatorning yo'nalishlariga ketma-ket qo'llaniladigan to'g'ridan to'g'ri va teskari recurrent tenglamalar tizimi tuziladi. Bu real vaqtda manipulatorni boshqarish bo'yicha oddiy qonunlarni amalga oshirish imkonini beradi.

Manipulatsion tizimlarning dinamikasini 2-turdagi Lagrang tenglamalariga asoslangan holda o'rganish.

2-turdagi Lagrange tenglamasi ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi [9,53]:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = F_i, \quad (i = 1, \dots, n),$$

bu yerda $L = K - P$ formula bilan hisoblangan Lagrang funksiyasi, bu yerda: K va P - shu vaqtning o'zida manipulatorning harakatlanuvchi bo'g'inlarining to'liq kinetik va potensial energiyasi, F_i -i darajadagi harakatchanlikda harakat qiluvchi umumlashtirilgan kuch.

Manipulatorning dinamik sintezi uchun dastlabki ma'lumotlar manipulatorlarning chiziqli va burchak tezligi, inersiya momentlarini va bo'g'inlar massasini, shuningdek, boshqa parametrlardir. Tezliklar to'g'ridan to'g'ri yoki teskari kinematika muammolarini yechishdan aniqlanadi.

2-turdagi Lagrang tenglamasiga muvofiq, umumlashtirilgan kuchlarni aniqlash algoritmi quyidagi operatsiyalarni ketma-ket amalga oshirishdan iborat:

1) manipulatorning harakatlanuvchi bo'g'inlalarining kinetik energiyasini aniqlash;

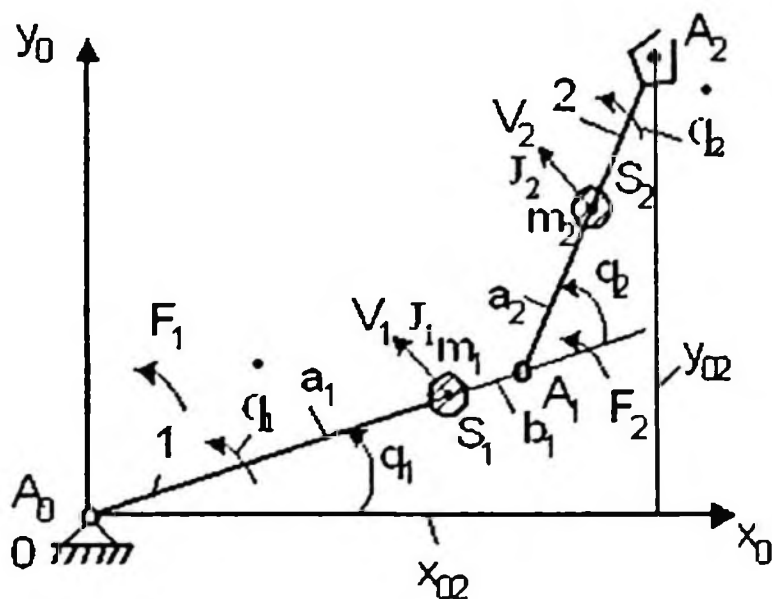
2) manipulatorning harakatlanuvchi bo'g'inlalarining potensial energiyasini aniqlash;

3) lagrang L funksiyasini aniqlash;

4) 2-toifali Lagrang tenglamasining tarkibiy qismlarini Lagrang funksiya-

sini umumlashtirilgan tezlik va vaqt bo'yicha, keyin esa umumlashtirilgan koordinatalarga ko'ra differensiyalash yo'li bilan aniqlash.

Ushbu algoritmni amalga oshirish natijasida umumlashtirilgan kuchlar va umumlashtirilgan tezlanishlar, tezlik va koordinatalar o'rtasidagi bog'liqliklar olinib, ularni (qaramliklarni) quyidagicha ifodalanishi mumkin:



6.3-rasm. Ikki harakatchanlik darajasiga ega oddiy manipulator sxemasi.

Manipulatorning mutlaq va umumlashtirilgan tezligi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz. 1- va 2- bo'g'inlarning massa markazlarining V_1 va V_2 chiziqli tezliklari:

$$\begin{aligned} V_1 &= a_1 \dot{q}_1; \\ V_2 &= \sqrt{\dot{x}_{02}^2 + \dot{y}_{02}^2}, \end{aligned} \quad (6.11)$$

bu yerda $\dot{x}_{02}$ va $\dot{y}_{02}$ x_0 va y_0 koordinata o'qlariga V_2 tezligining proyeksiyasi.

$$\begin{aligned} x_{02} &= b_1 \cos q_1 + a_2 \cos(q_1 + q_2); \\ y_{02} &= b_1 \sin q_1 + a_2 \sin(q_1 + q_2). \end{aligned}$$

Ularning birinchi hosilasi:

$$\begin{aligned} \dot{x}_{02} &= -b_1 \dot{q}_1 \sin q_1 - a_2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \sin(q_1 + q_2); \\ \dot{y}_{02} &= b_1 \dot{q}_1 \cos q_1 + a_2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cos(q_1 + q_2). \end{aligned} \quad (6.12)$$

Olingan qiymatlarni (6.11) formulasiga qo'ib, ayrim o'zgarishlardan keyin quyidagi tenglamani olamiz:

$$V_2 = \sqrt{b_1^2 \dot{q}_1^2 + a_2^2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + 2b_1 a_2 \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cos q_2}. \quad (6.13)$$

Manipulatorning to'liq kinetik energiyasini aniqlaymiz:

$$K = \frac{m_1 V_1^2 + I_1 \dot{q}_1^2 + m_2 V_2^2 + I_2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2}{2} =$$

$$= \frac{\left\{ m_1 a_1^2 \dot{q}_1^2 + I_1 \dot{q}_1^2 + m_2 \left(b_1^2 \dot{q}_1^2 + a_2^2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + 2b_1 a_2 \dot{q}_1 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2) \cos q_2 + I_2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 \right) \right\}}{2}.$$

Kinetik energiyaning tarkibiy qismlarini umumlashtirilgan tezlik bilan qayta tashkil etamiz:

$$K = \frac{I_{\Sigma 1}(q_2) \dot{q}_1^2}{2} + I_{\Sigma 12}(q_2) \dot{q}_1 \dot{q}_2 + \frac{I_{\Sigma 2} q_2 \dot{q}_2^2}{2}, \quad (6.14)$$

bu yerda

$$I_{\Sigma 1} = I_1 + I_2 + m_1 a_1^2 + m_2 (b_1^2 + a_2^2 + 2b_1 a_2 \cos q_2);$$

$$I_{\Sigma 12} = I_2 + m_2 a_1^2 + m_2 b_1 a_2 \cos q_2;$$

$$I_{\Sigma 2} = I_2 + m_2 a_2^2.$$

Manipulatorning to'liq potensial energiyasini aniqlaymiz:

$$P = m_1 g a_1 \sin q_1 + m_2 g (b_1 \sin q_1 + a_2 \sin (q_1 + q_2)),$$

bu yerda g – erkin tushish tezlashtirishi.

Ushbu manipulatorning har bir harakat darajasi uchun 2-turdagi Lagrang tenglamasini yozamiz:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} - \frac{\partial L}{\partial q_1} = F_1;$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_2} - \frac{\partial L}{\partial q_2} = F_2.$$

2-turdagi Lagrang tenglamalarining tarkibiy qismlarini ifodalaymiz. Manipulatorning potensial energiyasi umumlashtirilgan tezliklarga bog'liq emasligi uchun:

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} = \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_1} = I_{\Sigma 1}(q_2) \dot{q}_1 + I_{\Sigma 12}(q_2) \dot{q}_2;$$

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_2} = \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_2} = I_{\Sigma 12}(q_2) \dot{q}_1 + I_{\Sigma 2} \dot{q}_2.$$

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} &= \frac{d}{dt} \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_1} = \frac{d}{dt} I_{\Sigma 1}(q_2) \dot{q}_1 + I_{\Sigma 12}(q_2) \dot{q}_1 = \\ &= I_{\Sigma 1} \ddot{q}_1 + I_{\Sigma 12} \ddot{q}_2 - m_2 b_1 a_2 (2 \dot{q}_1 \dot{q}_2 + q_1^2) \sin q_2;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_2} &= \frac{d}{dt} \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_2} = \frac{d}{dt} I_{\Sigma 12}(q_2) \dot{q}_1 + I_{\Sigma 2} \dot{q}_2 = \\ &= I_{\Sigma 12} \ddot{q}_1 + I_{\Sigma 2} \ddot{q}_2 - m_2 b_1 a_2 \dot{q}_1 \dot{q}_2 \sin q_2.\end{aligned}$$

Manipulatorning kinetik energiyasi umumlashtirilgan q_1 koordinatasiga bog'liq emas (6.14 tenglama), shuning uchun

$$\frac{\partial L}{\partial q_1} = \frac{\partial (K - P)}{\partial q_1} = \frac{\partial (-P)}{\partial q_1} = m_1 g a_1 \cos q_1 - m_2 g b_1 \cos q_1 + a_2 \cos(q_1 + q_2).$$

2-turdagi Lagrang tenglamalarining oxirgi qismini aniqlaymiz.

$$\frac{\partial L}{\partial q_2} = \frac{\partial (K - P)}{\partial q_2} = -m_2 b_1 a_2 \dot{q}_1 \sin q_2 - m_2 b_1 a_2 \dot{q}_1 \dot{q}_2 \sin q_2 - m_2 g a_2 \cos(q_1 + q_2).$$

2-turdagi Lagrang tenglamasini ifodalashga qarab olingan iboralarni to'plab, ba'zi bir o'zgarishlardan so'ng biz olamiz:

$$\begin{aligned}I_{\Sigma 1} \ddot{q}_1 + I_{\Sigma 12} \ddot{q}_2 - m_2 b_1 a_2 (2 \dot{q}_1 \dot{q}_2 + q_1^2) \sin q_2 + m_1 g a_1 \cos q_1 + \\ + m_2 g b_1 \cos q_1 + a_2 \cos(q_1 + q_2) &= F_1; \\ I_{\Sigma 12} \ddot{q}_1 + I_{\Sigma 2} \ddot{q}_2 + m_2 a_2 b_1 q_1^2 \sin q_2 + g \cos(q_1 + q) &= F_2.\end{aligned}$$

Dinamik tahlil muammolarini hal qilishda (dinamikaning bevosita vazifasi) ushbu tenglamalar, ta'kidlanganidek, differensial tenglamalar tizimi sifatida ko'rib chiqilishi va ularning sonli integrallab, F_1 va F_2 ning ma'lum umumlashtirilgan umumiy kuchlari bilan umumlashtirilgan koordinatalar bo'yicha harakatining $q_1(t)$ va $q_2(t)$ qonunlari, shundaydek umumlashtirilgan tezlik va tezlashmalar

bo'luvchi $\dot{q}_1(t), \dot{q}_2(t); \ddot{q}_1(t), \ddot{q}_2(t)$ va ularning birinchi va ikkinchi hosilalari aniqlanadi.

Dinamik sintez muammolarini hal qilish uchun (dinamikaning teskari vazifasi) ma'lum $q_1(t)$, $q_2(t)$, $\dot{q}_1(t), \dot{q}_2(t); \ddot{q}_1(t), \ddot{q}_2(t)$ va boshqa parametrlarni F_1 va F_2 umumlashtirilgan kuchlarni to'g'ridan to'g'ri hisoblash uchun yetarli.

Sanoat robotlarining manipulyatsion tizimlarini loyihalashda eng katta qiziqish – ma'lum bo'lgan (ma'lum bir sxemaning harakatini ta'minlash uchun zarur bo'lgan) qonunlarga ko'ra, umumlashtirilgan koordinatalarni o'zgartirish uchun zarur bo'lgan umumiy kuchlarni aniqlash kerak bo'lgan dinamikaning teskari vazifasidir.

Manipulator kinematikasini teskari muammolarini hal qilishda, qoida tariqasida, raqamli usullari ishlatiladi hamda ko'p bo'g'inli va ixtiyoriy tuzilishli manipulatorlarning to'liq kinetik va potensial energiya hisoblash uchun bog'liqliklar murakkabligi tufayli, bunday manipulatorlarning dinamikasini tasvirlaydigan 2-turdag Lagrang tenglamalarini sonli yechish kerak.

Nazorat va muhokama savollari

1. Yetakchi (harakatlantiruvchi) va yetaklanuvchi bo'g'inlarga izoh bering.
2. Mexanizm dinamikasining asosiy vazifasi nimadan iborat?
3. Keltirish bo'g'ini deb nimani tushunasiz?
4. Mexanizmning dinamik modeli deb nimaga aytiladi?
5. Mexanizmning keltirilgan massasi deb nimaga aytiladi?
6. Mexanizmning keltirilgan inersiya momenti deb nimaga aytiladi?
7. Keltirilgan F_{kel} kuch deb nimaga aytiladi?
8. Qaysi holda mexanizmga ta'sir etayotgan kuch va momentlar keltirilgan kuch bilan va qaysi holda keltirilgan moment bilan almashtiriladi?

9. Manipulatorlarning dinamik vazilatlarini o'rganishda qanday ikki vazifa hal etiladi?

10.2-turdagi Lagrange tenglamasiga umumlashtirilgan kuchlar qanday aniqlanadi?

11. Umumlashtirilgan kuchlar deb nimani tushunasiz?

VII BOB

HARAKATNI O'ZGARTIRUVCHILAR

Harakatni o'zgartiruvchilar – oldindan boshqariladigan harakatni amalga oshiradigan va tashqi obyektlar bilan o'zaro bog'lanadigan mexanik qurilma. Bu maqsadda mexatron modullar ko'p bosqichli aylanma (reduktor va multiplikatorlar) va ilgarilanma harakatli mexanizmlar, shuningdek turli konstruktiv ko'rinishdagi variatorlar ishlatiladi [9].

7.1. Tishli mexanizmlar

Tishli muxanizmlar harakatni bir valdan ikkinchi valga uzatish uchun qo'llaniladi. Ular asosan harakatni o'zgartirib, uzatish uchun qo'llaniladi. Ko'pchilik hollarda harakat pasaytirib uzatiladi. Unda bunday tishli mexanizmga reduktor deyiladi. Ba'zan harakatni oshirishga ehtiyoj tug'iladi. Agarda tishli mexanizm harakatni oshirib uzatsa, u holda bunday uzatmaga multiplikator deyiladi [9, 45].

Tishli mexanizmlar ikkita tishli g'ildirakdan yoki tishli g'ildirak bilan reykan va x.k lardan tashkil topadi. Yetakchi tishli g'ildirak shesternya deb ataladi (kuch uzatadigan tishli mexanizmlarda kichik tishli g'ildirak), yetaklanuvchi esa (kattasi) g'ildirak deb ataladi.

Tishli uzatmalarning asosiy afzalliklariga quyidagilar kiradi: katta quvvatni uzatadi; F.I.K. yuqori; uzatish nisbati o'zgarmas; ixcham; sodda va h.k.

Tishli uzatmalarning kamchiliklaridan asosiylari quyidagilar: ishlash jarayonida shovqin chiqaradi; ishlab chiqarilishida murakkab texnologiyalarni

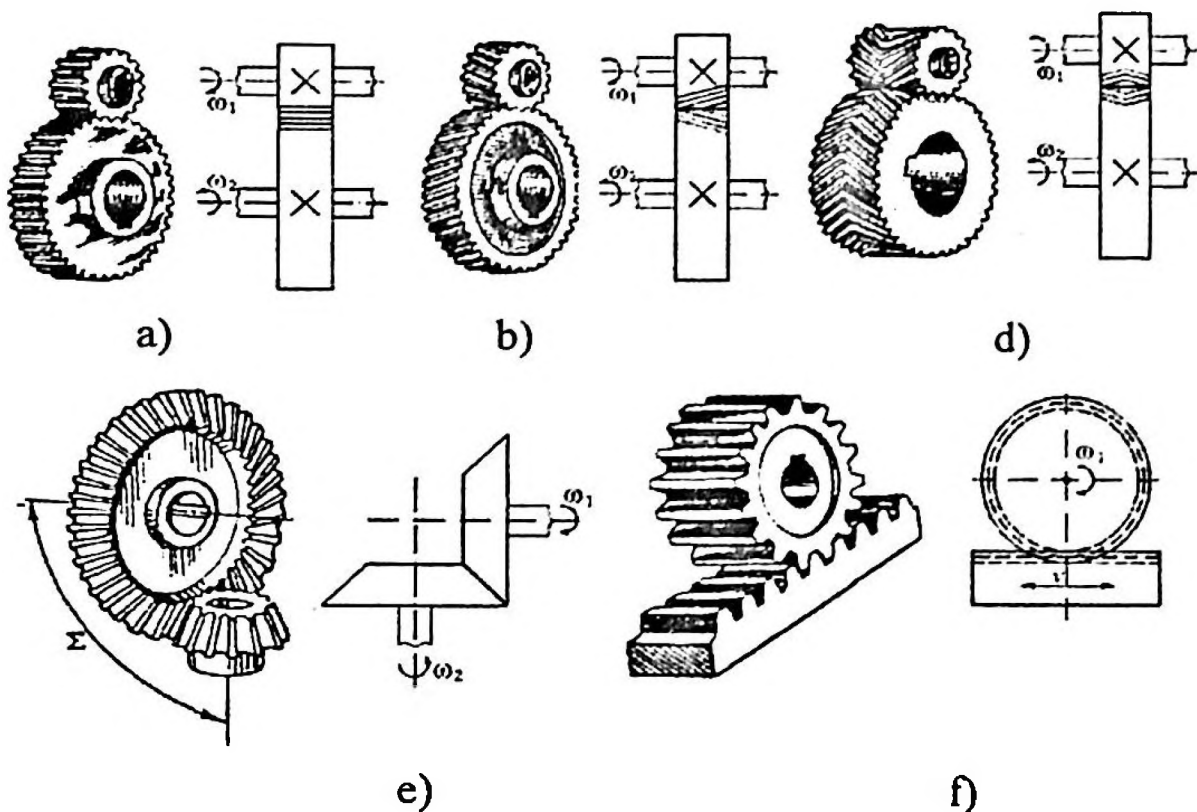
talab qilishi; dinamik kuchlar ta'siriga bardoshsizligi kam; pog'onasiz uzatish

imkoniyatining yo'qligi va h.k.

Tishli uzatmalar quyidagi turlarga bo'linadi [30, 36, 45]:

1. O'qlarining joylashishiga qarab:

a) parallel o'qli silindrik tishli uzatma (7.1-rasm, a, b, d);



7.1-rasm. Tishli mexanizmlarning turlari.

b) o'qlari o'zaro kesishadigan konussimon (7.1-rasm, e) tishli uzatma;

c) reykali tishli uzatma (7.1-rasm, f);

d) o'qlari o'zaro ayqash bo'lgan tishli uzatmalar – gipoidli (7.2-rasm, a), vintli (7.2-rasm, b), chervyakli (7.2-rasm, d).

2. Tishli g'ildirakning yasovchisiga nisbatan tishlarning og'ish burchagiga qarab:

a) to'g'ri tishli (7.1-rasm, a);

b) og'ma tishli silindrik (7.1-rasm, b);

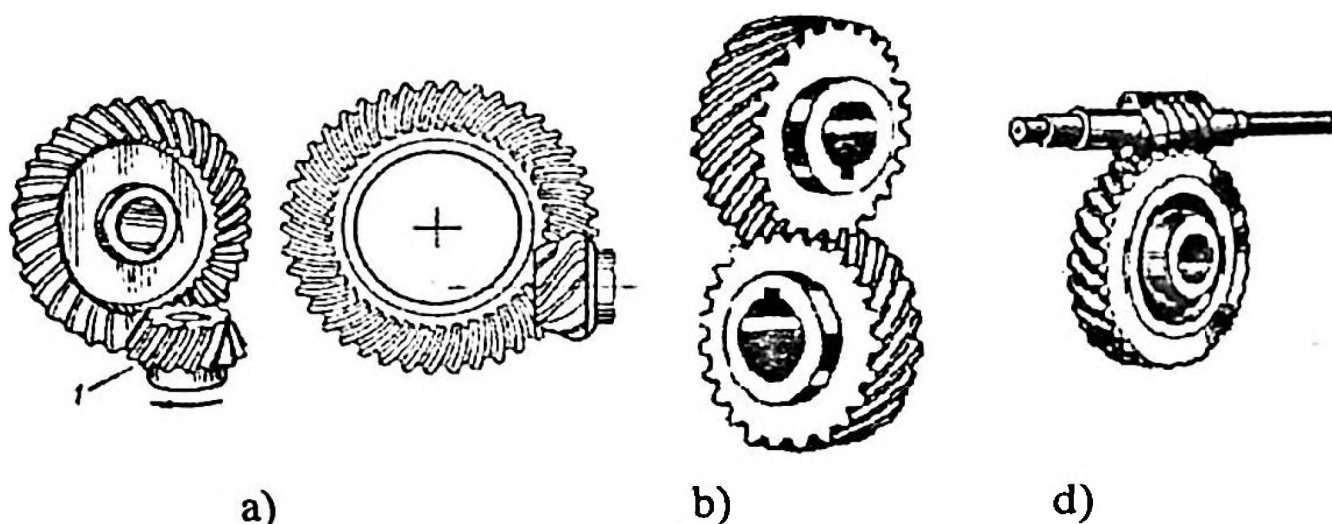
c) shevron tishli (7.1-rasm, d);

d) egri tishli (7.2-rasm, a).

3. Tishlar profillari bo'yicha:

a) evolventali;

b)doiraviy (Novikov ilashmasi).

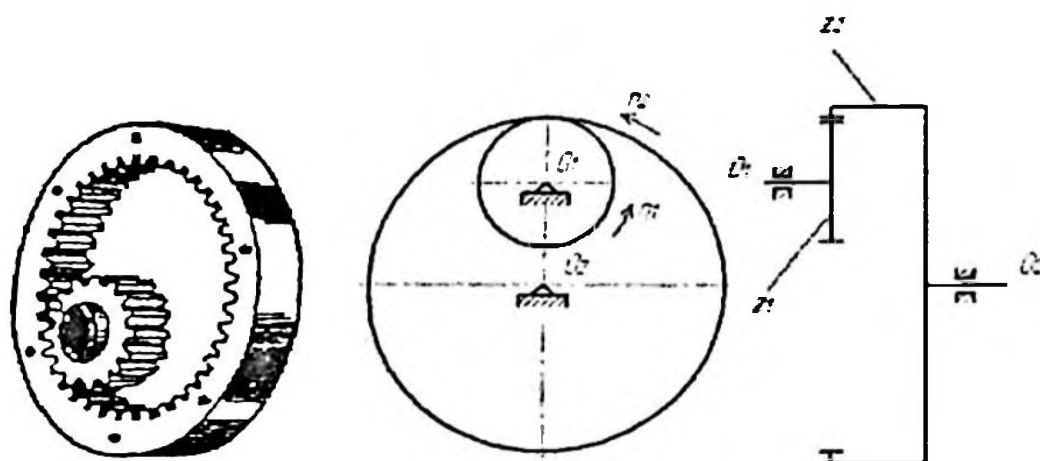


7.2-rasm. O'qlari ayqash tishli mexanizmlar.

4. Ilashma turiga ko'ra:

a) tashqi ilashmali (7.1-rasm, a, b, d);

b) ichki ilashmali (7.3-rasm).



7.3-rasm. Ichki ilashmali tishli mexanizm.

5. Aylanish tezligiga qarab:

a) tezyurar $v = (3 \text{ } 15 \text{ m/s})$;

b) sekinyurar $v = (0 \text{ } 3 \text{ m/s})$.

6. Konstruktiv bajarilishiga qarab:

a) ochiq uzatma, bu xil uzatmalar alohida yasalgan korpus ichiga joylashmaydi;

b) yopiq uzatma, bu xil uzatmalar alohida yasalgan korpus ichiga joylashadi, muqarrar ravishda moylanib turiladi.

Yuqorida keltirilgan tishli uzatmalardan eng ko'p qo'llaniladigani bu silindrik va konussimon uzatmalardir. Shevron tishli uzatmalar esa asosan katta quvvatlarni uzatishda qo'llaniladi.

7.1.1. Silindrik tishli g'ildirakning geometrik parametrlari

O'qlari o'zaro parallel bo'lgan tishli mexanizmlar to'g'risida umumiy ma'lumot.

Bu turdagi tishli g'ildiraklar turiga tashqi va ichki ilashmali to'g'ri (7.1-rasm, a), qiya (7.1-rasm, b) va shevron tishlilar kiradi [17, 21, 28].

Silindrsimon to'g'ri tishli uzatma g'ildiraklarida tishlar g'ildirak o'qiga nisbatan parallel, qiya tishlida esa ma'lum β burchak hosil qilgan holda joylashgan bo'ladi. Qiya tishli g'ildiraklarning bir vaqtda ilashishda bo'ladigan tishlar soni, hamda kontakt chiziqining uzunligi, to'g'ri tishli g'ildiraklarnikiga qaraganda ortiq bo'lib (har qanday og'ma chiziq tik chiziqqa nisbatan uzunroq), bir tishga tushadigan nisbiy yuklanish kamroq bo'ladi va shu sababli bu uning afzalligiga kiradi. Shuning uchun ham bir xil o'lchamli qiya tishli g'ildirakka to'g'ri tishli g'ildiraknikidan ortiqroq yuklanish berish mumkin.

Bundan tashqari, qiya tishli g'ildiraklardagi tishlar ilashishga bir chetdan ikkinchi chetga tomon asta-sekin kirishadi. Natijada bu uzatma shovqinsiz va ravon ishlaydi. Qiya tishli uzatmaning to'g'ri tishlinikiga nisbatan asosiy kamchiligi: ishlaganda o'q bo'ylab yo'nalgan kuchning paydo bo'lishidir.

Tishli mexanizmning aylanma tezligi $V > 3$ m/s bo'lganda qiya (yoki shevron) tishli g'ildiraklardan foydalanish tavsiya etiladi, chunki to'g'ri tishli g'ildiraklarning bunday tezlik bilan qoniqarli ishlashi

uchun ularning tayyorlanish aniqligi juda yuqori bo'lishi kerak. Qiya tishli g'ildiraklarning tishlari ham to'g'ri tishni qirqadigan asbob (masalan, reyka) bilan qirqiladi. Buning uchun kesuvchi asbob tishning talab qilingan qiyalik burchagi β qanday bo'lsa, shunday burchakka qiyshaytirib qo'yiladi. Demak, tishlarga tik kesim bo'yicha olingan tishning shakli, ular orasidagi qadam, ya'ni modul to'g'ri tishli g'ildiraklarnikiga mos keladi. Biroq qiya tishli g'ildiraklarda tishlar orasidagi masofani (qadamni) har xil kesim bo'yicha o'lchash mumkin.

Silindrsimon uzatmalarda $\eta = 0,97...0,98$ bo'lib, mashinalarda keng qo'llaniladi.

O'qlari o'zaro parallel bo'lgan g'ildirakning geometrik parametrlari.

Silindrsimon tishli uzatmaning geometrik o'lchamlari quyidagicha ifodalaniladi (7.4-rasm):

d_1 va d_2 – shesternya va tishli g'ildirak bo'luvchi aylanalarining diametrlari.

$$d_1 = m \cdot Z_1; \quad d_2 = m \cdot Z_2,$$

bu yerda m – tishli g'ildiraklarning moduli; Z_1 va Z_2 – ilashmada bo'gan tishli g'ildiraklarning tishlar soni.

d_{w1} , d_{w2} – shesternya va g'ildirak boshlang'ich aylanalarining diametrlari. Bu diametr ilashishdagi bo'lgan g'ildiraklarga taalluqli bo'lib, alohida olingan g'ildirak uchun qo'llanilmaydi.

Tishlar xech qanday tuzatishsiz (korrektsiyalanmagan) tayyorlanganda bu diametrlar bo'luvchi diametrlarga teng, ya'ni $d_w = d$ bo'ladi. Quyida shunday tishli uzatmalarni o'rganamiz:

d_{a1} , d_{a2} – tishlarning uchidan o'tgan aylanalar diametrlari;

$$d_{a1} = d_1 + 2m; \quad d_{a2} = d_2 + 2m.$$

d_n , d_n – tishlarning tubidan o'tgan aylanalar diametrlari;

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m; \quad d_{f2} = d_2 - 2,5m.$$

d_{b1} , d_{b2} – asosiy aylanalar diametrlari. Bu aylananing yoyilmasidan tishni yon yoni sirti uchun zarur bo'lgan evolventa chizig'i hosil qilinadi.

$$d_b = d \cdot \cos \alpha,$$

bu yerda α – tish qirquvchi asbob (reyka) ning profil burchagi, uning standart qiymati $\alpha = 20^\circ$.

O'qlararo masofa: tashqi ilashmaga $a_w = (d_1 + d_2) / 2$;

ichki ilashmada $a_w = (d_2 - d_1) / 2$.

α_w – ilashish burchagi, ilashmadagi normal g'ildiraklar uchun $\alpha_w = \alpha = 20^\circ$.

7.5-rasmda tishli g'ildirakning boshqa parametrlari ko'rsatilgan:

Bo'luvchi aylana bo'yicha tish qadami $P = \pi \cdot m$. Tish qadami deb ikki yonndosh tishlarning bir nomli taraflari orasidagi masofaga aytiladi.

Normal (korreksiyanmagan) tishli g'ildirak uchun $P = S + e$. S – bo'luvchi diametr bo'yicha tish qalinligi, e – tishlar orasidagi masofa.

Tish balandligi $h = h_a + h_f = m \cdot h^* + (m \cdot h^* + c) = 2,25 m$.

$h^* = 1$ – tish balandlik koeffitsiyenti, c – radial masofa, $c = c^* \cdot m = 0,25m$,

$c^* = 0,25$ – radial masofa koeffitsiyenti.

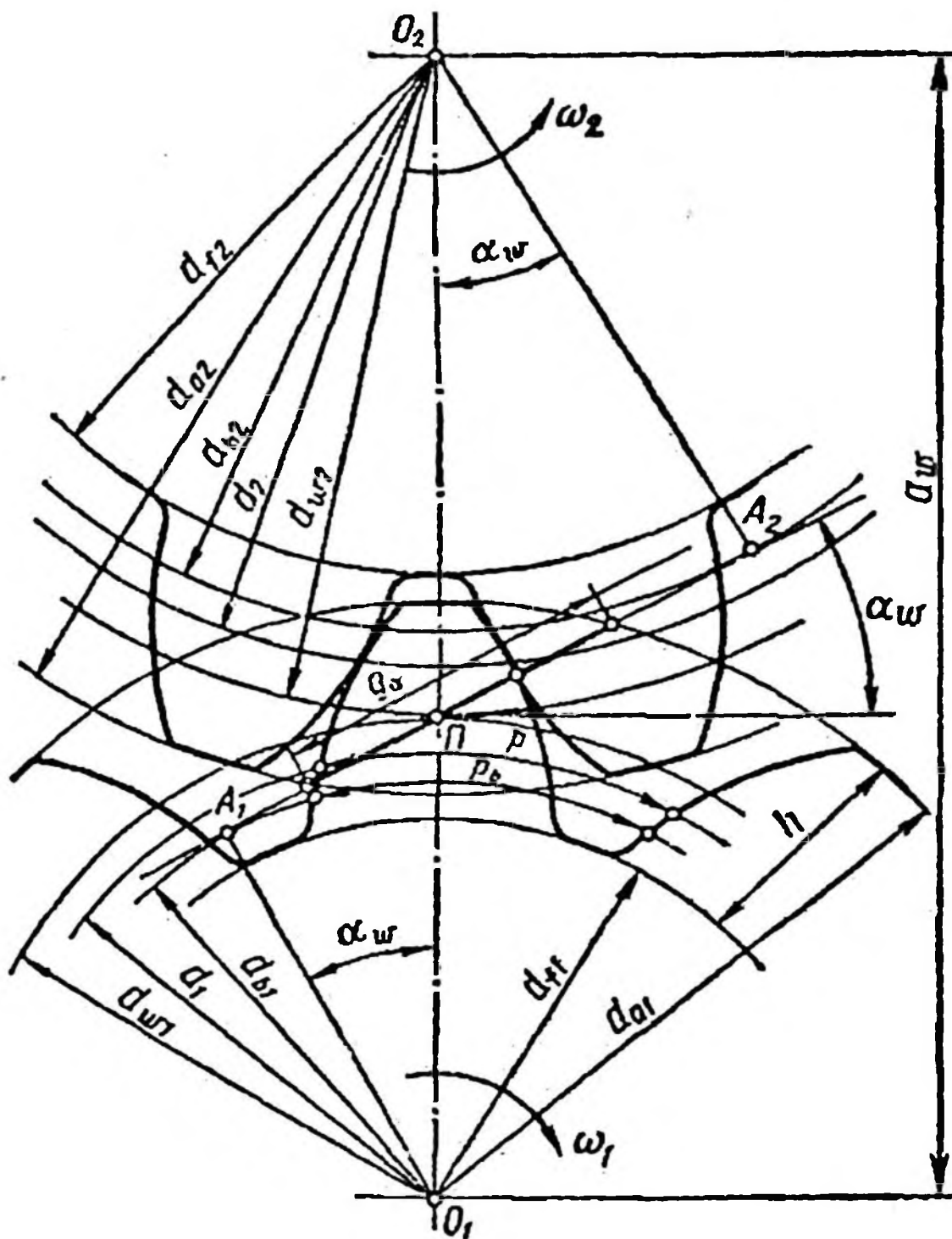
Yuqoridagi tenglamalarda m – tish moduli, tishli g'ildirakning asosiy parametri bo'lib, uning qiymati DS (davlat standarti) bo'yicha olinadi [20, 21]

$$m = P / \pi \text{ [mm]}.$$

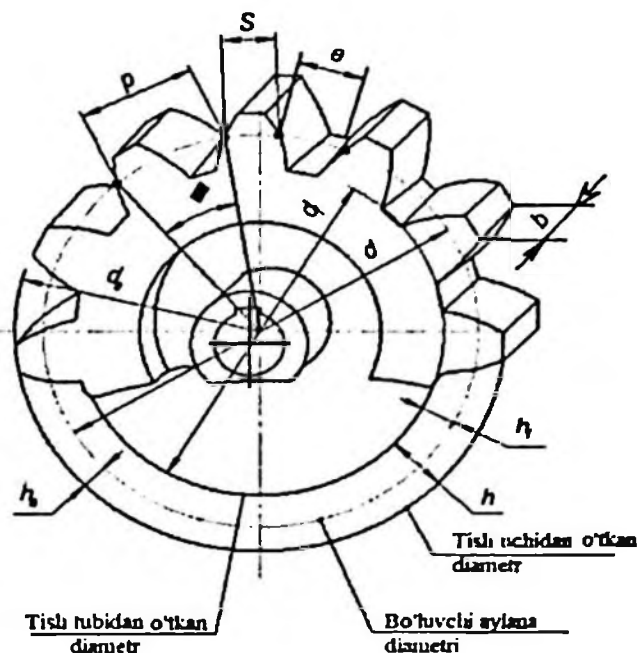
7.5-rasmda b – tish kengligi, tishli g'ildirakni mustahkamlikka hisoblanganda aniqlanadi.

Tishli g'ildirakning asosiy parametrlari: tish moduli m , tishlar soni Z va profil burchagi α .

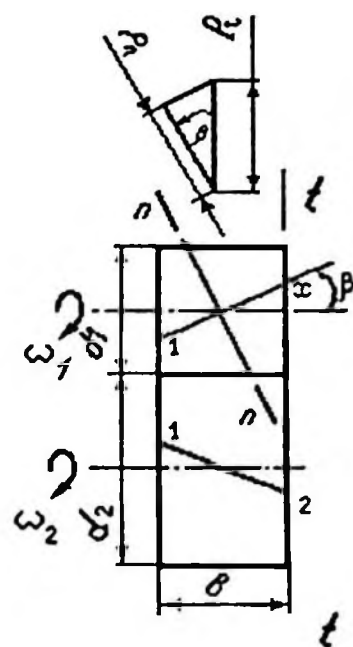
Ilashmada bo'lgan tishli g'ildiraklarning bir xil qiymatga ega parametrlari: tish moduli m , profil burchagi α va tishlar balandligi h , bunda $h_1 = h_2$.



7.4-rasm. Silindrik tishli mexanizm geometriyasi.



7.5-rasm. Tishli g'ildirak geometriyasi.



7.6-rasm. Qiya tishli g'ildirak geometriyasi.

Qiya tishli uzatmalarda tishlarga tik kesim bo'yicha olingan tishning shakli, ular orasidagi qadam, ya'ni modul to'g'ri tishli g'ildiraklarnikiga mos keladi.

Biroq qiya tishli g'ildiraklarda tishlar orasidagi masofani (qadamni) har xil kesim bo'yicha o'lchash mumkin. Qaysi qadam bilan o'lchanganligiga qarab, qiya tishli g'ildirakning geometrik o'lchamlari uch xil qadam va modul bilan ifodalanadi (7.6 -rasm) [37,38]: tishga tik kesim bo'yicha o'lchangan normal qadam – P_n va modul – m_n , g'ildirak o'qiga parallel kesim bo'yicha o'lchangan qadam – P_x va modul – m_x , g'ildirak o'qiga tik kesim bo'yicha o'lchangan yon qadam – P_t va modul – m_t .

Qiya tishli uzatmaning o'lchamlarini aniqlashda, asosan, yon moduldan, mustahkamlikka hisoblashda esa, normal moduldan foydalaniladi. Qiya tishning $n - n$ kesimdagi profili to'g'ri tishning profiliga to'g'ri keladi.

$$m_t = m_n / \cos \beta, \text{ chunki } P_t = P_n / \cos \beta;$$

$$d = m_t \cdot z = m_n \cdot z / \cos\beta;$$

$$d_a = d + 2 m_t;$$

$$a_w = m_n \cdot z_c / 2 \cos\beta.$$

Qolgan geometrik o'lchamlar shunga o'xshash topiladi.

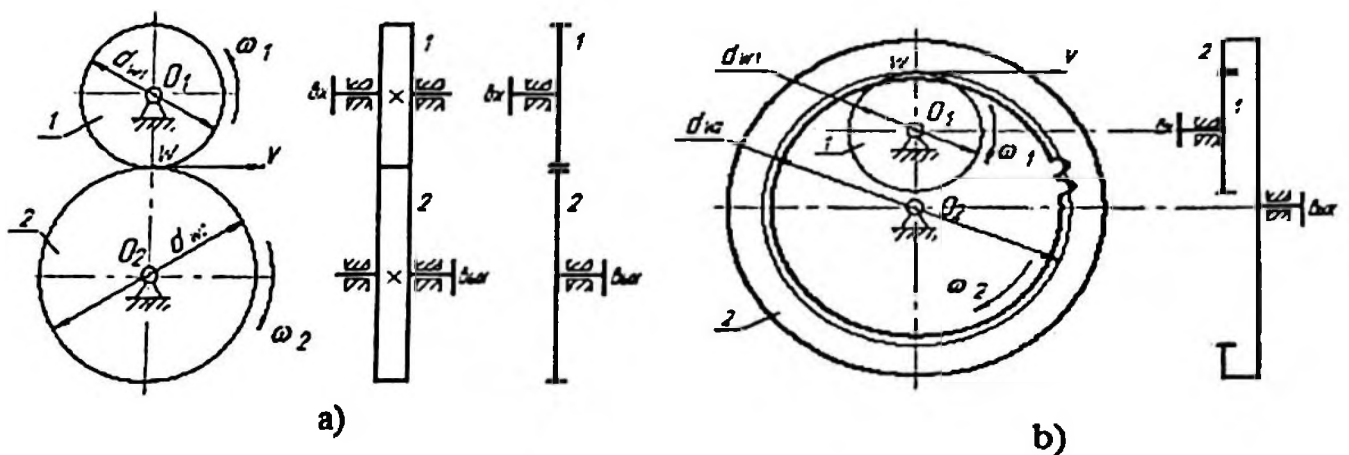
7.1.2. Silindrik tishli uzatmaning kinematik parametrlari

Tishli uzatmalarning kinematikasi deganda, aylanma va burchak tezliklari, uzatish soni va ular orasidagi munosabat tushuniladi va mexanik uzatmalar uchun umumiy bo'lgan kinematik tavsiflariga asoslanadi. Tishli mexanizmnı kinematik hisoblashda oddiy va murakkab tishli mexanizmlardan farqi bor.

Oddiy tishli mexanizmlarning kinematikasi

Ikki g'ildirakdan tashkil topgan mexanizmlar *oddiy tishli mexanizmlar* deb ataladi [35,37,38,47].

7.7-rasmda oddiy tishli mexanizm sxemalari ko'rsatilgan.



7.7-rasm. Oddiy tishli mexanizm sxemalari:
a) tashqi ilashmali; b) ichki ilashmali.

Uzatish nisbati:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_1}{d_2}.$$

Tishlar ilashmada bo'lganda, birinchi g'ildirakning tishlari ikkinchi g'ildirakning tishlar orasiga tushishi kerak, ya'ni g'ildiraklarning bo'luvchi aylanalar qadamlari bir xil bo'lishi kerak:

$$p_1 = p_2; \quad \frac{\pi d_1}{Z_1} = \frac{\pi d_2}{Z_2},$$

shundan quyidagini olamiz:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Shunday qilib, bir juft g'ildirak uchun uzatish nisbati burchak tezliklarining nisbati bilan to'g'ridan to'g'ri proporsionaldir va juftlikni tashkil etuvchi g'ildiraklar tishlarining soniga teskari proporsionaldir:

$$i_{12} = \pm \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Uzatish nisbati belgisi kirishda aylanish yo'nalishiga nisbatan chiqish g'ildiragining aylanish yo'nalishini ko'rsatadi:

- (+) - kirish va chiqish bo'yicha aylanish yo'nalishlari bir tomonga bo'ladi.

Bir juft g'ildirak uchun aylanish yo'nalishi ichki ilashmaga to'g'ri keladi (7.7-rasm, b);

- (-) - g'ildiraklar qarama-qarshi tomonlarga aylanadi.

Bu tashqi ilashma bilan sodir bo'ladi (7.7-rasm, a).

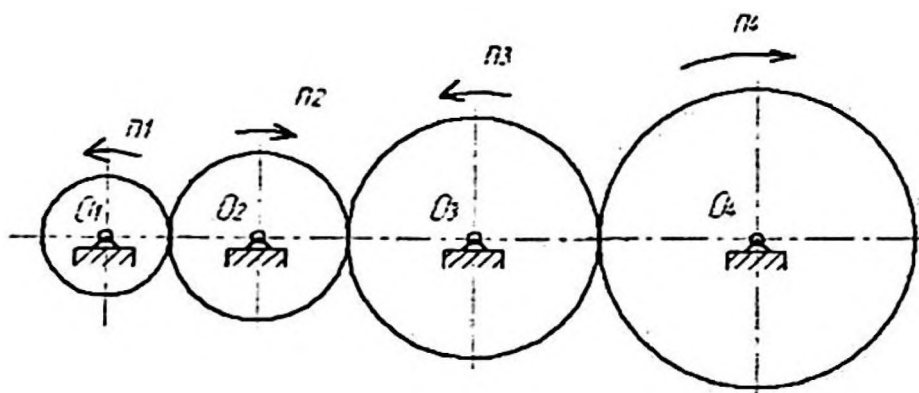
Qatorli tishli mexanizmlar kinematikasi

Qatorli tishli mexanizmlar (oraliq yoki parazit g'ildirakli uzatmalar) bir nechta tishli juftlarning ketma-ket birikmasi bo'lib, qo'zg'almas o'qlarning har birida bittadan g'ildirak joylashtirilgan (7.8-rasm) [47].

To'rt ketma-ket ulangan silindr g'ildiraklardan tashkil topgan mexanizm uchun umumiy uzatish nisbati:

$$i_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4} = i_{12} i_{23} i_{34},$$

bu yerda i_{12} , i_{23} va i_{34} – birinchi, ikkinchi va uchinchi juftliklarning uzatish nisbatlari.



7.8-rasm. Qatorli tishli mexanizm sxemasi.

$$i_{12} = -\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{r_2}{r_1} = -\frac{Z_2}{Z_1}; \quad i_{23} = -\frac{\omega_2}{\omega_3} = -\frac{r_3}{r_2} = -\frac{Z_3}{Z_2}; \quad i_{34} = -\frac{\omega_3}{\omega_4} = -\frac{r_4}{r_3} = -\frac{Z_4}{Z_3}.$$

Unda haqiqiy uzatish nisbati

$$i_{14} = -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot -\frac{Z_3}{Z_2} \cdot -\frac{Z_4}{Z_3} = -\frac{Z_4}{Z_1}$$

Umuman olganda, mexanizmدا n g'ildiraklar bo'lganda:

$$i_{1n} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = (-1)^n \frac{Z_n}{Z_1}. \quad (7.1)$$

Qatorli tishli mexanizmning umumiy uzatish nisbati birinchi va oxirgi g'ildiraklarning burcha tezliklari (aylanishlar soni) yoki tishlar sonlarining teskari nisbatiga tengdir. Uzatish nisbati belgisi $(-1)^n$ ko'paytmasi bilan belgilanadi, bu yerda n tashqi uzatmalarning soni. n juft son bo'lsa, birinchi va oxirgi g'ildiraklar bir tomonga, va aksincha, n tok son bo'lsa, har xil tomonga aylanadilar.

7.1-tenglamadan ko'rinib turibdiki, qatorli tishli mexanizmlarning uzatish nisbatini hisoblaganda birinchi va oxirgi tishli g'ildiraklar rol o'ynaydi. Shuning uchun oraliq tishli g'ildiraklar *parazit tishli g'ildiraklar* deyiladi. Ular faqat aylanish yo'nalishlarini o'zgartirish yoki o'qlararo masofani to'ldirish (katta o'lchamlari tufayli yetakchi va yetaklanuvchi g'ildiraklar o'lchamlarini oshirish mumkin bo'lmaganda) uchun xizmat qiladi.

1-misol

7.7-rasm, a da ko'rsatilgan tashqi ilashmali uch bo'g'inli mexanizmning o'qlararo masofasi a_w aniqlansin. Berilgan: $Z_1 = 25$; modul $m = 3$ mm; uzatish nisbati $i = 4$.

Yechish. Ikki tishli g'ildiraklardan tashkil topgan tashqi ilashmali mexanizmning o'qlararo masofasi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2}.$$

Shesternyaning bo'luvchi diametri $d_1 = m \cdot Z_1 = 3 \cdot 25 = 75$ mm.
 $d_2 = d_1 \cdot i = 75 \cdot 4 = 300$ mm.

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{75 + 300}{2} = 187,5 \text{ mm}$$

2-misol 1-misolda berilgan parametrlar bo'yich o'qlararo masofani ichki ilashmali mexanizm uchun topilsin (7.7-rasm, b).

Yechish. Bo'luvch aylana diametrlari d_1 va d_2 1-misoldagi kabi topiladi.

O'qlararo masofa

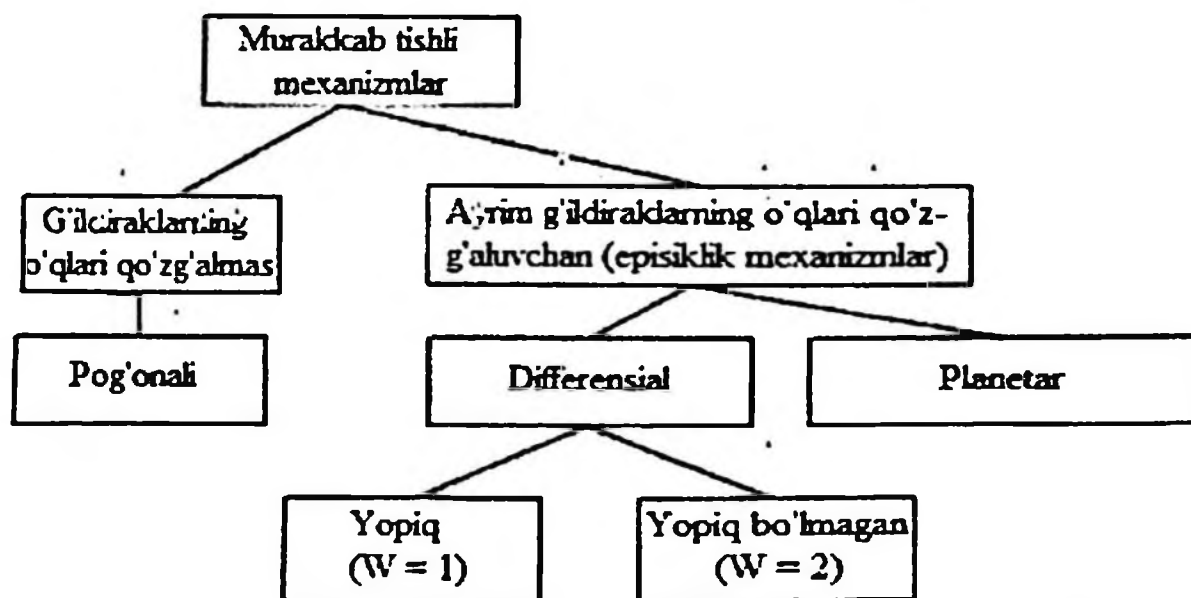
$$a_w = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{300 - 75}{2} = 112,5 \text{ mm.}$$

Murakkab tishli mexanizmlarning kinematikasi

Bir juft g'ildirakda 5-7 dan ortiq uzatush nisbatini amalga oshirish maqsadga muvofiq emas. Agar texnologik talablarga ko'ra, ushbu qiymatlardan ko'proq uzatish nisbati ta'minlanishi kerak bo'lsa, bir-biriga bog'langan bir qator tishli g'ildiraklarni o'z ichiga olgan qurilmalardan foydalaniladi.

Ikki g'ildirakdan ortiq bo'lgan tishli qurilmalar murakkab tishli mexanizmlar deb ataladi [35, 37, 38].

Murakkab tishli mexanizmlar tasnifi



7.9-rasm. Murakkab tishli mexanizmlar tasnifi.

Oraliq valli tishli mexanizmlarning kinematikasi

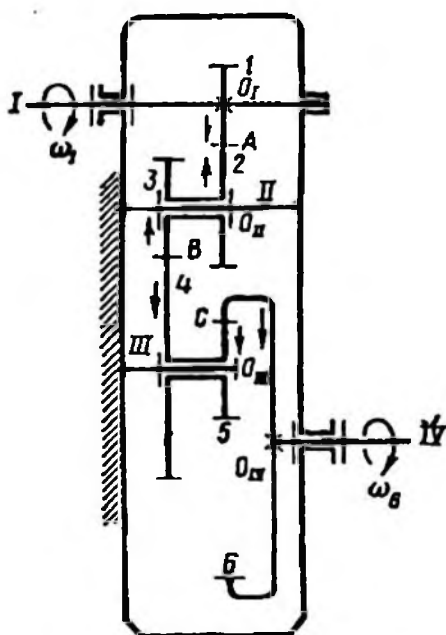
Murakkab tishli mexanizmlarda oraliq valli bir nechta g'ildirak juftlarining ketma-ket birikmasi bo'lib, ularning har birida bir nechta g'ildirak joylashtirilgan (yetakchi va yetaklanuvchi g'ildiraklaridan tashqari). 7.10-rasmda uch pog'onali silindrik reduktor sxemasi ko'rsatilgan. Reduktorning birinchi va ikkinchi bosqichlari yoki pog'onalari (1- va 2- hamda 3- va 4- g'ildiraklar) tashqi ilashmani, uchinchi bosqich (5- va 6-gildiraklar) ichki ilashmani hosil qiladi. Vallar soni to'rtta bo'lib, ikkinchi va uchinchi vallarda ikkitadan tishli g'ildiraklar o'rnatilgan.

Birinchi bosqichning uzatish nisbati:

$$i_{12} = -\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{r_2}{r_1} = -\frac{Z_2}{Z_1};$$

ikkinchi bosqich:

$$i_{34} = -\frac{\omega_3}{\omega_4} = -\frac{r_4}{r_3} = -\frac{Z_4}{Z_3};$$



7.10-rasm. Uch bosqichli tishli mexanizm sxemasi.

uchinchi bosqich:

$$i_{56} = \frac{\omega_5}{\omega_6} = \frac{r_6}{r_5} = \frac{Z_6}{Z_5}$$

Uzatish nisbatlarining qiymatlarini ko'paytirish orqali biz quyidagilarni olamiz:

$$i_{\omega 6} = i_{12} \ i_{34} \ i_{56} = -\frac{\omega_1}{\omega_2} \quad -\frac{\omega_3}{\omega_4} \quad +\frac{\omega_5}{\omega_6} = -\frac{Z_2}{Z_1} \quad -\frac{Z_4}{Z_3} \quad +\frac{Z_6}{Z_5} = \frac{r_2 \ r_4 \ r_6}{r_1 \ r_3 \ r_5}.$$

$\omega_2 = \omega_3$; $\omega_4 = \omega_5$ larni hisobga olib, qisqartirishlardan so'ng quyidagini olamiz:

$$\frac{\omega_1}{\omega_6} = i_{16} = i_{12} \ i_{34} \ i_{56} = \frac{Z_2 \ Z_4 \ Z_6}{Z_1 \ Z_3 \ Z_5} = \frac{r_2 \ r_4 \ r_6}{r_1 \ r_3 \ r_5}.$$

Pog'onali tishli mexanizmning umumiy uzatish nisbati mexanizm tarkibiga kiruvchi pog'onalarning uzatishlar nisbati ko'paytmasiga teng yoki o'z ishoralari bilan olingan yetaklanuvchi g'ildiraklarning tishlar sonini (radiuslarini) yetakchi g'ildiraklarning tishlar sonini (radiuslarini) nisbatlari ko'paytmasiga teng. Ushbu mexanizmning uzatish nisbati (qatorlidan farqli o'laroq) uning tarkibidagi barcha g'ildiraklarning tishlari soniga bog'liq bo'lgani uchun, g'ildirak tishlari sonini mos tanlash orqali katta uzatish nisbatlarni olish mumkin.

Umumiy holda, n g'ildiraklari va q tashqi ilashmalar bilan umumiy uzatish nisbati quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$i_{1n} = (-1)^q \frac{Z_2 \ Z_4 \ Z_6 \ \dots \ Z_n}{Z_1 \ Z_3 \ Z_5 \ \dots \ Z_{(n-1)}}$$

Nol (korreksiyalanmagan) g'ildiraklardan tashkil topgan o'qdosh mexanizmida (7.1.11-rasm) o'qdoshlik sharti (o'qlararo masofalarning tengligi) qondirilishi kerak:

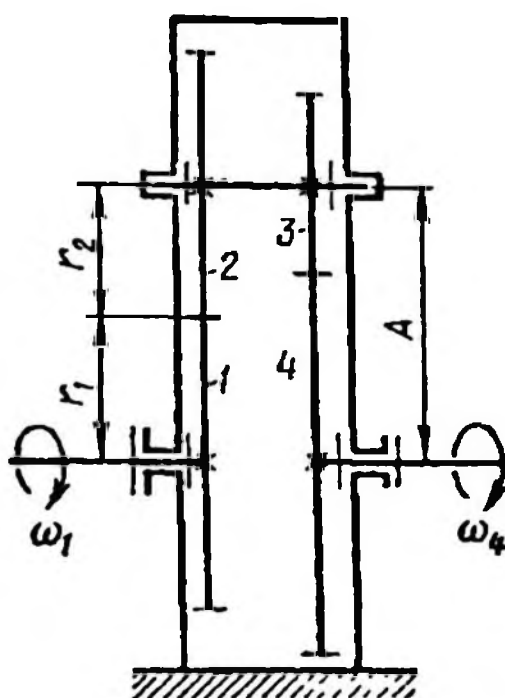
$$A = r_1 + r_2 = r_3 + r_4,$$

yoki

$$m_{12} \frac{Z_1 + Z_2}{2} = m_{34} \frac{Z_3 + Z_4}{2}, \quad (7.2)$$

bu yerda m_{12} va m_{34} – shunga ko'ra, birinchi va ikkinchi bosqichlarning modullari.

Qo'zg'almas o'qli mexanizmlarning harakatchanlik darajasi birga teng ($W = 1$), shuning uchun yetakchi va yetaklanuvchi bo'g'inlarning burchak tezliklari nisbati doimiy bo'lib qoladi. Shuning uchun, ushbu mexanizmlarni o'rganish vazifasi ma'lum bir sxema va g'ildirak kattaligi bo'yicha uzatish nisbatlarini aniqlashdan iborat.



7.11-rasm. O'qdosh ikki pog'onali reduktor sxemasi.

Misol.

7.11-rasmda ko'rsatilgan tishli ikki pog'onali reduktorning quyidagi parametrlari berilgan:

$Z_1 = 25$; $i_{12} = 4$; $m_{12} = 3$ mm; $m_{34} = 2,5$ mm; $Z_4 = 125$. Reduktorning o'qdoshligini hisobga olib, Z_2 , Z_3 , i_{34} va i_{um} parametrlari aniqlansin.

Birinchi pog'onadagi yetaklanuvchi g'ildirakning tishlar soni:

$$Z_2 = Z_1 \cdot i_{12} = 25 \cdot 4 = 100.$$

(7.2) tenglama asosida quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$m_{12}(Z_1 + Z_2) = m_{34}(Z_3 + Z_4),$$

shundan

$$\frac{m_{12}}{m_{34}}(Z_1 + Z_2) - Z_4 = Z_3.$$

$$Z_3 = \frac{3}{2,5}(25 + 100) - 125 = 25$$

$$\text{Ikkinchi (sekinyurar) pog'onadagi uzatish soni } i_{34} = \frac{Z_4}{Z_3} = \frac{125}{25} = 5$$

$$\text{Reduktorning umumiy uzatish soni } i_{um} = i_{12} \cdot i_{34} = 4 \cdot 5 = 20.$$

7.1.3. Konussimon tishli uzatmaning geometriyasi va kinematikasi

Konussimon g'ildirakli tishli uzatmalardan uzatma vallari ixtiyoriy burchak (ko'pincha 90°) ostida kesishgan va harakatni 90° burib uzatish hollarida foydalaniladi. G'ildirak sirtida tishlarni joylashishiga ko'ra konussimon g'ildiraklar to'g'ri tishli, qiya tishli va aylanassimon tishli turlariga bo'linadi [35, 37, 38].

Konussimon uzatma g'ildiraklarini tayyorlash silindrik g'ildiraklarni tayyorlashga qaraganda murakkabroq bo'lib, tishlarni qirqish uchun maxsus asbob va dastgohlardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bu g'ildiraklardan iborat uzatmani tegishli aniqlikda yig'ish ham qiyin.

Val o'qlarining o'zaro kesishivi ularning tayanchlarini joylashtirishni qiyinlashtiradi va g'ildiraklarning biri faqat bir tomonlama joylashgan tayanchga o'rnatiladi. Bu hol uzatmaning ishlashida tishlarga ta'sir etuvchi kuchlarning notekis taqsimlanishiga, bu esa qo'shimcha dinamik kuchlarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Bundan tashqari, konussimon uzatmalarda val o'qi bo'ylab yo'nalgan kuchning qiymati katta bo'lib, bu hol tayanchlarning tuzilishini murakkablashtirishga olib keladi. Bu kamchiliklarga qaramay, kesishgan vallarni ishlatish zarurati tug'ilganda konussimon g'ildirakli tishli uzatmalardan keng foydalaniladi.

Konussimon uzatmaning foydali ish koeffitsiyenti $\eta = 0,95 \dots 0,97$.

Konusning tishli reduktorlarini ishlab chiqarish texnologiyasining o'ziga xos xususiyatlari tufayli ularni uzatish soni $u \leq 5$ bilan bajarish tavsiya etiladi. Bu shunday cheklov, o'z navbatida, ikki bosqichli reduktorlarda ishlatishga olib keladi, odatda konussimon silindrik. Konussimon tishli mexanizmlarning yuklanish hajmi silindrsimondan ko'ra (teng massalarida) past bo'ladi, shuning uchun ular tez yurar pog'onalarda qo'llanadi.

G'ildirakning qo'shimcha konus bilan kesimiga *yo'nlama kesim* deyiladi. Tashqi, ichki va o'rta yonlama qisimlar mavjud.

Tashqi yo'nlama kesim o'lchamlari *e* indeksiga ega, masalan, d_e , R_e , va hokazo. O'rta yo'nlama kesim o'lchamlari *m* indeksiga ega, masalan, D_m , R_m va boshqalar.

Tashqi yo'nlama kesim o'lchamlarini o'lchash uchun qulayroqdir, shuning uchun ular ishchi chizmalarga ishora qilinadi. O'rtacha kesimdagi o'lchamlar yordamida mustahkamlikka hisoblash uchun ishlatiladi.

Konissimon uzatmani chizmadagi asosiy geometrik o'lchamlarini aniqlashda hisobiy modul sifatida tishning sirtqi tomonidan aniqlangan modul (to'g'ri tishli g'ildiraklar uchun m_e , aylanasimon g'ildiraklar uchun m_{te}) ishlatilib, "e" indeksi tashqi sirtga mos keladi.

Konusli tishli uzatmalarning geometriyasini hisoblash DS tomonidan tartibga solinadi [22]. Konussimon tishli uzatmani asosiy geometrik o'lchamlari silindrik tishli uzatmalardek, boshlang'ich yoki bo'luvchi konus o'lchamlari yordamida quyidagicha ifodalanadi (7.12 - rasm):

✓ tashqi bo'luvchi diametri, $d_e = m_e z$;

✓ tashqi konus masofasi, $R_e = \frac{d_e}{2 \sin \delta}$;

✓ g'ildirak bo'luvchi aylanasi o'rtacha diametri, $d = m_m z$;

✓ tashqi aylanma moduli,

$$m_e = \frac{d_e}{z} = \frac{2R_e \sin \delta}{z};$$

✓ o'rtacha aylanma modul,

$$m_m = m = m_e \frac{b \sin \delta}{z};$$

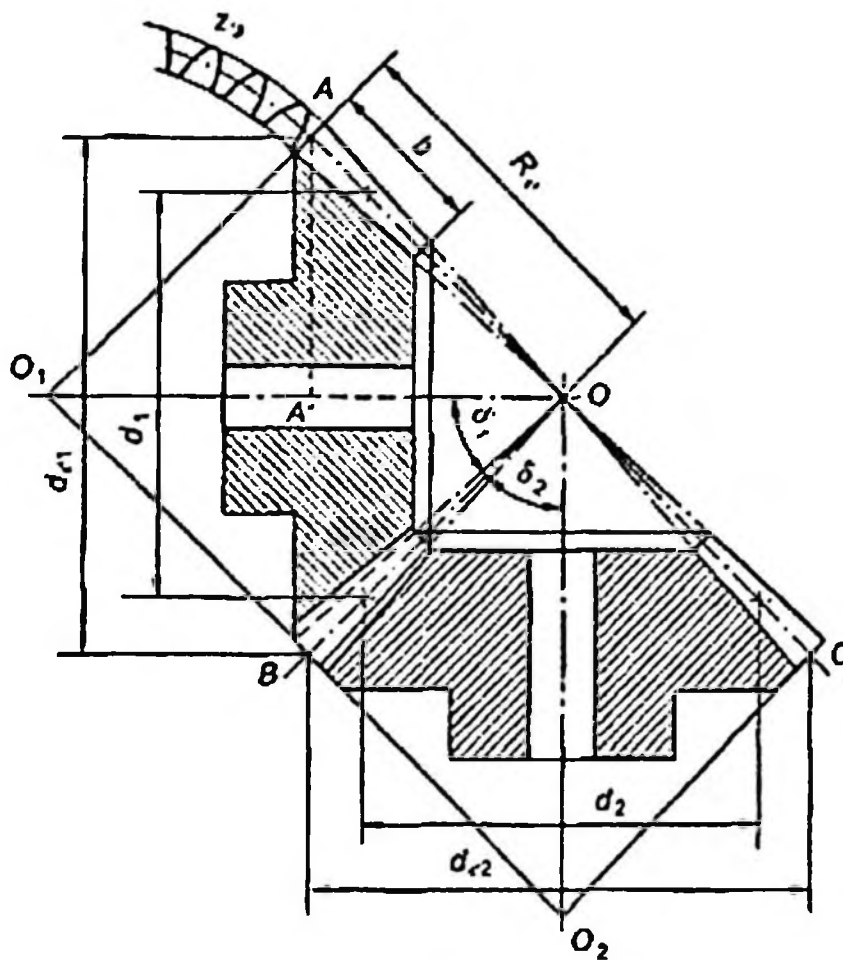
✓ tish balandligi, $h = 2,2m_e$;

✓ shesternya bo'luvchi konusining burchagi, $\delta_1 = 90^\circ - \delta_2$.

Konussimon uzatmaning uzatish soni:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{e2}}{d_{e1}} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_1} = \operatorname{tg} \delta_2 = \operatorname{ctg} \delta_1.$$

Ilashishdagi boshlang'ich aylanadagi nuqtaning tezligi bir xil bo'lganini hisobga olsak, $V = \omega_1 \cdot d_1 / 2 = \omega_2 \cdot d_2 / 2$.



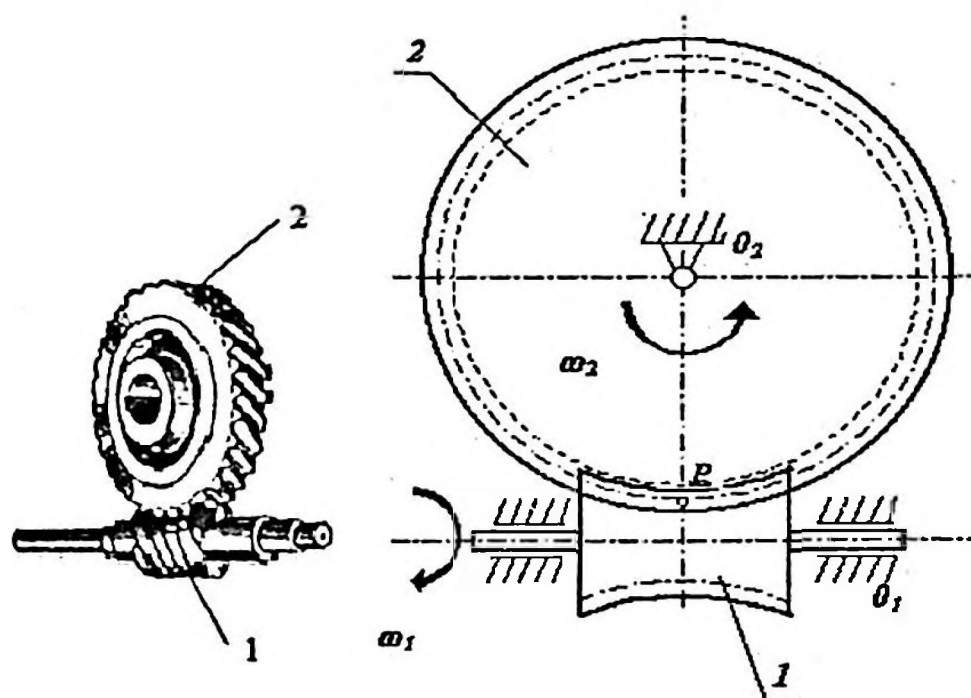
7.12-rasm. Konussimon tishli g'ildiraklarning geometriyasi.

7.1.4. Chervyakli uzatmaning geometriyasi va kinematikasi

Chervyakli uzatmalarda vallarning o'qlari ayqash joylashgan, shuning uchun ular aylanma harakatni asosan 90° burib uzatish hollarda ishlatiladi. Ayqashlik burchagining qiymati har xil bo'lishi mumkin, biroq amalda u asosan 90° bo'ladi. Bunday uzatma chervyak g'ildiragi bilan rezkali val – chervyakdan tuziladi (7.13-rasm) va uning ishlash prinsipi vintli juftning ishlashi kabidir [35, 37, 38].

Chervyakli uzatmalar kichik va o'rta quvvat bilan transport va ko'tarish – transport mashinalarida keng ishlatiladi (liftni ko'tarish mexanizmi, yuk ko'tarish mexanizmlarida, transport vositalarining

boshqarish qurilmasida va h.k.), shuningdek, kichik va aniq harakat olish uchun (stanoklarning bo'lish qurilmalari, sozlash va rostlash mexanizmlari va h.k.).



7.13-tasm. Chervyakli uzatmaning tuzilishi.

Chervyakli uzatmaning afzalliklari:

- a) bir pog'onaning uzatish soni katta (kinematik uzatmalarda $U = 500$ gacha, quvvat uzatmalarda $U = 8 \dots 120$ oralig'ida) bo'ladi;
- b) ravon, shovqinsiz va ishonchli ishlaydi;
- c) o'z-o'zidan tormozlanuvchi qilib tayyorlanishi mumkin.

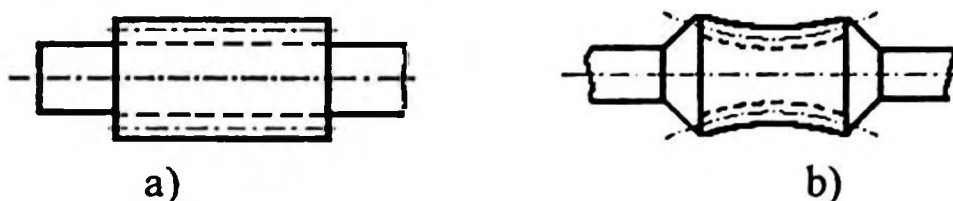
Kamchiliklari:

- a) foydali ish ko'effitsiyentining nisbatan kichikligi ($\eta = 0,7 \dots 0,92$);
- b) g'ildirak tishlarining tez yeyilishi;
- c) g'ildirak gardishini tayyorlashda narxi qimmat rangli metallarni (masalan, bronza) ishlatish zarurligi;
- d) uzatiladigan quvvatning chegaralanganligi ($N = 50 \dots 100$ kvt);
- e) uzatma to'xtovsiz ishlaganda qizib ketishi.

Chervyakli uzatmalar chervyak tanasining tuzilishiga qarab, silindrik a) va globoid b) (7.14-rasm), chervyak o'ramlarining shakliga

qarab, arximed, evolventa, konvoluta shaklli; chervyakning g'ildirakka nisbatan egallagan o'rniga qarab, chervyagi pastda, yonida, tepada joylashgan; o'rab turadigan korpusi bor yo'qligiga qarab, ochiq va yopiq; vazifasiga qarab esa kuch va moment uzatadigan yoki kinematik turlarga bo'linadi.

Chervyak o'qiga tik tekislik bilan kesilganda hosil bo'lgan shakl trapetsiya bo'ladi. Agar yon tomonidan o'ramlar shakli Arximed spiraliga o'xshasa, Arximed chervyagi deb, agar evolventaga o'xshasa, evolventali chervyak deb ataladi. Shakl qisqartirilgan yoki cho'zilgan evolventaga o'xshasa, bunday chervyak *konvolutali chervyak* deb ataladi.



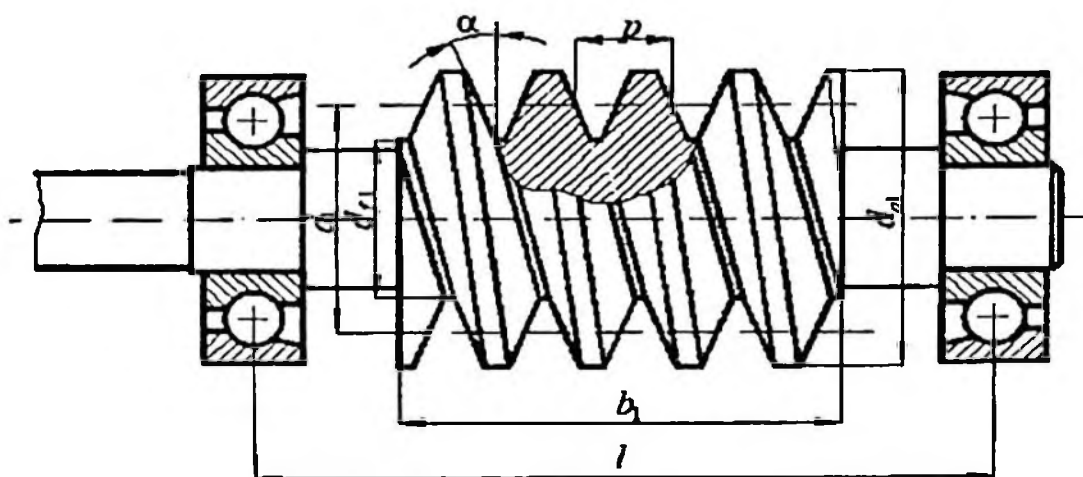
7.14-rasm. Chervyak turlari.

Arximed chervyakning geometrik parametrlari

Chervyakli uzatmalarda ham silindrsimon tishli uzatmalarda bo'lgani kabi boshlang'ich – d_w , bo'lish – d , ichki – d_f , va sirtqi – d_a diametrlar bo'ladi. Bu uzatmalarning tishli uzatmalardan farqi shuki, ulardagi aylanma tezliklarining yo'nalishi tishli uzatmalardagidek bir-biriga mos bo'lmay, ayqashlik burchagi ostida kesishadi. Ilashmaning qadami sifatida reykaning chervyak o'qi bo'ylab o'tgan tekislik bilan kesilganda hosil bo'lgan qadam – P_t , modul sifatida esa, $m = P_t / \pi$ olinadi [40].

Chervyakning umumiy tuzilishi hamda ishlashi trapetsiya profilli vintli juftnikiga o'xshaydi. Uning rezbasi bir kirimli yoki ko'p kirimli bo'lishi mumkin. DS bo'yicha kirimlar soni $Z_1 = 1, 2, 4$ bo'ladi [23].

Arximed chervyagining geometrik parametrlari (7.15-rasm):



7.15-rasm. Chervyak geometriyasi.

$\alpha = 20^\circ$ – chervyak o‘qi orqali o‘tuvchi tekislik bilan kesilganda hosil bo‘lgan profil burchak;

$m = P/\pi$ – chervyak o‘qi bo‘yicha aniqlangan modul;

$q = d_1/m$ – chervyakning nisbiy diametri, uning qiymati m ga qarab jadvallardan tanlanadi;

$d_1 = q \cdot m$ – chervyakning bo‘luvchi diametri;

$d_{a1} = d_1 + 2 m$ – chervyakning sirtqi diametri;

$d_{fi} = d_1 - 2,4 m$ – chervyakning ichki diametri;

chervyakning rezba qirqilgan qismini uzunligi b_1 : $Z_1 = 1...2$ bo‘lganda,

$b_1 \geq (11+0,06Z_2)m$, $Z_1 = 2...4$ bo‘lganda $b_1 \geq (12,5+0,097Z_2) m$ bo‘ladi.

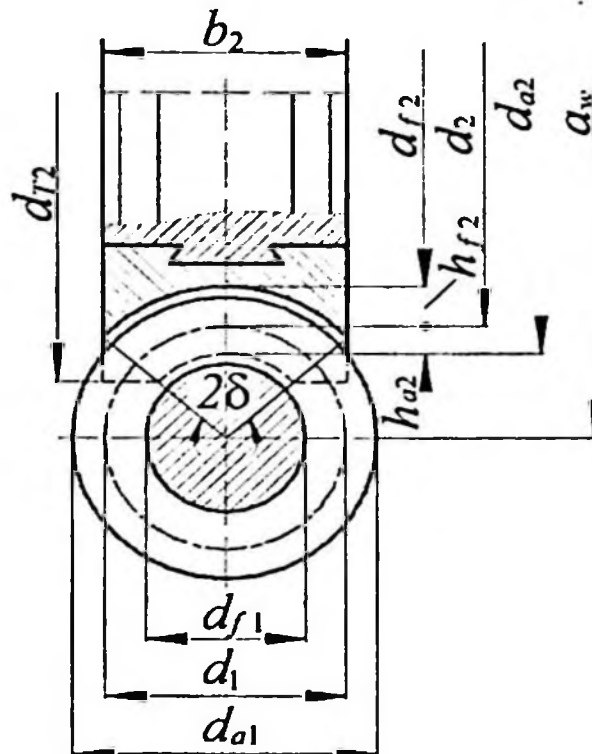
Chervyakli g‘ildirakning geometrik parametrlari

Chervyak g‘ildiragining o‘lchamlari (7.16-rasm) quyidagicha aniqlanadi [40]:

$d_2 = m \cdot Z_2$ – bo‘luvchi diametr;

$d_{a2} = d_2 + 2 m$ – tish uchi diametri;

$d_{fi} = d_2 - 2,4 m$ – tish tubi diametri.



7.16-rasm. Chervyakli g'ildirak geometriyasi.

Chervyakli g'ildirakning eni b_2 va uning sirtqi diametri d_{T2} qiymatlari quyidagi jadvald bo'yicha aniqlanadi: $Z_1 = 1...3$ bo'lganda $b_2 \leq 0,75d_{a1}$.

7.1-jadval

Z_1	1	2..	4
d_{T2}	$\leq d_{a2} + 2m$	$\leq d_{a2} + 1,5m$	$\leq d_{a2} + m$
b_2	$\leq 0,75d_{a1}$		$\leq 0,67d_{a1}$

γ – chervyak o'ramining ko'tarilish burchagini jadvaldan tanlash yoki quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{Z_1}{q}.$$

Chervyakli uzatmaning o'qlararo masofasi: $a_w = 0,5 \cdot m(q + Z_2)$

Chervyakli uzatmaning kinematikasi

Ma'lumki chervyak va chervyak g'ildiragining boshlang'ich aylanasi aylanma tezliklari har xil bo'lib, o'zaro 90° burchak hosil qiladi. Shuning uchun bunday uzatmada uzatish soni boshlang'ich aylanalar diametrlari nisbati qatorida qarab bo'lmaydi, ya'ni $u \neq d_2/d_1$.

Agar chervyak bir kirimli qilib tayyorlangan bo'lsa, u bir marotaba aylanganda, g'ildirak o'z o'qi atrofida bitta tishga mos burchakka buriladi, ya'ni chervyak bir o'ramli bo'lganda bunday uzatmaning uzatish soni chervyakli g'ildirakning tishlar soniga teng, ikki o'ramli chervyak uchun esa uzatmaning uzatish soni ikkiga teng va h.k.

Shunday qilib, chervyakli uzatmada uzatish soni quyidagicha aniqlanadi:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$$

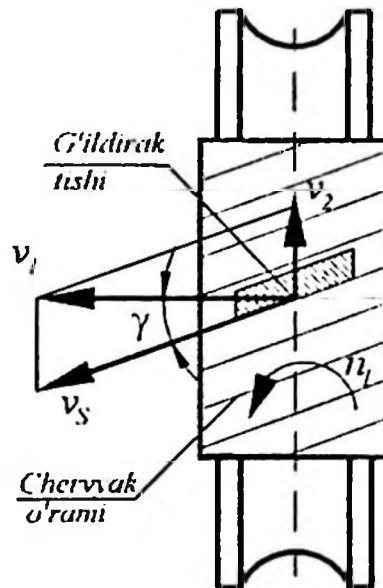
bu yerda Z_1 – chervyak o'ramlar soni; Z_2 – chervyak g'ildiragining tishlar soni.

Demak, chervyakli uzatmaning uzatish soni deb chervyakli g'ildirakning tishlar sonini chervyakni o'ramlar soniga bo'lgan nisbatiga aytiladi. Ishlab chiqarishda chervyakning o'ramlar soni $Z_1 = 1, 2, 4$, uzatish soni esa $u = 8 \dots 80$ qilib tayyorlanadi. Chervyakli uzatma bilan oddiy tishli uzatmalar orasidagi asosiy farq chervyak bilan chervyak g'ildiragi o'zaro ilashish nuqtasida aylanma tezliklari har xil va o'zaro 90° li burchak tashkil etishidadir (7.17-rasm).

Harakatdagi chervyakning o'ramlari g'ildirak tishlarining yon sirtida sirpanadi. **Sirpanish tezligi** – V_s chervyakning vint chizig'iga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi. Uning qiymatini chervyak va g'ildirak aylana tezliklarining qiymatlaridan foydalanib aniqlash mumkin (7.17-rasm).

$$V_s = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \frac{V_1}{\cos \gamma} : V_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60} : V_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60} : \frac{V_2}{V_1} = \operatorname{tg} \gamma,$$

bu yerda γ – chervyak vint chizig‘ining ko‘tarilish burchagi. Odatda $\gamma < 30^\circ$ bo‘lganligi uchun V_2 doimo V_1 dan, V_1 esa V_s dan kichik bo‘ladi. Shu sababli, tishlar tez yeyiladi va uzatmaning foydali ish koefitsiyenti nisbatan kichik bo‘ladi.



7.17-rasm. Sirpanish tezligi.

Uzatmani loyihalashda sirpanish tezligining taxminiy qiymatini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$V_s \approx 4,3 n_1^3 \sqrt{T_2} \cdot 10^{-3} \frac{m}{s},$$

bu yerda n_1 – chervyakning aylanishlar soni, s^{-1} ; T_2 – chervyakli g‘ildirak validagi burovchi moment, Nm.

Chervyakli uzatmaning foydali ish koefitsiyenti (f.i.k.) quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho)},$$

bu yerda γ – vint chizig‘ining ko‘tarilish burchagi, odatda $\gamma \leq 27^\circ$; ρ – keltirilgan ishqalanish burchagi, $\rho = \arctg f$, f – keltirilgan ishqalanish

koeffitsiyenti. ρ ning qiymatini jadvaldan sirpanish tezligi V_s nisbatan olinadi. Demak, chervyakli uzatmaning f.i.k. ni vint chizig'ining ko'tarilish burchagi γ ni oshirish (bunda chervyakning kirimlar soni Z_1 ham oshadi) yoki ishqalanish burchagi ρ – ni kamaytirish hisobiga oshirish mumkin.

Odatda chervyak yetaklovchi bo'ladi, lekin harakatni g'ildirakdan chervyakka uzatish ham mumkin. Bunday hollarda u quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}(\gamma - \rho)}{\operatorname{tg}\gamma}.$$

Bundan ko'rinib turibdiki $\gamma \leq \rho$ qilib olinsa, $\eta < 0$ bo'ladi. Demak, bunday hollarda harakatni g'ildirakdan chervyakka uzatib bo'lmaydi, ya'ni uzatma o'zi tormozlanadigan juftga aylanadi. Chervyakli uzatmaning bu xususiyatidan ko'tarish mashinalarida foydalaniladi. Tabiiyki o'zi tormozlanadigan chervyakli uzatmalarda $\gamma < \rho$ bo'lganligi uchun, ifodaga ko'ra, ularning f.i.k. ortig'i bilan 0,5 ga teng bo'lishi mumkin.

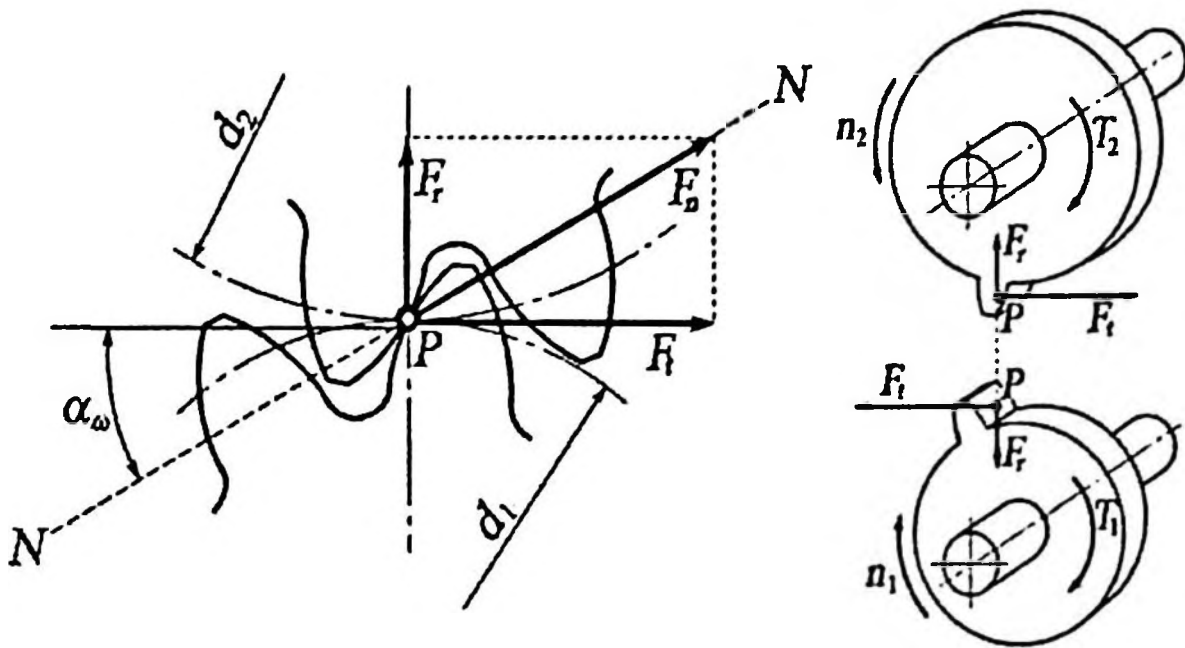
7.1.5. Tishli mexanizmdagi kuchlar

To'g'ri tishli uzatmalardagi kuchlar

Tishlarning kontakt (aloqa) maydonchasida taqsimlangan tishli g'ildiraklardagi kuchlari hisob-kitoblarda ilashish chizig'i N-N bo'ylab harakat qiluvchi va ilashish qutbi P ga ulangan g'ildiraklar tishlarining ish yuzasiga normal bo'lgan teng ta'sir etuvchisi F_n kuch bilan almashtiriladi [35, 37, 38, 40].

Uzatmalarni hisoblashda uzatiladigan yuklanish burovchi moment T sifatida berilgan bo'ladi. Shuning uchun kuchlanishlarni aniqlashda avvalambor aylanma kuch topilib, so'ngra qolgan kuchlar aniqlanadi. Bunda quyidagi bog'lanishlardan foydalaniladi:

$$F_t = \frac{2T}{d}; \quad F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha_w; \quad F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha_w}.$$



7.18-rasm. To'g'ri tishli uzatmalardagi kuchlar.

F_n , F_t , F_r – normal, tangensial va radial kuchlar; T_1 , T_2 – shesternya va g'ildirakdagi aylanma momentlar; n_1 , n_2 – shesternya va g'ildirakdagi aylanish chastotalari; α_w – ilashish burchagi.

Qiya tishli uzatmalardagi kuchlar

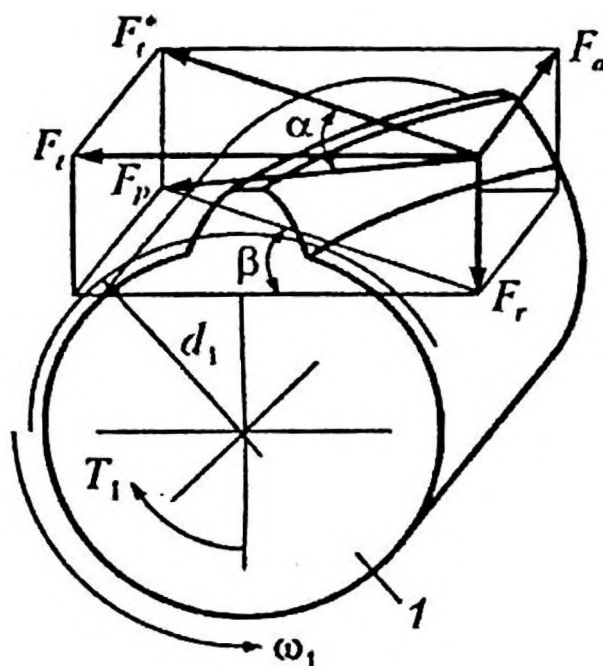
Qiya tishli uzatmalar uchun F_n kuchi uchta tarkibiy qismga bo'linadi: tangensial (aylanma) F_t , radial F_r va o'q boylamal F_a kuchlari (7.19-rasm).

$$F_t = \frac{2T}{d}; \quad F_r = F_t' \operatorname{tg} \alpha_w = \frac{F_t' \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta};$$

$$F_a = F_t \operatorname{tg} \beta; \quad F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha \cos \beta}.$$

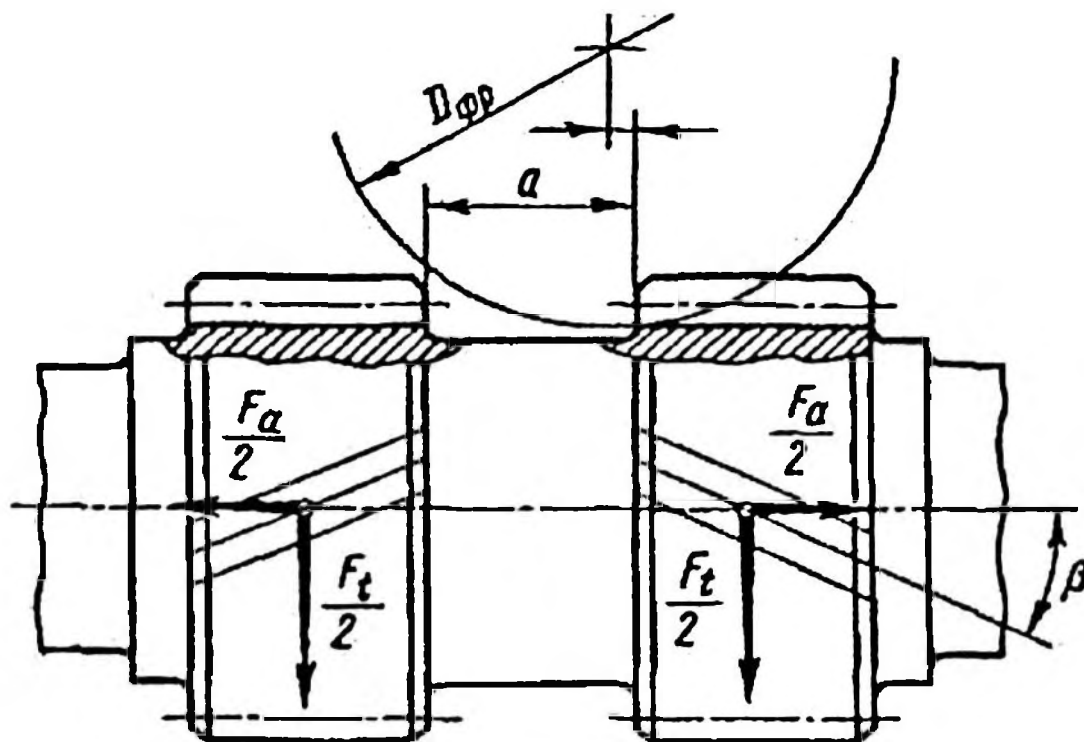
Ko'rinib turibdiki, tishning qiyalik burchagining ortishi bilan bo'ylama kuchning qiymati ortadi. Bu kamchilik shevron tishli

g'ildirakda bo'lmaydi, chunki unda bo'ylama kuch teng ikki qismga ajralib, qarama-qarshi tamonga yo'nalgan holda muvozanatlashadi.



7.19-rasm. Qiya tishli uzatmalardagi kuchlar.

Yarim shevronlarda tishlari qarama-qarshi yo'nalishi tufayli o'q bo'ylama kuchlar $F_A/2$ o'zaro muvozanatlanadi va podshipniklarga uzatilmaydi, (7.20-rasm). Bu holat shevron g'ildiraklarida tish burchagi $\beta = 25...40^\circ$ burchagini olish imkonini beradi, bu yuk tashish qobiliyatini va uzatmani ravon ishlashini oshiradi.



7.20. Shevron tishli uzatma.

Konussimon tishli uzatmadagi kuchlar

Konussimon g'ildiraklar ilashganda umumiy kuch F_n tishga tik ta'sir etib, aylanma F_t hamda F_{r1} kuchlarga bo'linadi. F_{r1} kuch markazga intiluvchi radial F_r va bo'ylama F_a kuchlarga ajraladi (7.21-rasm).

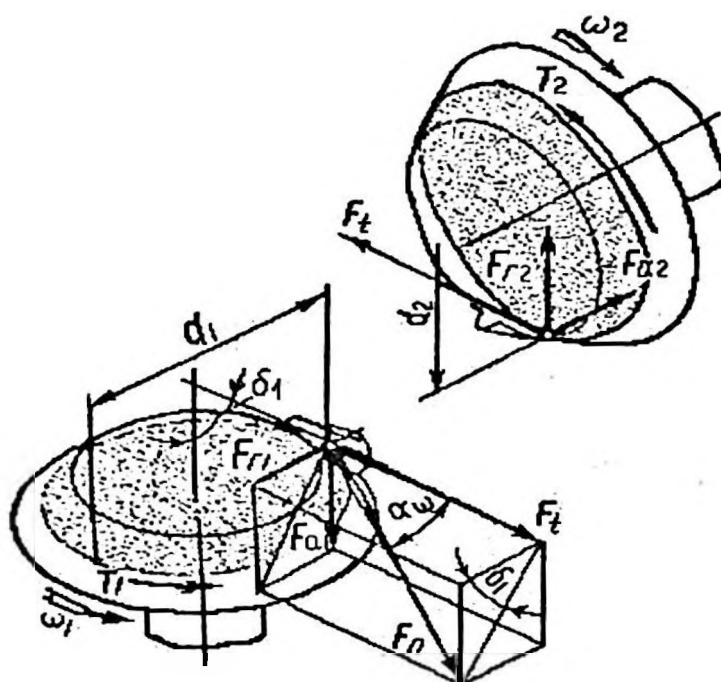
To'g'ri tishli g'ildiraklar uchun ($\alpha = 20^\circ$) aylanma kuch:

$$F_t = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2T_2}{0,857d_{a2}}.$$

Yetaklovchi g'ildirakdagi radial kuch yetaklanuvchi g'ildirakdagi o'q bo'ylama kuchga teng: $F_{r1} = F_{a2} = F_t \operatorname{tg} \alpha \sin \delta_2$;

Yetaklovchi g'ildiraklar o'q bo'ylama kuch yetaklanuvchi g'ildirakdagi radial kuchga teng: $F_{a1} = F_{r2} = F_t \operatorname{tg} \alpha \cos \delta_2$.

Normal kuch: $F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha}$.



7.21-rasm. Konussimon tish uzatmalardagi kuchlar.

Chervyakli uzatmadagi kuchlar

Chervyakli uzatmada chervyak va g'ildirakda aylanma, radial va o'q bo'ylab yo'nalgan kuchlar paydo bo'ladi (7.22-rasm). Chervyakdagi aylanma kuch miqdor jihatidan g'ildirakdagi o'q bo'ylab yo'nalgan kuchga teng bo'lib qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi.

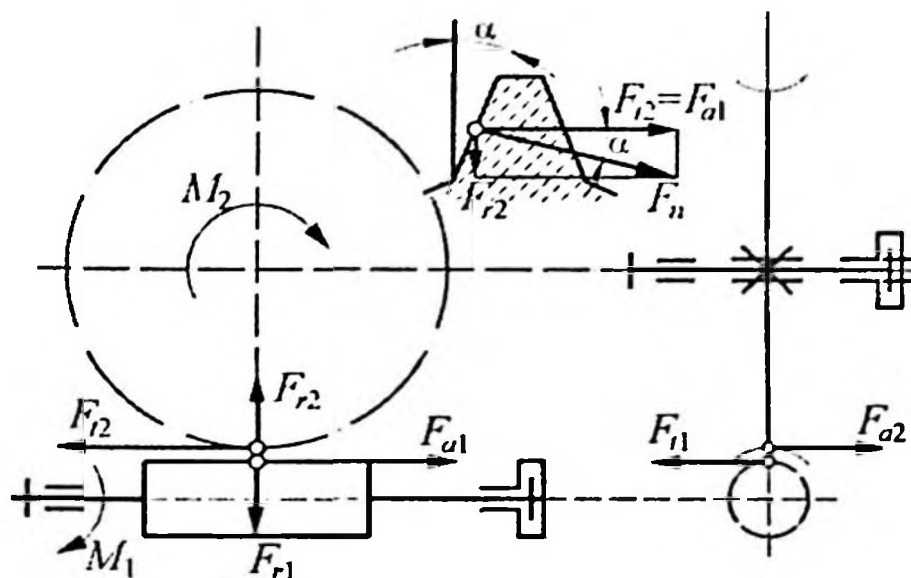
$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2M_1}{d_1}.$$

Chervyakdagi o'q bo'ylab yo'nalgan kuch esa g'ildirakdagi aylanma kuchga teng bo'ladi, ya'ni

$$F_{t2} = F_{a1} = \frac{2M_2}{d_2}.$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha$$

F_{a1} va F_{a2} o'q bo'ylab yo'nalgan kuchlarning yo'nalishlari chervyakning aylanish yo'nalishi va rezba turiga bog'liq bo'ladi.



7.22-rasm. Chervyakli uzatmadagi kuchlar.

Nazorat va muhokama savollari

1. Mexanik o'zgartiruvchilar qanday ishni bajaradi?
2. Tishli mexanizmlar qanday turlarga bo'linadi?
3. Reduktor nima va u qanday ishni bajaradi?
4. Multiplikator deb nimani tushunasiz?
5. Uzatish nisbati nima va tishli mexanizmlarda u qanday aniqlanadi?
6. Oddiy va murakkab tishli mexanizmlarga izoh bering.
7. Tishli mexanizmlarning asosiy parametrlari.
8. Ilashmada bo'lgan ikki tishli g'ildiraklarning qanday parametrlari o'zaro teng bo'ladi?
9. Qiya tishli uzatmaning afzalliklari va kamchiliklari.
10. Tishli mexanizmlarda qanday kuchlar paydo bo'ladi? Ularni aniqlash tenglamalarini keltiring.

11. Qaysi tishli mexanizmدا bir g'ildirakdagi radial kuchi ilashmada bo'lgan boshqa g'ildirakning o'q bo'ylama kuchiga teng bo'ladi?

12. Qaysi tishli mexanizmدا bir g'ildirakdagi aylanma kuchi ilashmada bo'lgan boshqa g'ildirakning o'q bo'ylama kuchiga teng bo'ladi?

7.2. Episiklik mexanizmlar

Nisbatan harakatlanuvchi o'qlar bilan murakkab tishli mexanizmlar episiklik mexanizmlar deb ataladi [6, 47].

Episiklik mexanizmlar ikki turga bo'linadi:

➤ qo'zg'almas g'ildiraklarni o'z ichiga olgan mexanizmlar oddiy planetar mexanizmlari hisoblanadi;

➤ barcha g'ildiraklar harakatlanadigan mexanizmlar – differensial mexanizmlar hisoblanadi.

7.23-rasmda oddiy planetar tishli mexanizmining (Djeyms mexanizmi) sxemasi ko'rsatilgan. 1-g'ildiragi qo'zg'almas o'q atrofida aylanadi va richag (vodilo) o'qiga joylashgan g'ildirak 2 bilan ilashmaga kiradi. Vodiloning o'qi 1-g'ildirakning qo'zg'almas o'qi atrofida aylanadi, g'ildirak 3 harakatsiz.

2-g'ildiragi ikkita aylanishdan iborat murakkab harakatga ega: uning o'qi atrofida (7.23, a-rasmda B qilib belgilangan) va 1-g'ildiragi o'qi atrofida H richagi bilan birga. G'ildirak 2 o'qi AB radiusi atrofida harakat qiladi. O'qlari mos kelgan 1- va 3- g'ildiraklari markaziy, g'ildirak 2 esa satellit deb ataladi.

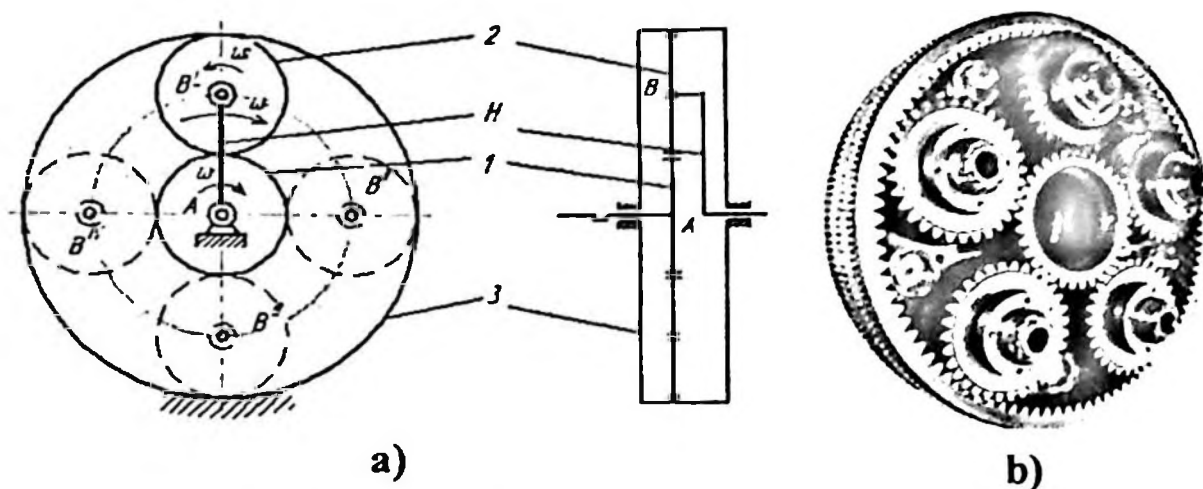
1-markaziy g'ildiragi quyoshli deb ataladi, qo'zg'alganmas gildirak 3-toj yoki tojli.

2- g'ildiragi harakati sayyora harakatiga o'xshaydi, shuning uchun bu mexanizmlar sayyoraviy, ya'ni planetar deb ataladi.

Zamonaviy mashinasozlikda va xususan mexatron modullarda planetar tishli mexanizmlar keng tarqalgan. Bu ularning ixchamligi va

kichik massasi, katta uzatish nisbatlarni amalga oshirish, ustunlarga past yuklanishi, katta samaradorlik koeffitsiyenti (FIK), yuqori kinematik aniqlik, bikrlilik va ishonchlilik bilan bog'liq.

Shu bilan birga, planetar tishli maxanizmlarni loyihalashda ularning kamchiliklarini hisobga olish kerak: konstruktiv murakkablik, ishlab chiqarish va o'rnatishning aniqligiga yuqori talablar, uzatish nisbati ortganda foydali ish koeffitsiyentini kamayishi.



7.23-rasm. Planetar mexanizm sxemasi:
a) va umumiy ko'rinishi b).

Bo'g'inlarga bog'lanishlarni joylashtirish tartibiga qarab, planetar maxanizmlari bir nechta aylanish harakatlarini *to'plash* va ularni bir nechta yetaklanuvchi vallar o'rtasida *ajratish* uchun ishlatilishi mumkin.

Tashkil etuvchi detallarining ishlab chiqarilishining yuqori aniqligi bilan planetar mexanizmi shovqinsiz ishlaydi va to'liq tishli mexanizmga mos keladigan o'lchamlarga, ammo katta massa va yuqori samaradorlikka ega.

Mexanizmning strukturasi

7.23-rasmda ko'rsatilgan planetar mexanizm tekis mexanizm bo'lgani uchun harakatchanlik darajasi P.L.Chebisev tenglamasi yordamida topiladi:

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

Harakatchan bo'g'inlar $n = 3$ (1, 2, H; beshinchi (quyi) sinfli kinematik juftlar $P_5 = 3$ (A, B, H); to'rtinchi sinfli (oliy) KJ $P_4 = 2$.

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

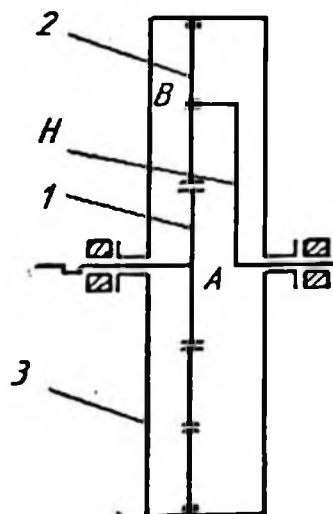
Mexanizmning harakatchanlik darajasi birga teng, ya'ni u bitta yetakchi bo'g'inga ega. Misol uchun, agar yetakchi 1-g'ildiragi bo'lsa, u holda yetaklanuvchi vodilo N.

Agar g'ildirak 3 ham harakat berilsa (7.23-rasm, a), unda barcha bo'g'inlar harakatlanuvchan bo'ladi va u differensial mexanizmga aylanadi. Uning harakatchanlik darajasi $W = 2$ teng bo'ladi. Bunda

$$n = 4 \text{ (1, 2, 3, H); } P_5 = 4; P_4 = 2.$$

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

Mexanizm ikki darajadagi harakatga va ikkita yetakchi (yoki boshqariladigan) bo'g'inlarga ega. Yetakchi bo'g'inlar, masalan, g'ildiraklar 1 va 3 bo'lishi mumkin, unda yetaklanuvchi vodilo H; boshqa kombinatsiyalar ham mumkin: g'ildirak 1 va vodilo H, g'ildirak 3 yetaklanuvchi va boshqalar. Mexanizmda (7.24-rasm)) barcha g'ildiraklar harakatlanadigan va u differensial tishli mexanizmdir.



7.24-rasm. Differensial mexanizm sxemasi.

Planetar mexanizmini kinematik hisoblash. Willis usuli

Willis usuli harakatning teskari aylantirish usuliga asoslangan (vodiloni xayolan to'xtatish usuli): mexanizmning barcha bo'g'inlariga xayolan vodiloning burchak tezligiga teng aylanma harakat beriladi, faqat teskari yo'nalishda (7.25-rasm). Bunda bo'g'inlarning nisbiy harakati o'zgarmaydi, mutlaq harakatlar quyidagicha bo'ladi [47]:

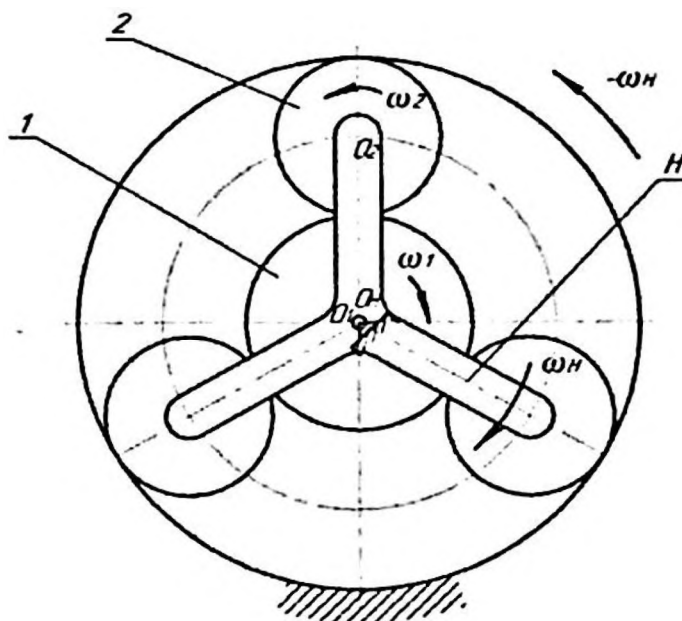
$$\omega_1 - \omega_H = \omega_1^H;$$

$$\omega_2 - \omega_H = \omega_2^H;$$

$$\omega_3 - \omega_H = \omega_3^H;$$

$$\omega_H - \omega_H = \omega_H^H = 0,$$

bu yerda $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_H$ – burchak tezliklarning haqiqiy qiymatlari; ω_1^H – vodilo **H** to'xtatilganda markaziy g'ildirak 1 ning burchak tezligi; ω_2^H – vodilo **H** to'xtatilganda satellit 2 ning burchak tezligi; ω_3^H – vodilo **H** to'xtatilganda markaziy (toj) g'ildirak 3 ning burchak tezligi ($-\omega_H$ ga teng); ω_H^H – vodilo **H** to'xtatilganda vodiloning burchak tezligi (nolga teng).



7.25-rasm. Willis usuliga doir sxema.

Unda barcha g'ildiraklar qo'zg'almas o'q atrofida aylanish harakatlarini amalga oshiradi va umumiy uzatish nisbati quyidagi tenglama bilan topiladi:

$$u_{13}^H = \frac{\omega_1^H}{\omega_3^H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{-\omega_H} = 1 - u_{1H}^3 \rightarrow \text{Villis tenglamasi.} \quad (7.3)$$

bunda i_{1H}^3 – g'ildirak 3 qo'zg'almas bo'lganda g'ildirak 1 dan vodilo H ga uzatish nisbati.

Villis teoremasi: yetakchi g'ildirakdan vodiloga hisoblangan oddiy planetar tishli mexanizmining uzatish nisbati bir sonidan teskari harakatdagi (o'zgartirilgan mexanizm) uzatish nisbatidan ayirgan qiymatiga teng bo'ladi.

Oddiy planetar mexanizmida o'zgartirilgan mexanizmning uzatish nisbati harakatlanuvchi g'ildirakdan harakatsiz g'ildirakka hisoblab chiqiladi.

Harakatni aylantirish usuli qo'llaganilgandan so'ng, ushbu mexanizm oraliq g'ildirak bilan murakkab ikki bosqichli vosita sifatida qaralishi mumkin:

$$u_{13}^H = u_{12}^H \cdot u_{23}^H = -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_3}{Z_2} = -\frac{Z_3}{Z_1}. \quad (7.4)$$

(7.4- tenglamasini (7.3) tenglamaga qo'yib, quyidagini chiqaramiz:

$$u_{1H}^3 = 1 - u_{13}^H = 1 - \left(-\frac{Z_3}{Z_1}\right) = 1 + \frac{Z_3}{Z_1}. \quad (7.5)$$

G'ildiragi 1 yetakchi bilan mexanizm sekinlashtiruvchi (reduktor) bo'ladi, chunki $\omega_1^{(3)} > \omega_H^{(3)}$.

G'ildirak 2 burchak tezligini aniqlash uchun (7.4-rasm) quyidagi tenglamadan foydalanamiz:

$$i_{2H}^{(3)} = \frac{\omega_2^{(3)}}{\omega_H^{(3)}} = 1 - i_{23}^{(H)} = 1 - \left(+\frac{Z_3}{Z_2}\right) = 1 - \frac{Z_3}{Z_2} = \frac{Z_2 - Z_3}{Z_2}.$$

va:

$$\omega_2^{(3)} = \omega_H^{(3)} \frac{Z_2 - Z_3}{Z_2}.$$

Tipik sxemalar va ularni qo'llash shartlari

Planetar mexanizmining uzatish nisbati asosiy tenglamasidan

$$i_{1H}^{(0)} = 1 - i_{10}^H, \quad (7.6)$$

bunda (0) – qo'zg'almas g'ildirakning belgilanishi.

7.6-tenglamasidan, $i_{10}^{(H)} < 0$ agar ($i_{10}^{(H)}$ minus belgili bo'lsa), planetar mexanizmining uzatish nisbati qo'zg'almas o'qlarga ega bo'lgan va xuddi shu g'ildiraklardan tashkil topgan o'zgartirilgan mexanizmning uzatish nisbatidan faqat bir birlik qiymatga ko'proq bo'ladi. Aksincha, agar $i_{10}^{(H)} > 0$ bo'lsa ($i_{10}^{(H)}$ plus belgili bo'lsa), planetar mexanizmining uzatish nisbati tegishli o'zgartirilgan mexanizmning uzatish nisbati sezilarli darajada katta bo'lishi mumkin.

O'zgartirilgan mexanizmning uzatish nisbati belgisidagi farq bilan planetar mexanizmlarning ikkita asosiy guruhini ajratamiz:

$$1) i_{10}^{(0)} < 0 \text{ va } 2) i_{10}^{(H)} > 0 \quad (7.2 - \text{jadval}).$$

Birinchi guruhning mexanizmlari ikki xil bo'lishi mumkin: bitta satellit bilan - Djems mexanizmi (jadval 7.2, poz.1) va ikki satellit bilan harakatlanuvchi valda ikkita g'ildirak (jadval 7.2, poz.2). Ikkinchi guruhning mexanizmlari faqat ikkita satellitlarni o'z ichiga oladi (jadval 7.2, poz. 3 va 4).

Yagona satellitli mexanizmlar uchun oddiy tishli mexanizmlar o'zgartirilgan hisoblanadi, ikki satellitli mexanizmlar uchun esa pog'onali.

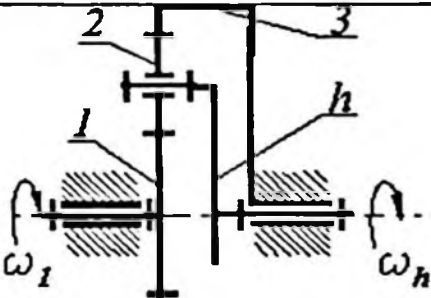
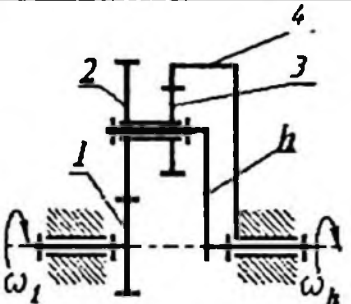
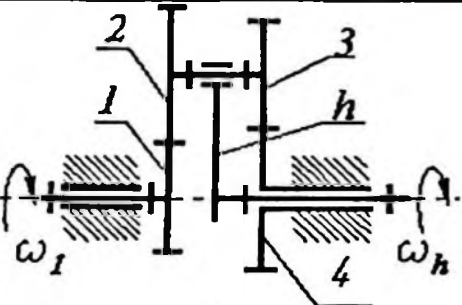
Yetakchi g'ildirak bilan birinchi guruh mexanizmlari reduktorlar ($i_{1H}^{(0)} > 0$) va jadval 7.2, poz.4 sxemasiga muvofiq val ikkinchi guruh mexanizmlari – multiplikatorlar hisoblanadi ($-1 < i_{1H}^{(0)} < 1$). Jadval 7.2 poz. 3 sxemasiga muvofiq amalga oshiriladigan mexanizmlar reduktorlar ($i_{1H}^{(H)} > 1$) yoki multiplikatorlar bo'lishi mumkin, ya'ni ($0 < i_{1H}^{(H)} < 1$).

Odatda, planetar mexanizmlari boshqa tishli mexanizmlarga nisbatan sezilarli darajada kichikroq bo'lib, katta uzatish nisbatlarni olish imkoniyatini beradi.

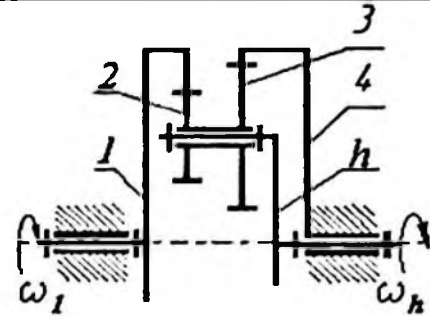
Djeysms tipidagi mexanizmlar (jadval 7.2, poz.1) yetakchi g'ildirak 1 va yetaklanuvchi vodilo H bo'lganda yetarlicha yuqori F.I.K ega va shuning uchun ular kuch uzatadigan reduktorlar sifatida keng ishlatiladi.

7.2-jadval

Planetar mexanizmlarning turlari

№	Mexanizmning strukturaviy sxemasi	U_{red}	F.I.K
1		$i_{1H}^{(3)} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 + \frac{z_3}{z_1}$ $i_{1H}^{(3)} > 0$ $i_{1H}^{(3)} = 3 \dots 10$	0.97....0.99
2		$i_{1H}^{(4)} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 + \frac{z_2}{z_1} \frac{z_4}{z_3}$ $i_{1H}^{(4)} > 0$ $i_{1H}^{(4)} = 7 \dots 16$	0.96....0.98
3		$i_{1H}^{(4)} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 - \frac{z_2}{z_1} \frac{z_4}{z_3}$ $i_{1H}^{(4)} = 25 \dots 30$	0.9....0.3

7.2-jadvalning davomi

4		$i_{1H}^{(4)} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 - \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}$ $i_{1H}^{(4)} = 30 \dots 300$	0.9...0.3
---	---	--	-----------

Boshqa planetar mexanizmlaridan ular o'zlarining ixchamligi va nisbatan kichik o'lchamlari bilan yaxshi ajralib turadi, chunki butun mexanizm 3-toj g'ildiragi ichida o'rnatiladi. Ular, shuningdek, motor-reduktorlarda ishlatiladi (g'ildirak 1 rotor valida joylashgan, g'ildirak 3 korpusda qotirilgan, dvigatel chiqish vali vodilo H hisoblanadi).

Planetar mexanizmlarni motor-reduktorlarda qo'llash zamonaviy texnologiyada yuqori tezlikda ishlaydigan elektr dvigatellaridan keng foydalanishga imkon berdi (samolyotlar boshqaruv qurilmalarida, masofadan boshqarish qurilmalarida va boshqalarda).

Djeyms tipidagi mexanizmlar uzatish nisbati odatda 3... 8 ichida bir pog'ona uchun ishlatiladi.

Ayniqsa, katta tuzatish nisbatlari $i_{1H}^{(4)}$ ikkinchi guruh mexanizmlarida amalga oshirilishi mumkin ($i_{10}^{(H)} > 0$). Misol uchun, agar mexa-nizmda (jadval 7.2, poz.4)

$z_1 = 100$; $z_2 = 99$; $z_3 = 100$ va $z_4 = 101$, unda

$$i_{14}^H = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = \frac{99 \cdot 101}{100 \cdot 100} = \frac{9999}{10000}$$

va

$$i_{1H}^{(4)} = 1 - i_{14}^{(H)} = 1 - \frac{9999}{10000} = \frac{1}{10000}$$

Demak,

$$i_{H1}^{(4)} = \frac{1}{i_{1H}^{(4)}} = 10000.$$

Ushbu misoldan kelib chiqadiki, o'zgartirilgan mexanizmlarning uzatish nisbati birlikdan qancha kam farq qilsa, ikkinchi guruh mexanizmlarining uzatish nisbatlari shunchalik katta bo'ladi.

Yetakchi g'ildiraklar bilan ikkinchi guruh mexanizmlarida i_{1H}^0 kamayishi bilan F.I.K. tez kamayadi va nol qiymatga erishadi. Yetakchi bo'g'in vodilo bo'lganda i_{1H}^0 ortishi bilan mexanizmlarning F.I.K. xuddi shunday o'zgaradi. Shuning uchun, uzatish nisbatlarining ortishi bilan bog'liq katta imkoniyatlarga qaramasdan, ikkinchi guruhning planetar mexanizmlari kamdan kam hollarda, faqat qarshilik kuchlari kichik bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Odatda 7.2-jadval, poz. 1 sxemasiga muvofiq mexanizm uchun (Djeyms turi) $3 < i_{1H}^{(3)} < 8$, 7.2-jadval, poz. 2 mexanizmi uchun $8 < i_{1H}^{(4)} < 15$. Agar umumiy uzatish nisbati yuqori bo'lsa, unda ko'p bosqichli reduktorlar qo'llaniladi.

Ko'p bosqichli planetar mexanizmlarining umumiy uzatish nisbati qaramlik bilan aniqlanadi:

$$i_{1m} = \prod_{j=1}^n i_j,$$

bu yerda i_j – planetar mexanizmning uzatish nisbati; n – planetar mexanizmlar soni.

Ko'pincha kichik o'lchamli qurilmalarda ko'p bosqichli planetar mexanizmlari bir xil turdagi bir bosqichli uzatmalarning ketma-ket ulanishi bilan yig'iladi.

7.2.5-rasmda bir bosqichli uzatmalardan sintezlangan uch bosqichli planetar mexanizmning sxemasi ko'rsatilgan.

Ushbu planetar mexanizmining umumiy uzatish nisbati quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

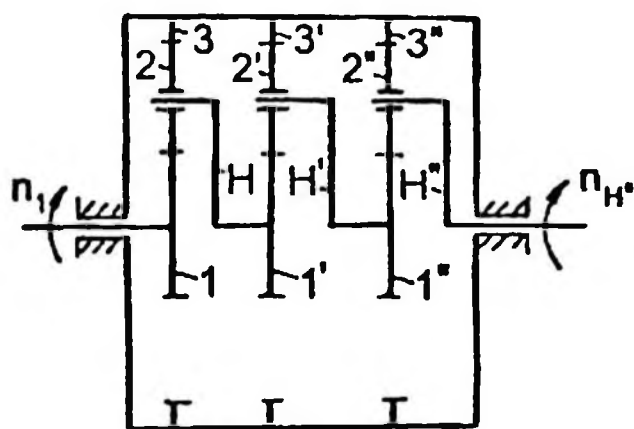
$$i_R = i_{1H}^{(3)} i_{1H'}^{(3)} i_{1H''}^{(3)},$$

bu yerda $i_{1H}^{(3)}$, $i_{1H'}^{(3)}$, $i_{1H''}^{(3)}$ – mos ravishda 1-, 2- va 3- bosqichlarining uzatish nisbatlari.

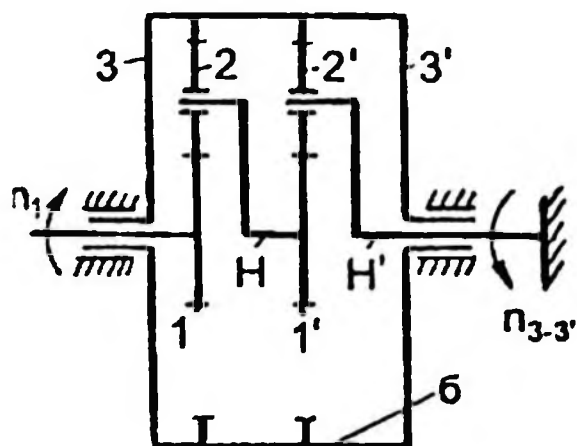
Ko'p bosqichli planetar mexanizmlarida 3, 3', 3'' bir xil diametrlari umumiy blokka birlashtirilgan toj tishli g'ildiraklar. Har bir bosqichda uchta satellitlar o'rnatishda, ular orasidagi yukni yanada teng ravishda taqsimlash uchun H, H', H'' oraliq vodilolar markaziy tayanchsiz bo'lishi mumkin (7.26-rasm).

Agar planetar mexanizmi bir xil tishli munosabatlarga ega bo'lgan bir necha bosqichdan iborat bo'lsa, unda har bir bosqichning uzatish nisbati quyidagicha aniqlanadi:

$$i_j = \sqrt[n]{i_{um}}.$$



7.26-rasm. Uch bosqichli planetar mexanizm.



7.27-rasm. Markaziy g'ildiraklar umumiy qutiga birlashtirilgan planetar mexanizm.

Planetar mexanizmi (7.27-rasm) ikki oddiy planetar uzatmalardan iborat. Ushbu mexanizmida vodilo H o'rnatilgan, ichki tishlari bo'lgan markaziy g'ildiraklar 3 va 3' umumiy blokka biriktirilib, uning aylanish tezligi blokning aylanish tezligiga ega.

Vallardagi aylanish momentlari. Planetar mexanizmining vallardagi aylanish momenti butun tizim muvozanatda bo'lganida mexanizmning barqaror harakati bilan aniqlanishi mumkin. Bunday holda, tizim uchun ikkita tenglama yozilishi mumkin [28]:

$$\begin{aligned} T_{yet} + T_{yetl} + T_{qm} &= 0, \\ T_{yet} \omega_{yet} + T_{yetl} \omega_{yetl} + T_{qm} \omega &= 0 \end{aligned} \quad (7.7)$$

bu yerda T_{yet} , T_{yetl} , T_{qm} – navbati bilan yetakchi, yetaklanuvchi va qo‘zg‘almas g‘ildiraklardagi aylantirish momentlarni ; ω_{yet} , ω_{yetl} , ω_{qm} – navbati bilan yetakchi, yetaklanuvchi va qo‘zg‘almas g‘ildiraklardagi burchak tezliklar.

Birinchi tenglama statik tenglama, ikkinchisi esa energiya muvozanatining tenglamasi.

Mexatron modullarining planetar uzatmalarini loyihalashda kamida bitta valda aylanish momenti ma’lum bo‘lishi kerak. Boshqa ikkita vallardagi momentlar tenglama tizimining (7.7) yechimidan topiladi.

Planetar uzatmalar uchun (7.2-jadval, 1 va 2 poz.) aylanish momentlarini topamiz. 3-g‘ildiragi harakatsiz bo‘lgani uchun ($\omega_3 = 0$), tizimning ikkinchi tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$T_1 \omega_1 + T_H \omega_H = 0.$$

Kirish bo‘g‘ini 1 da aylanish momenti:

$$T_1 = -T_H \frac{\omega_H}{\omega_1} = -T_H \frac{1}{i_{1H}^{(3)}}.$$

Ishqalanish yo‘qotishlarini hisobga olgan holda:

$$T_1 \omega_1 \eta_{1H}^{(3)} + T_H \omega_H = 0,$$

ushbu tenglamadan:

$$T_1 = -T_H \frac{1}{i_{1H}^{(3)} \eta_{1H}^{(3)}},$$

bunda $\eta_{1H}^{(3)}$ – momentni g‘ildirak 1 dan vodilo H ga uzatishdagi F.I.K.

Minus belgisi yetakchi va yetaklanuvchi bo‘g‘inlarda aylanish momentlarining turli yo‘nalishlarda bo‘lganini ko‘rsatadi.

3-g‘ildiragida aylanish momentini topish uchun T_1 momentining qiymatini tizimning birinchi tenglamasiga qo‘yamiz:

$$T_3 = T_H \frac{1}{i_{1H}^{(3)} \eta_{1H}^{(3)}} - 1 = T_1 (i_{1H}^{(3)} \eta_{1H}^{(3)} - 1).$$

Bo'g'inlarning aylanma tezligi. Planetar uzatmalarning aylanma tezligi Willis formulasidan foydalanib topiladi. Shu bilan birga, g'ildiraklardan birining aylanish tezligini ma'lum deb hisoblaymiz. Kelajakda biz mexanizmning chiqish validagi aylanish tezligini ma'lum deb hisoblaymiz.

7.24-rasmda tasvirlangan planetar mexanizmning tishli g'ildiraklarining aylanish tezligini topamiz:

Quyosh g'ildiragi aylanish tezligi, ay/min:

$$n_1 = n_H \left(1 + \frac{z_3}{z_1} \right).$$

Satellitning aylanish tezligi n_2 ni aniqlash uchun biz Willis formulasini yozamiz:

$$i_{12}^{(H)} = \frac{n_1 - n_H}{n_2 - n_H} = -\frac{z_2}{z_1},$$

bundan satellitning aylanish tezligini topish mumkin:

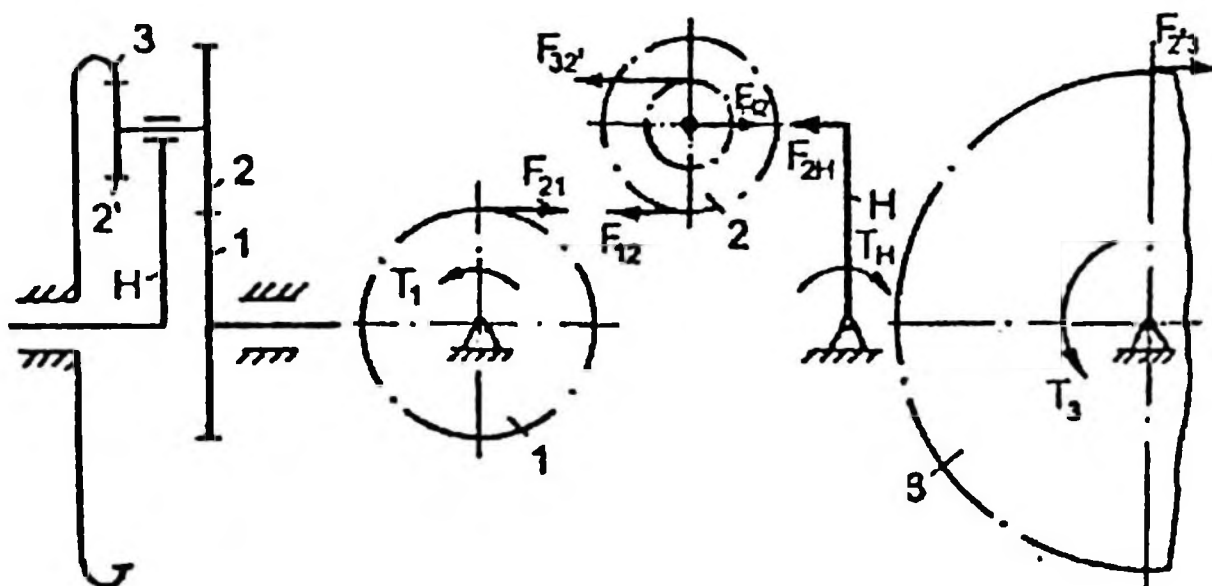
$$n_2 = n_H - \frac{(n_1 - n_H)z_1}{z_2}.$$

Satellitning vodiloga nisbatana aylanish tezligi:

$$n_2^{(H)} = n_2 - n_H = (n_1 - n_H) \frac{z_1}{z_2}.$$

Ilashmada bo'lgan tishli g'ildiraklardagi kuchlar. Planetar tishli g'ildiraklardagi kuchlarning qiymatlari va ularning belgisi (yo'nalishi) asosiy bo'g'inlarga ta'sir qiluvchi momentlarning kattaligi va yo'nalishi bo'yicha aniqlanadi.

7.2-jadval, 2-poz. tasvirlangan planetar mexanizm uchun kuchga hisoblashni bajaramiz.



7.28-rasm. Planetar mexanizm g'ildiraklaridagi kuchlar.

Ilashmalardagi aylanma kuchlarini aniqlash uchun, biz har bir bo'g'inning muvozanatini navbat bilan ko'rib chiqamiz (7.28-rasm). Ishqalanish kuchlari hisobga olinmaydi. Hisoblash aylanish momentni ma'lum bo'lgan bo'g'indan boshlanadi.

T_1 aylanish momentining kattaligi va yo'nalishini ma'lum deb hisoblaymiz. Unda g'ildirak 1 muvozanati uchun F_{21} aylanma kuchini (birinchi indeks ta'sir qiluvchi bo'g'inni bildiradi, ikkinchisi kuch ta'sir qilayotgan bo'g'inni) tashqi moment T_1 ning o'lchamiga teng va qarama-qarshi bo'lgan momentni yaratadigan qilib yo'naltirish kerak (7.28-rasm). Bunday holda, aylana kuchi teng bo'lishi kerak, H:

$$F_{21} = \frac{2T_1 K_C 10^3}{d_1 C},$$

bunda T_1 – g'ildirakdagi aylanish momenti, Nm; d_1 – g'ildirak 1 ning bo'luvchi diametri, mm; C – satellitlar soni; K_C – satellitlar orasida yuklanishni teng taqsimlanmaganini hisobga oluvchi koeffitsiyent. Yuklanishni tenglashtiruvchi mexanizm bo'lganida $K_C = 1,1 \dots 1,2$; bo'lmaganida $K_C = 1,5 \dots 2,0$ [26].

Satellitlardagi kuchlarning yo'nalishlari markaziy g'ildirakdagi kuchlarga qarama-qarshi va mutlaq qiymati bo'yicha teng bo'ladi:

$$F_{112} = -F_{121}.$$

G'ildirak 3 va vodilo H ning muvozanat holatini ko'rib chqamiz.
G'ildirak 3 dagi aylanma kuch:

$$F_{123} = \frac{2T_3 K_C 10^3}{d_3 C},$$

mos ravishda satellit 2' dagi aylanma kuch:

$$F_{132'} = -F_{12'3}.$$

$F_{132'}$ va $F_{12'3}$ kuchlarni boshqacha topsa ham bo'ladi:

$$F_{132'} = F_{112} \frac{d_2}{d_2'};$$

Vodilo H dagi aylanma kuch:

$$F_{12H} = -(F_{112} + F_{132'}) = \frac{T_H K_C 10^3}{R_H C},$$

bu yerda T_H – vodilodagi aylanma kuch, Nm; R_H – vodilo uzunligi, mm.

Mos ravishda satellit 2 dagi aylanma kuch:

$$F_{1H2} = -F_{12H}.$$

Radial va o'q bo'ylama kuchlar aylanma kuchlar orqali, oddiy tishli uzatmalardagi kabi aniqlanadi.

Radial kuch, N:

$$F_r = \frac{F_t \operatorname{tg} \alpha_w}{\cos \beta}.$$

O'q bo'ylama kuch:

$$F_a = F_t \operatorname{tg} \beta,$$

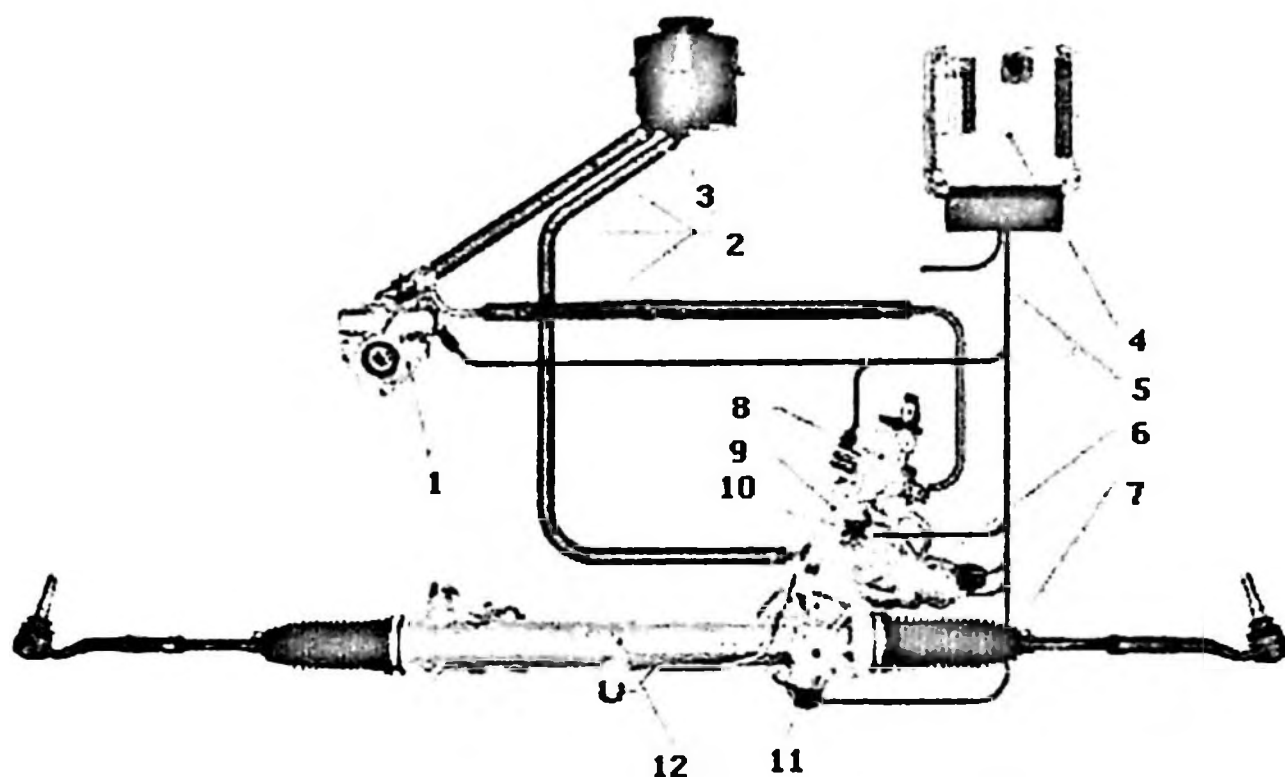
bu yerda α_w – ilashish burchagi, grad. Korreksiyanmagan g'ildiraklar uchun $\alpha_w = \alpha = 20^\circ$; β – qiya tishli g'ildiraklarning tish qiyaligi, grad.

Planetar mexanizmning avtomobilning faol boshqarish tizimi AFS da qo'llanishi [57].

AFS (Active Front Steering) – aktiv boshqaruv tizimi bo'lib, u asosan rivojlangan klassik boshqaruv tizimi hisoblanadi. Active Front Steering-nemis BMW Avto-konsernining firma mulki hisoblanadi. Hozirgi vaqtda AFS ushbu tovar belgilarining ko'pchiligi uchun

variant sifatida o'rnatiladi (7.29-rasm). Birinchi marta 2003-yilda BMW avtomobillariga o'rnatila boshladi.

AFSning asosiy maqsadi boshqaruv tizimining (rulda) barcha tarkibiy qismlari o'rtasida kuchning to'g'ri taqsimlanishi va asosiy maqsad – turli tezlikda avtomobilni boshqarish samaradorligini oshirishdir.



7.29 -rasm. AFS sxemasi: 1) rulning gidravlik kuchaytirgich nasosi; 2) shlanglar; 3) ishchi suyuqlik uchun bakcha (idish); 4) elektron boshqaruv bloke; 5) ma'lumot almashish shinasi; 6) elektrt dvigatel; 7) elektrt dvigatelning burilish burchagi datchigi; 8) servotronic tizimining klapani; 9) planetar reduktor; 10) favqulodda qulf; 11) summar burilish datchigi; 12) rul mexanizmi.

Aktiv rul boshqaruvi dvigatelning ishga tushirilishi bilan birga ishlaydi. AFS tizimining ishlash usullari avtomobilning joriy tezligiga, rulning buralish burchagi va yo'l qoplamasining sifatiga bog'liq. Shunday qilib, tizim avtomobilning harakatlanish rejimiga qarab, rul mexanizmidagi uzatish nisbatini (ruldagi boshqaruv kuchini) optimal ravishda o'zgartirishi mumkin.

Avtomobil harakati boshlanganda elektrt dvigatel yoqiladi. U ruldagi buralish burchagi datchigi signalidan keyin ishlay boshlaydi. Chervyakli juftlik orqali elektrt dvigatel planetar reduktorining tashqi shesternyasini aylantira boshlaydi. Tashqi tishli g'ildirak asosiy vazifasi uzatish nisbatini o'zgartirish. Shesternyaning maksimal aylanish tezligi bilan u eng kichik qiymatga (1:10) yetadi. Bularning barchasi past tezlikda boshqarganda rulning aylanish sonini kamaytirish va qulaylikni hamda manevrlikni oshirishga yordam beradi.

Avtomobil tezligining oshishi elektrt dvigatelining aylanish tezligining pasayishi bilan birga keladi. Shu sababli, asta-sekin (harakat tezligining oshishiga mutanosib ravishda) uzatish nisbati oshib boradi. Elektrt dvigatel 180-200 km / soat tezlikda aylanishni to'xtatadi, rul g'ildiragidan olingan kuch to'g'ridan to'g'ri rulda mexanizmga o'tkazila boshlaydi va uzatish nisbati 1:18 qiymatiga teng bo'ladi.

Agar mashina tezligi ortib borayotgan bo'lsa, elektrt dvigatel yana ishga tushiriladi, ammo bu holda u boshqa yo'nalishda aylana boshlaydi. Bunda uzatish nisbati qiymati 1:20 ga yetishi mumkin. Rul g'ildiragining buralishi qiyinlashadi, uning chetki holatlarga aylanishi ko'payadi, bu esa yuqori tezlikda manevrlarni xavfsiz bajarish imkonini beradi.

AFS tizimi, shuningdek, yo'lning silliq joylarida tormozlash bilan birga, orqa o'qning yo'l bilan qoplanishini yo'qotganda avtomobil harakatini barqarorlashtirishga yordam beradi. Mashinaning kurs barqarorligi dinamik stabilizatsiya tizimi (DSC – Dynamic

Stability Control) bilan saqlanadi. AFS datchiklaridan olingan signallardan so'ng, old g'ildiraklarning aylanish burchagini korrektsiyalaydi.

Aktiv rul boshqaruvining yana bir xususiyati uni o'chirishning mumkin emasligi. Ushbu tizim doimo ishlaydi.

AFS ning asosiy tarkibiy qismlari:

Planetar reduktori va elektr dvigateliga ega bo'lgan rul reykasi.

Planetar mexanizmi rulda valning aylanish tezligini o'zgartiradi. Ushbu mexanizm toj (episiklik) va quyosh tishli g'ildiraklardan, shuningdek, satellitlar va vodilo blokidan iborat. Planetar reduktor rul valida joylashgan. Elektrt dvigatel chervyakli uzatma orqali toj shesternyani aylantiradi. Ushbu tishli g'ildirak aylanayotganda mexanizmning uzatish nisbati o'zgaradi.

Kirish datchiklari. Turli parametrlarni o'lchash uchun zarur. AFS ishida quyidagilar qo'llaniladi: rul burchagi datchigi, elektrt dvigatelning joylashuvi datchigi, dinamik stabilizatsiya tizimi datchigi, umumiy burilish burchagi datchiklari. Oxirgi sensor bo'lmasligi mumkin va burchak boshqa datchiklardan olingan signallar asosida hisoblanadi.

Elektron boshqaruv bloki (EBB). Barcha datchiklardan signallar keladi. Blok signali ishlaydi va buyruqlarni ijro etuvchi qurilmalarga yuboradi. EBB shuningdek quyidagi tizimlar bilan faol hamkorlik qiladi: Servotronik elektr-gidravlik kuchaytirgichi, dvigatelni boshqarish tizimi, DSC, avtomobilga kirish tizimi.

✓ *Rul tortqichi va uchliklar.*

✓ *Rul g'ildiragi.*

Nazorat va muhokama savollari

1. Episiklik deb qanday mexanizmlarga aytiladi?
2. Planetar va differensial mexanizmlarning farqi nimada?

3. Mexatron modullarda planetar va differensial mexanizmlar qaysi qurilmalarda qo'llaniladi?

4. Villis teoremasiga izoh bering.

5. Planetar mexanizmlar qanday turlarga bo'linadi va ularning farqi nimada?

6. Avtomobillarda FAS tizimining o'rnatilish maqsadi.

7. FAS tizimining ishlash prinsipi.

7.3. To'lqinli mexanizmlar

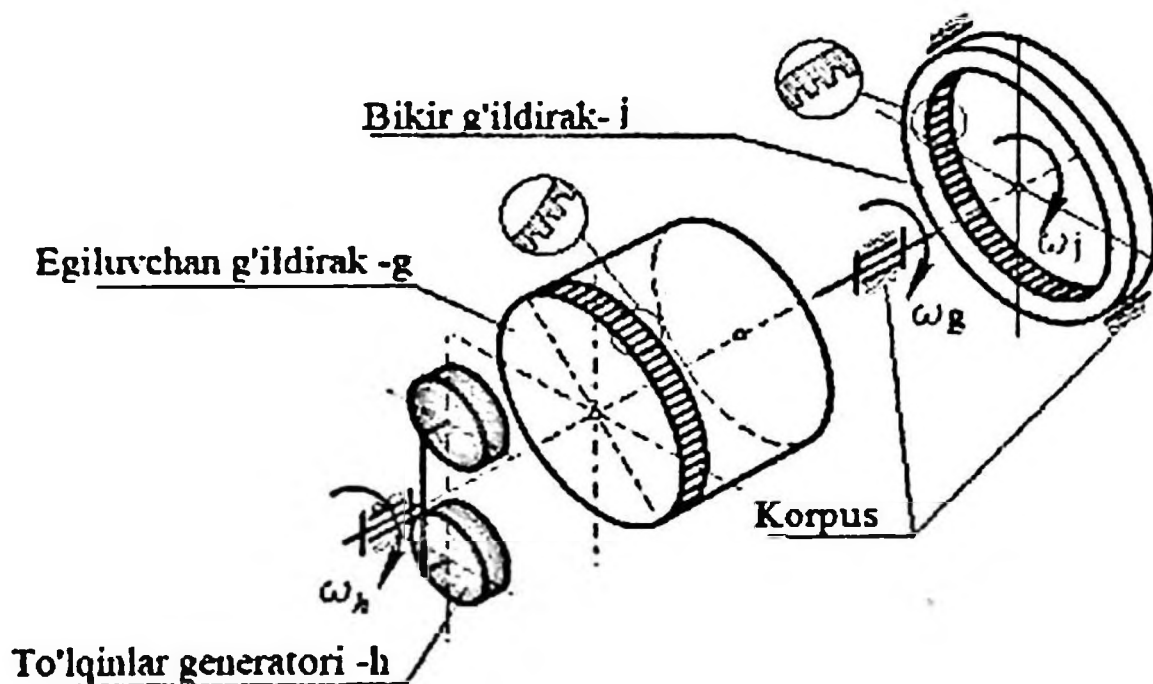
Tayinlanishi va qo'llanish sohasi

Mexanizmning bog'lanishlaridan birining to'lqin deformatsiyasi natijasida harakat parametrlarini o'zgartirish prinsipi birinchi bo'lib 1944-yilda A. I. Moskvitin tomonidan elektromagnit to'lqin generatori bilan friksion uzatma uchun, so'ngra 1969-yilda mexanik to'lqin generatori bilan tishli uzatma uchun V.Masser tomonidan taklif qilingan [4, 7].

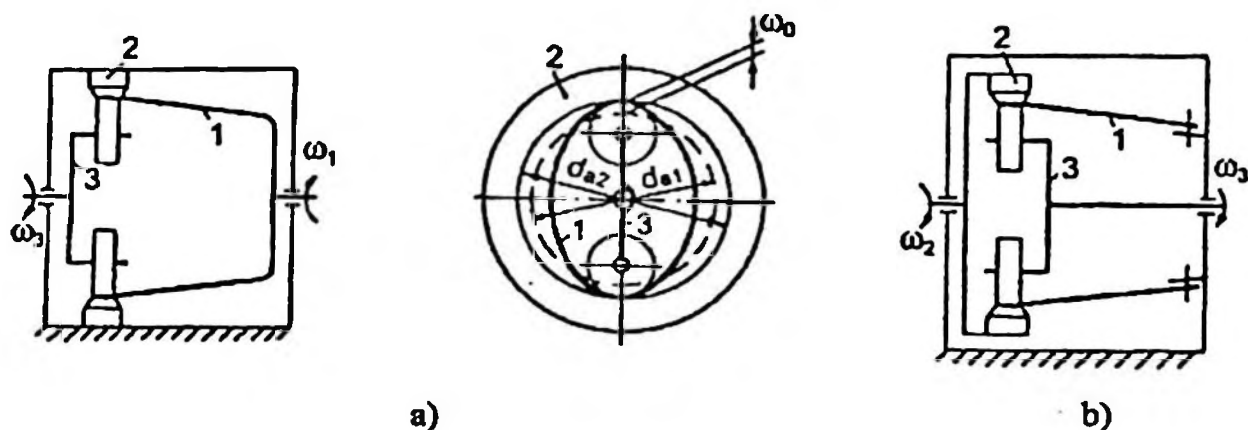
To'lqinli mexanizmlar kirish aylanish harakatini chiqish aylanish yoki ilgariylanma harakatga aylantiradi. Yuqoridagi xususiyatlari tufayli to'lqinli uzatmalar ilm-fan va texnologiyaning turli sohalaridagi murakkab sharoitlarda juda keng qo'llaniladi: og'ir yuklangan, yuk ko'tarish va yuqori samarali reduktor va multiplikatorlarning kuch mexanizmlari (issiqlik energiyasi, qurilish, oziq-ovqat, tibbiyot sanoati, aviatsiya va kosmik texnikada, sanoat robotlari va manipulatorlarida).

To'lqinli mexanizm deb harakatni (odatda aylanma) uzatish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan tishli yoki friksion mexanizmi ataladi, unda harakat moslashuvchan g'ildirak tojining to'lqinli deformatsiyasi asosida maxsus bo'g'in (tugun) to'lqin generatori tomonidan o'zgartiriladi. Differensial to'lqinli mexanizmining asosiy elementlari quyidagilardir: to'lqin generatori bilan kirish yoki tezlanuvchan val, birinchi sekin harakatlanadigan val bilan bog'laydigan egiluvchan

g'ildirak bilan mufta, ikkinchi sekin harakatlanadigan val bilan bog'langan qattiq g'ildirak va korpus (7.30, 7.31-rasmlar).



7.30-rasm. To'lqinli mexanizmning tuzilishi.



7.31-rasm. To'lqinli mexanizmning sxemasi: a) 2-g'ildirak qo'zg'almas; b) 1-g'ildirak qo'zg'almas; 1-egiluvchan tishli g'ildirak; 2-bikr tishli g'ildirak; 3-tolqinlar generatori.

To'liqli mexanizm konstruksiyalarining ko'p turlari mavjud. Odatda, bu mexanizmlar kirish aylanish harakatini chiqishda aylanma harakatga (harakat qiymatini o'zgartirgan holda) yoki ilgariylanmaga aylantiradi. To'liqli mexanizmlar ko'p tishli planetar mexanizmlarining turlaridan biri sifatida qaralishi mumkin, chunki ular juda ko'p zonalik kontaktga ega va tishli mexanizm misolida esa egiluvchan g'ildirakli chiqish bo'g'inining ko'p juftli ilashmalari mavjud. Ko'p zonaviylik kontakt to'liqli generatorining shakli bilan ta'minlanadi (ikki, kamdan kam hollarda uchta chiziqli kulachok), ko'p juftli – egiluvchan g'ildirakning tishlari tojining moslashuvchanligi tufayli. Bu kombinatsiya to'liqli mexanizmlarga kichik o'lchamlarda katta yuklanishni yetkazib berishga imkon beradi [58].

Tish tojning ilashish zonasida joylashgan egiluvchanligi tishlar bo'yicha uqlanishni bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi. Nominal yuklanishda ilashmada joylashgan tishlarning ulushi ularning umumiy sonining 15-25% ini tashkil qiladi [8].

Shuning uchun, to'liqli uzatmalarda kichik modulli ilashma qo'llaniladi va g'ildiraklarning tishlari soni 100 dan 600 gacha bo'ladi.

To'liqli tishli uzatishdagi bog'lanish zonasi to'liqlining tepasidagi tojning deformatsiyasiga to'g'ri keladi. Zonalar yoki to'liqlar soniga ko'ra, uzatmalar bir to'liqli, ikki to'liqli va boshqalarga bo'linadi. Uchdan ortiq to'liqlar soni bilan uzatish kamdan kam hollarda qo'llaniladi. Bir nechta zonalarda uzatilgan kuchayishlarning taqsimlanishi juftlik elementlariga yuklanishni kamaytiradi va umumiy o'lchamlarni hamda mexanizmlarning massasini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

Bo'g'inlarning ko'p zonaviyligi va ko'p juftliligi mexanizmning qattiqligini sezilarli darajada oshiradi, xatolar va bo'shliqlarning o'rtacha miqdori tufayli mexanizmning o'lik harakati va kinematik xatosini kamaytiradi. Shuning uchun, to'liqli mexanizmlar yuqori

kinematik aniqlikka ega va moslashuvchan element mavjudligiga qaramasdan, yetarli darajada yuqori birlikka ega.

To'liqli mexanizm tarkibida hosil bo'lgan ichki konturlar mexanizmdagi ortiqcha yoki passiv aloqalarning nazariy sonini oshiradi. Shu bilan birga, egiluvchan g'ildirak moslashuvchanligi tufayli hosil bo'ladigan bir qator qiyshayishlarni kompensatsiya qiladi. Shuning uchun, to'liqli mexanizmlarni ishlab chiqarish va yig'ishda zarur bo'lgan kompensatsiya birikmalarining soni shu kabi qattiq bog'lanishli mexanizmlarga qaraganda nisbatan kamroq.

Egiluvchan g'ildirak to'liqli uzatmalarda ikki muhitni (masalan, kosmik apparat va ochiq kosmos) ajratadigan germetik devor orqali harakatni o'tkazish imkoniyatini beradi.

Shu bilan birga, egiluvchan g'ildirak germetik devor elementi, kirish vali va to'liqli generatori devorning bir tomonida (kosmik qurilmaning ichida) va chiqish bo'g'ini boshqa (kosmik fazoda) joylashgan. Yopiq to'liqli uzatmaning sxemasi 7.32-rasmda ko'rsatilgan [58].

To'liqli uzatmalarning afzalliklari va kamchiliklari [8].

Afzalliklari:

- 40 dan 300 gacha bo'lgan katta uzatish nisbatlarini ikki to'liqli generatorida bir bosqichda amalga oshirish imkoniyati;
- nisbatan kichik o'lcham va massa bilan yuqori yuklanish qobiliyati;
- kichik o'lik harakat va yuqori kinematik aniqlik;
- harakatni germetik devor orqali uzatish imkoniyati;
- kirish valiga keltirilgan inersiya momentining kichik qiymati (diskli to'liqli generatorlari mexanizmlari uchun).

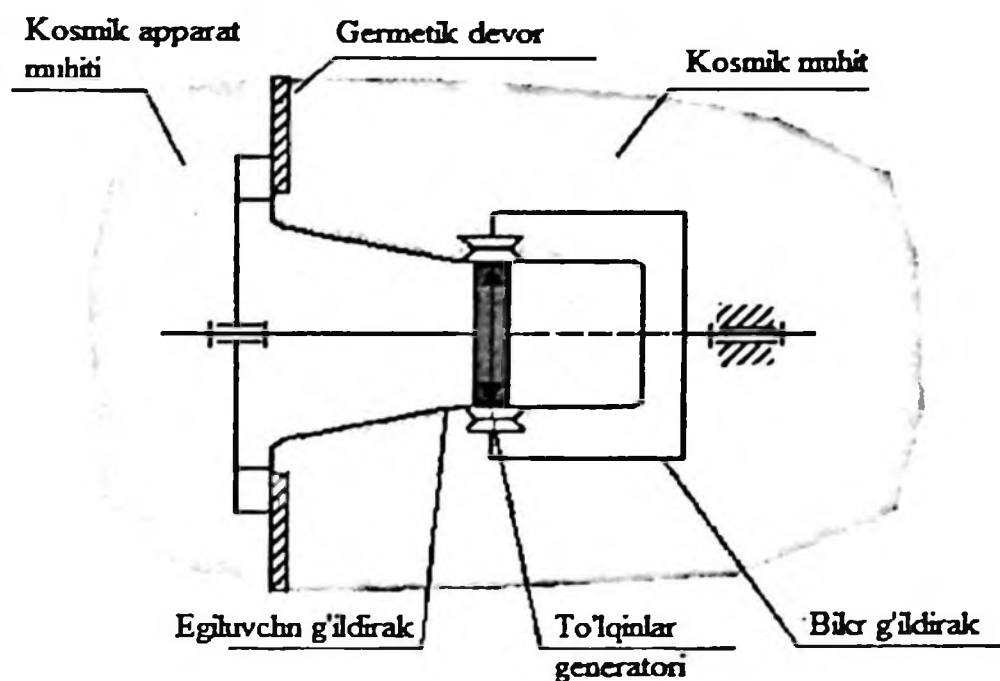
Kamchiliklari:

- egiluvchan g'ildirak va to'liqli generatorining asosiy elementlarining yuqori kuchlanishi;

➤ egiluvchan tishli g'ildiraklarni va to'liqli generatorni qimmat, juda ko'p mehnat talab qiladigan ishlab chiqarilishi;

➤ katta g'ildirak diametrlarida generator valining aylanish tezligini cheklash (generator to'g'iniidagi katta aylanma tezligini oldini olish uchun);

➤ uzatmaning ishlash paytida tebranish paydo bo'lishi.



7.32-rasm. Germetik (yopiq) to'liqli uzatma sxemasi.

To'liqli uzatmaning qo'llanish doirasi.

To'liqli uzatmalar sanoat robotlari va manipulatorlarida, katta uzatish nisbatiga ega mexanizmlarda, shuningdek, yuqori kinematik aniqlik va to'liqli yopiq (germetik) talablarga ega qurilmalarda qo'llaniladi.

Aviatsiya va kosmik texnologiyalarda, yuk ko'tarish mashinalari, mashinalar, konveyerlar va boshqalarda keng qo'llanadi.

Kimyoviy jihatdan agressiv yoki radioaktiv muhit bilan bir qatorda chuqur vakuumda ishlaydigan germetik to'liqli uzatmalari mavjud.

To'liqli uzatmalar reduktor sifatida (F.I.K. 80... 90%) va multiplikator (F.I.K. 60... 70%) ishlashi mumkin. Birinchi holda, yetakchi bo'g'in to'liqli generatoridir, ikkinchisida egiluvchan yoki qattiq g'ildirak vali.

Standart to'liqli reduktorlar ishlab chiqilgan. Ularning 11 o'lchamli turlari (egiluvchan tishli g'ildirakning bo'luvchi aylana diametrlari 50,8...508 mm oraliq'ida joylashgan) mavjud. Har bir o'lchamli turda reduktorlar to'rtta va o'rtacha oraliqda (80... 320 mm) modul va tishlarning soni o'zgarishi tufayli olingan yettita uzatishlar nisbatiga ega. Uzatiladigan aylanish momentlari oraliq'i 30... 30000 N m, quvvati 0,095...48 kVt. 150000 Nm uzatiladigan moment bilan reduktorlar mavjud. To'liqli generatorining maksimal aylanish tezligi isitish harorati va uning podshipniklarining ishlashi va egiluvchan g'ildirak diametrlari 50,8..203 mm uchun to'liqli generatori aylanishlar soni 3500 ay/min bilan cheklangan va 254...407 mm diametrlari uchun 1750 ya/min.

To'liqli mexanizmning kinematikasi [58].

Ideal ifriksion to'liqli uzatmani ko'rib chiqaylik. Ushbu uzatmada egiluvchn va biki g'ildiraklarning kontakt sirtlari tishli g'ildiraklarning dastlabki sirtlariga mos keladi. Egiluvchan g'ildirakning qalinligi juda kichik deb qabul qilamiz. Unda egiluvchan g'ildirakning o'rta yuzasi uning boshlang'ich yuzasiga to'g'ri keladi. Egiluvchan g'ildirakning o'rta yuzasi cho'zilish deformatsiyasiga mustahkam, ya'ni to'liqli generatori tomonidan g'ildirakning deformatsiyasidan oldin va keyin uning uzunligi o'zgarishsiz qoladi, deb hisoblaymiz.

7.33-rasm bo'yicha quyidagi belgilar qabul qilindi:

r_{wsh} – shartli g'ildirakning boshlang'ich aylanasi radiusi;

r_{wb} – biki g'ildirakning boshlang'ich aylanasi radiusi;

r_d – deformatsiyalanadigan diskning radiusi;

r_{oe} – egiluvchan g'ildirakning o'rta aylanasi radiusi;

r_{osh} — shartli g'ildirakning o'rta aylanasing radiusi;

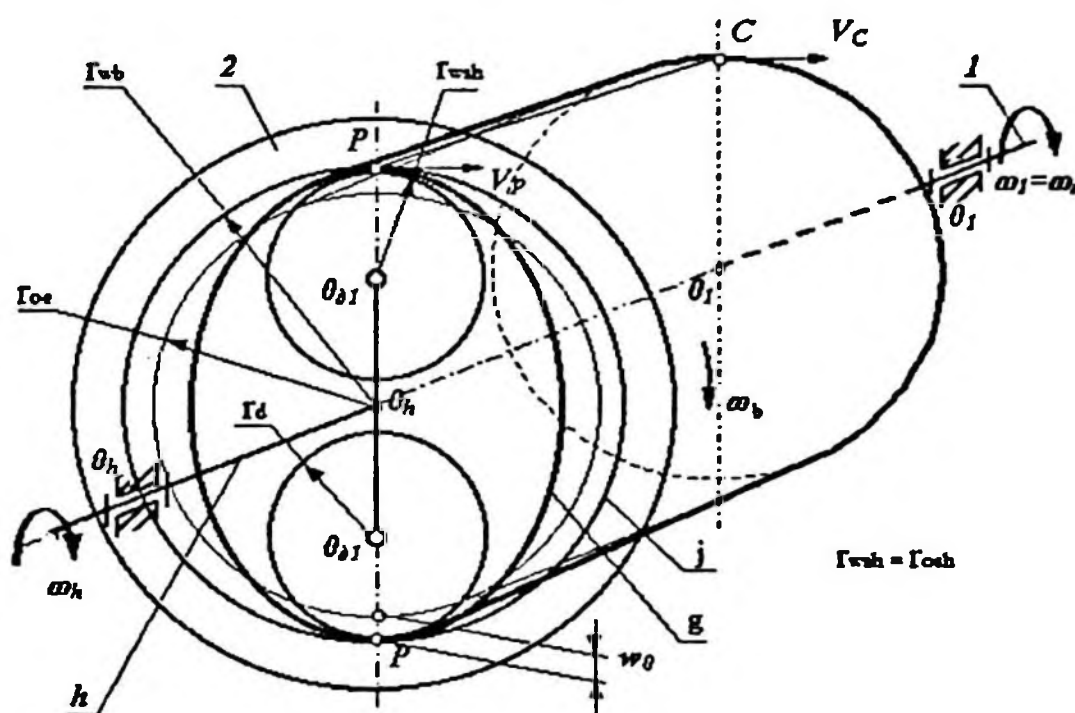
w_0 — egiluvchan g'ildirakning radial deformatsiyasi.

To'lqin generatoriga nisbatan differensial to'lqinli mexanizm bo'g'inlarining harakatini ko'rib chiqamiz. Unda bo'g'inlarning burchak tezligi quyidagicha o'zgaradi (7.3-jadval) [58]:

7.3-jadval

To'lqinli mexanizm bo'g'inlarining burchak tezligi o'zgarishi

Mexanizmning harakati	bo'g'in g	bo'g'in j	bo'g'in h	bo'g'in 0
Ustunga nisbatan	ω_g	ω_j	ω_h	$\omega_0=0$
To'lqinlar generatoriga nisbatan	$\omega_g^* = \omega_g - \omega_h$	$\omega_j^* = \omega_j - \omega_h$	$\omega_h - \omega_h = 0$	$-\omega_h$



7.33-rasm. To'lqinli uzatmaning kinematikasi.

To'lqin generatoriga nisbatan bo'g'inlarning harakatida, bo'g'inlarning tezliklari ustunga nisbatan harakatdagi burchak tezligidan generatorning burchak tezligini ayirmasiga teng. Tezlik

qutbi bilan mos keluvchi bikr g'ildirak nuqtasining tezligi $V_{pb} = (\omega_b - \omega_h) \cdot r_{wb}$,
 egiluvchan g'ildirakdagi qutb bilan mos keluvchi nuqtaning tezligi $V_{pg} = (\omega_g - \omega_h) \cdot r_{wg}$.

Uzatish nisbati. To'liqinli tishli uzatmaning uzatish nisbati Willis formulasidan foydalanib topiladi. Bikr tishli g'ildirak 2 qo'zg'almas bo'lganda (7.31, a-rasm) to'liqin generatorining vali 3 dan egiluvchan g'ildirak vali 1 ga uzatish nisbati [7],:

$$u_{31}^{(2)} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = -\frac{z_1}{z_2 - z_1} = -\frac{z_1}{K_z \cdot v} = -\frac{d_1}{d_2 - d_1} = -\frac{d_1}{2w_0}. \quad (7.7)$$

Minus belgisi yetakchi va yetaklanuvchi bo'g'inlarning turli yo'nalishlariga aylanishlarini bildiradi.

Egiluvchan tishli g'ildirak 1 qo'zg'almas bo'lganda (7.31, b-rasm) to'liqin generatorining validan 3 bikr g'ildirak valiga 2 uzatish nisbati:

$$u_{32}^{(1)} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{z_2}{z_2 - z} = \frac{z_2}{K_z \cdot v} = \frac{d_2}{d_2 - d_1} = \frac{d_2}{2w_0}, \quad (7.8)$$

bu yerda ω_1 , ω_2 va ω_3 egiluvchan, bikr tishli g'ildiraklar va to'liqin generatorining burchak tezliklari, c^{-1} ; z_1 va z_2 , d_1 va d_2 – mos holda egiluvchan va bikr tishli g'ildiraklar tishlarning soni va bo'luvchi diametrlari, mm; v – deformatsiya to'liqlarining soni; $v = 1, 2, 3, \dots$. Odatda $v = 2$, kamroq 3; K_z – ko'plik koeffitsiyenti; $w_0 = d_{a2} - d_{a1}$, d_{a1} va d_{a2} – egiluvchan va bikr tishli g'ildiraklarning tashqi diametrlari.

Odatda $K_z = 1$. $u < 70$ bo'lganda $K_z = 2$; $u < 45$ bo'lsa $K_z = 3$.

Egiluvchan va bikr tishli g'ildiraklar geometrik parametrlarini hisoblash uchun (7.3.5-rasm) soddalashtirilgan eksperimental tasdiqlangan bog'liqliklar [36] ishlatiladi.

Ular faqat $\alpha = 20^\circ$, tish balandligi koeffitsiyenti $h_a^* = 1$, 1 mm dan ortiq modul uchun $c^* = 0,25$ va 1 mm modullari uchun $c^* = 0,35$ dan ortiq bo'lgan radial bo'shliqqa ega bo'lgan dastlabki konturli standart asbob bilan kesilgan, faqat evolventali tishli g'ildiraklar uchun to'g'ri.

Hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar sekinyurar valdagi aylanish momenti T , H·mm va uning aylanishlar soni n , ayl/min aniqlanadi. To'liq tishli uzatmaning geometrik hisob-kitobi egiluvchan tishli g'ildirakning bo'luvchi diametrini ezilishga mustahkamlik shartidan aniqlash bilan boshlanadi:

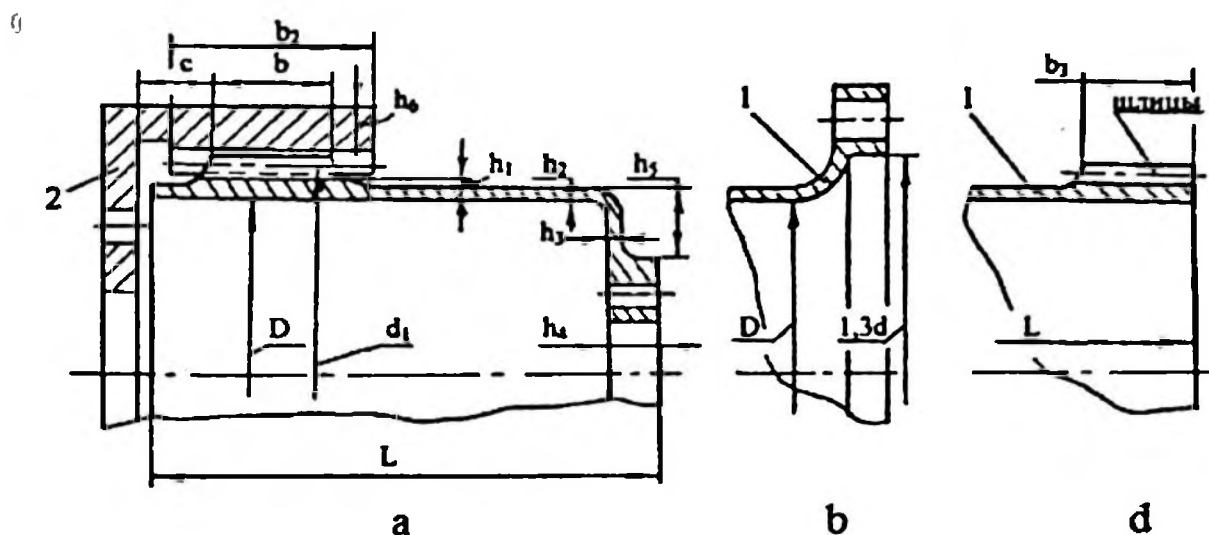
$$\sigma_{\epsilon\epsilon} = \frac{10T K}{bd_1^2} [\sigma]_{\epsilon\epsilon},$$

bu yerda T – uzatmaning chiqish validagi aylanma moment, H mm; K – uzatmaning ish rejimi koeffitsiyenti. Sokin yuklanishda ($T_{\max}/T < 1,6$) $K=1$; mo'tadil dinamik yuklanishda ($T_{\max}/T < 1,6$) $K=1,25$; keskin dinamik yuklanishda ($T_{\max}/T < 2,5$) $K=1,75$; b – egiluvchan g'ildirakning tishl tojining kengligi, mm; d_1 –egiluvchan tishli g'ildirakning bo'luvchi diametri, mm.

Tish tojining kengligi:

$$b = \psi_{bd} d_1,$$

bu yerda ψ_{bd} – tish kengligi koeffitsiyenti, kuch uzatmalar uchun 0,15...0,20 teng, kam yuklangan kinematik uzatmalar uchun 0,06...0,15.



7.34-rasm. To'liqli uzatmaning geometrik parametrlari:

a) uzatmaning odatiy konstruksiyasi; b) egiluvchan g'ildirakning flanetsini bajarish varianti; d) shlitsali egiluvchan g'ildirak.

Mustahkamlik shartiga tish tojning kengligi qiymatini qo'yib va o'zgartirishlar qilib, egiluvchan tishli g'ildirakning bo'luvchi diametricning qiymatini topamiz:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{10T K}{\psi_{bd} [\sigma]_{xx}}}$$

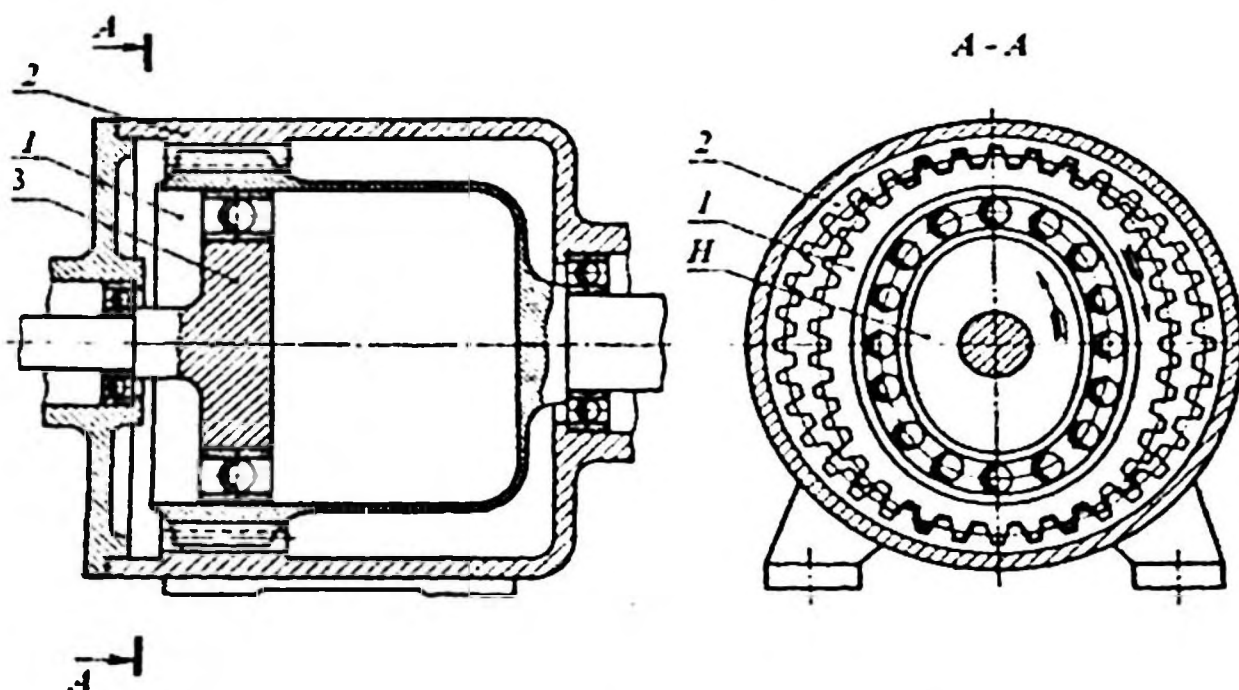
Kulachokli to'lqin generatorida (7.35-rasm) bo'luvchi diametri egiluvchan g'ildirakning ichki diametriga teng ravishda qabul qilinadi, bu esa o'z navbatida egiluvchan podshipnikning tashqi diametriga teng.

Egiluvchan tishli g'ildirakning tishlar soni z_1 qaysi g'ildirakning aylanishiga qarab aniqlanadi. Harakatlanuvchi egiluvchan g'ildirak bilan:

$$z_1 = u \nu K_z,$$

harakatlanuvchi bikr g'ildirak bilan:

$$z_1 = (u-1) \nu K_z.$$



7.35-rasm. Kulachokli to'lqin generatorli to'lqinli uzatma.

Tishlar moduli:

$$m = \frac{d_1}{z_1}$$

va uni standart qiymatga keltiramiz. 0,2 mm dan kam tish modullari bikr tishli g'ildirakning ichki tishlarini kesishning murakkabligi tufayli kamdan kam hollarda qo'llaniladi. To'lqin generator diskli bo'lganda egiluvchan g'ildirakning bo'luvchi diametrini aniqlashtiramiz:

$$d_1 = m \cdot z_1.$$

Qaysi g'ildirak aylanayotganiga qarab, to'lqinli uzatmaning uzatish nisbatini topamiz. Harakatlanuvchi egiluvchan g'ildirak bilan:

$$u' = \frac{z_1}{K_z \nu},$$

bikr g'ildirak harakatlanganda:

$$u' = \frac{z_1}{K_z \nu} + 1.$$

Quyidagi shart bo'yicha talab qilinadigan uzatish nisbatini o'zgarishini hisoblaymiz, %:

$$\Delta u = \frac{u - u'}{u} 100\% \quad [\Delta u],$$

bu yerda $[\Delta u]$ – talab qilingan uzatish nisbatining ruxsat etilgan chetga chiqishi, %.

Tishli uzatmalar uchun $[\Delta u] < 4\%$ qabul qilinadi. Agar shart bajarilmasa, Z_1 ni bir nechta tishga qamaytirish yoki ko'paytirish bilan o'zgartirish kerak. Agar bu holat bajarilmasa, katta tashqi diametri D bilan podshipnik olib, barcha hisob-kitoblarni takrorlash kerak. Keyin egiluvchan tishli g'ildirakning bo'luvchi diametrining qiymati aniqlanadi.

Bikr tishli g'ildirakning tishlar soni:

$$z_2 = z_1 + \nu \cdot K_z.$$

Po'latdan yasalgan tishli toj egiluvchan g'ildirak qalinligi (7.35-rasm), mm:

$$h_1 = (70 + 0,5u) \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot z_1.$$

Egiluvchan tishli g'ildirakning qobig'i qalinligi, mm:
 $h_2 = (0,5 \dots 0,8) h_1.$

Yuklanmagan uzatmaning tishlar orasidagi yonlama nisbiy oralig'i:

$$\frac{j_{\max}}{m} = \frac{T_{\max} b}{d_1^2 h_2 G m} + 4 \cdot 10^{-4} (u - 60),$$

bu yerda $j_{\max}$ – yuklanmagan uzatmaning tishlari orasidagi kerakli yonlama bo'shliq, mm; $T_{\max} < 2,5 T$ – maksimal ruxsat etilgan me'yoridan ortiqcha yuklanish momenti. Hisob-kitoblarda $T_{\max} = 2T$; G – egiluvchan g'ildirak materialining ikkinchi turdagi elastik moduli, MPa. Po'lat uchun $G = 8,1 \cdot 10^4$ MPa.

Egiluvchan g'ildirakning nisbatan radial elastik deformatsiyasi:

$$w_0^* = \frac{w_0}{m} = 0,89 + 8 \cdot 10^{-5} z_1 + 2 \frac{j_{\max}}{m},$$

bu yerda w_0 – egiluvchan g'ildirakning radial elastik deformatsiyasi, mm.

Maksimal elastik deformatsiya – egiluvchan g'ildirak, to'lqin generatori va qattiq g'ildirakning moslashuvchanligini, shuningdek, ishlab chiqarishda nominal o'lchamdagi burilishlarni hisobga olgan holda, mm:

$$w_1 = w_0^* m \cdot 1,05 + 0,08 \sqrt{\frac{\sigma_{\epsilon}}{10}} - 1.$$

Tishlarning nisbiy chuqurligi:

$$h_u^* = \frac{h_u}{m} = 4w_0^* - (4,6 - 4w_0^*) \cdot 10^{-3} z_1 - 2,48$$

bu yerda h_u – tishlarning kirish chuqurligi, mm.

Egiluvchan tishli g'ildirakning tish tubi diametri, mm:

$$d_f = m(z_1 - 2h_u^* - 2c^* + 2x_1),$$

bu yerda x_1 - egiluvchan g'ildirakning siljish (korrektsiya) koeffitsiyenti.

Egiluvchan tishli g'ildirakning tish uchi aylanasi diametri, mm:

$$d_{a1} = d_{f1} + 2(h_d^* + c^*)m$$

Bikr tishli g'ildirakning tish uchi aylanasi diametri, mm:

$$d_{a2} = d_{a1} + 2m(w_0^* - h_d^*).$$

Bikr tishli g'ildirakning tish tubi diametri, mm:

$$d_{f2} = d_{a1} + 2m(w_0^* + 0,15).$$

Kulachokli to'lqin generator bilan egiluvchan tishli g'ildirak uchun toj qalinligi qiymatini aniqlashtirish tenglamasi:

$$h_1 = \frac{d_{f1} - D}{2}.$$

Egiluvchan g'ildirakning boshqa qismlari parametrlari (7.35-rasm):

$$h_3 = (0,7 \dots 1)h_2; \quad h_4 = 2h_2; \quad h_5 \geq 0,16D; \quad c = 0,2b.$$

Bikr g'ildirak tishining toj kengligi, mm:

$$b_b = b + 0,6\sqrt{b}.$$

Bikr g'ildirak tishining toj qalinligi, mm: $h_6 = (6 \dots 8)h_1$.

To'lqin tishli qutisini yig'ishda egiluvchan tishli g'ildirak to'lqin generatori tomonidan deformatsiyalanadi va bu holatda u bikr tishli g'ildirakka kiritiladi.

To'lqin generatorlari

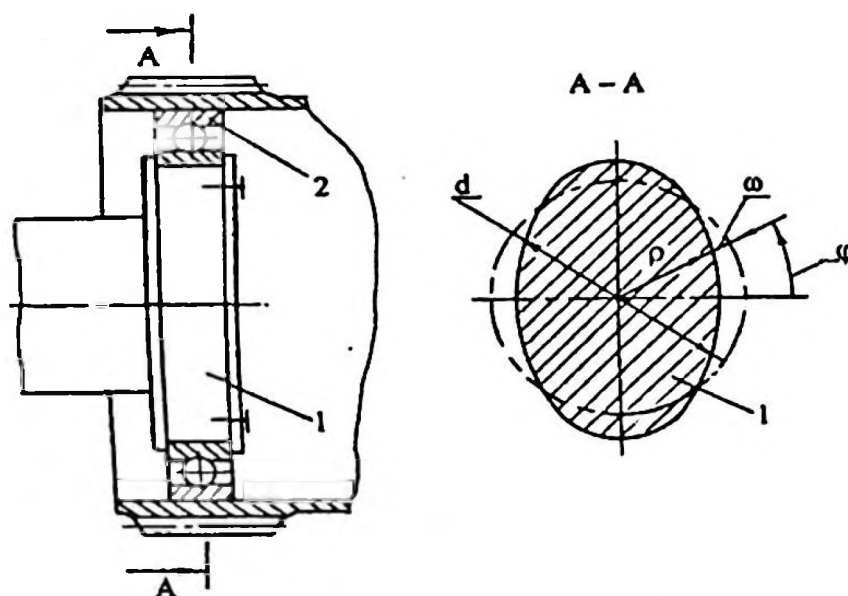
Kulachokli to'lqin generatori (7.36-rasm) kulachok 1 dan iborat bo'lib, unda yupqa halqalarga ega bo'lgan sharikli yoki rolikli podshipnik 2 mavjud.

Har chorakda kulachok radius vektori quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\rho = 0,5d_p + W_m K,$$

bu yerda d_n - to'lqin generatorining ichki diametri, mm;
W- 7.4-jadvalda aniqlangan radial deformatsiya koeffitsiyenti; K -

dastlabki konturning ta'sir ko'effitsiyenti. Dastlabki kontur burchagi $\alpha = 20^\circ$ uchun $K=1$; $\alpha = 30^\circ$ uchun $K=0,89$.



7.36-rasm. Kulachokli generator:
1) kulachok; 2) egiluvchan podshipnik.

Kulachokka kiygaziladigan podshipniklar egiluvchan bo'lib, DS 21179-78 bo'yicha tanlanadi. Nostandart podshipniklar standartlardan ko'ra yupqaroq halqali va mayda ariqchali bo'ladi.

7.4-jadval.

Radial deformatsiyaning ko'effitsiyenti W.

Burchak φ , grad.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
IV	-1,25	-1,13	-0,91	-0,56	-0,15	0,26	0,57	0,76	0,87	0,90

Momentni uzatishda 10000 soat davomida podshipniklarning ishlashi ta'minlanadi. Ikki marta qisqa muddatli ortiqcha yuklanishga ruxsat etiladi.

Diskli to'liqin generatori (7.37-rasm) eksentrik val 3 da joylashgan ikki disk 1 va 2 dan iborat. Valning eksentrisiteti:

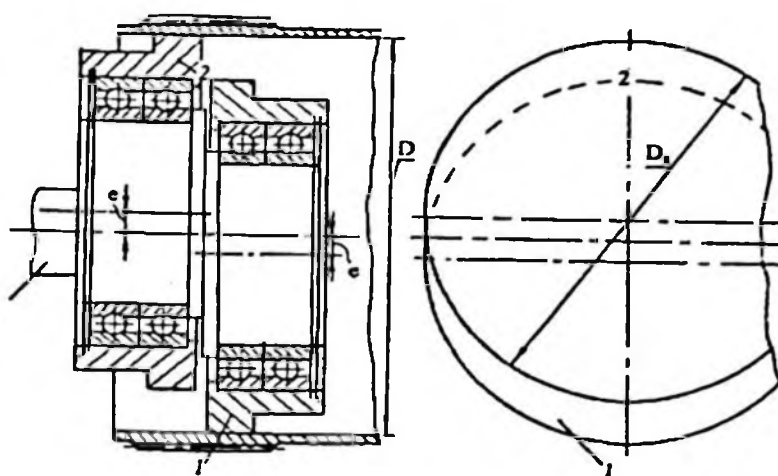
$$e = 3,4 w_0 m$$

Disklar diametri, mm:

$$D_d = D + 2w_1 - 2e - 2h_k,$$

bu yerda $h_k = (1,1 \dots 1,3)h_2$ — qo'yiladigan halqa qalinligi.

Disk to'liqin generatori eksentriklik qiymatiga juda qattiq joizlik bilan ishlab chiqariladi, aks holda aylanayotganda katta tebranishlar paydo bo'ladi.



7.37-rasm. Diskli to'liqin generatori:
1,2) disklar; 3) eksentrikli val.

Moylanishi va issiqlikka hisoblash. To'liqin tishli reduktorlar uchun suyuq yoki konsistent moylar ishlatiladi. Suyuq moyning hajmi kulachok generatorining pastda turgan zoldiri moyga yarim cho'kkan holatda bo'lganini, to'liqin generatorining diski esa 5...25 mm moyga ko'milishi hisob-kitob bilan ta'minlanadi. Agar yog' darajasi juda yuqori bo'lsa, unda to'liqin generatori bilan yog'ini aralashtirish uchun katta kuch sarflanadi.

Ish jarayonida yog' va reduktor isiydi. Yog' harorati va reduktorning ichki yuzasi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$t_M = \frac{(1-\eta)N_{dv}}{K_t A} K + t_t \quad [t]_M,$$

bu yerda η – uzatmaning F.I.K.; N_{dv} – yetakchi valdagi dvigatelning quvvati, Vt; $K = t_i/t_{is}$ – reduktorning ishlash muddati ko'effitsiyenti; t_i – sikl davomida reduktorning ishlash vaqti; t_{is} – siklning davomiyligi; $K_t = 8...15 \text{ vt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ – issiqlikni ajratish ko'effitsiyenti. Kattaroq qiymati + qulay havo aylanishida; $A \approx (8...10) d_1^2$ – reduktorning sovutiladigan yuzasi, m^2 ; t_t – tashqi muhit issiqligi $^\circ\text{C}$. Odadta $t_t = 20^\circ\text{C}$ qabul qilinadi; $[t]_M = 85...90^\circ\text{C}$ moyning ruxsat etilgan issiqligi, aviatsion moylar uchun $[t]_M = 100...120^\circ\text{C}$.

Nazorat va muhokama savollari

1. To'liqli mexanizm deb nimaga aytiladi?
2. To'liqli mexanizmدا harakat qanday o'zgartiriladi?
3. Differensial to'liqli mexanizm qanday elementlardan tashkil topgan?
4. To'liqli mexanizmlarning qo'llanish sohalariga misollar keltiring.
5. To'liqli uzatmalarining afzalliklari va kamchiliklari.
6. To'liqli mexanizmning uzatish nisbati qanday aniqlanadi?
7. To'liqli generatori qanday elementlardan iborat?
8. Diskli to'liqli generatori qanday elementlardan iborat?

7.4. Reykali uzatmalar

Reykali uzatma shesternyaning aylanma harakatini reykaning ilgarilanma harakatiga o'zgartirish uchun mo'ljallangan va aksincha, reykaning ilgarilanma harakatini shesternyaning aylanma harakatiga o'zgartirish uchun mo'ljallangan [4, 5, 7].

Bu momentning tezligi va yo'nalishini emas, balki harakat turini o'zgartiradigan yagona uzatmadir.

Reykali uzatmaning asosiy bo'g'inlari (7.38-rasm) shesternya 1 va tishli reyka 2 hisoblanib, reyka diametri cheksiz tishli g'ildirak sektorini tashkil etadi.

Ko'pgina reykali mexanizmlarda shesternyaning aylanma harakati reykaning ilgarilanma harakatiga aylantiriladi [59].

Reykali uzatmalar turli maqsadlardagi mexanizmlarda keng qo'llaniladi:

- metall kesish uskunalari;
- issiqlik pechlari;
- siljiydigan darvozalar;
- funikullar;
- kran balkalar;
- ko'prik kranlari;
- shaxta aravalari;
- payvandlash mashinalari;
- sanoat robotlari;
- SDB stanoklari.

Uzatmaning afzalliklari: yuklanish va tezliklarning keng diapazonida ishlashning yuqori ishonchliligi; cheksiz harakatlanish uzunligi; yuqori samaradorlik; kichik o'lchamlar; katta resurs; oson xizmat ko'rsatish.

Uzatmaning kamchiliklari: ishlab chiqarishning aniqligi uchun yuqori talablar; profilning ishlab chiqarilishidagi va tishlarning qadamlari noaniqliklari tufayli tizimning shovqinligi; yuqori birklik, bu esa dinamik yuklarni bartaraf etishga imkon bermaydi va ko'pincha uzatmaning yemirishiga olib keladi.

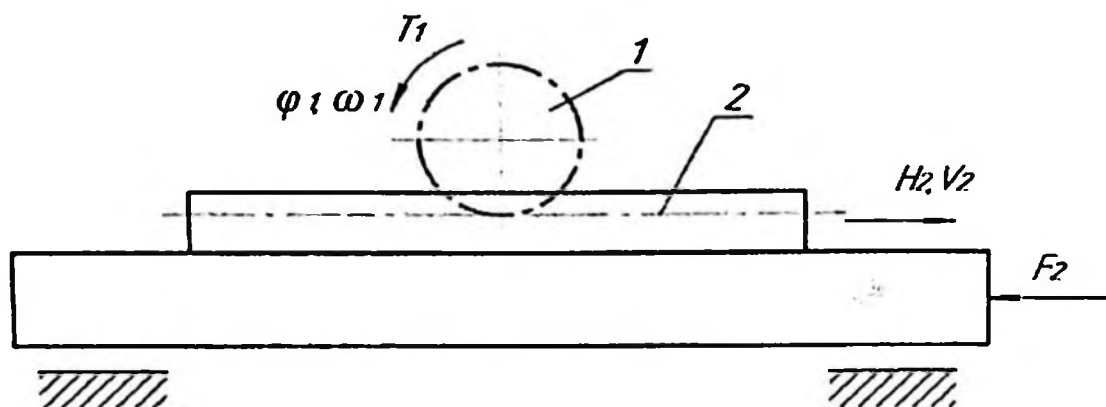
Uzatmani kinematik hisoblash. Shesternyaning aylanma harakatini reykaning ilgarilanma harakatiga aylantirilganda (7.38-rasm) shesternyaning aylanish burchagi quyidagiga teng:

$$\varphi_1 = \frac{2H_2}{d_1} = \frac{H_2}{\pi d_1} \cdot 360^\circ$$

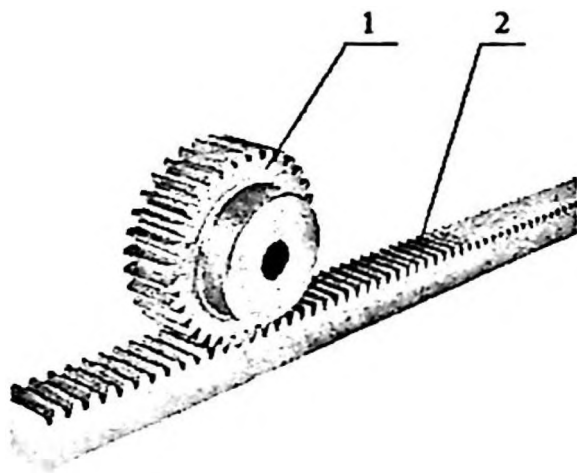
Shesternyaning bir marta aylanganida reykaning siljishi:

$$H_2 = \pi \cdot d = \pi \cdot m \cdot Z_1,$$

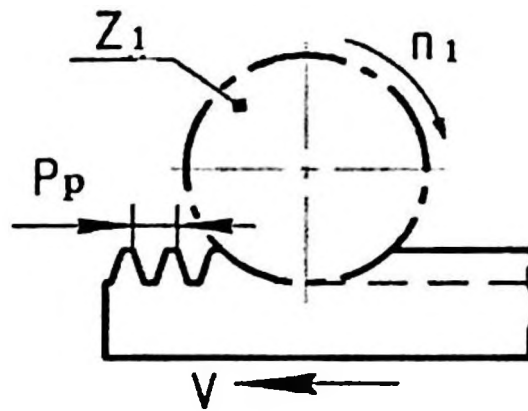
bu yerda d – shesternyaning bo'luvchi aylana diametri, mm ($d = P_p + Z_p$); m – shesternya va reykaning tish moduli, mm; Z_1 – shesternyaning tishlar soni; P_p – shesternya (reyka)ning tishlar qadami, mm (7.40-rasm).



7.38-rasm. Reykali uzatma sxemasi: 1) shesternya; 2) reyka;
 φ_1, ω_1 – shesternyaning buralish burchagi va burchak tezligi;
 T_1 – aylanish momenti; H_2, V_2 – reykaning siljishi va siljish tezligi.



7.39-rasm. Reykali uzatmaning umumiy ko'rinishi.



7.40-rasm. Reykaning geometriyasi.

Shesternyaning burchak tezligi, s^{-1} :

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot v_1}{d_1}.$$

Shesternyaning n_1 aylanishlar sonida reykani siljish tezligi V_2 , mm/min:

$$V_2 = \pi \cdot m \cdot Z_1 \cdot n_1.$$

Shesternya va reyka ilashmada bo'lgani uchun shesternya va reykani chiziqli tezliklari o'zaro teng bo'ladi $V_1 = V_2$.

Uzatish nisbati, m^{-1} [18]:

$$u_{Aylg} = \frac{\omega_1}{v_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot v_1}{d_1 \cdot v_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot v_2}{d_1 \cdot v_2} = \frac{2 \cdot 10^3}{d_1}. \quad (7.9)$$

Aylanma harakatni ilgarilanmaga aylantirilganda reykali uzatmaning uzatish nisbati $u_{Aylg} = 10 \dots 200 \text{ m}^{-1}$ oraliqda qabul qilish tavsiya etiladi.

Reykani ilgarilanma harakatini shesternyaning aylanma harakatiga aylantirganda (7.40-rasm) reykani siljishi teng:

$$H_2 = \frac{d_1 \cdot \varphi_1}{2} = \frac{\pi d_1 \cdot \varphi^0}{360^0},$$

bu yerda d_1 – shesternyaning bo'luvchi diametri, mm; φ_1 – shesternyaning buralish burchagi.

Reykani chiziqli tezligi, m/s:

$$v_2 = \frac{\omega_1 d_1}{2 \cdot 10^3} = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 10^3},$$

bu yerda ω_1 – shesternyaning burchak tezligi, s^{-1} ; n_1 – shesternyaning aylanish chastotasi, ay/min.

Uzatish nisbati, m [18]:

$$u_{lgAy} = \frac{v_2}{\omega_1} = \frac{\omega_1 d_1}{2 \cdot 10^3 \omega_1} = \frac{d_1}{2 \cdot 10^3}. \quad (7.10)$$

Reykali uzatmaning uzatish nisbati $u_{lgAy} = 0,005 \dots 0,1$ m oraliqda qabul qilish tavsiya etiladi.

Uzatmani geometrik hisoblash. Reykali uzatmaning geometrik parametrlarini hisoblash shesternyaning bo'luvchi diametrini aniqlash bilan boshlanadi.

Shesternyaning aylanma harakatini reykaning ilgarilanma harakatiga aylantirishni ko'rib chiqaylik (7.38-rasm). Uzatmani hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar: reykadagi F_2 qarshilik kuchi, reykaning H_2 harakati va V_2 chiziqli tezligi. Bunday holda, shesternya 1 ning bo'luvchi diametri (7.9) sharti asosida quyidagicha topiladi, mm:

$$d_1 = \frac{2 \cdot 10^3}{u_{Ay/g}}. \quad (7.11)$$

Shesternyaning bo'linuvchi diametrini tishlarning kontakt kuchlanishiga mustahkamlik shartidan ham topish mumkin, mm:

$$d_1 = K_d \sqrt{\frac{F_2 E_{kt} K_{H\beta}}{\psi_{bd} [\sigma]_H^2}}, \quad (7.12)$$

bu yerda K_d – koeffitsiyent, to'g'ri tishli uzatmalar uchun 1,12, qiya tishli uchun 1,0; F_2 – reykadagi qarshilik kuchi; $K_{H\beta}$ – tishning kenligi bo'yicha yuklanishni teng taqsimlamasligini hisobka oluvchi koeffitsiyent, 7.5-jadvaldan aniqlanadi; ψ_{bd} – tish toji kengligi koeffitsiyenti, $\psi_{bd} = 0,2 \dots 1,6$. Mexatron modullarda $\psi_{bd} = 0,2 \dots 0,8$

oralig'ida olish tavsiya etiladi; E_{kel} – shesternya va reyka materiallari uchun keltirilgan taranglik moduli, MPa:

$$E_{kel} = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2},$$

E_1 va E_2 – mos ravishda shesternya va reyka materiallarining birinchi turdagi taranglik modullari, MPa; $[\sigma]_H$ – ruxsat etilgan kontakt kuchlanish, MPa, shesternya va rayka uchun qiymatlar jadvaldan olinadi [Чернавский].

Kerakli uzatish nisbatlarini ta'minlash uchun (7.11) formuladan olingan tishli diametri (7.12) formuladan topilgan bo'linuvchi diametrdan katta bo'lishi kerak. Bunga tegishli materiallarni qo'llash va ψ_{bd} koeffitsiyentini o'zgartirish orqali erishish mumkin.

Shesternyadagi aylanish momenti, Nm: $T_1 = F_2 \cdot d_1/2$.

Tishlarning egilishga mustahkamlik shartidan tishlarning moduli (qiya tishli uzatmalar uchun normal modul) aniqlanadi:

$$m = \frac{K_m F_2}{\psi_{bd} d_1 [\sigma]_F},$$

bu yerda K_m – koeffitsiyent, to'g'ri tishli g'ildiraklar uchun 6,6; qiya tishli uchun 5,8; shevron tishli uchun 5,2.

7.5-jadval

K_{HB} va K_{HF} koeffitsiyentlarning qiymatlari

Ustunlarga nisbatan shesternyaning joylanishi	Qattiqlik, HB	K_{HB}				K_{HF}			
		ψ_{bd}				ψ_{bd}			
		0,2	0,4	0,6	0,8	0,2	0,4	0,6	0,8
Konsolli, zoldirli podshipniklar ustunlari	<350	1,08	1,17	1,28	—	1,16	1,37	1,64	—
	>350	1,22	1,44	—	—	1,33	1,70	—	—
Konsolli, rolikli podshipniklar ustunlari	<350	1,06	1,12	1,19	1,27	1,10	1,22	1,38	1,57
	>350	1,10	1,25	1,45	—	1,20	1,44	1,71	—

7.5-jadvalning davomi

Simmetrik	<350	1,01	1,02	1,03	1,04	1,01	1,03	1,05	1,07
	>350	1,01	1,02	1,04	1,07	1,02	1,04	1,08	1,14
Nosimmetrik	<350	1,03	1,05	1,07	1,09	1,05	1,10	1,17	1,25
	>350	1,06	1,12	1,20	1,29	1,09	1,18	1,30	1,43

Modulning chiqqan qiymatini standart qiymatga yaxlitlanadi (7.6-jadval).

7.6-jadval

Modul m qiymati, mm

1-qator	0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0
2-qator	0,22; 0,28; 0,35; 0,45; 0,55; 0,7 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9

Shesternyaning tishlar soni:

$$z_1 = \frac{d_1 \cos \beta}{m},$$

bu yerda β – tishlarning og‘ish burchagi, grad.

Tishlar sonining olingan qiymati butunga yaxlitlanadi va shesternyaning bo‘luvchi diametri aniqlashtiriladi:

$$d_1 = \frac{m z_1}{\cos \beta},$$

Reykaning harakatlanishi, uning tezligi va uzatish nisbati ham aniqlashtiriladi.

Reykaning chiziqli tezligi (shesternyaning aylanma tezligi) qiymatiga ko‘ra, reykali uzatmaning aniqliq darajasi tayinlanadi (7.7-jadval).

Siljishsiz kesilgan shesternya uchun tish uchi aylanasi diametri, mm:

$$d_{a1} = d_1 + 2m,$$

tish tubi aylanasi diametri, mm:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m.$$

Bo'luvchi aylana bo'yicha shesternyaning tish qalinligi, mm:

$$S_1 = S_2 = 0,5\pi m.$$

7.7-jadval

Reykli tishli uzatmalarning aniqlik darajasi

Anqlik darajasi	Reyka tezligi ortiq emas m/s		Ilova
	To'g'ri tishli	Qiya tishli	
6 (yuqori aniqlik)	15	30	Yuqori aniqlikdagi uzatmalar, aniq mexanika mexanizmlari, mexatronika va robototexnika
7 (aniq)	10	15	O'rta yuklanishda yuqori tezlikda uzatish, yuqori tezlikda yuqori yuklanishni uzatish
8 (o'rta aniqlik)	6	10	Maxsus aniqlik talab qilmaydigan mashinasozlikda umumiy maqsadlar uchun uzatmalar
9 (past aniqlik)	2	4	Past aniqlik talablari bilan sekinyurar uzatmalar

Shesternya va reyka tishlarining normal qadami, mm:

$$P_1 = P_2 = \pi m.$$

Qiya tishli uzatma uchun – yonlama qadam, mm:

$$P_{n1} = P_{n2} = \frac{\pi m}{\cos \beta}.$$

Reykaning qirqilgan qismining minimal uzunligi, mm:

$$L_{2min} = H_2 + (2 \dots 4)P_{n2}.$$

Reykaning minimal tishlar soni:

$$Z_{2min} = \frac{L_{2min}}{P_{t2}} + 0,5.$$

Reykaning tishlari soni butun qiymatga yaxlitlanadi.

Reykaning qirqilgan qismining uzunligi aniqlashtiriladi;

$$L_{2min} = (Z_{2min} - 0,5)P_{t2}.$$

Reyka tish tojining kengligi:

$$b_2 = \psi_{bd} \cdot d_1.$$

Shesternyaning kengligi:

$$b_1 = b_2 + 0,6\sqrt{b_2}.$$

Tanlash uchun reykali uzatmaning asosiy ko'rsatkichlari quyidagilardir [60]:

1. Tishli g'ildirak moduli.
2. Ilashma turi.
3. Aniqlik va yuklanish.

Tishli g'ildirak moduli

Tishli g'ildirak moduli-bu qadam, tish balandligi, tishlar soni va bo'luvchi aylananing diametri kabi muhim parametrlarni birlashtiradigan universal parametr. Bu xususiyat uzatish tizimlarini loyihalash bilan bog'liq barcha hisob-kitoblarda ishtirok etadi. Modulning qiymati maxsus adabiyotlarda mavjud bo'lgan umumiy qabul qilingan qiymatlardan biriga mos keladigan tarzda raqamli ravishda tanlanadi. Tishli g'ildiraklarni loyihalashda odatda ushbu parametrning qiymati belgilanadi va ko'plab boshqa geometrik parametrlarni osongina hisoblashadi. Kerakli tishli modulni aniqlash uchun dastlabki ma'lumotlar mexanik uzatmaning zarur quvvatini ta'minlash uchun mo'ljallangan mustahkamlikka hisob-kitoblari kiradi. Modulning standart qiymatlari 7.6-jadvalda keltirilgan.

Ilashmaning turi. Tishli uzatmaning tishlari profillari uzatish nisbati barqarorligini ta'minlashi

kerak. Bu holat bir nechta umumiy profillar bilan ta'minlanadi: evolventa, sikloidal, epitsikloidal. Ular g'ildirak tishlarining yuqori mustahkamligi va uzoq vaqt ishlash muddatini, tishlarning yuzasida past sirpanish tezligini va yuqori samaradorlikni ta'minlaydigan evolvent profilini yaxshi ajratib turadi. Bundan tashqari, ishlab chiqarish qulayligi bilan ajralib turadi. Ushbu profil o'qlararo masofaning og'ishiga nisbatan sezgir emas, bu esa modifikatsiyani (korreksiyalash) qo'llash parametrlarini yaxshilash imkonini beradi.

Mashinasozlikda ishlatiladigan ikkita eng keng tarqalgan tishli turi mavjud – bu to'g'ri tishli va qiya tishli uzatma. Har bir uzatish turi o'zining afzalliklari va kamchiliklariga ega (7.8-jadval):

7.8-jadval

Tishlar turining afzalliklari va kamchiliklari

To'g'ri tishli uzatma	Qiya tishli uzatma
Afzalligi: ✓ ishlab chiqarishning soddaligi va arzonligi; ✓ kichik kontakt nuqtasi tufayli kamroq isitish; ✓ o'q bo'ylama kuchlanish yo'qligi; ✓ kamroq harakat tezligi. ✓ kamroq shovqin va tebranish; ✓ uzatilgan quvvatni oshirish; ✓ yuqori harakat tezligi; ✓ ravon harakat.	Kamchiliklari: ✓ ilashmada ishqalanishning ortishi; ✓ tizimda qo'shimcha o'q bo'ylama kuch paydo bo'lishi; ✓ maxsus yuqori tezlikli moylash materiallariga bo'lgan ehtiyoj. ✓ yuqori shovqin va tebranish; ✓ tezlikni chegaralanishi; ✓ uzatilgan quvvatni cheklash.

Tishli uzatmalardagi aniqlik va yuklanish. Tishli uzatmalarni ishlab chiqarish va yig'ishning eng mukammal usullaridan foydalanganda, ishlab chiqarish xatolari tufayli belgilangan o'lchamlar va shakl hisoblangandan chetga chiqadi. Tishli uzatmalarda, bu xatolar tishlari yoki o'qlari noparallelligi, tishlar qadamlari va profillarining nazariy talab etilganidan chetka chiqishi, g'ildiraklarning yonlama va radial zarbaga uchrashi va boshqalar. Bu xatolar natijasida uzatmaning

normal ishlashining buzilishi, qo'shimcha dinamik yuklarni paydo bo'lishi, tebranish, shovqin oshishi va natijada ishlash muddatini kamayishiga olib keladi. Xatolar ta'siri g'ildiraklarning aylana tezligi oshishi bilan ortadi. Shu munosabat bilan, tezlik ortishi bilan uzatmani ishlab chiqarishda aniqligi uchun talablar ortadi.

Agar evolventda hech qanday bo'shliq bo'lmasa, uzoq muddat ishlamay qolgan holda, uning qismlari molekular darajada "bir-biriga yopishish", ya'ni diffuziya bo'ladi. Bunday tajriba o'tgan asrning oxirida amalga oshirildi. Har qanday ishqalanish haroratning oshishiga olib keladi. Haroratning oshishi metall kengayishini qoplash uchun tishlar kontakt joyida bo'shliqlar bo'lishi kerak.

Nazorat va muhokama savollari

1. Reykali uzatmalar qaysi sohalarda qo'llaniladi?
2. Reykali uzatmaning afzalliklari va kamchiliklari.
3. Uzatmani kinematik hisoblashda qanday parametrlar aniqlanadi?
4. Reykaning siljishi va shesternyaning aylanish burchagi qanday munosabatda bo'ladi?
5. Uzatmaning qanday geometrik parametrlari aniqlanadi? Asosiy geometrik parametrlarini keltiring.
6. Qanday parametrlar reyka va shesternya uchun bir xil qiymatlarga ega bo'ladi?

7.5. Yumalanish vint-gayka uzatmasi

Yumalanish vint-gayka uzatmasi (zoldir-vintli uzatma-ZVU) aylanma harakatni ilgarilanmaga va aksincha, ilgarilanma harakatni aylanmaga o'zgartirish uchun mo'ljallangan [4, 5].

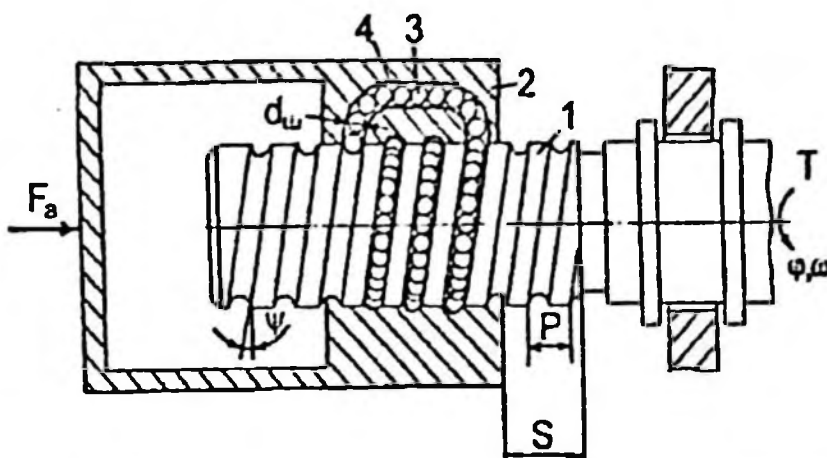
Bu yuqori samaradorlik (0,9...0,95), kichik yeyilish, yuqori yurish aniqligi, uzoq ishlash muddati, bo'shliqlarni to'liq bartaraf etish,

mikro harakatga yuqori sezuvchanlik, yog‘lanmasdan ishlash qobiliyati bilan tavsiflanadi.

Uzatmaning kamchiliklari quyidagilarni o‘z ichiga oladi: o‘z-o‘zidan tormozlashi yo‘qligi, murakkab ishlab chiqarish texnologiyasi, yuqori narx, past so‘ndiruvchanligi va changdan himoya qilish zarurati.

Vintli zoldirli juftliklarida (7.41-rasm) vintl 1 ning ishchi vintl sirtlari va gayka 2 (ba‘zan ichqo‘ymaning) o‘rtasida po‘lat zoldirlar 3 joylashtirilgan.

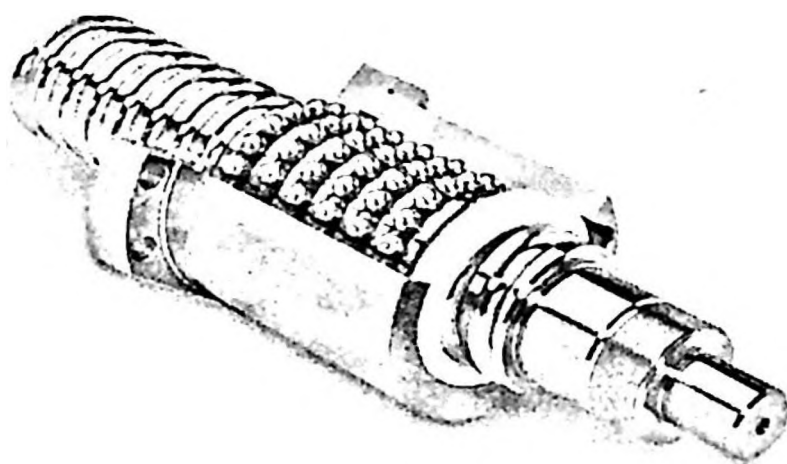
Zoldirlarning harakatlanish tezligi yetakchi va yetaklanuvchi bo‘g‘inlar tezligidan farq qiladi. Shuning uchun, zoldirlarning uzluksiz aylanishini ta‘minlash uchun rezbaning ishchi qismining uchlari qaytish kanali 4 ga ulanadi.



7.41-rasm. Yumalanish vint-gayka uzatmasi:
1) vint; 2) gayka; 3) zoldirlar; 4) qaytish ariqchasi.

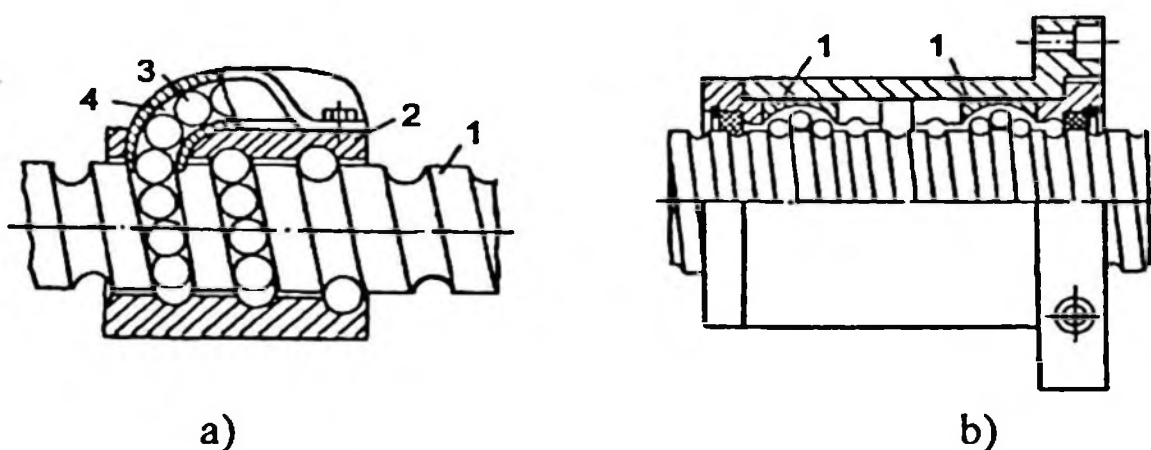
Yopiq zoldirlar zanjiri shartli ravishda faol qismga (kesishning ishchi qismiga) va passiv qismga (qaytish kanaliga) bo‘linadi.

Zoldirli vintl juftlikning faol qismi odatda $k_v=1,5; 2,5; 3,5; 4$ ishchi o‘ramlarni tashkil etadi. Ko‘proq ishchi o‘ramlarda zoldir juftligining samaradorligi zoldirlarning bir-biriga nisbatan ishqalanishining ortishi tufayli kamayadi. O‘lik yurish tanlanishi bilan ZVU da (7.41-rasm) o‘ramlarning umumiy soni teng: $K_0=3; 4,5; 5,5; 6$ [26].



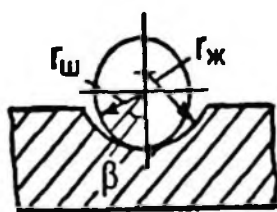
7.42-rasm. Yumalanish vint-gayka uzatmaning ko‘rinishi.

Qaytish kanali birinchi o‘ramning boshini rezba o‘ramining oxiri bilan bog‘lovchi gayka tanasi 2 da parmalangan teshik 4 (7.41-rasm), rezba sirtiga urinma qilib parmalangan gayka 2 ning teshigiga qo‘yilgan bukilgan quvurcha 4 (7.43, a-rasm), zoldirlarni bitta o‘ramning chuqurligidan vint rezbasining chiqiqi orqali qo‘shni o‘ramning chuquriga yo‘naltiradigan maxsus ichqo‘yma 1 dan (7.43, b-rasm) tashkil topgan. Ichqo‘yma gayka oynasiga (bo‘shlig‘iga) kiritiladi. Ko‘pgina hollarda gaykada 120, 90 yoki 60 graduslar burchak ostida joylashgan 3, 4 yoki 6 oynalari ishlatiladi.



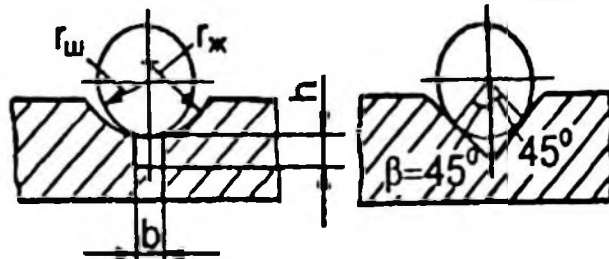
7.43-rasm. ZVU qaytish kanalining turlari: a) gayka 2 teshigiga qo‘yilgan bukilgan quvurchali; b) yo‘naltiradigan maxsus ichqo‘ymali.

ZVU rezbalari turli profillarga ega bo'lishi mumkin. Eng keng tarqalgan yumaloq (7.44, a), dumaloq ariqchali (7.44, b) rezba profillari. Ular eng kichik kontakt kuchlanishlarni ta'minlaydi. Bunday ariqchlarni kesish va silliqlash texnologik qiyinchiliklarni keltirib chiqarmaydi. Rezbaning uchburchak profili (7.45) eng texnologik, uzatish burchagi doimiy qiymatini ta'minlaydi, eng kam ishqalanishga ega, yuklanish xususiyati yumaloq profilli rezbadan kam emas. To'g'ri burchakli profil har doim zoldir vint bilan va gayka orasidagi β burchakli aloqasini ta'minlaydi va eng yuqori samaradorlikka ega. Hozirgi paytda arkali profilli rezbadan keng foydalanilmoqda (7.46-rasm).



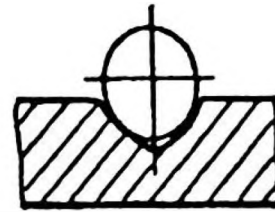
a)

7.44-rasm.



b)

7.45-rasm.



7.46-rasm

7.9-jadval

Zoldir-vintli uzatmalarning materiallari

Uzatma elementining nomi	Po'lat markasi	Mustahkamlash usuli	HRC qattiqligi
Vint	XBГ	Hajmli toblash.	58...60
	7XГ2BM	Ovoz chastotasi oqimlari bilan induktsiyon isitish paytida qattiqlashishi.	58...60
	8XΦ		58...62
	50XΦA		58...60
	8XΦ	Radiochastota oqimlari bilan indiksiyon isitish paytida qattiqlashishi.	58...62
	20X3MBΦ	Azotlantirish	60 dan ko'p emas

7.9-jadvalning davomi

Gayka va ichqo'yma	9XC, XBF ШХ15, 18ХГТ 12XH3A	Hajmli toblash. Sementatsiyalash	58...60 58...60
Korpus	45	Mustahkamlanmaydi	—
Zoldir	DS 3722-81 Aniqlik darajasi I		≥ 63

Uchburchak va ariqcha bilan dumaloq profilli rezkali vintda, zoldir ostidagi bo'sh joy moylash materiallari va yeyilish mahsulotlari uchun rezervuar sifatida xizmat qiladi.

Vintli uzatmalarning materiallari. Kerakli ishlash va uzatishning aniqligini ta'minlash uchun vint, gayka va zoldir materiallari kamida 58...60 HRC ishlaydigan sirtlarning qattiqligiga ega bo'lishi kerak. 7.9-jadvalda eng keng tarqalgan po'lat markalari va ularni mustahkamlash usullari taqdim etilgan.

Uzatmani kinematik hisoblash. Vintning (gaykaning) aylanish harakatini gayka (vintning) ilgarilama harakatiga aylantirishni ko'rib chiqamiz (7.41-rasm).

Vintni (gaykani) aylantirganda, ishqalanish tufayli zoldirlar vint va gaykaning vintli sirtlariga o'raladi va aylanma harakatni vintdan (gaykadan) ilgarilama harakatlanadigan gaykaga (vintga) uzatadi. Uning bo'ylama o'qiga nisbatan burilib ketishidan gayka (vint) korpusda o'rnatilgan yo'naltiruvchilar yoki shponka bilan ushlab turiladi.

Vint (gayka)ning burilish burchagi, rad:

$$\varphi = \frac{2\pi S}{P K},$$

bu yerda S – gayka (vint)ning siljishi, mm; P – pezba qadami, mm;
 K – rezbaning kirmilar soni.

Odatda zoldir vintli uzatmalar bir kirmli qilib tayyorlanadi: $K=1$.

Vint (gayka)ning burchak tezligi, c^{-1} :

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 10^3 \cdot v}{P \cdot K},$$

bu yerda v – vint (gaykaning)ning chiziqli tezligi. m/s.

Uzatish nisbati, m^{-1} [18]:

$$u_{Aylg} = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi \cdot 10^3 \cdot v}{P \cdot K \cdot v} = \frac{2\pi \cdot 10^3}{P \cdot K}. \quad (7.13)$$

$u_{Aylg} = 300 \dots 2000 \text{ m}^{-1}$ qabul qilish tavsiya etiladi.

Vintli juftlikning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta_{Aylg} = \frac{tg\psi}{tg(\psi + \rho_k)},$$

bu yerda ψ – vint chizig'ining ko'tarilish burchagi, grad:

$$\psi = \arctg \frac{P \cdot K}{\pi d_0},$$

bu yerda d_0 – zoldirlar markazlari joylashgan doira diametri, mm,
 (7.47-rasm); ρ_k – yumalanishning keltirilgan ishqalanish burchagi, grad:

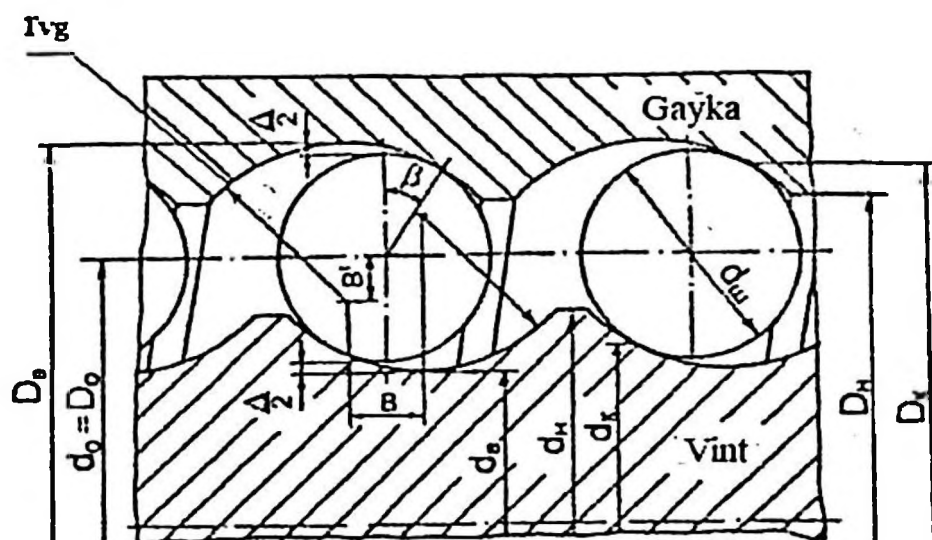
$$\rho_k = \arctg \frac{2f_k}{d_z \sin \beta},$$

bu yerda d_z – zoldirlar diametri, mm; f_k – yumalanishning keltirilgan ishqalanish koeffitsiyenti. Vintlarning toblangan sirlari HRC > 58 qattiqligi va po‘latdan yasalgan zoldirlar qattiqligi HRC>63 bilan $f_k=0,007...0,01$ mm qabul qilinadi; β – vint va gayka bilan zoldirlarning kontakt burchagi, grad.

Ko‘p hollarda β burchagi beriladi. Uni 45° ga yaqin bo‘lishini tavsiya etiladi.

Zoldirli vintli uzatmalarida $\rho_k \ll \psi$, shuning uchun vintni ko‘tarilish burchaklari kichik bo‘lsa ham samaradorlik 80...90%ga yetadi.

$\psi > 2^\circ$ bo‘lganda samaradorligi kam ortadi, shuning uchun ψ burchagini kichik tanlash foydalidir, chunki bunda zarur aylanish momenti kamayadi.



7.47-rasm. Zoldirli vit gayka uzatmaning geometriyasi.

Gayka (vintni) ilgarilanma harakatni vintning (gaykaning) aylanma harakatiga aylantirilishi, zoldirli vintli uzatmada deyarli har doim ham mumkin, chunki $\psi \gg 2\rho_k$.

Bunday holda gayka (vint)ning siljishi, mm:

$$S = \frac{\varphi P K}{2\pi}$$

Gayka (vint) ning chiziqli tezligi, m/s:

$$v = \frac{\omega P K}{2\pi 10^3}.$$

Uzatish nisbati, m [18]:

$$u_{lgAy} = \frac{v}{\omega} = \frac{\omega P K}{2\pi 10^3 \omega} = \frac{P K}{2\pi 10^3}.$$

$u_{lgAy} = 0.0005 \dots 0,0033$ m qabul qilish tavsiya etiladi.

Vintli juftlikning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta_{lgAy} = \frac{tg(\psi - \rho_k)}{tg\psi}.$$

Uzatmani geometrik hisoblash. Berilgan uzatishi nisbati bilan ZVU geometrik parametrlarni hisoblash (ko'pgina hollarda uzatish nisbati ma'lum deb hisoblanadi) uzatmaning tish qadamini aniqlash bilan boshlanadi. Aylanma harakatni ilgarilanmaga aylantirilganda qaramlik (7.13) asosida rezbaning qadami quyidagi tenglama bilan aniqlanadi, mm:

$$P = \frac{2 \cdot 10^3 \pi}{u_{Ay} K}; \quad (7.14)$$

Ilgarilanma harakatni aylanmaga aylantirganda formula (7.5.2) asosida:

$$P = \frac{2 \cdot 10^3 \pi}{K} u_{lgAy}. \quad (7.15)$$

Natija qatordagi eng yaqin standart raqamga yaxlitlanadi: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 24.

Zoldirlarning diametrlari teng, mm:

$$d_z = K_p \cdot P,$$

bu yerda $K_p = 0,6$ – rezba qadami koeffitsiyenti.

Natija eng yaqin standart qiymatga yaxlitlanadi: 0,25; 0,30; 0,36; 0,635; 0,68; 0,7; 0,8; 0,84; 0,85; 1,0; 1,2; 1,3; 1,5; 1,588; 1,984; 2,0; 2,381; 2,5; 2,778; 3,0; 3,175; 3,5; 3,572; 4,0; 4,366; 4,5; 4,763; 5,0; 5,159; 5,5; 5,556; 5,8; 6,0; 6,35; 6,5; 6,747; 7,0; 7,144; 7,5; 7,938; 8,0;

8,334 8,5; 8,731; 9,0; 9,575; 9,922; 10,0; 10,319; 10,716; 11,0; 11,112; 11,5; 11,509; 11,906; 12,0.

Vintning ichki diametrini hisoblaymiz, mm:

$$d_i = \frac{d_z}{K_z},$$

bu yerda $K_z = 0,10 \dots 0,35$ – zoldirlar diametri koeffitsiyenti.

Cho‘zilishga mustahkamlik shartidan (siqilish) vint materialining oquvchanlik chegarasi topiladi:

$$\sigma_{oq} = [\sigma] [n]_{oq} \frac{4F_a}{m d_i^2} [n]_{oq},$$

bu yerda F_a – o‘q bo‘ylama kuch, N; $[n]_{oq}$ – ruxsat etilgan (talab qilinadigan) oquvchanlik bo‘yicha zaxira koeffitsiyenti, $[n]_{oq} = 1,5 \dots 2$.

Vint materialini hisobda chiqqan qiymatdan oquvchanlik chegarasi ko‘prog‘i tanlanadi.

Siqish uchun ishlaydigan uzun vintlar barqarorlikka tekshiriladi:

$$F_a \leq [F_a],$$

bu yerda $[F_a]$ – ruxsat etilgan o‘q bo‘ylama kuch, N.

$$[F_a] = \frac{F_{kr}}{[n]_b},$$

F_{kr} – vintning egiluvchanligi λ ga qarab aniqlangan o‘q bo‘ylama kritik kuch, H:

$$\lambda = \frac{\mu \ell}{i_{\min}},$$

ℓ – vint va gayka ustunlari o‘rtasidagi vintdagi uchastkaning maksimal uzunligi, mm; μ – uzunlikni keltirish koeffitsiyenti. Vintning uchlarini mustahkamlash usullariga bog‘liq:

$$\mu = \frac{1}{m},$$

m – vint egilishining yarim to‘lqinlar soni. μ koeffitsiyentining qiymatlari 7.5.2-jadvalda keltirilgan; $i_{\min}$ – vint ko‘ndalang kesimining minimal inersiya radiusi, mm:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A_{\min}}},$$

$J_{\min}$ – vidnt ko'ndalang kesimining minimal o'qoviy inersiya momenti, mm^4 :

$$J_{\min} = \frac{\pi d_i^4}{64},$$

$A_{\min}$ – vintning minimal ko'ndalang kesim yuzasi, mm^2 .

Agar vint egiluvchanligi chegaraviy egiluvchanligi λ_{cheg} dan katta bo'lsa:

$$\lambda > \lambda_{\text{cheg}} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\text{prop}}}},$$

unda kritik kuchni L.Eyler formulasi bilan aniqlanadi:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2},$$

bu yerda σ_{prop} – vint materialining proporsionallik chegarasi, MPa; $E=(2...2,2)10^5$ -vint materialining birinchi turdagi taranglik moduli, MPa.

Agar vint egiluvchanligi λ boshlang'ich egiluvchanligi λ_0 dan ko'p, lekin chegaraviy egiluvchanligi λ_{cheg} dan kam bo'lsa, unda:

$$\lambda_0 = \frac{a - \sigma_e}{b} < \lambda < \lambda_{\text{cheg}},$$

unda kritik kuchni F.A.Yasinskiy formulasi bo'yicha aniqlanadi:

$$F_{kr} = (a - b \lambda) A_{\min},$$

bu yerda a va b – empirik koeffitsiyentlar. ST,3, ST.4, Po'lat 25, Po'lat 30, Po'lat 40 uchun $a = 321$, $b = 1,16$; ST.5, ST.6, Po'lat 45, Po'lat 50 uchun $a = 464$, $b = 3,62$.

Agar $\lambda < \lambda_0$ bo'lsa, unda vintlar barqarorlikni yo'qotmaydi va barqarorlik uchun hisob-kitob qilinmaydi. Bunday holda, siqishga hisoblash amalga oshiriladi.

μ va ν koefitsiyentlarning qiymati

Sxema raqami	Vintni qotirish sxemasi	μ	ν
1		2	0,7
2		1	2,2
3		0,7	3,4
4		0,5	4,9

Agar barqarorlik holati bajarilmasa, vintning ichki diametri d_i oshirilishi kerak.

Bundan tashqari, uzun vintlar kritik aylanish tezligi bo'yicha tekshiriladi [15]:

$$n \leq n_{kr},$$

bu yerda n_{kr} – vintning kritik aylanishlar chastotasi, ay/min:

$$n_{kr} = 5 \cdot 10^7 \frac{d_i}{l^2} \nu k, \quad n_{kr} = \frac{8 \cdot 10^4}{d_i},$$

$k = 0,5 \dots 0,8$ – zaxira koefitsiyenti; ν - vintni qotirish usuliga bog'liq koefitsiyent. Uning qiymatlari 7.5.2-jadvalda keltirilgan. Kritik aylanish tezligi olingan ikki qiymatdan kamrog'i tanlanadi.

Zoldirlar markazi joylashgan aylana diametri (7.5.7-rasm):

$$d_0 = d_i + 2(r_{vg} - b')$$

bu yerda b' – radial yo'nalishda rezba shaklining siljishi (7.47-rasm):

$$B = r_{vg} - \frac{d_z}{2} \cos \beta,$$

r_{vg} – vint va gayka rezbasining profil radiusi, mm, (7.44-rasm).

Ishqalanishni kamaytirish uchun vint va gaykaning radiusi r_{vg} zoldirlarning radiusidan kattaroq bo'lishi kerak. $d_z < 8$ mm bilan profil radiusi $r_{vg} = 0,51d_z$; $d_z > 8$ mm bilan profil radiusi $r_{vg} = 0,534d_z$.

Natijada d_0 eng yaqin standart qiymatga yaxlitlanadi: 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100.

Vintning ichki diametr qiymati aniqlashtiriladi:

$$d_i = d_0 - 2(r_{vg} - b')$$

Vint bilan zoldir kontakt qiladigan aylananing diametri, mm:

$$d_k = d_0 - d_z \cdot \cos\beta.$$

Vintning tashqi diametri, mm:

$$d_H = d_i + 2h_i,$$

bu yerda h_i – vint va gaykaning profil burchagi, mm:

$$h_i = (0,3 \dots 0,35)d_z.$$

Rezba profili ariqchasining kengligi (11.4, b-rasm):

$$b = (0,05 \dots 0,1)d_z.$$

Ariqcha balandligi: $h = b/2$.

Qaytish kanal bilan vint zoldir ish qismidagi (7.41-rasm) zoldirlar soni:

$$Z_z = \frac{\pi d_0 K_B}{d_z} - 1,$$

bu yerda K_v – bitta yopiq ish zanjirida ishlaydigan ishchi o'ramlar soni.

Zoldirli vintli uzatmalarda zoldirlar o'ramlar chuquri orqali dumalab, qo'shni o'ram chuquriga yo'naladilar. Zoldirlar qaytish kanali maxsus ichqo'yma 1 da bajariladi va ular o'z navbatida gayka oynasiga o'rnatiladi. (7.43, b-rasm).

Bunday holda bir o'ramdagi (vintli mexanizmning ishchi qismida) ishchi zoldirlar soni [15]:

$$Z_z = \frac{\pi d_0}{d_z} - \frac{3P}{d_z},$$

bu yerda $3P/d_z$ – qaytish kanalidagi zoldirlar soni.

Birinchi va ikkinchi holatda bo'lgani kabi, Z_z qiymatlari eng yaqin kichik songa yaxlitlanadi. Agar hisoblashda $Z_z > 65$ bo'lsa, ularning diametrini oshirib, zoldirlar sonini kamaytirish kerak.

Zoldirli vintli uzatmaning ishlamaydigan qismida shariklar soni qaytariladigan kanalning uzunligiga qarab belgilanadi.

Butun yopiq zanjirdagi zoldirlar orasidagi umumiy summar bo'shliq $(0,7...1,2)d_z$ bo'lishi kerak.

Gaykadagi yopiq ish zanjirlarining soni yeyilishga qarshilik shartidan aniqlanadi:

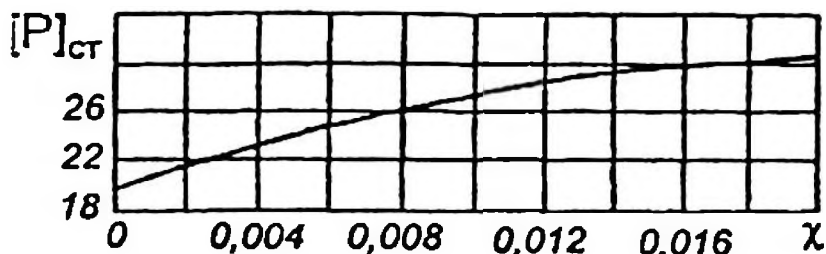
$$P = \frac{F_a}{Z_z d_z^2 \gamma i \cos \psi} \approx \frac{F_a}{Z_z d_z^2 \gamma i} [P]_{st},$$

bu yerda P – nisbiy o'q bo'ylama yuklanish, MPa; $\gamma = 0,8$ – zoldirlar orasida yuklanishni notekis taqsimlanish koeffitsiyenti; i – yopiq zanchirchalar soni; ψ – kam son bo'lgani uchun $\cos \psi \approx 1$; $[P]_{st}$ – ruxsat etilgan nisbiy o'qoviy statik yuklanish, MPa. Uni nisbiy radial bo'shliqqa nisbatan grafikdan aniqlanadi (7.48-rasm).

Nisbiy radial bo'shliq:

bu yerda Δ – radial bo'shliq, $\chi = \frac{\Delta}{d_z}$, mm:

$$\Delta = 2 r_{zg} - \frac{d_z}{2}.$$



7.48-rasm. Ruxsat etilgan nisbiy o'qoviy statik yuklanish va nisbiy radial bo'shliq qaramligi grafigi.

Gaykadagi yopiq ishchi zanjirchalar soni:

$$i \frac{F_a}{Z_z d_z^2 \gamma [P]_{\text{sr}}}.$$

Zanjirchalar sonining olingan qiymati eng yaqin butun qiymatga yaxlitlanadi.

Gaykaning ichki diametri, mm:

$$D_B = d_0 + 2(r_{vg} - b').$$

Zoldirlarning gayka bilan kontaktda bo'lgan aylananing diametri, mm:

$$D_K = d_0 + 2r_{vg} \cdot \cos \beta.$$

Gaykaning tashqi diametri, mm:

$$D_H = D_B - 2h_l.$$

Gaykada qaytish kanali joylashganda uning tashqi diametri, mm (7.41-rasm):

$$D = 1,3D_B + 2d_z + 10.$$

Qaytish kanali gaykadan tashqarida joylashgan bo'lsa, gaykaning tashqi diametri, mm, (7.5.3, a-rasm):

$$D = 1,3D_B.$$

O'qoviy bo'shliq, mm:

$$B = 2 r_{\text{vz}} - \frac{d_z}{2} \sin \beta.$$

Vintli juftlikdagi kuch munosabatlari. Aylanma harakatni ilgarilanmaga aylantirilganda, taranglik bo'lmagan holda yetakchi bo'g'indagi o'q bo'ylama kuch F_a dan aylanish momenti quyidagi formuladan aniqlanadi (7.41-rasm):

$$T = F_a \frac{d_k}{2} \lg(\psi + \rho_k). \quad (7.16)$$

Rezbadagi tirqishni yo‘qotish, o‘lik harakatni bartaraf etish va ZVU ishining aniqligini oshirish uchun dastlabki tig‘izlik (zoldir, vint va gaykaning qo‘shma deformatsiyasi) yaratiladi.

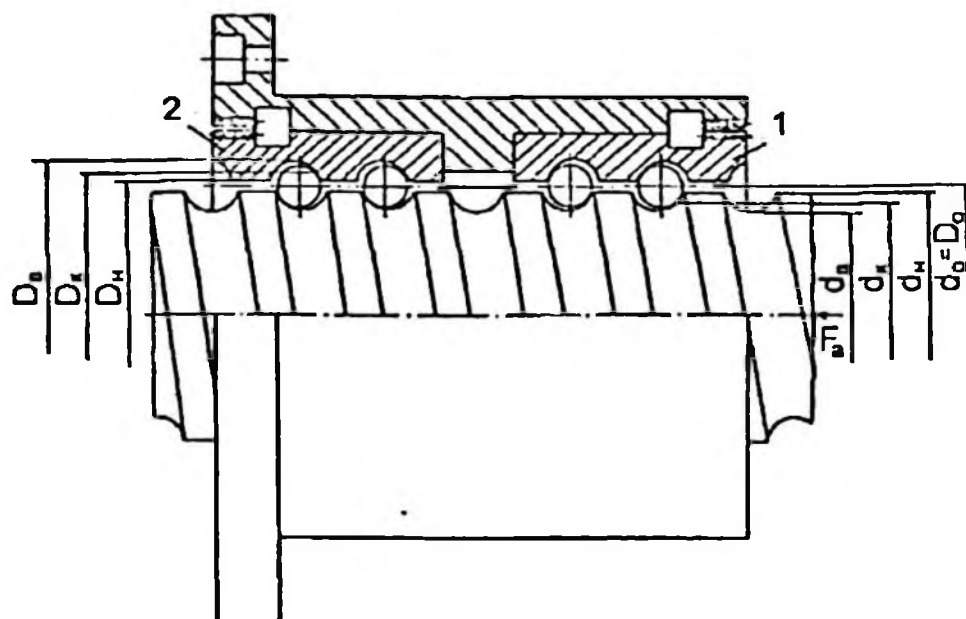
Unda aylanma harakatni ilgarilanmaga aylantirilganda, dastlabki tig‘izlik mavjud bo‘lganda, yetakchi bo‘g‘indagi aylanma momenti quyidagi formula bilan aniqlanadi, H· mm:

$$T = F_{a\Sigma} \frac{d_k}{2} \lg(\psi + \rho_k), \quad (7.17)$$

bu yerda $F_{a\Sigma}$ – summar o‘qoviy kuch, N:

$$F_{a\Sigma} = \begin{cases} F_H + F_a - \text{agar } F_H < \frac{F_a}{2,83}; \\ F_H + 0,65F_a - \text{agar } F_H > \frac{F_a}{2,83}, \end{cases} \quad (7.18)$$

bu yerda F_H – dastlabki tig‘izlik kuchi, N (7.5.9-rasm). Uni $F_n = (0,10 \dots 0,15)C$ olish tavsiya etiladi; C – dinamik yuk ko‘tarishlik.



7.49-rasm. ZVU ning geometriyasi va tig‘izlik kuchi yo‘nalishi.

Ilgarilanma harakatni aylanma harakatga aylantirilganda, dastlabki tig'izlik mavjud bo'lmaganda, yetakchi bo'g'indagi aylanma momenti quyidagi formula bilan aniqlanadi, H·mm:

$$F_a = \frac{2T}{d_k \lg(\psi + \rho_k)}. \quad (7.19)$$

Dastlabki tig'izlik mavjud bo'lganda:

$$F_a = \frac{2T_\Sigma}{d_k \lg(\psi + \rho_k)}, \quad (7.20)$$

bu yerda T_Σ – summar qarshilik momenti, N·mm:

$$T_\Sigma = T + T_H,$$

T_H – dastlabki tig'izlik kuchidan hosil bo'ladigan qo'shimcha qarshilik momenti, N·mm:

$$T_H = F_H \frac{d_k}{2} \lg(\psi + \rho_k).$$

Uzatmani rostlash. Zoldir vintli uzatmani nolinch bo'shliq uchun sozlash (7.49-rasm) 1 va 2 gaykalarini bir xil yo'nalishda bir xil tish raqamiga aylantiriladi:

$$z_0 = \frac{B}{P} z(z+1),$$

bu yerda B – o'q bo'ylama bo'shliq, mm; P – tish qadami, mm; Z – gayka 1 tojining tishlari soni; $Z+1$ – gayka 2 tojining tishlari soni; Z tishlarining soni $Z=d/m$ shartidan tanlanadi, bu yerda d – tish tojining bo'luvchi diametri, konstruktiv sabablarga ko'ra va vint diametridan kattaroq olinadi; m – tish tojining moduli, mm. $m = 0,6...1$ mm oralig'ida olish tavsiya etiladi.

Gaykaning nol pozitsiyasi korpus va gaykaning har ikki yon tomonida belgi qo'yish orqali fiksatsiyalanadi.

Berilgan o'qoviy tig'izlik yaratish uchun ikkala gayka bir yo'nalishda bir xil sonli tishlarga aylantiriladi:

$$z_H = 10^{-3} \frac{\delta_H}{P} z(z+1).$$

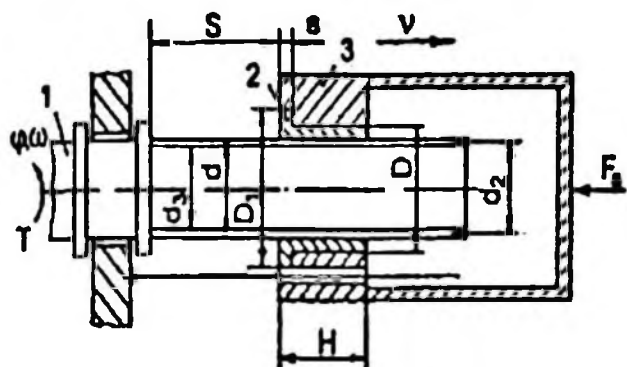
7.6. Sirpanish vint-gayka uzatmasi

Sirpanish vint-gayka uzatmasi aylanma harakatni ilgarilanmaga va ba'zan ilgarilanma harakatni aylanma harakatga o'zgartirish uchun xizmat qiladi.

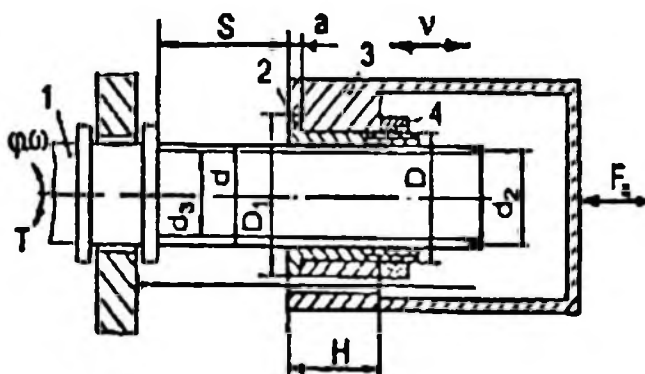
Uzatma vint 1, gayka 2 va korpus 3 lardan tashkil topgan. Gayka 2 korpus 3 ga presslangan bo'lib (7.50-rasm), o'q bo'ylama kuchning doimiy va o'zgaruvchan yo'nalishida hamda o'qoviy siljishdan gayka 4 bilan cheklanadi (7.51-rasm).

Uzatma konstruksiya va ishlab chiqarilishning soddaligi, yuqori yuklanish qobiliyatida ixchamligi, yuqori ishonchliligi, ravon va shovqinsiz ishlashi, katta aniqlik bilan sekin harakatlanishlarni ta'minlash hamda katta kuchni uzatish qobiliyatlariga ega.

Uzatmaning kamchiliklari quyidagilardan iborat: katta ishqalanish tufayli rezbalarning yuqori darajada yeyilishi, past samaradorlik, luflarning mavjudligi.



7.50-rasm.



7.51-rasm.

Vint va gayka materiallari. Vint va gayka materiallari antifriksion juftlikni ifodalaydi, ya'ni yeyilishga bardoshli bo'lishi va kam ishqalanish koeffitsiyentiga ega bo'lishi kerak. Vintlar po'latlardan 5, 45, 50, 40H, 40HG va boshqa markalardan qilingan. Gaykalarlar qalay bronzalaridan BrOYUF1, Br OC 4-4-4, antifriksion cho'yan AChV-1, AChS-3 va boshqa markalardan tayyorlanadi.

Uzatmani kinematik va kuchga hisoblash. Sirpanish vint-gayka uzatmasini kinematik hisoblash zoldirli vintli uzatmadagi kabi olib boriladi, faqat zoldirlar markazi o'rnatilgan aylana diametri d_k ni o'rta diametr d_2 , keltirilgan yumalanib ishqalanish burchagi p_k ni keltirilgan sirpanish ishqalanish burchagi p' ga almashtiriladi:

$$\rho' = \arctg \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}},$$

bu yerda $f = 0,1 \dots 0,2$ – sirpanish koeffitsiyenti; α – rezba profili burchagi. Trapetsiadal rezbaga $\alpha = 30^\circ$, kvadrat rezba uchun $\alpha = 0^\circ$.

Standart sirpanish vintli uzatmalar o'z-o'zidan tormozlanuvchi, chunki $\psi < \rho'$.

Ilgarilanma harakatni aylanma harakatga o'girish $\psi \geq 2\rho'$ shart bajarilganda mumkin.

Sirpanish vint-gayka uzatmasining foydali ish koeffitsiyenti $\eta \approx 0,25 \dots 0,70$. Standart uzatmalar uchun $\eta < 0,5$.

Vint-gayka juftligida kuchlar munosabatlari (7.17), (7.18), (7.19) va (7.20)

formulalar asosida, ZVU da zoldirlar va vint kontaktlari aylana diametri d_k ni sirpanish juftligidagi vint rezbasining o'rta diametri d_2 ga almashtirib aniqlanadi.

Vintni loyihaviy hisoblash. Sirpanish vint-gayka uzatmaning ishchanligining asosiy mezonini yeyilish hisoblanadi:

$$q_{or} = \frac{F_a}{\pi d_2 h z} [q], \quad (7.21)$$

bu yerda q_{or} – vint va gayka ishchi sirtlarining orasidagi o'rta bosim, MPa; h – rezba profilining ishchi balandligi, mm; z – gaykadagi rezba o'ramlari soni:

$$z = H/P,$$

P – rezba qadami, mm; $H = \gamma \cdot d_2$, bu yerda $\gamma = 1,2 \dots 3,5$ – gayka balandligi koeffitsiyenti.

H va z qiymatlarini (7.50) formulaga qo'yamiz:

$$q_{\sigma} = \frac{F_a}{\pi d_2 h \frac{\gamma d_2}{P}} = \frac{1}{\pi \frac{h}{P}} \frac{F_a}{\gamma d_2^2} = K_p^2 \frac{F_a}{\gamma d_2^2} [q].$$

Bundan vint rezbasining o'rta diametrini aniqlash mumkin:

$$d_2 = K_p \sqrt{\frac{F_a}{\gamma [q]}}, \quad (7.22)$$

bu yerda $K_p = \sqrt{\frac{1}{\pi h / P}}$ – rezba turiga bog'liq koeffitsiyent. Trapetsiodal

va kvadrat rezbalar uchun $K_p = 0,8$; trak rezbalar uchun $K_p = 0,65$; $[q]$ – vint va gaykaning ishchi sirtlari orasidagi ruxsat etilgan bosim, MPa; $[q] = 5 \dots 6$ MPa – vint po'latdan, gayka cho'yandan; $[q] = 9 \dots 11$ MPa – vint po'latdan, gayka bronzadan.

Berilgan (talab qilinadigan) uzatish nisbati u ni aniqlash uchun (7.14) va (7.15) formulalar bo'yicha rezbaning qadami topiladi. So'ngra, rezbaning standarti bo'yicha topilgan qadam P qiymatidan rezbaning o'rta diametri d_2 (7.22) formulada chiqqan qiymatiga teng yoko ko'proq qilib tanlanadi, keyin tashqi d_1 va ichki diametr d_3 lar aniqlanadi.

Gaykaning geometrik parametrlarini hisoblash. Gaykaning balandligi formula bilan topiladi: $H = \gamma \cdot d_2$ va topilgan qiymat DS bo'yicha yaxlitlanadi.

Gayka rezbasining o'ramlar soni: $z = H/P$.

Ular egilishga tekshiriliniadi:

$$\sigma_{eg} = \frac{K_u F_a}{d H} [\sigma]_{eg},$$

bu yerda K_u – rezba turiga bog'liq koeffitsiyent. Trapetsiodal rezbaga $K_u = 1,3$; trak rezbaga $K_u = 1,5$; kvadrat rezbaga $K_u = 1,9$; $[\sigma]$ – gayka materialining egilishga ruxsat etilgan kuchlanishi. Cho'yn gaykalar uchun $[\sigma] = 25$ MPa; bronza gaykalari uchun $[\sigma] = 40$ MPa.

Gaykaning tashqi diametri D konstruktiv qabul qilinadi:

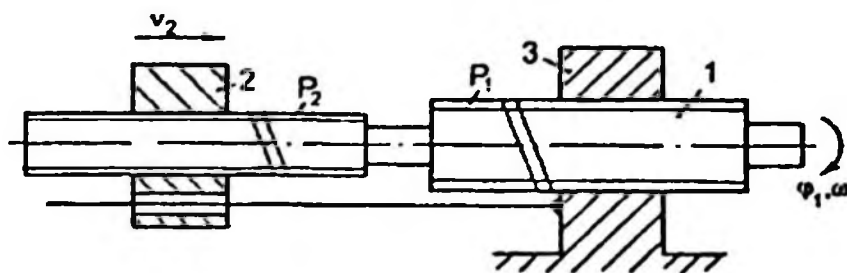
- cho‘yan gayka uchun $D = 1,5d$;
- bronza gayka uchun $D = 1,3d$.

Gaykaning aylana chiqiqining diametri; $D_1 = 1,3D$.

Gaykaning aylana chiqiqining balandligi: $a = (0,2...0,3)D$.

7.7. Differensial va integral vint-gayka uzatmasi

Differensial vint-gayka uzatmasi bir yo‘nalishdagi (o‘ng yoki chapda) (P_1 va P_2) turli qadamlardagi ikkita bo‘limlarga ega bo‘lgan vint 1, gayka 2 va tayanch 3 lardan iborat (7.53-rasm).



7.53-rasm. Differensial vint-gayga uzatma.

Vint 1 aylanganda gayka 2 ikkita ilgarilanma harakat bajaradi: vint 1 bilan ustun 3 ka nisbatan ko‘chirma harakat va vint 1 ga nisbatan harakat qiladi.

Ustun 3 ka nisbatan gayka 2 ning to‘liq ilgarilanma siljishi S_2 :

$$S_2 = \frac{\varphi_1 (P_1 - P_2) K}{2\pi},$$

bu yerda φ_1 – vintning buralish burchagi; P_1 va P_2 – birinchi va ikkinchi bo‘limlarga mos ravishda vintning rezba qadamlari. $P_1 > P_2$ bo‘lganda gayka vint va gayka bir tomonga harakatlanadilar, $P_1 = P_2$ bo‘lsa gayka harakatlanmas holda, $P_1 < P_2$ bo‘lganda gayka vintga qarama-qarshi harakatlanadi.

Gaykaning tezligi, m/s:

$$v_2 = \frac{\omega_1 (P_1 - P_2) K}{2\pi \cdot 10}.$$

Uzatish nisbati, m^{-1} :

$$u_{\text{uzg}} = \frac{\omega_1}{v_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \pi}{(P_1 - P_2) K}.$$

Gaykaning ilgarilanma harakatini vintning aylanma harakatiga o'girilganda vintning buralish burchagi:

$$\varphi_1 = \frac{2\pi S_2}{(P_1 - P_2) K};$$

vintning buralish burchagi:

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot 10^3 \pi v_2}{(P_1 - P_2) K}.$$

Uzatish nisbati, m :

$$u_{\text{uzy}} = \frac{v_2}{\omega_1} = \frac{(P_1 - P_2) K}{2 \cdot 10^3 \pi}.$$

Differensial vint-gayka uzatmasi yordamida quyidagilarga imkon beradi: aylanma harakatni ilgarilanmaga o'girganda vintning katta qiymatdagi burchakli siljishida va tezligida gaykaning kichik chiziqli harakati va tezligiga; ilgarilanma harakatni aylanmaga o'girganda gaykaning kam qiymatda siljishi va tezligida vintning katta burchak siljishi va tezligiga.

Vint va gaykaning P_2 qadami va uzatmaning boshqa parametrlari sirpanish va yumalanish vintli uzatmalardagi kabi aniqlanadi.

Integral tishli vint-gayka uzatmasi differensial uzatmaga o'xshash tarzda tashkil etilgan, lekin vint rezba uchastka joylarida rezba turli yo'nalishlarga ega (o'ng va chap rezba).

Vintning aylanma harakatini gaykaning ilgarilanma harakatiga aylantirilganda gaykaning tayanchga nisbatan o'q bo'ylama quyidagi harakat qiymatiga olib keladi:

$$S_2 = \frac{\varphi_1 (P_1 + P_2) K}{2\pi}.$$

Bunda gaykaning tezligi quyidagiga teng:

$$v_2 = \frac{\omega_1 (P_1 + P_2) K}{2\pi \cdot 10}.$$

Uzatish nisbati, m^{-1} :

$$u_{Ay\delta} = \frac{\omega_1}{v_2} = \frac{2 \cdot 10^3 \pi}{(P_1 + P_2) K}.$$

Gaykaning ilgarilanma harakatini vintning aylanma harakatiga aylantirilganda vintning buralish burchagi teng:

$$\varphi_1 = \frac{2\pi S_2}{(P_1 + P_2) K}.$$

Vintning burchak tezligi:

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot 10^3 \pi v_2}{(P_1 + P_2) K}.$$

Uzatish nisbati, m :

$$u_{\delta Ay} = \frac{v_2}{\omega_1} = \frac{(P_1 + P_2) K}{2 \cdot 10^3 \pi}.$$

Integral vint-gayka uzatmasi yordamida quyidagilarga imkon beradi: aylanma harakatni ilgarilanmaga o'g'irganda vintning kichi qiymatdagi burchakli siljishida va tezligida gaykaning katta chiziqli harakati va tezligiga; ilgarilanma harakatni aylanmaga o'g'irganda gaykaning katta qiymatda siljishi va tezligida vintning kam burchak siljishi va tezligiga.

Nazorat va muhokama savollari

1. Yumalanish vint-gayka uzatma qanday ishni bajarish uchun mo'ljallangan?
2. Yumalanish vint-gayka uzatmaning afzalliklari va kamchiliklari.
3. Zoldir-vintli uzatma qanday elementlardan tashkil topgan?
4. Uzatmaning kinematik hisobida qanday parametrlar aniqlanadi?
5. Uzatmaning geometrik hisobida qanday parametrlar aniqlanadi?

6. Sirpanish vint-gayka uzatma qanday ishni bajarish uchun mo'ljallangan?

7. Sirpanish vint-gayka uzatmaning afzalliklari va kamchiliklari.

8. Sirpanish vint-gayka uzatmaning kinematik va geometrik hisobida qanday parametrlar aniqlanadi?

9. Differensial va integral vint-gayka uzatmasi qanday elementlardan tashkil topgan?

10. Differensial vint-gayka uzatmaning afzalliklari va kamchiliklari.

11. Differensial va integral vint-gayka uzatmalarining farqi nimalardan iborat?

12. Differensial va integral vint-gayka uzatmalari qanday ishni bajarish uchun mo'ljallangan?

7.8. Egiluvchan bog'lanishli uzatmalar

Egiluvchan bog'lanishli uzatmalar aylanma harakatni uzatish va ilgarilanma harakatni aylanma va aksincha, aylanma harakatni ilgarilanma harakatga aylantirish uchun mo'ljallangan.

Egiluvchan bog'lanishli uzatmalar tasmali, zanjirli, trosli va po'lat lenta bilan uzatishni o'z ichiga oladi.

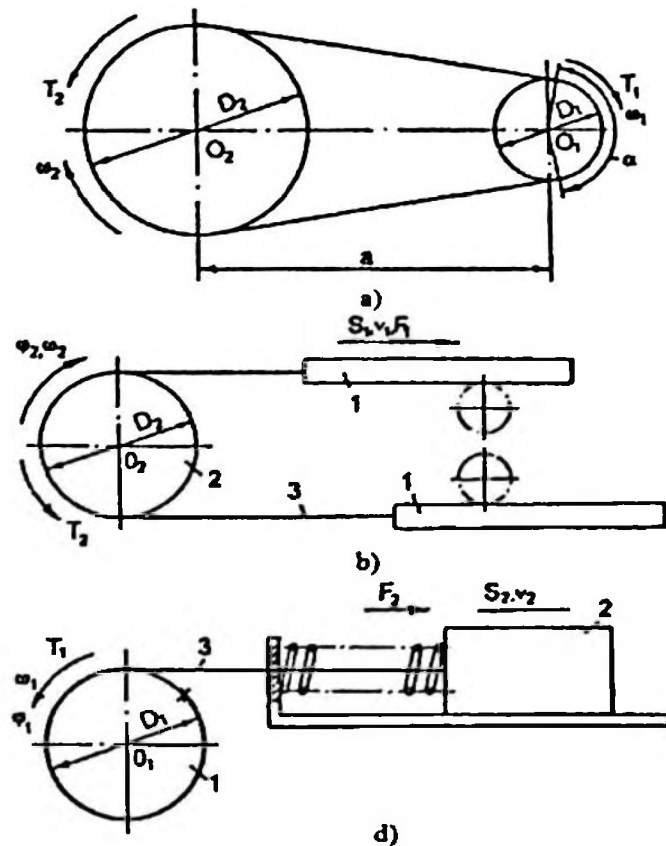
Ushbu uzatmalarda aylanma harakatni yetakchi bo'g'in 1 dan yetaklanuvchi bo'g'in 2 ga o'tkaziladi (7.53, a-rasm) yoki yetakchi bo'g'in 1 ning ilgarilanma (aylanma) harakatini yetaklanuvchi bo'g'in 2 ning aylanma (ilgarilanma) harakatini egiluvchan bog'lanish 3 (tasma, zanjir, tros, po'lat lenta) tomonidan amalga oshiriladi (7.53, b,d).

Aylanma harakat uzatilganda uzatush nisbati quyidagi ko'rinishda aniqlanadi (7.53, a-rasm):

$$u_{AyAy} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \approx \frac{D_2}{D_1},$$

bu yerda ω_1 va ω_2 – yetakchi va yetaklanuvchi bo‘g‘inlarning burchak tezliklari; s^{-1} ;

D_1 va D_2 – yetakchi va yetaklanuvchi bo‘g‘inlarning diametrlari, mm.



7.53-rasm. Egiluvchan bog‘lanishli uzatmalar.

Ilgarilanma harakatni aylanmaga o‘girilganda (7.53, b-rasm) uzatish nisbati barobar, m:

$$u_{lgAy} = \frac{v_1}{\omega_2} = \frac{\omega_2 D_2}{2 \cdot 10^3 \omega_2} = \frac{D_2}{2 \cdot 10^3},$$

bu yerda v_1 – 1-bo‘g‘inning chiziqli tezligi, m/s:

$$v_1 = \frac{\omega_2 D_2}{2 \cdot 10^3}.$$

Aylanma harakatni ilgarilanmaga o‘girilganda (7.53, d-rasm) uzatish nisbati quyidagi formuladan aniqlanadi, m^{-1} :

$$u_{Ay/g} = \frac{\omega_1}{v_2} = \frac{v_2 \cdot 2 \cdot 10^3}{D_1 v_2} = \frac{2 \cdot 10^3}{D_1}.$$

bu yerda ω_1 – 1-bo‘g‘inning burchak tezligi, s^{-1} :

Trosli (po‘lat simli) uzatma. Trosli uzatmada bo‘g‘inlar orasidagi aylanma harakatni (7.53, a-rasm) (yetakchi 1 va yetaklanuvchi 2 g‘altaklar), va shuningdek ilgarilanma harakatni aylanma harakatga o‘girish va teskarisi tros 3 yordamida bajariladi (7.53, b,d-rasm).

Trosalar 50, 60, 65 markali po‘latlardan to‘quv qilinib tayyorlanadi va ruxlanadi.

Trosdagi egilishga kuchlanishini cheklash shartidan, tros yotadigan ariqcha tubidan o‘lchangan g‘altakning minimal diametri quyidagi shartdan aniqlanadi:

$$D_{\min} \approx (\beta - 1)d_t,$$

bu yerda d_t – tros diametri, mm, jadvaldan tanlanadi tegishli standartlardan tanlanadi[5]; β – uzatish rejimiga bog‘liq koeffitsiyent: tinch yuklanishda $\beta = 16 \dots 17$; o‘rtacha dinamik yuklanishda $\beta = 18 \dots 19$; keskin dinamik yuklanishda $\beta = 20 \dots 21$.

Kichik g‘altak diametri minimal ruxsat etilgandan tayinlash kerak, ya’ni $d \geq D_{\min}$.

Ko‘rib chiqilgan uchta holat uchun yetakchi bo‘g‘inlarning harakatlari mos ravishda tengdir:

$$\varphi_1 = \varphi_2 \quad u_{AyAy};$$

$$S_1 = \frac{\varphi_2 D_2}{2};$$

$$\varphi_1 = \frac{2S_2}{D_1}.$$

Aylanma harakatni uzatishni ko‘rib chiqamiz (7.53, a-rasm). Tros bilan kichik g‘altakni kamrov burchagi, grad:

$$\alpha = 180^\circ - \frac{57,3^\circ (D_2 - D_1)}{a},$$

bu yerda a – o‘qlararo masofa, unu quyidagiga teng qilib olish tavsiya etiladi:

$$a = (0,5 \dots 2,0)(D_1 + D_2).$$

Tros uzunligi:

$$l = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a}.$$

Trosning yetakchi tarmog'ining tortilishi, N:

$$F_1 = \frac{2T}{D_2} \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1}.$$

Trosning yetaklanuvchi tarmog'ining tortilishi, N:

$$F_2 = \frac{2T_2}{D_2} \frac{1}{e^{f\alpha} - 1}.$$

Tros tarmoqlarining dastlabki tortilishi, N:

$$F_0 = \frac{KT_2}{D_2} \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1},$$

bu yerda T_2 – yetaklanuvchi g'altakdagi aylanish momenti, N·mm; $e = 2,72$ - tabiiy logarifm asosi; $f = 0,1 \dots 0,2$ tros va g'altak orasidagi sirpanib ishqalanishning koeffitsiyenti; $K = 1,05 \dots 1,2$ – dastlabki tortilish F_0 ning zaxira koeffitsiyenti. U tros g'altaklarga tig'iz tegib turmaslik sababli uzatmaning sirpanishsiz va o'lik yo'lsiz ishlashini kafolatlaydi.

Trosli uzatmaning ishlashi jarayonida trosning alohida simlari cho'ziladi, egiladi, buraladi va eziladi. Bunday holda normal va urinma kuchlanishlar paydo bo'ladi. Bundan tashqari, kuchlanish kattaligiga trosning konstruksiyasi va diametri, g'altaklarning o'lchamlari va konstruksiyasi, tros tortilishi ta'sir qiladi.

Trosning eng yaxshi ish sharoitlari g'altakning yarim aylana shakli ta'minlaydi. Bunday holda, quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$R_K = (0,53 \dots 0,56)d_T,$$

bu yerda R_K – g'altakning ariqcha radiusi, mm.

$\frac{R_K}{d_T}$ munosabati oshishi bilan trosning ishlash muddati kamayadi.

Nazorat va muhokama savollari

1. Egiluvchan bog'lanishli uzatmalar qanday ishlarni bajaradi?

2. Egiluvchan bog'lanishli uzatmalarning qanday turlari mavjud?
3. Aylanma harakat uzatilganda uzatish nisbatini keltiring.
4. Ilgarilanma harakatni aylanmaga o'girilganda uzatish nisbatini keltiring.
5. Aylanma harakatni ilgarilanmaga o'girilganda uzatish nisbatini keltiring.
6. Tross uzunligi g'anday aniqlanadi?
7. Kichik g'ltakni qamrov burchagi va ishqalanish koeffitsiyenti uzatmaning ishlashiga qanday ta'sir qiladi?
8. Trosning eng yaxshi ish sharoitlarini g'altakning qanday shakli ta'minlaydi?

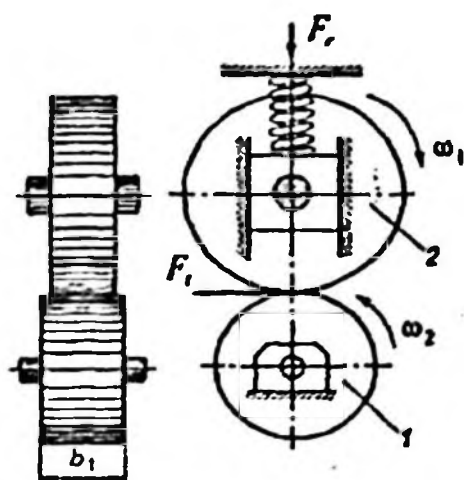
7.9. Friksion uzatmalar

Umumiy ma'lumot

Friksion uzatma – vallarga o'rnatilgan va bir-biriga kuch bilan bosilgan roliklar (katoklar), silindrlar yoki konuslar o'rtasida yuzaga keladigan ishqalanish kuchlari yordamida vallar o'rtasida aylanma harakatini o'tkazish (yoki aylanma harakatini ilgarilanmaga aylantirish) uchun xizmat qiluvchi mexanik uzatma. [<http://www.detalmach.ru/lect9.htm>]

Friksion uzatmalari ikkita rolik (katok)dan iborat (7.54-rasm): yetakchi 1 va yetaklanuvchi 2, ular bir-biriga F_r kuchi bilan (rasmda - prujina bilan) bosiladi, shunda roliklarning aloqa nuqtasida uzatiladigan aylana kuchi F_t uchun yetarli ishqalanish kuchi F_f bo'ladi.

Amalda roliklarni bosishning ikkita usuli qo'llaniladi: doimiy kuch va avtomatik. Doimiy qiymatga ega bo'lgan roliklarning bosish kuchi doimiy yukni uzatishda ruxsat etiladi. o'zgaruvchan yuk bilan roliklarni bosish avtomatik ravishda o'zgarishi kerak - uzatiladigan momentning o'zgarishiga mutanosib ravishda. Bunday holda, ishqalanish yo'qotishlari kamayadi va uzatishning chidamliligi oshadi.



7.54-rasm. Silindrsimon friksion uzatmasi:

1) yetakchi rolik; 2) yetaklanuvchi rolik.

Birinchi holda, odatda prujinalar yordamida amalga oshiriladigan bosim kuchini ish paytida o'zgartirish mumkin emas; ikkinchi holda, bosish kuchi yuklanish bilan o'zgaradi, bu uzatishning sifat xususiyatlariga ijobiy ta'sir qiladi. Biroq, maxsus bosim moslamalaridan foydalanish (masalan, o'z-o'zidan taranglanadigan zoldir qurilmasi) konstruksiyani murakkablashtiradi.

Bir rolikni boshqasiga quyidagicha bosish mumkin:

- oldindan yuklangan prujinalar (yengil yuklanish ostida ishlash uchun mo'ljallangan uzatmalarda);
- gidravlik silindrlar (katta yuklanishni o'tkazishda);
- mashina yoki yig'maning o'z og'irligi;
- yuqorida sanab o'tilgan vositalardan foydalangan holda richaglar tizimi orqali;
- markazdan qochma kuch (planetar tizimlarida roliklarning murakkab harakatida).

Uzatmaning ishga loyqlik holati:

$$F_f \geq F_t \quad (7.23)$$

Vaziyat (7.23) ning buzilishi roliklarning sirpanishiga va tez yeyilishiga olib keladi. Berilgan aylana kuchini F_t o'tkazish uchun ishqalanish roliklarini bir-biriga F_r kuch bilan bosish kerak, shunda

hosil bo'lgan ishqalanish kuchi F_f F_t kuchidan $b = 1,25 \dots 2,0$ ga teng qabul qilingan ilashish xavfsizlik koeffitsiyenti qiymatiga katta bo'ladi.

Roliklar orasidagi ishqalanish koeffitsiyentining o'rtacha qiymatlari:

- po'lat yoki cho'yanga teri yoki quruq ferrodo $f = 0,3$;
- yuqorida ko'rsatilganlar moyda $f = 0,1$;
- po'lat yoki cho'yan po'lat bilan yoki quruq cho'yan $f = 0,15$;
- yuqorida ko'rsatilganlar moyda $f = 0,07$.

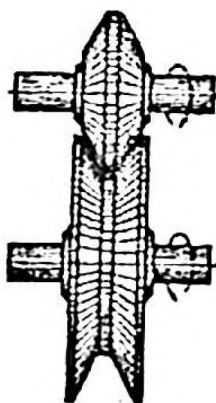
Ushbu qiymatlarni tenglamaga qoyib, friksion roliklarning bosish kuchi uzatilgan aylana kuchidan bir necha baravar katta ekanligini ko'rish mumkin.

Tasniflash

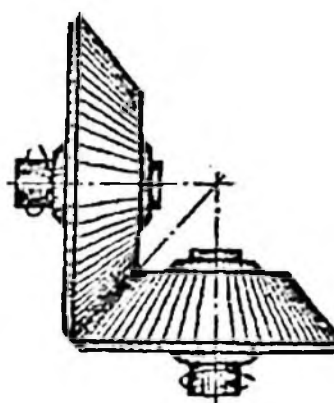
Friksion uzatmalari quyidagi mezonlarga ko'ra tasniflanadi:

1. Tayinlanishi bo'yicha:

- tartibga solinmagan uzatish nisbati bilan;
- qadamsiz (silliq) uzatish nisbatlarini boshqarish (variatorlar) bilan.



7.55-rasm. Silindrsimon ishqalanish pona shaklidagi rolikli uzatma.



7.56-rasm. Konussimon friksion uzatma.

2. Val o'qlarining o'zaro joylashishiga ko'ra:

- parallel o'qlari bo'lgan silindrsimon yoki ponasimon (7.55 - rasm);
- o'qlari kesishgan konusli (7.56-rasm).

3. Mehnat sharoitiga qarab:

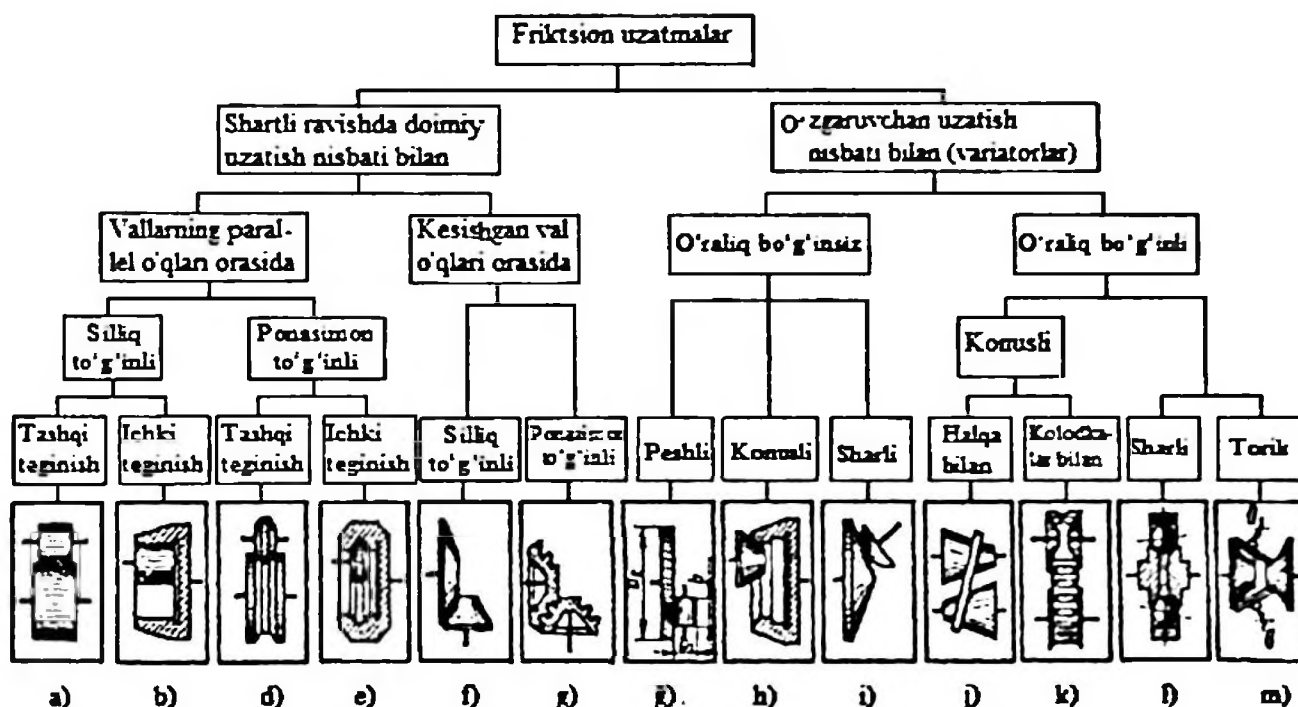
- ochiq (quruq holatda ishlash);
- yopiq (yog' hammomida ishlash).

Ochiq Ishqalanish uzatmalarda ishqalanish koeffitsiyenti f yuqoriroq, rolidlarning F_n bosish kuchi kamroq. Yopiq friksion uzatmalarda moyli suv issiqlikning yaxshi tarqalishini ta'minlaydi va uzatma chidamliligini oshiradi.

Harakat prinsipiga ko'ra:

- reversiv bo'lmagan (faqat bir tomonga aylanadi);
- reversiv.

4. Shuningdek, oraliq (parazit) friksion elementi bo'lgan yoki bo'lmagan rolidlarning doimiy yoki avtomatik sozlanishi bosilishi bilan uzatmalar mavjud.



7.57-rasm. Friktsion uzatmalarining tasnifi.

Afzalliklari va kamchiliklari

Friktsion uzatmalarning afzalliklari:

- konstruksiyasi va texnik xizmat ko'rsatishning soddaligi;

- harakatning silliq uzatilishi, tezlikni rostdash va ishning shovqinsizligi;

- katta kinematik imkoniyatlar (aylanma harakatni ilgari lanmaga o'zgartirish, bosqichsiz tezlikni o'zgartirish, ishlash jarayonida reversiv harakatlantirish imkoniyati);

- uzatmaning revers harakatida o'lik yurish yo'qligi;

- qurilmalar uchun qulay bo'lgan aylanma harakatning bir tekisligi;

- uzatishni to'xtatmasdan, uzatish nisbatni pog'onasiz o'zgartirish imkoniyati.

Kamchiliklari:

- sirg'anish tufayli uzatish nisbatning nomutanosibligi;

- uzatiladigan quvvatning kamligi (ochiq uzatmalarda 10-20 kVt gacha; yopiq uzatmalarda 200-300 kVtgacha);

- ochiq uzatmalar uchun nisbatan past samaradorlik (F.I.K);

- shataksirashda roliklarning katta va notekis yeyilishi;

- siqish moslamalari bilan maxsus konstruksiyadagi vallarning ustunlaridan foydalanish zarurati (bu uzatmani noqulay kattalashtiradi);

- kuch uzatadigan ochiq uzatmalar uchun, past aylana tezligi ($v \leq 7-10 \text{ m/s}$);

- bosish kuchi F_t dan vallar va podshipniklarga katta yuklanish tushadi, bu ularning o'lchamlarini oshiradi va uzatmani noqulay qiladi. Bu kamchilik uzatiladigan quvvat miqdorini cheklaydi;

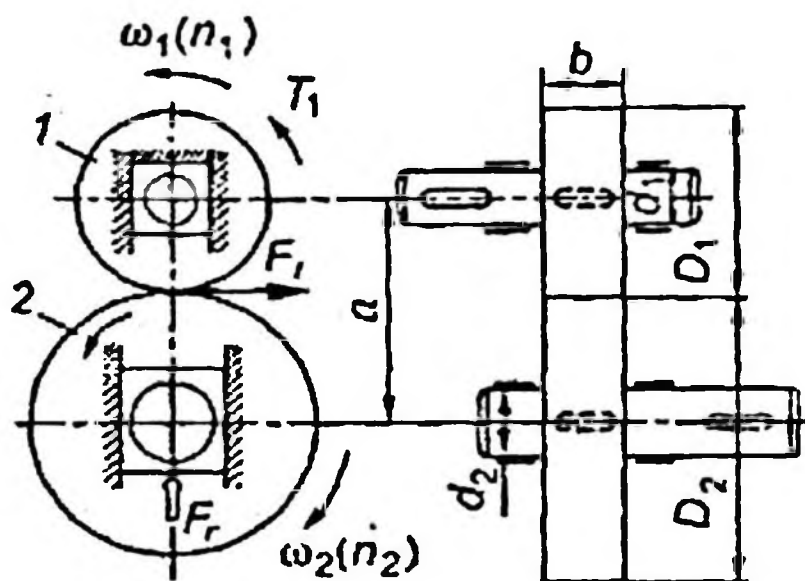
- ishqalanishdan yuqori yo'qotishlari.

Friksion uzatmalarni qo'llash

Tartibga solinmagan uzatish nisbati bo'lgan friksion uzatmalari mashinasozlikda nisbatan kamdan kam qo'llaniladi, masalan, friksion presslarida, bolg'alarda, lebyodkalarda, burg'ulash uskunalarida va boshqalarda). Kuch uzatish sifatida ular katta hajmli va ishonchsizdir. Bu uzatmalar asosan silliq va tovishsiz ishlash talab qilinadigan qurilmalarda, masalan spidometrlarda va boshqalarda qo'llaniladi. Ular kuch uzatish qobiliyati bo'yicha tishli uzatmalardan past. Boshqa

tomondan, tezlikni bosqichsiz boshqarishga ega friksion uzatmalar – variatorlar – turli xil mashinalarda, masalan, metall kesish dastgohlarida, to‘qimachilik va transport mashinalarida va hokazolarda keng qo‘llaniladi. Tishli mexanizmlar bunday tartibga solishga imkon bermaydi. Amalda vintli presslarning teskari friksion uzatmalari, o‘ziyurar mashinalarning g‘ildirak-rels va g‘ildirak-yo‘l uzatmalari keng qo‘llaniladi. Friksion uzatmalari 20 kVt dan ortiq bo‘lmagan quvvat uchun mo‘ljallangan, roliklarning aylana tezligi 25 m/s gacha ruxsat etiladi. Mexanizmning xavfsizlik bo‘g‘ini sifatida ishqalanish mexanizmidan foydalanish tavsiya etilmaydi, chunki sirpanish roliklarning ishchi yuzalariga zarar yetkazadi.

Silindrsimon friksion uzatmalarining geometrik parametrlari (7.57, a-rasm)



7.58 - rasm. Friksion uzatmaning geometrik parametrlari.

O‘qlararo masofa

$$a = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{D_1(1+u)}{2}.$$

Yetakchi rolik diametri

$$D_1 = \frac{2a}{1+u}.$$

Yetaklanuvchi rolik diametri

$$D_2 = D_1 \quad u = \frac{2au}{1+u}$$

Rolik to'g'inining ish kengligi

$$b = a \psi_a,$$

bu yerda $\psi_a = 0,2 \div 0,4$ – markazlararo masofasiga ko'ra rolik to'g'inining kengligi koeffitsiyenti.

Amalda o'rnatishning noto'g'riligini qoplash uchun kichik olinadi, mm: $b_1 = b + (5 \div 10)$.
rolikning kengligi

Uzatmalardagi kuchlar

Friksion uzatmalarning ishlashini ta'minlash uchun roliklarni (7.58-rasmga qarang) F_r bosish kuchi bilan shunday bosish kerakki, (7.23) shart bajarsin, ya'ni

$$F_f = F_r \cdot f \cdot F_t,$$

bu yerda F_r – maksimal ishqalanish kuchi; F_t – uzatiladigan aylana kuchi; f – ishqalanish koeffitsiyenti (jadvalga muvofiq tanlanadi). Demak, bosish kuchi $F_r > F_t/f$ yoki

$$F_r = \frac{K_c \cdot F_t}{f},$$

bu yerda K_c – ilashishlik xavfsizligi koeffitsiyenti; uzatishni boshlash vaqtida haddan tashqari yuklanish tufayli sirpanishni oldini olish uchun kiritiladi (kuch uzatish uchun $K_c = 1,25 \div 1,5$; asboblarning uzatmalari uchun $K_c = 3 \div 5$).

Aylanma kuch

$$F_t = \frac{2T_1}{D_1} = \frac{T_1(1+u)}{a}.$$

Roliklarni bosish kuchi

$$F_r = \frac{K_c \cdot T_1(1+u)}{f \cdot a}. \quad (7.24)$$

Roliklarning katta bosish kuchlari val tayanchlarida sezilarli radial yuklarni hosil qiladi va roliklarning ishchi yuzalarida katta kontaktli kuchlanishlarning paydo bo'lishiga olib keladi, bu esa

ishqalanish kuchini uzatishni noqulay qiladi va ularning yuk ko'tarish qobiliyati nisbatan past bo'ladi.

7.9.1. Variatorlar

Ko'pgina zamonaviy ishchi mashinalar texnologik jarayonning shartlariga qarab ishchi organlarning tezligini tartibga solishni talab qiladi. Buning uchun mashinalar ko'p sonli tishli uzatmalar qutilari bilan jihozlangan, masalan, avtomobillarning uzatmalar qutisida 4-6 juft, stanoklarning faqat asosiy harakat mexanizmida 5-16 nafar bo'ladi. Mashinalarda variatorlardandan (pog'onasiz uzatmalar) foydalanish kostruksiyani sezilarli darajada soddalashtiradi, optimal tezlik rejimini o'rnatish va ish jarayonida tezlikni sozlash imkonini beradi. Bularning barchasi mashinaning unumdorligini, mahsulot sifatini sezilarli darajada oshiradi va qo'shimcha ravishda shovqin va tebranishning kamayishiga olib keladi. Variatorlarning bunday afzalliklari ularning mashinasozlikning turli sohalarida (stanoksozlikda, oziq-ovqat va yengil sanoat mashinalarida, qishloq xo'jaligi va yo'l texnikasida va boshqalarda) keng qo'llanilishiga olib keldi. Uzatish nisbatni pog'nasiz tartibga solish uchun mo'ljallangan friksion uzatmasi friksion variatori yoki oddiygina variator deb ataladi.

Variatorlarni quyidagi guruhlariga bo'lish mumkin: ponasimon tasmali, zanjirli va friksion.

Ushbu bo'limda biz faqat friksion variatorlarini ko'rib chiqamiz.

Friksion variatorlari kichik o'lchamli yuritmalarda dastgohlar va transport vositalarida qo'llanilishini topdi. Ratsional konstruksiya va puxta ishlab chiqarilganda ular eng yuqori samaradorlikka ega 0,95 gacha. Biroq, ularning sifatli tayyorlash faqat ixtisoslashgan zavodlarda mumkin.

Variatorlar ikkita asosiy turga bo'linadi:

a) oddiy, unda faqat bitta kontakt radiusi o'zgaradi, ikkinchisi esa doimiy bo'lib qoladi (peshli, konusli, diskli);

b) murakkab, bunda ikkala radius o'zgaradi (torik, sharsimon).

Variatorlar roliklar bilan bevosita aloqada bo'lgan alohida bir bosqichli mexanizmlar shaklida oraliq disksiz (7.59-rasmga qarang) yoki oraliq disk bilan (7.60-rasmga qarang) tayyorlanadi.

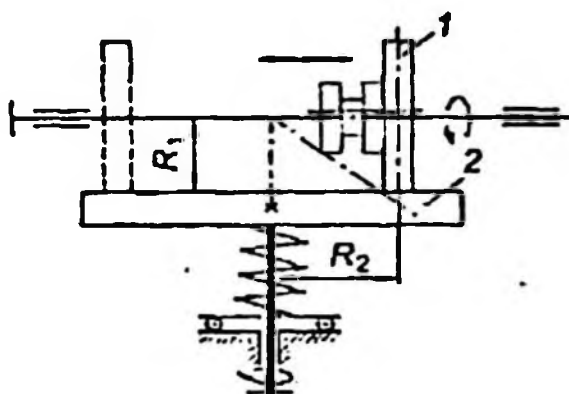
Variatorning cheklovchi uzatish nisbatlari:

$$u_{\max} = \frac{\omega_1}{\omega_{2\min}} = \frac{D_2}{d_1(1-\varepsilon)}$$

va

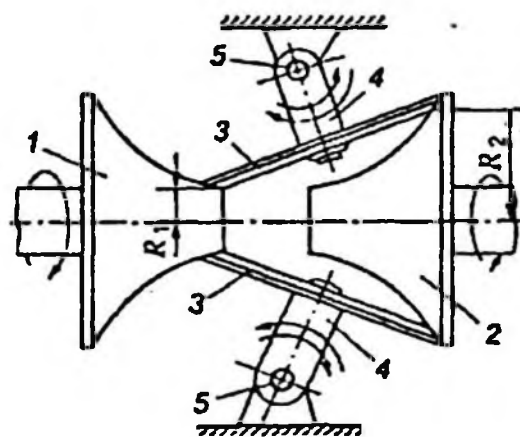
$$u_{\min} = \frac{\omega_1}{\omega_{2\max}} = \frac{d_2}{D_1(1-\varepsilon)},$$

bu yerda D_1 , d_1 va D_2 , d_2 yetakchi va yetaklanuvchi g'ildiraklarning eng katta va eng kichik diametrlari; ε – sirpanish ko'effitsiyenti, bu uzatmaning turi va konsruksiyasiga bog'liq.



7.59-rasm. Pesh variatori:

- 1) yetakchi rolik;
- 2) yetaklanuvchi rolik



7.60-rasm. Torli variator:

- 1) yetakchi tor kosasi;
- 2) yetaklanuvchi tor kosasi;
- 3) disk; 4) disklarning o'qlari;
- 5) o'qlarning sharnirlari

Variatorning asosiy kinematik xarakteristikasi – bu kirish valining doimiy burchak tezligida yetaklanuvchi valning burchak tezligini (uzatish soni) tartibga solish diapazoni:

$$D_R = \frac{\omega_{2\max}}{\omega_{2\min}} = \frac{u_{\max}}{u_{\min}} = \frac{D_1 D_2}{d_1 d_2}.$$

Sirpanish boshqariladigan valning burchak tezligini pasaytiradi, lekin boshqaruv oralig'i D_R ga ta'sir qilmaydi.

Oddiy variatorlarda uzatish nisbati:

$$u_{\max} = \frac{R_{\max}}{R_0}; \quad u_{\min} = \frac{R_{\min}}{R_0}.$$

Murakkab variatorlarda uzatish nisbati:

$$u_{\max} = \frac{R_{\max}}{R_{\min}}; \quad u_{\min} = \frac{R_{\min}}{R_{\max}},$$

bu yerda $R_{\max}$, $R_{\min}$ – yetaklanuvchi diskning maksimal va minimal radiuslari, R_0 – yetakchi diskning o'zgarmas radiusi.

Boshqaruv darajasi

$$D_R = \frac{u_{\max}}{u_{\min}} = \frac{\frac{R_{\max}}{R_{\min}}}{\frac{R_{\min}}{R_{\max}}} = \frac{R_{\max}^2}{R_{\min}^2} = u^2. \quad (7.25)$$

Murakkab variatorlarda uzatish nisbati quyidagi qiymatlarga teng bo'lishi mumkin:

$$i < 1; \quad i = 1; \quad i > 1.$$

Boshqaruv diapazoni maksimal uzatish nisbati kvadratiga teng. Bu murakkab variatorlar doirasini sezilarli darajada kengaytiradi. Bir bosqichli variatorlar uchun $D_R=3...6$. Boshqaruv diapazonining oshishi bilan variatorning samaradorligi pasayadi.

VIII BOB

LUFT TANLASH MEXANIZMLARI

Mexatron modullarini konstruksiyalashda ular tomonidan bajargan ishlarning aniqligiga nisbatan yuqori talablar qo'yiladi, bu esa juftlashgan qismlarning o'lchamlari uchun qabul qilingan va bajarilgan joizliklarga, shuningdek, o'lik harakatning qiymatiga bog'liq. O'lik harakat ko'chirish xatolariga olib keladi, shuning uchun uni kamaytirish yoki yo'q qilish kerak. Bunga maxsus sozlash moslamalari yordamida erishish mumkin – o'lik harakatni yo'qotish mexanizmlari (luft tanlash mexanizmlari) [4].

8.1. Harakatni o'zgartiruvchi tishli mexanizmlarda o'lik harakatni yo'qotish

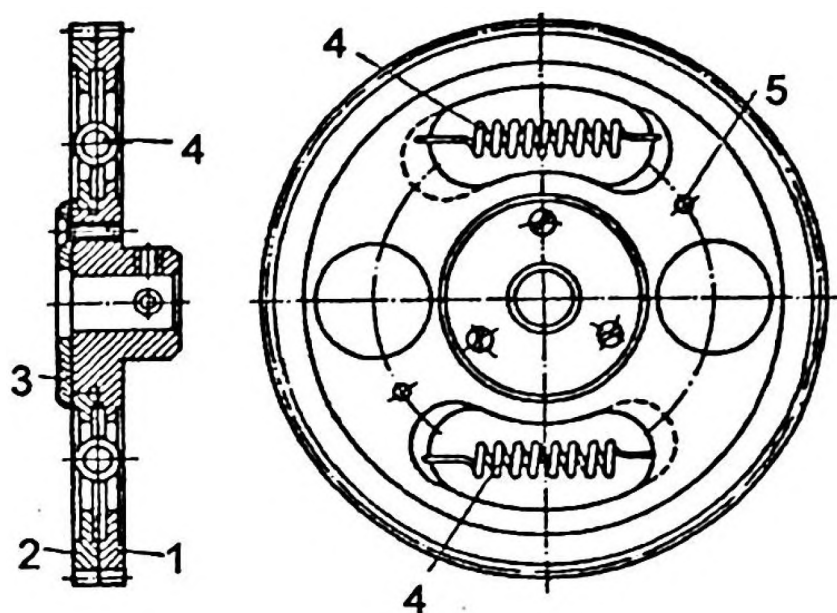
Mexatron modullarda tishlar orasidagi yonlama tirqishni yo'qotish uchun ikki turdagi mexanizmlardan foydalaniladi: avtonom va qo'shimcha kinematik zanjirli (yopiq energiya oqimli) [29].

O'lik harakatni yo'qotish avtonom mexanizmlarida, yetaklanuvchi g'ildirakni ajratish usuli qo'llaniladi, bu yerda kuch elementlari sifatida prujinalar ishlatiladi.

8.1-rasmda bunday mexanizmning strukturaviy sxemasi ko'rsatilgan. Ikkiga bo'lingan tishli g'ildirak 1 ning asosiy yarmi valda o'rnatiladi va ikkinchi yarmi 2 g'ildirak 1 ning asosiy yarimi vtulkasi bilan harakatlanuvchi ilashmani hosil qiladi va o'q bo'ylama siljishdan shayba 3 bilan qotiriladi. G'ildirak 1 ning yarmida bir uchi bilan, boshqa uchi bilan g'ildirak 2 ning yarmida o'rnatilgan prujina 4 ta'sirida g'ildiraklarning yarmi bir-biriga nisbatan turli yo'nalishlarda aylanadi va g'ildiraklarning tishlari orasidagi tirqishni yo'qotadi. Prujina 4 ni mexanizmni yig'ish paytida oldindan kuchlanish bilan o'rnatiladi, bu tishli juftlikda o'lik harakatni yo'qotish va

uzatilinayotgan aylanish momentning yo'nalishi o'zgarganda, ya'ni reversda yetarli bo'ladi.

Ikkiga bo'lingan 1- va 2 - g'ildiraklar yarim qismlarining tishlarini kesish shayba 3 va ikki silindrik shtiflar 5 bilan qotirilgach bir vaqtning o'zida amalga oshiriladi. Shtiftlar tishlar qirqilgandan so'ng olib tashlanadi.

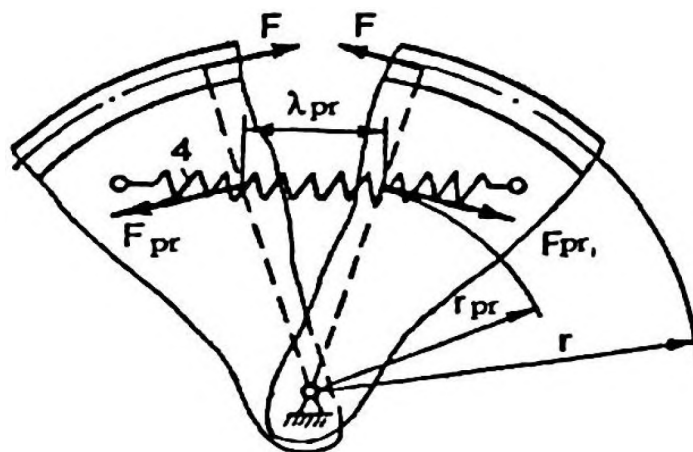


8.1-rasm. Avtonom luft tanlash mexanizmi.

Prujina 4 ning kuchi F_{pr} (8.2-rasm) quyidagi shartdan topiladi.

$$F_r = \frac{F_{pr} r_{pr}}{\beta} n,$$

bu yerda $F = T/r$ – g'ildirakning yarmidan birining tishlariga ta'sir qiluvchi aylanma kuchi; T – ikkiga bo'lingan g'ildirakda qarshilik momenti; r – ikkiga bo'lingan tishli g'ildirakning bo'luvchi aylanasi radiusi; r_{pr} – prujinalar o'rnatilgan aylananing radiusi; $\beta = 1,25 \dots 1,5$ – prujina zaxirasining kuch koeffitsiyenti; n – prujinaning o'ramlar soni.



8.2-rasm. Prujina kuchini aniqlashga oid sxema.

Shundan:

$$F_{pr} = \frac{\beta F r}{r_{pr} n} = \frac{\beta T}{r_{pr} n}.$$

Prujinaning kuchi uning deformatsiyasi λ ga proporsional:

$$F_{pr} = C_{pr} \lambda_{pr}.$$

Unda prujinaning bikrligi teng bo'ladi:

$$C_{pr} = \frac{\beta T}{r_{pr} \lambda_{pr} n}.$$

Prujinaning deformatsiyasi quyidagi nisbatdan topiladi:

$$\frac{\lambda_{pr}}{r_{pr}} = \frac{\pi m z'}{r}.$$

Bundan

$$\lambda_{pr} = \frac{\pi m z' r_{pr}}{r},$$

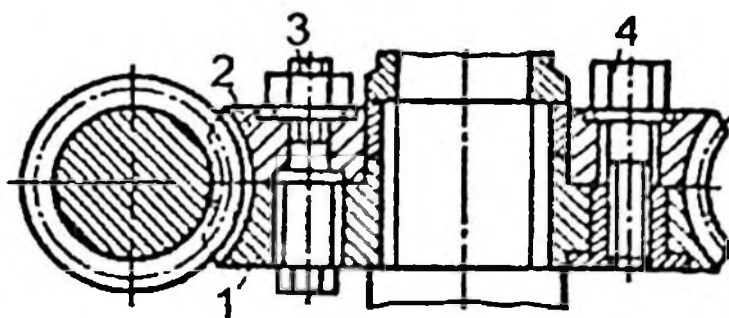
bu yerda m – tishlarning moduli; z' – bir-biriga nisbatan g'ildirakning yarimlari aylanadigan tishlar soni.

Demak prujinaning bikrligi teng bo'ladi:

$$C_{pr} = \frac{\beta T r}{\pi m z' r_{pr}^2 n}.$$

Prujinalar yordamida o'lik harakatni yo'qotishdan tashqari, ikkiga bo'ingan tishli g'ildirakning yarmilarini oldindan nisbiy siljishi va ularni vintlar, boltlar, klemmalari birikmalar va boshqalar yordamida qattiq qotirishdan iborat birkir birikma qo'llaniladi. 8.3-rasmda ikki yarim qismlardan iborat g'ildirakli chervyakli uzatma ko'rsatilgan. 1 va 2 chervyakli g'ildiraklarning yarmining tishlari eksentrik 4 ni chervyak tishining turli tomonlariga burab, bolt 3 ni tortib, qattiq mahkamlanadi.

Fiksatsiya ishqalanish kuchlari tufayli amalga oshiriladi.



8.3-rasm. Ikki yarim qattiq qotirilgan chervyakli uzatma.

G'ildirakni ajratish usuli bilan o'lik harakatni yo'qotishning asosiy

kamchiliklari quyidagilardir: ko'p sonli qo'shimcha elementlarning (prujinalar, tishli g'ildiraklar, vintlar va boshqalar) mavjudligi, ishqalanishning nafaqat tishning ishchi tomonida, balki ishlamaydigan tomonlarda ham yuzaga kelishi bilan bog'liq. Bu tishlarning yeyilishini tezlashtirishiga olib keladi.

Ushbu kamchiliklar qo'shimcha kinematik zanjir bilan o'lik harakatlarni yo'qotish mexanizmlarida (yopiq energiya oqimli luftsiz mexanizmlar) qisman bartaraf etilishi mumkin. Ular bo'g'inlarning barcha tarkibiy qismlardagi bo'shliqlarni bartaraf etish imkonini beradi,

bu esa uzatmalardan birining ikkita birgalikda joylashtirilgan elementlarini qarama-qarshi tomonga majburiy ravishda buralish orqali amalga oshiriladi. Odatda, yo'piq konturni hosil qilish uchun asl kinematik zanjirga bir xil parallel joylashtirilgan kinematik zanjir qo'shiladi, ammo bunday qo'shish ixtiyoriy. Ba'zan yopiq kinematik zanjir asl nusxadan boshqa turdagi zanjir bo'lishi mumkin.

8.4-rasmda planetar mexanizmning sxemasi keltirilgan. Dastlabki kinematik zanjir markaziy g'ildirak 1, vodilo H ga qotirilgan satellit 3 va qo'zg'almas marksziy g'ildirak 5 dan iborat.

Luftlarni bartaraf etish uchun markaziy g'ildirak 1 bilan elastik element (torsion, prujina) 7 yordamida qotirilgan markaziy g'ildirak 2, satellit 4, ichki ilashmali harakatlanuvchi markaziy g'ildirak 6 va 8 vintdan tashkil topgan qo'shimcha kinematik zanjir o'rnatiladi.

Vint 8 burab qo'yilganda harakatlanuvchi markaziy g'ildirak 6 aylanadi va 6-4 tishli juftlikdagi bo'shliqni tanlaydi. Keyin satellit 4 ning aylanishi boshlanadi va 4-2 juftligidagi bo'shliq tanlanadi. Bundan tashqari, torsion 7 orqali burilish markaziy g'ildirak 1 ga uzatiladi va 1-3 juftlikdagi bo'shliq tanlanadi, so'ngra satellit 3 ining

Butun aylanishi 3-5 juftligidagi bo'shliq tanlanishiga olib keladi. kinematik zanjirdagi barcha bo'shliqlar tanlab olingach, torsion 7 ni qo'shimcha burilishi amalga oshiriladi, bu esa zanjirda doimiy taranglikni ta'minlaydi va ayrim uzatmalarning alohida tishli elementlarning yeyilishida luftning paydo bo'lishini yo'q qiladi.

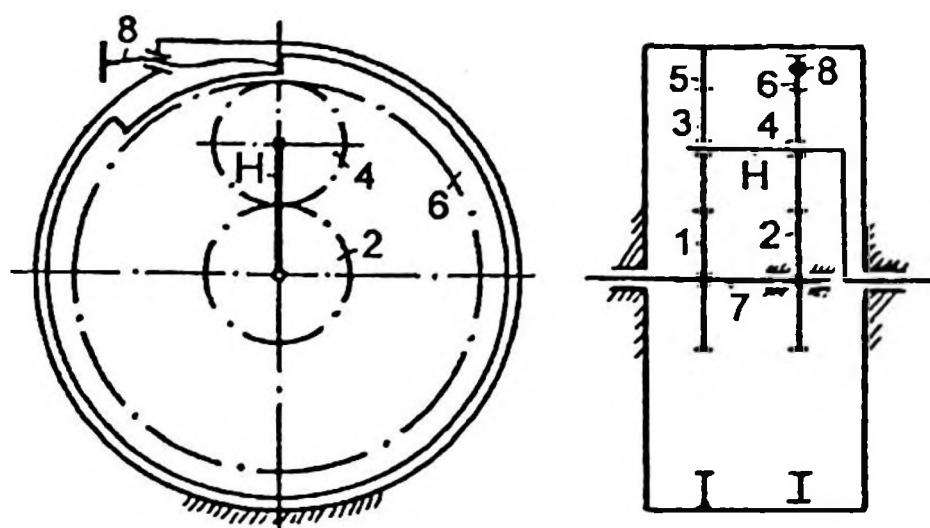
Torsion diametri, mm, buralishga mustahkamlik shartidan aniqlanadi [26]:

$$d_r = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}$$

bu yerda T – torsiondagi buralish momenti, N·mm; $[\tau]$ – buralishdagi torsion materilining joiz urinma kuchlanishi, MPa:

$$[\tau] = \frac{\tau_T}{[n]_T},$$

τ_T – buralishdagi torsion materilining oquvchanlik chegarasi, MPa;
 $[n]_T$ – ruxsat etilgan (talab qilinadigan) mustahkamlik zaxira koeffitsiyenti.



8.4-rasm. Qo'shimcha kinematik zanjirli planetar mexanizm.

Loyiha hisob-kitoblarida, torsion materialining oquvchanlik chegarasi qiymatlari bo'lmasa, $[\tau]_T = 450 \dots 500$ MPa qabul qilish mumkin [29].

Torsion valning uzunligi, mm, quyidagi shartdan topilgan:

$$l = \frac{\varphi G J_P}{T},$$

bu yerda φ – torsion valning burilish burchagi, rad. Odatda $\varphi = 0,09 \dots 0,18$ rad ($5^\circ \dots 10^\circ$) qabul qilinadi; G – ikkinchi turdagi torsion materialining elastiklik moduli, MPa; J_P – torsion val ko'ndalang kesimining polyar inersiya momenti, mm⁴.

Torsion vallar xromvanadiy po'latlardan – 60C2XFA, 50GFA markali va 60, 65, 70, 85 uglerodli po'latlardan yasaladi.

8.2. Vintli harakatni o'zgartiruvchilarda o'lik harakatni yo'qotish

Vintli mexanizmlarda yo'nlama bo'shliqni yo'qotishning ikki usuli mavjud: vintga nisbatan gaykaning radial va o'qoviy siljishi. Radial usul yordamida gaykani radial yo'nalishda siqiladi va o'qoviy usulda gaykaning o'q bo'ylama yo'nalishda vintga nisbatan siljishi. Ushbu usullardan foydalanishning maqsadga muvofiqligini ko'rib chiqamiz.

Yonlama bo'shliqning normal tashkil etuvchisi ΔS_n ning bir xil qiymati bilan (8.5-rasm) yonlama bo'shliqning radial tashkil etuvchisi quyidagilarga teng: $\alpha_m = 60^\circ$ profil burchagi bilan metrik rezbalar uchun [4,5]:

$$\Delta S_p^M = \frac{\Delta S_n}{\sin \frac{\alpha_M}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\sin 30^\circ} = 2\Delta S_n,$$

$\alpha_t = 30^\circ$ profil burchagi bilan trapetsiodal rezbalar uchun:

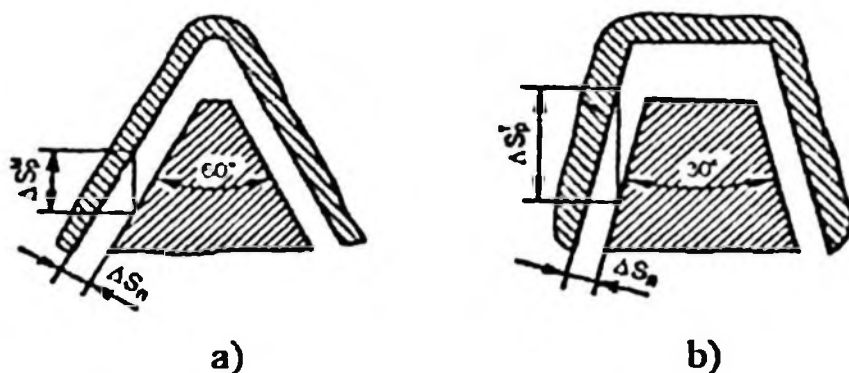
$$\Delta S_p^T = \frac{\Delta S_n}{\sin \frac{\alpha_T}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\sin 15^\circ} = 3,86 \Delta S_n.$$

Yon bo'shliqning o'qoviy tashkil etuvchilari:
metrik rezba uchun:

$$\Delta S_{oq}^M = \frac{\Delta S_n}{\cos \frac{\alpha_M}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\cos 30^\circ} = 1,15\Delta S_n;$$

trapetsioidal rezba uchun:

$$\Delta S_{\alpha q}^T = \frac{\Delta S_n}{\cos \frac{\alpha_T}{2}} = \frac{\Delta S_n}{\cos 15^\circ} = 1,04 \Delta S_n.$$

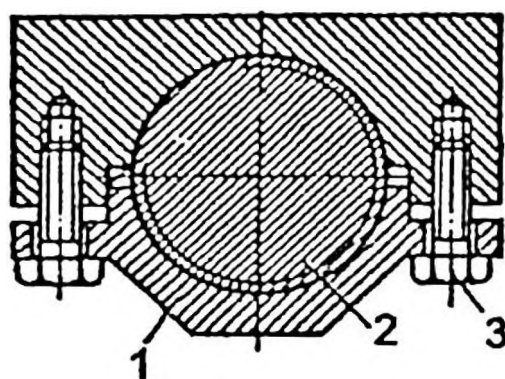


8.5-rasm. Metrik va trapetsioidal rezbalar uchun yonlama bo'shliq.

Shuning uchun, o'lik harakatni bartaraf etishning radial usuli metrik rezbalar uchun ishlatilishi kerak (8.5, a-rasm), ya'ni katta profil burchakka ega bo'lgan rezbalar uchun o'qoviy usul – trapetsiadal rezbalar uchun (8.5, b-rasm) va kichik profil burchakli rezbalar, shuningdek, nostandart to'rtburchaklar yoki kvadrat rezbalar uchun, chunki vintli uzatmada o'lik harakatga ta'sir qiluvchi bo'shliq faqat o'qviy tashkil etuvchisiga ega.

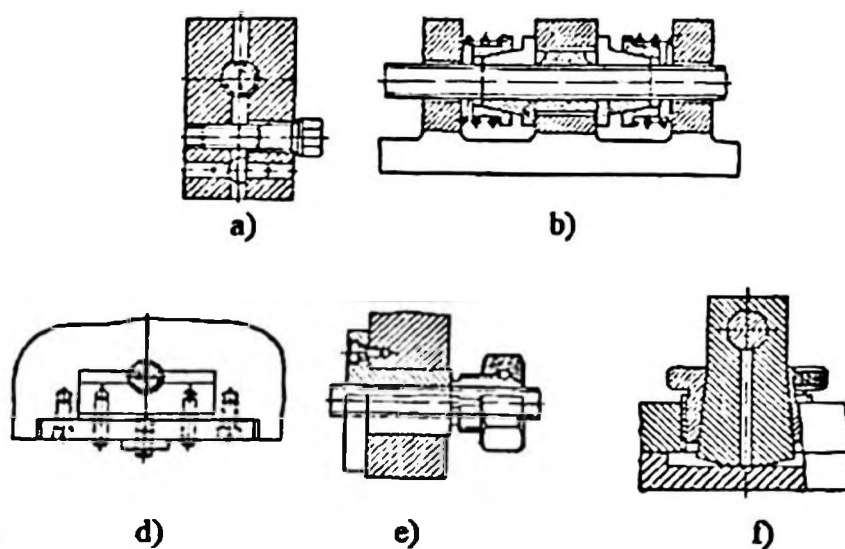
Yon bo'shliqning radial tashkil etuvchisining yo'qotishini ta'minlovchi qurilmalar kesilgan gaykalardir. Kesilgan gaykali luft yo'qotish mexanizmi konstruksiyasi 8.6-rasmda ko'rsatilgan.

1 gaykaning ikki yarmi vint 3 lar bilan siqiladi va vint 2 ni qisadi. Shu bilan birga, vintning notekis hajmiy siqilishi hosil bo'ladi, bu esa gayka rezbasining notekis yeyilishiga sabab bo'ladi.



8.6-rasm.

8.7-rasm, a,b, d, e va 8.8-rasm, a-f larda vaqti-vaqti bilan sozlashni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan yon bo'shliqning radial tashkil etuvchisini yo'qotish mexanizmlari keltirilgan va qurilma (8.7-rasm, b)da sozlash avtomatik ravishda prujina orqali amalga oshiriladi.



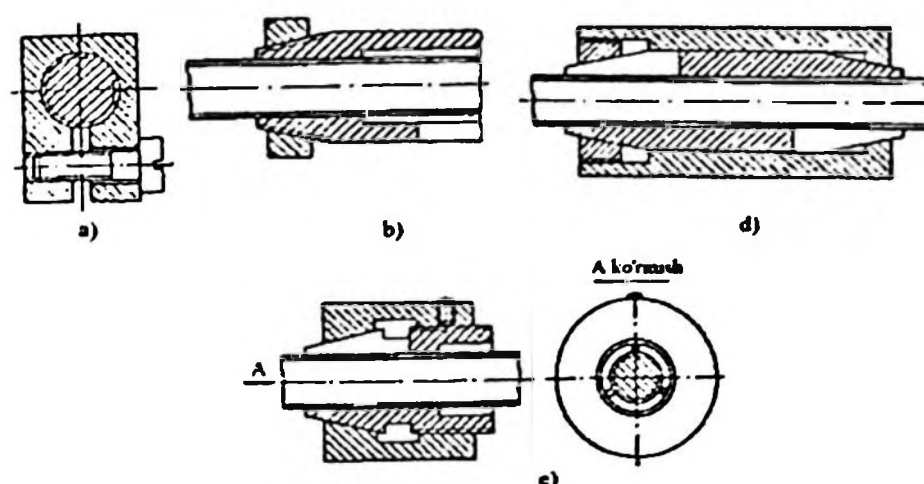
8.7-rasm.

Qirrilgan gayka va siquvchi yaxlit songa bo'lgan qurilmalar (8.7-rasm, e va 8.8-rasm, b, d, e) vintning bir xil hajmiy siqilishini ta'minlaydi, bu esa uning bir xil yeyilishiga hissa qo'shadi.

Yon bo'shliqning o'qoviy tashkil etuvchisini yo'qotish tarkibiy gaykaning bir qismini o'q bo'ylama nisbiy siljish yo'li bilan amalga oshiriladi.

8.9-rasmda o'qoviy bo'shliqning qattiq sozlovchi gayka asosida luft yo'qotish mexanizmning konstruktiv sxemasi ko'rsatilgan. Yo'n bo'shliqning o'qoviy tashkil etuvchisini yo'qotish gayka 1 ni burilishi bilan amalga oshiriladi.

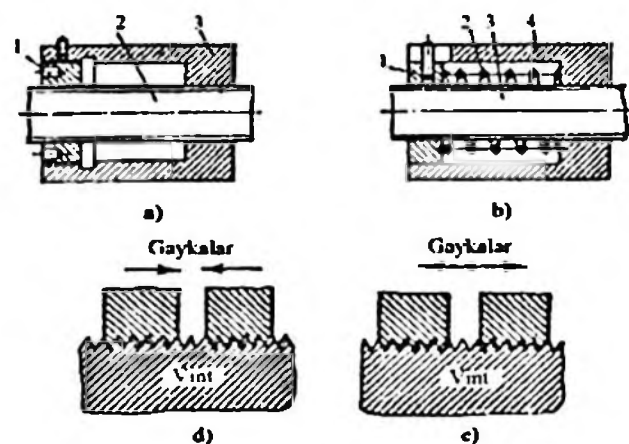
Bunda vint 2 rezbasining o'ng yon tomoni va gayka 1 ning chap yon tomoni bir vaqtning o'zida tutashadi, va shuningdek vint o'ramlari siqilganda vint 2 rezbasining chap yon tomoni va gayka 3 rezbasining o'ng yon tomonlari (8.9-rasm, d).



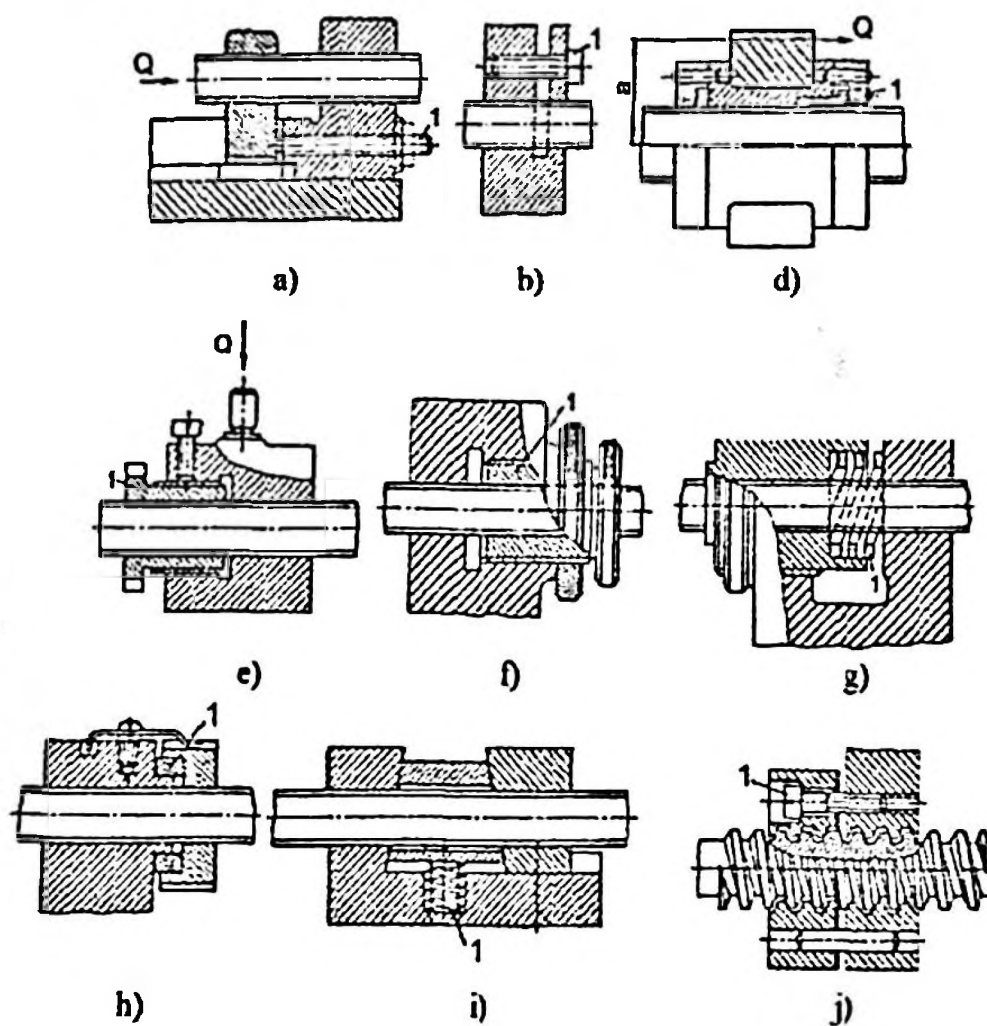
8.8-rasm. O'qoviy bo'shliqning qattiq sozlovchi gayka asosida luft yo'qotish mexanizmning konstruktiv sxemasi.

O'qoviy bo'shliqning elastik sozlamali gayka asosidagi luft yo'qotish mexanizmi 8.9, b-rasmda ko'rsatilgan. Yon bo'shliqning o'qoviy tashkil etuvchisini prujina 2 bajaradi. U gayka 1 ni gayka 4 dan bo'shtadi va vint 3 ning ikki profilli rezbasini 1 va 4 gaykalarining rezbalari bilan tutashishini amalga oshiradi (8.9-rasm, d).

Yon bo'shliqning o'qoviy tashkil etuvchilari qattiq va elastik sozlash bilan gaykalarga asoslangan o'lik harakatlarning yo'qotuvchi mexanizmlari vint va gaykaning to'g'ri va teskari yo'nalishda nisbiy harakatining yuqori aniqligini ta'minlaydi.



8.9-rasm. O'qoviy bo'shliqning elastik sozlamali gayka asosidagi luft yo'qotish mexanizmi.



8.10-rasm. Qo'shimcha vintlarni siqish, qo'shimcha rezbalar bo'yicha va elastik elementlar tufayli yonlama bo'shliqning o'qoviy tashkil etuvchisini yo'qotish mexanizmlari.

1 qo'shimcha vintlarni siqish orqali davriy tartibga sozlash bilan yonlama bo'shliqning o'qoviy tashkil etuvchisini yo'qotish uchun mexanizmlarning konstruktiv sxemalari 8.10-rasm, a, b, d, j, qo'shimcha rezbalar bo'yicha qo'shimcha gaykalar 1 harakatlari bilan – 8.10-rasm, e, f va elastik elementlar tufayli - prujinalar 1, rezinali shaybalar orqali avtomatik sozlash 8.10-rasm, g, h, i larda keltirilgan.

Nazorat va muhokama savollari

1. Harakat o'zgartiruvchlarning o'lik harakati deb nimani tusunasiz?

2. Tishlar orasidagi yonlama tirqishni yo'qotish uchun necha turdagi mexanizmlardan foydalaniladi va ular qanday usullar?

3. O'lik harakatni yo'qotishda kuch elementlari sifatida nima ishlatiladi? Uning afzalliklari va kamchiliklari.

4. Prujinaning kuchi qanday parametrlarga bog'liq?

5. Prujinaning bikrligi qanday parametrlarga bog'liq?

6. G'ildirakni ajratish usuli bilan o'lik harakatni yo'qotishning asosiy kamchiliklariga izoh bering.

7. Kinematik zanjir bilan o'lik harakatlarni yo'qotish qanday amalga oshiriladi?

8. Vintli mexanizmlarda yo'nlama bo'shliqni yo'qotishning necha usuli mavjud va ular qanday usullar?

9. Yon bo'shliqning radial tashkil etuvchisini yo'qotish usuli nimadan iborat?

10. Yon bo'shliqning radial tashkil etuvchisini yo'qotish usuli nimadan iborat?

IX BOB

TORMOZ QURILMALARI

Tormozlash qurilmalari deb mexatron modullarning harakatlanuvchi bo'g'in tezligini kamaytirish, uni to'xtatish va qo'zg'almas holatda ushlab turish (fiksatsiyalash) uchun mo'ljallangan qurilmalarga aytiladi [4, 5].

Tormozlash jarayonida massalarning harakatlanishdagi to'plangan kinetik energiyasi boshqa energiya turlariga (potensial, issiqlik) o'tkaziladi. Buning uchun ishlatiladigan tormoz qurilmalari harakatga qarshi qaratilgan qo'shimcha kuch va qarshilik momentini yaratadi va tormozlash uchastkasida salbiy ishni amalga oshiradi. Shu bilan birga, to'plangan energiya qisman yoki to'liq o'zgartiriladi (so'riladi yoki tarqaladi), harakatlanuvchi massa tezligi asta-sekin kamayadi, ular ma'lum bir to'xtash nuqtasiga yaqinlashganda, ularning dinamik yuklanishlari va zarbalari yo'q qilinadi, bu esa ishchi organlarning tebranishlarini bartaraf etishga yordam beradi.

Tormozlash kuchlarining tabiatiga qarab, tormoz qurilmalari *mexanik, gidravlik, pnevmatik, elektr va kombinatsiyalangan*ga bo'linadi. *Mexanik* tormoz qurilmalari prujinali, rezinali, elastomer, inersion va friksionlarga bo'linadi; *gidravlik* drossellar yordamida rostlovchi qurilmalar; *pnevmatik* – bosimli va vakuumli bo'lishi mumkin (kamdan kam hollarda qo'llaniladi); *elektrik* tormoz qurilmalariga elektromagnit, induksiya va gisterezis, shuningdek friksion va drossel turidagi quruq va suyuq to'lg'azuvchilari bilan kukunli tormoz qurilmalari; *kombinatsiyalangan* – bu qurilmalarning ikki yoki undan ortiq turini (pnevmogidravlik, prujina – pnevmatik va boshqalar) o'z ichiga oladi.

Tormoz qurilmalarining barcha turlariga quyidagi asosiy talablar qo'yiladi: belgilangan tormozlash qonunini ta'minlash; joylashuvni aniqlash nuqtalarida harakatlanuvchi elementlarning zarbasiz to'xtashi

va fiksatsiyalashi; konstruksiyaning yuqori ishonchliligi va chidamliligi; yuqori tezlik; konstruksiyaning soddaligi va ixchamligi; ish sharoitlari o'zgarganda xususiyatlarning barqarorligi; harorat, namlik, tormoz massasi, tezlikni o'zgartirishga nisbatan past sezuvchanlik; tartibga solish imkoniyati va rostlashning qulayliligi; ko'zdan kechirish va xizmat ko'rsatish qulayligi; arzonligi, minimal o'lchamlari va massasi.

9.1. Mexanik tormoz qurilmalari

Mexanik tormoz qurilmalarida harakatlanuvchi bo'g'inlar harakatiga qarshilik kuchi ishchi elementlarning deformatsiyasi (elastik) yoki ishqalanish (friksion) bilan yaratiladi. Elastik elementlar sifatida silindrsimon siqish prujinalari ko'proq ishlatiladi, kamroq cho'zish. Turli xil konfiguratsiyalarda rezina va rezina-metall elastik elementlar, shuningdek, poliuretan ko'pikli elastik elementlar keng tarqalgan.

Friksion tormoz qurilmalarining asosiy ishchi elementlari aylanma yoki ilgarilanma harakat turidagi juftliklar tashkil etadi.

Eng oddiy tormoz qurilmalari bir yoki bir nechta silindrsimon prujinalar xizmat qilishi mumkin, ular to'g'ridan to'g'ri funksional bo'g'in va tirgak o'rtasida uning harakat o'qiga parallel ravishda o'rnatiladi yoki alohida konstruktiv uzal shaklida tuziladi.

Prujinaning qarshilik kuchi quyidagi formula bilan hisoblanadi [4]:

$$F_{pr} = c \cdot x = c(x_0 + x_q) = F_0 + F_q,$$

bu yerda x – prujinaning to'liq deformatsiyasi; x_0 – prujinaning boshlang'ich deformatsiyasi; x_q – prujinaning qo'shimcha deformatsiyasi; F_0 – prujinaning boshlang'ich qarshilik kuchi; F_q – prujinaning qo'shimcha qarshilik kuchi; c – ko'ndalang kesimi

dumaloq simdan bo'lgan silindrsimon o'ralgan prujinaning bo'ylama bikrligi koefitsiyenti, N/mm:

$$c = \frac{F_p}{x} = \frac{G d^4}{8n D^3},$$

bu yerda G – prujina materialining 2-turdagi taranglik moduli (prujinali po'latlar uchun $G = (7,85...8) \cdot 10^4$ MPa; d – prujina simining diametri, mm; D – prujina o'ramining o'rta diametri, mm; n – prujinaning ishchi o'ramlar soni.

Harakatlanuvchi bog'inning to'xtab qolishi harakatlanuvchi bog'inning kinetik energiyasi va prujinaning elastik deformatsiyasining potensial energiyasi teng bo'lganda sodir bo'ladi:

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{cx^2}{2}.$$

Silindrsimon prujinalar o'z materiallarida sezilarli kuchlanishsiz katta deformatsiyalarga imkon beradi, uzoq muddatli statik yuk ta'sirida o'z xususiyatlarini saqlab qoladi, sezilarli harorat ta'siriga chidamli bo'ladi. Shu bilan birga, ular kichik dempferlash xususiyatiga ega, kuch-quvvat xususiyatlarini rostlash (sozlash) qiyinchiliklari mavjud, dastlabki siqish tormozlanish massasiga yuklanishning keskin oshishiga olib keladi.

Rezina tormoz qurilmalar (9.1-rasm) metall shaybalar 2 bilan ajratilgan ketma-ket o'rnatilgan rezina vtulkalar 1 dan iborat. Tormoz qurilmalarining konstruksiyasiga qarab, rezina vtulkalar siqish uchun (9.1-rasm, a, b) yoki siljishga (9.1-rasm, d) ishlashi mumkin. Siqilishga ishlaydigan vtulkalar kichik egiluvchanlikka, ammo sezilarli yuklanish qobiliyatiga ega, siljishga ishlaydigan vtulkalar aksincha, katta egiluvchanlik va nisbatan kichik yuklanish qobiliyatiga ega.

Rezina kuchning yengil o'zgarishi bilan shaklni osongina o'zgartiradi. Yopiq hajmda u siqilmaydigan suyuqlik kabi harakat qiladi. Shuning uchun, siqilishga ishlaydigan rezinali elementlar uchun ularning deformatsiyasi siqilish o'qiga perpendikular bo'lish imkoniyatini ko'zlash kerak.

Doimiy ko'ndalang kesimli rezinali element bir o'qi bo'yicha siqilishga uchrasa (9.1-rasm, a, b) bikrlilik qarshilikning kuchi tengdir:

$$F = \frac{cx}{h-x},$$

bu yerda c – rezinaning bo'ylama bikrligi, N/mm:

$$c = \frac{BEA}{h},$$

E – rezinaning elastiklik dinamik moduli ($E = (0,6...1,0)10^{-8}$ MPa; A – rezina elementining ko'dalang kesim yuzasi; h – deformatsiyaga uchramaydigan elementning balandligi; x – elastik elementning deformat-siyasi qiymati; B – qattiqlashuv darajasi koeffitsiyenti:

$$B = 1 - f K_F,$$

f – rezina va ustun materiallari o'rtasidagi ishqalanish koeffitsiyenti (rezinani po'latga ishqalanishi uchun moylanmagan yuzalar uchun $f = 0,12...0,15$); K_F – shakl koeffitsiyenti. Diametri D va balandligi h bo'lgan qattiq silindrsimon rezina elementlar uchun $K_F = D/4h$; tashqi diametri D va ichki diametri d bo'lgan K_F rezina vtulkalar uchun $K_F = (D-d)/4h$.

Siqilishda rezinali vtulkaning mustahkamlik sharti:

$$\sigma_{sq} = \frac{F}{A} [\sigma]_{sq},$$

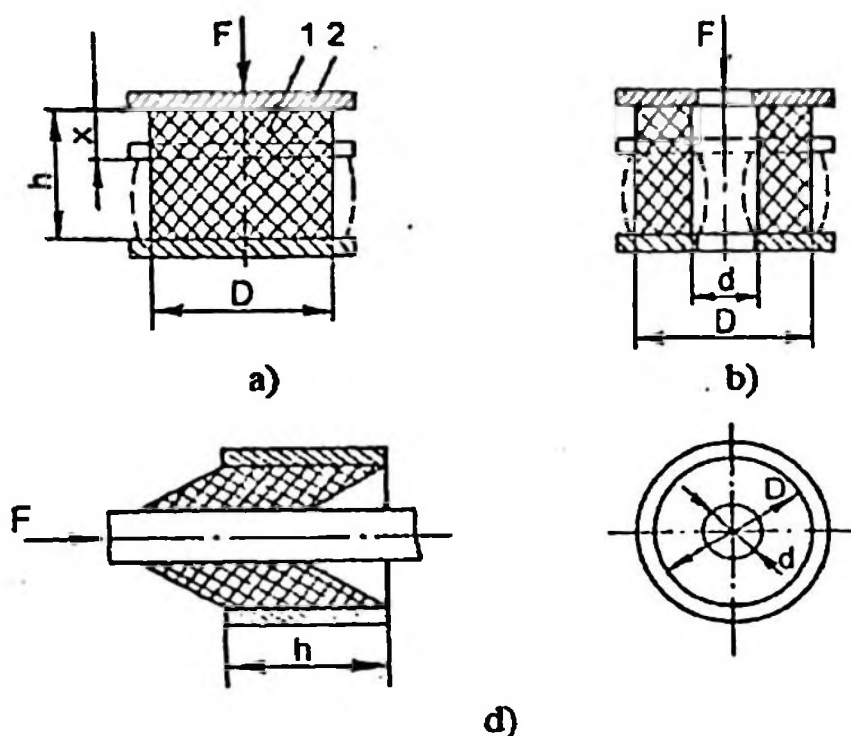
bu yerda $[\sigma]_{sq}$ – rezinaning siqilishga ruxsat etilgan kuchlanishi. O'rta qattqlikdagi rezina uchun $[\sigma]_{sq} = (2,5...5,0)$ MPa.

Siljishga ishlaydigan rezina elementi uchun (9.1-rasm, d) elastik qarshilik kuchi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$F = c \cdot x,$$

bu yerda c – rezinaning siljishdagi bikrlilik koeffitsiyenti, N/mm;

$$c = \frac{2\pi G h}{\ln \frac{d}{D}}$$



9.1-rasm. Rezina tormoz qurilmalar: a), b) siqish uchun ishlashi; d) siljish uchun ishlashi.

Siljishga ishlaydigan rezinali vtulkaning mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishga ega:

$$\tau_{\max} = \frac{F}{\pi d n} [\tau],$$

bu yerda $[\tau]$ – qisqa muddatli zarbali yuklanishda rezina uchun siljishga ruxsat etilgan kuchlanishi. O'rta qattqlikdagi rezina uchun $[\tau] = (1 \dots 2)$ MPa. Siljishga maksimal kuchlanish rezina vtulkasining ichki yuzasida sodir bo'ladi.

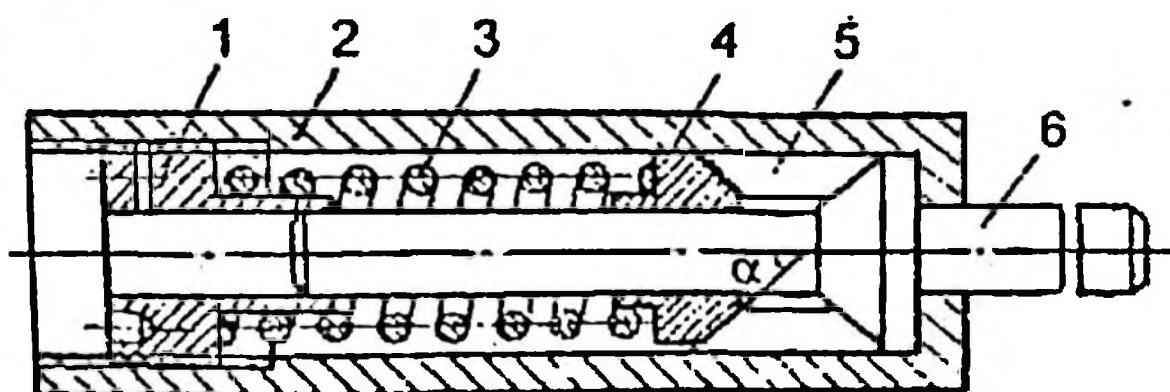
Rezina-metall tormoz qurilmalari yuqori ishonchliligi, konstruksiyaning va uni ishlab chiqarish texnologiyasining soddaligi, xizmat ko'rsatish qulayligi, katta energiya yig'uvchanligiga ega. Kamchiliklari: harorat va namlikning o'zgarishiga sezgirligi, katta qayta ta'sir kuchiga ega bo'lishi.

Friksion tormoz qurilmalari ham oraliq nuqtalarda tormozlash va joylashtirish uchun hamda funksional ulanishlarni ushlab turish (fiksatsiyalash) uchun ishlatiladi.

Friksion qurilmalarning asosiy xususiyati shundaki, ular kinetik energiyaning katta qismini atrof-muhitga tarqaladigan issiqlikka aylantiradilar. Demak, friksion qurilmalar oz miqdorda potensial energiyani to'playdi, bu esa qayta ta'sir kuchiga olib keladi, elastik elementlarsiz friksion qurilmalari esa berilgan kinetik energiyani to'liq o'zlashtiradi.

Friksion tormoz qurilmalarining konstruksiyalari juda xilma-xildir. Ular avtonom ilgarilanma va aylanma harakatli bo'lishi mumkin yoki pnevmatik yoki gidravlik dvigatel ichiga o'rnatilgan, boshqariladigan va boshqarilmaydigan, normal yopiq va ochiq, bir va ikki tomonlama harakatli bo'lishi mumkin. Biroq, turi va konstruksiyasidan qat'i nazar, ular bir yoki bir nechta ishqalanish juftlarini o'z ichiga oladi, elementlarning nisbiy harakati tufayli esa, siljishga qarama-qarshi tomonga yo'naltirilgan ishqalanish kuchi paydo bo'ladi. Odatda, ishqalanish juftligining bo'g'inlaridan biri korpus ish yoki boshqa bo'g'inga nisbatan harakatsiz ushlab turiladi yoki mustahkamlanadi.

Silindr prujinali va kesilgan konussimon vtulkali elastik friksion tormoz qurilma 9.2-rasmda ko'rsatilgan. Konussimon aylana chiqiqli shtok 6 siljiganda, 5 segmentlari korpus 2 tanasining ichki silindr yuzasi bo'ylab sirpanadi, bu esa 4 konussimon vtulka va vintli rostlash vtulka 1 o'rtasida joylashgan prujinaning siqilishi tufayli ortib boruvchi kuch bilan segmentlar 5 korpus 2 ga bosiladi.



9.2-rasm. Friksion tormoz qurilma.

Sterjenning harakatlanishiga qarshilik kuchi:

$$F_q = F_{pr} + F_{q.i.}$$

bu yerda F_{pr} – prujinaning elastiklik kuchi: $F_{pr} = c(x_0 + x_d)$;
 $F_{q.i.}$ – segment va korpus orasidagi quruq ishqalanish kuchi:

$$F_{q.i.} = F_N f = \frac{2F_{pr} f(1 - f_1 \operatorname{tg} \alpha)}{f_1 + \operatorname{tg} \alpha},$$

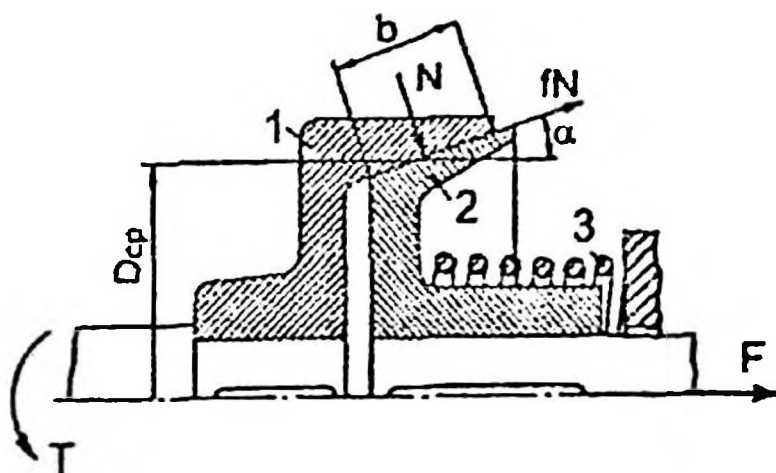
F_N – segment va korpus orasidagi normal bosim kuchi; f – segmentlar va korpusning silindrsimon sirlari orasidagi sirpanib ishqalanish koefitsiyenti (9.1-jadval); f_1 – shtok 6, vtulka 4 va segment 5 konussimon yuzalari orasidagi sirpanib ishqalanish koefitsiyenti (9.1-jadval); α – shtok o‘qi va korpus yasovchisi orasidagi burchak.

Yukni olib tashlangandan so‘ng, shtokning teskari harakati prujinaning elastik kuchi ta’sirida sodir bo‘ladi.

Ruxsat etilgan bosim va ishqalanish koeffitsiyenti

Friksion juftliklarning materiallari	Konusli tormoz		Diskli tormoz	
	[q], MPa	f (f _i)	[q], MPa	f (f _i)
Toblangan po'lat	—		2...4	0,1
Po'lat-cho'yan	3...4	0,15	2...3	0,15
Po'lat-bronza	5...6	0,05	4..5	0,05
Po'lat-ferrodo	1...2	0,3	2...2,5	0,3
Po'lat-tekstolit	4...5	0,2	5...6	0,2

Friksion konus tormozi (9.3-rasm) ishchi bo'g'inli aylanadigan konus 1, ilgari lanma harakatlanuvchi konus 2 va prujina 3 lardan iborat. Harakatlanuvchi bo'g'inni to'xtatish uchun zarur bo'lgan prujina kuchi quyidagi formula bilan topiladi [48]:



9.3-rasm.

$$F_{pr} = c \cdot x = \frac{2K T \sin \alpha}{D_{\alpha} f},$$

bu yerda $K = 1,25 \dots 1,5$ – ishlatish sharoitlarini hisobga oluvchi koeffitsiyent; T – konus 1 dagi aylanma moment; f – konus materilining sirpanib ishqalanish koeffitsiyenti (9.1-jadval); α – konus yasovchisining og'ish burchagi. Konusning qadalishiga yo'l qo'ymaslik uchun u quyidagicha olinadi:

$$\alpha > \rho = \arctg f,$$

bu yerda ρ – keltirilgan ishqalanish burchagi. Uni odatda $\alpha > 12^\circ \dots 15^\circ$.

Yeyilishga chidamlilik shartidan:

$$q = \frac{2K T}{\pi D_{\alpha}^3 f \psi} [q]$$

ishqalanish sirtining o'rta diametri topiladi:

$$D_{\alpha} = \sqrt[3]{\frac{2K T}{\pi [q] f \psi}},$$

bu yerda q – konuslar orasidagi bosim; $[q]$ – konuslar orasidagi ruxsat etilgan bosim; ψ – disklarning ish kengligi koeffitsiyenti: $\psi = b/D_{\alpha} = 0,15 \dots 0,25$.

Ishqalanish sirtining kengligi quyidagi formula bilan topiladi:

$$b = \frac{2K T}{\pi D_{\alpha}^2 f [q]}.$$

Ikkinchi tomondan:

$$D_{\alpha} = \frac{D_1 + D_2}{2},$$

bu yerda D_1 va $D_2 \sim$ mos ravishda ishqalanish yuzasining eng kichik va eng katta diametrlari:

$$D_1 = D_{\alpha} - b \cdot \sin \alpha; \quad D_2 = D_{\alpha} + b \cdot \sin \alpha.$$

Tormozlanishdan olish uchun $F > F_{pr}$ kuchni qo'yish kerak.

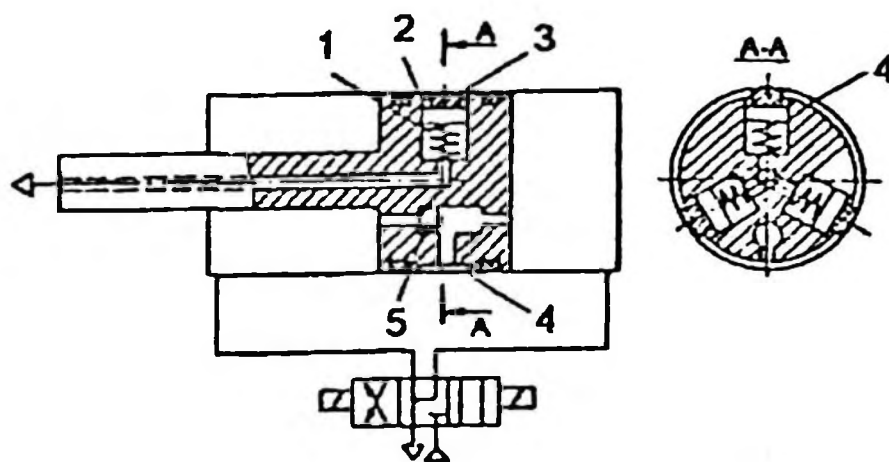
Friksion tormoz qurilmalarida ishqalanish kuchining beqarorligi va uning sirpanish sirtlarning sifati va holatiga (g'adir-budirligi, yog' mavjudligi) va harakatlanuvchi elementlarning harakatlanish tezligiga bog'liqligi, shuningdek, nominal (harakatlanish tezligi o'zgarishi, harakatlanuvchi massalarning kattaligi) tormozlash moslamasidan tormoz qurilmasi hisoblangan haqiqiy tormozlanish qonunining chetga chiqishiga olib keladi. Agar shartlar va ish tartibi doimiy ravishda o'zgarib tursa, nomoslik katta bo'lishi mumkin.

Shuning uchun, ushbu turdagi qurilmalar yetarli darajada barqaror ish rejimlari bilan mexanizmlarni tormozlash uchun ishlatilishi kerak.

Dasturlashtirilgan to'xtash nuqtalari bilan tormoz qurilmalarini yaratish va chiqish bo'g'inining (porshen yoki polzun) (pozitsioner) harakatlanish tezligini tartibga solish uchun dvigatelga o'rnatilgan friksion qurilmalaridan foydalaniladi. Ular porshen yoki polzun joylashtirilishi va silindr, shtok yoki boshqa harakatlanuvchi qismlar bilan o'zaro bog'lanishda bo'lishi mumkin.

Bir holatda to'xtatib turuvchining (pozitsionerning) chiqish bo'g'inni dasturiy to'xtatish uchun boshqariladigan ishqalanish moslamalari ishlatiladi, ular boshqarish tizimining buyrug'i bilan tormozni yopadi yoki ochadi.

Pnevmopozitsionerda (9.4-rasm) friksion tormozi odatda normal yopiq bo'ladi. Joylashtirish jarayonida havo silindrining har ikkala bo'shlig'i atmosferaga ulangan va 1 prujinalari silindrning ichki yuzasiga friksion qoplagichlari 3 bilan plunjer 2 ni bosadi. Bosim bilan yuborilganda, masalan, silindrning o'ng bo'shlig'iga, zoldirli klapan 5 chap bo'shliqqa havo oqishini oldini olish uchun, 4 halqa kanaliga yo'l ochib beradi. Halqa kanali plunjer 2 ning bo'shliqlarini bog'laydi va o'z navbatida plunjer prujinalarni siqadi va porshenni tormozlanish - dan ozod qiladi.



9.4-rasm. Havo bosimi bilan ishlaydigan tormozlash qurilmasi.

O'ng bo'shliqdagi havo bosimi ta'sirida porshen chap tomonga harakat qiladi. Uni to'xtatish uchun havo silindrining har ikkala bo'shlig'i atmosfera bilan ulanadi. Shu bilan birga, plunjer bo'shlig'idagi va havo silindrining har ikkala bo'shlig'ida bosim tushadi, friksion qoplamalar silindrning yuzasiga prujinalar bilan bosiladi, bunda porshen tormozlanadi va to'xtaydi.

9.2. Elektromagnit tormoz qurilmalari

Harakatlanuvchi bo'g'inlarni tormozlash uchun boshqariladigan elektromagnit tormoz qurilmalaridan foydalaniladi, unda tormozlash momentini yoki kuchini yaratish manbayi to'g'ridan to'g'ri harakatlanuvchi elementlarga (elektromagnit, induksiyon va gisterezis tormozlari) yoki bilvosita poroshokli quruq yoki suyuq to'lg'izgich (elektromagnit kukunli tormozlar va ferromagnit suyuqliklar bilan tormozlar) orqali ishlaydigan elektromagnit maydondir.

Faoliyat tamoyili va qurilmasi bo'yicha induksion va gisterezis tipidagi elektromagnit tormozlash qurilmalari rotor yoki stator mobil bo'lmagan elektr dvigatellariga o'xshash bo'ladi. Tormozning harakatlanuvchi va statsionar qismlari o'rtasidagi o'zaro bog'lanish boshqarish (qo'zg'alish) g'altagi tomonidan yaratilgan elektromagnit maydon orqali amalga oshiriladi.

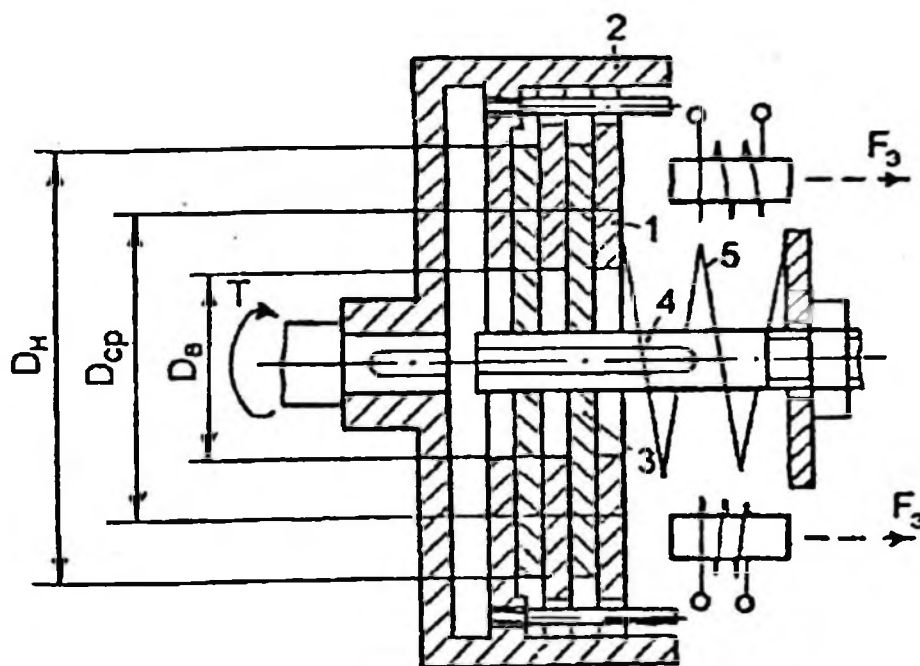
Faoliyat prinsipiga ko'ra, kukun va suyuq to'lg'izuvchi moddalari bo'lgan elektromagnit tormoz qurilmalari friksion tormozlari va drosselli rostlashning gidravlik tormoz qurilmalariga mos keladi. Ishqalanish tipidagi elektromagnit kukun tormozi quruq yoki yog'dagi ferromagnit kukun xususiyatiga asoslangan bo'lib, magnit maydonda uning qovushqoqligini oshiradi va magnit tizimning yuzasiga mahkam yopishadi.

Tormozning ishchi sirtlarning nisbiy siljishi bilan magnitlangan kukun zarralarini bir-biri bilan ishqalanishdan siljishga qarshiligi paydo bo'ladi. Eng katta siljish qatlamning o'rtasida joylashgan :

zarrachalarda bo'ladi. Zarrachalarning yopishqoq bo'lgan sirlarga nisbatan siljishi bo'lmaydi va shuning uchun ishchi sirlar yeyilmaydi. Magnit maydon bo'lmasa, kukun va suspenziyaning siljishga qarshiligi tushadi va tormoz elementlari deyarli bir-biriga bog'liq bo'lmaydi.

Ferromagnit kukunining kremniy organik yoki mineral yog'dagi qismi magnit maydonda o'zining yopishqoqligini o'zgartiradi, buning natijasida uning drosselanishida o'zgaruvchan gidravlik qarshilik ta'siriga erishiladi. Elektromagnit maydon yordamida drosselning qarshiligini rostlash tormoz kuchini o'zgartirish uchun zarur qonunni ta'minlaydi.

Diskli elektromagnit tormozida (9.5-rasm) 1 diskleri yarim muftalari 2 bilan va 3 tormoz diskleri 4 yarim muftalari bilan shlitsali birikma yordamida birlashtirilgan. 1 va 3 diskleri orasidagi bo'shliq $\delta = 0,3 \dots 0,5$ mm ni olish tavsiya qilinadi. Disklar o'q bo'ylama harakatga ega. Prujina 5 ning ta'siri ostida ular bir-biriga tegib, friksion juftlarni hosil qiladi.



9.5-rasm. Diskli elektromagnit tormozi.

T aylanma moment bilan yuklangan harakatlanuvchi bo'g'inni tormozlash uchun zarur bo'lgan friksion juftlari soni yeyilishga qarshilik shartidan topiladi [48]:

$$q = \frac{2K T}{\pi D_{\alpha}^3 f \psi Z} [q]$$

formula bo'yicha:

$$Z = \frac{2K T}{\pi D_{\alpha}^3 f \psi [q]},$$

bu yerda q – ishqalanish sirtlaridagi bosim; $K = 1,25 \dots 1,5$ – foydalanish sharoitlarini hisobga oluvchi koeffitsiyent; D_{α} – disklarning kontakt halqasining o'rtacha diametri:

$$D_{\alpha} = \frac{D_T + D_I}{2} = \frac{D_I}{1 - \psi};$$

D_T – disklarning kontakt halqasining tashqi diametri:

$$D_T = D_{\alpha} (1 + \psi) = (3 \dots 5) d,$$

d – harakatlanuvchi bo'g'in valining diametri; D_I – disklarning kontakt halqasining ichki diametri, $D_I = (0,5 \dots 0,6) D_T$; ψ – disklarning ishchi kengligi koeffitsiyenti:

$$\psi = \frac{D_{\alpha} - D_I}{D_{\alpha}} = \frac{b}{D_{\alpha}}.$$

$\psi = (0,33 \dots 0,11)$ qabul qilinadi, bu $D_I/D_T = (0,5 \dots 0,8)$ ga mos keladi. Ko'pincha $\psi = 0,25$; b – disklarning ish kengligi:

$$b = \frac{D_T - D_I}{2} = \psi D_{\alpha},$$

$[q]$ – ishqalanuvchi sirtlardagi ruxsat etilgan bosimi (9.1-jadval); f – disk materiallarining sirpanib ishqalanish koeffitsiyenti (9.1-jadval).

Olingan raqam Z butun songa yaxlitlanadi. Tormozning boshqariladigan qismidagi disklar soni:

$$Z_{rel} = \frac{Z}{2} + 1,$$

yetakchi qismida:

$$Z_{\text{KT}} = \frac{Z}{2}.$$

Tormoz sirtlarining Z juftlar soni bo'lganda zarur prujina kuchi barobar:

$$F_{pr} = c \cdot x = \frac{3K}{Z} \frac{T}{f} \frac{D_r^2 - D_l^2}{D_r^3 - D_l^3},$$

bu yerda c – prujinaning bikrligi; x – prujinaning deformatsiyasi.

Tormozlanishni bekor qilish elektromagnitlar yordamida amalga oshiriladi, ularning umumiy kuchi prujinaning kuchidan ko'proq bo'lishi kerak:

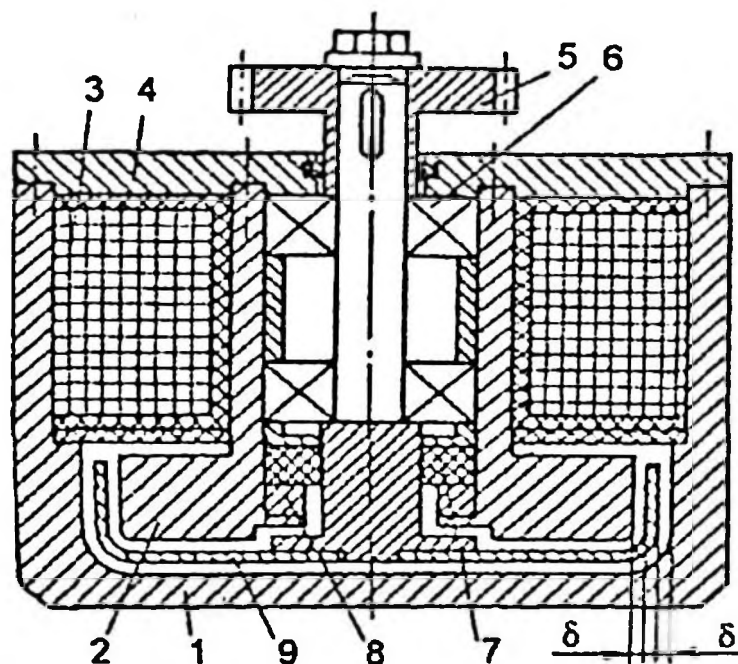
$$nF_{Em} > F_{pr},$$

bu yerda F_{Em} – bitta elektromagnitning kuchi; n – elektromagnitlar soni.

Kukunli elektromagnit tormoz qurilmasini va ishlash tamoyilini ko'rib chiqaylik (9.6-rasm). U korpus 1, o'zak 2 va po'latdan yasalgan qopqoq 4 lardan iborat. Nozik devorli po'latdan tayyorlangan silindrik rotor 9 podshipniklar 6 da o'rnatilgan chiqish valiga qotirilgan.

Qo'zg'atish cho'lg'ami 3 o'zakka o'ralgan. Korpus va o'zak orasidagi bo'shliqqa rotor joylashgan, bo'shliq ferromagnit kukun bilan to'ldirilgan.

Podshipniklarni kukun kirishidan saqlovchi zichlagich kremniy organik yog' bilan shimdirilgan namatdan qilingan halqa 7 dan va doimiy halqa magniti 8 dan iborat. Tormozning mexatron modulning harakatlantiruvchi elementlari bilan bog'lanishi shesternya 5 yordamida amalga oshiriladi.



9.6-rasm. Kukunli elektromagnit tormoz qurilmasi.

Boshqarish g'altagi tomonidan yaratilgan elektromagnit maydon ta'siri ostida bo'shliqlarda joylashgan kukun guruhlanadi va zichlanadi. Rotor sirtlarining korpus devorlariga nisbatan siljitganda, magnitlangan kukun zarrachalarining ishqalanishidan kelib chiqadigan qarshilik paydo bo'ladi. Tormoz momentini aniqlaydigan nisbiy siljish kuchi ish bo'shlig'idagi magnit induksiyaga, kukun tarkibiga va tormozning bir qator konstruktiv parametrlariga bog'liq. Ishlab chiqilgan tormoz momenti boshqarish tokiga deyarli to'g'ridan to'g'ri proporsionaldir va sirpanish tezligiga deyarli bog'liq emas. 100 mm tashqi diametri bo'lgan tormoz 20 Nm gacha bo'lgan tormoz momentini 10..15 m/s chegara tezligi bilan rivojlanishiga qodir. Boshqarish toki bo'lmagan qoldiq moment nominal momentning 0,5% tashkil etadi.

Kukunli elektromagnit tormozining tormoz momenti quyidagi formula bilan aniqlanadi, N·m [34]:

$$T_{tr} = \frac{\pi K_p K_B m D^3 P}{2},$$

bu yerda K_p – ish rejimining koeffitsiyenti, 1,0 – harakatlanuvchi elementlarning qattiq biriktirilishida va 0,7...0,9 – ularning sirpanishi bilan; D – ishchi bo'shliqlar bo'yicha tormozning o'rta diametri, mm; $K_B = b/D$ – ishchi bo'shliqning nisbiy kengligi koeffitsiyenti; m – ishchi bo'shliqlar soni (kukun qatlamlari soni); P – ishchi bo'shliqdagi solishtirma ilashish kuchi, MPa:

$$P = K_M K_V K_B K_Z B_3^2,$$

K_M – to'lg'izgich materialiga bog'liq koeffitsiyent. Karbonil temir va yog' uchun, agar aralashmada temir miqdori 0,3...0,45 bo'lsa $K_M = 1$; karbonil sof temir uchun aralashmada miqdori bo'yicha uning tarkibida 0,65 – $K_M = 1,4$; K_V – zarrachalarning bo'shliqda chiziqli tezligini hisobga olgan holda va bo'shliqning kattaligiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent; K_B – ishchi bo'shliqlar sonining to'lg'izgichning zichligiga ta'sirini hisobga olgan holda koeffitsiyent; bo'shliqlar soni 1, 2, 4, 6, 8 bo'lganda K_B koeffitsiyenti mos ravishda 1; 0,95; 0,9; 0,8; 0,7 ga teng; K_Z va Z – to'lg'izgich zichligiga va bo'shliq hajmiga bog'liq qiymatlar;

B_3 – induksiya qiymati.

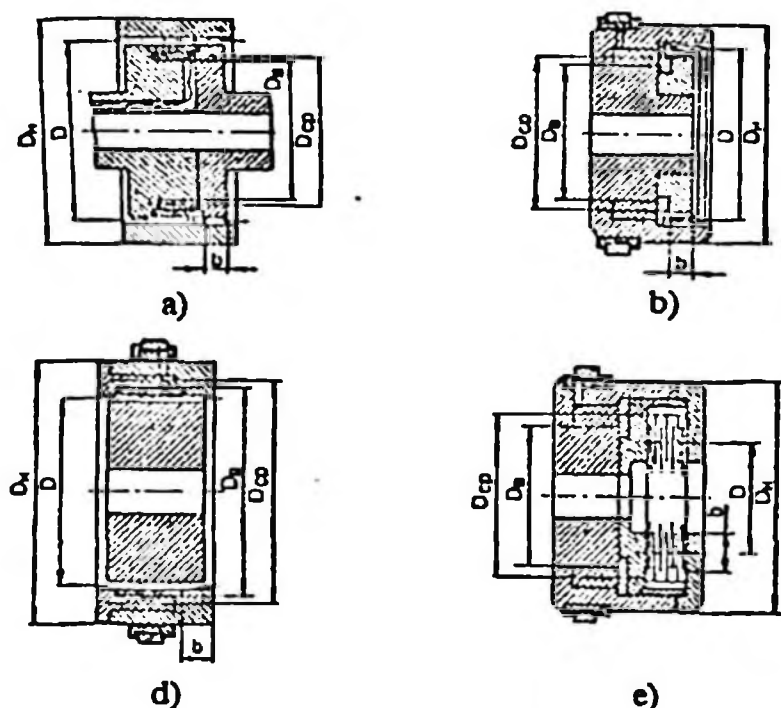
9.7-rasmda to'rt turdagi kukun elektromagnit tormozlarning chizmalari ko'rsatilgan, 9.2-jadvalda esa ularning asosiy o'lchamlari [48]:

9.2-jadval

Kukun elektromagnit tormozlarning asosiy o'lchamlari

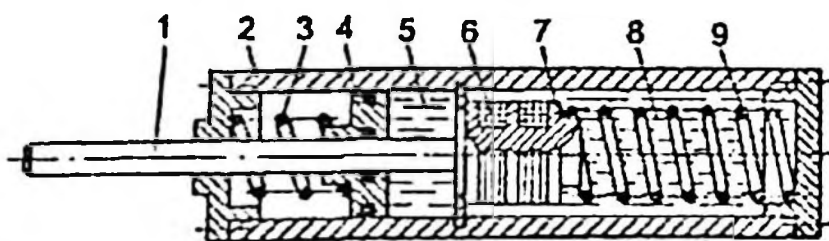
O'lcham belgilari	Sxema		
	a, b	d	e
b	$(0,12...0,3)D$	$(0,12...0,3)D$	$0,42D$
D_1	$0,75D$	$\sim D$	$1,25D$
D_{or}	$0,85D$	$1,15D$	$1,4D$
D_T	$\sqrt{D(D+4b)}$	$\sqrt{D(1,5D+4b)}$	$\sqrt{D(2,7D+4b)}$

Drossel turidagi ferromagnit suyuqlik bilan elektromagnit tormoz qurilmasi (9.8-rasm) 2 gidravlik silindrli, qo'zg'alish g'altagi 6 va shtok 1 larni o'z ichiga oluvchi porshen 7, qaytish prujinasi 9, prujina 3 bilan siqilgan suzuvchi porshen 4 lardan iborat. Ishchi 8 va kompensatsiya 5 bo'shliqlari ferromagnit suyuqlik bilan to'ldiriladi. Silindr, porshen va shtok magnit materiallardan tayyorlangan. Qo'zg'alish g'altaklari porshendagi ariqchlardan o'tgan va ketma-ket ulangan.



9.7-rasm. Kukun elektromagnit tormozlarning turlari.

Porshen harakatlanayotganda, suyuqlik ichki silindrsimon yuzasi va porshen o'rtasidagi tor halqa kanali orqali bir bo'shliqdan ikkinchisiga o'tadi.



9.8-rasm.

Boshqarish toki bo'lmasa, uning geometrik o'lchamlari va magnitlangan suyuqlikning yopishqoqligiga qarab, kanalning gidravlik qarshiligi tormoz kuchining qiymatini va porshen tezligini aniqlaydi. Radial magnit maydonning halqa kanalida ma'lum bir kuchlanishni yaratish orqali tormozlash moslamasini boshqarilishi yopishqoqlikning va shundan kelib chiqqan holda gidravlik qarshilikning o'zgarishiga olib keladi. Ikkinchisi qo'zg'alish g'altagi orqali boshqarish toki ta'sirida paydo bo'ladi va magnit bo'shlig'idagi joyga jamlanadi, ya'ni porshen va silindir o'rtasida.

Ko'rib chiqilgan qurilma ikki tomonlama sifatida ishlatilishi mumkin, buning uchun porshenni ikkinchi shtok bilan ta'minlash va qaytib keladigan prujinani olib tashlash kerak.

Nazorat va muhokama savollari

1. Tormozlash qurilmalari deb nimaga aytiladi?
2. Tormozlash qurilmalari qanday ishni bajaradi?
3. Tormozlash kuchlarining tabiatiga qarab necha turlarga bo'linadi?
4. Tormoz qurilmalarning barcha turlariga qanday talablar qo'yiladi?
5. Mexanik tormoz qurilmalar qanday turlari mavjud?
6. Mexanik tormoz qurilmalarida harakatlanuvchi bo'g'inlar harakatiga qarshilik kuchi qanday yaratiladi?
7. Friksion tormoz qurilmalarida harakatlanuvchi bog'inning to'xtab qolishi qaysi holda amalga oshadi?
8. Rezina tormoz qurilmalar konstruksiyasiga qarab qanday ishlash turlariga bo'linadi?
9. Rezinaning qarshilikning elastik kuchi nimalarga bog'liq?
10. Rezina-metall tormoz qurilmalarining afzalliklari va kamchiliklari.
11. Friksion tormoz qurilmalari qaysi holda qo'llanadi?

12. Friksion tormoz qurilmalarida ishqalanish sirtining kengligi qanday aniqlanadi?

13. Boshqariladigan elektromagnit tormoz qurilmalarida tormozlanish nima orqali amalga oshiriladi?

14. Faoliyat prinsipi va qurilma bo'yicha elektromagnit tormoz qurilmalari qanday turlarga bo'linadi?

15. Diskli elektromagnit tormozi nimalardan tashkil topgan?

16. Kukunli elektromagnit tormoz qurilmasi nimalardan tashkil topgan?

17. Kukinli elektromagnit tormozining tormoz momenti qanday aniqlanadi?

18. Kukinli elektromagnit tormoz qurilmalarining qanday turlari mavjud?

X BOB

YO'NALTIRUVCHILAR

Yo'naltiruvchilar mexanizm elementlarining oldindan belgilangan nisbiy harakatini ta'minlovchi qurilmalar deb ataladi [4, 5].

Mexatron modullarida asosan ilgarilanma harakat uchun yo'naltiruvchilar ishlatiladi.

Ilgarilanma harakat uchun yo'naltiruvchilar, bir detalni boshqa detalga nisbatan oldindan belgilangan aniqlik bilan harakatlanishni amalga oshirish zarur bo'lganda ishlatiladi. Yo'naltiruvchilar quyidagi talablarga javob berishi kerak: silliq harakatni ta'minlash, ishqalanish kuchining kichik qiymatda bo'lishi, ishlash manbasi kattaligi, yeyilishga chidamlilik, haroratning keskin o'zgarishi bilan harakat qilish qobiliyati.

Ishqalanish turiga qarab, sirpanib va yumalab ishqalanishlari bilan yo'naltiruvchilar farqlanadi. Yo'naltiruvchilar turini va konstruktiv sxemalarini tanlash ularning maqsadiga, shuningdek, harakat yo'nalishining aniqligi, ruxsat etilgan yuklanishi, ishqalanish kuchlarining qiymatlari, ishlab chiqarish xarajatlariga bog'liq. Qabul qilinayotgan yuklanishning tabiati (turi) bo'yicha sirpanish va yumalash yo'naltiruvchlari ochiq va yopiq turlarga bo'linadi. Ochiq turlariga qo'shimcha bosim kuchlari (harakatlanuvchi qismning massasi, tekis yoki spiral prujinaning kuchi, membranalar) kuch zanjirini yopish uchun ishlatiladigan yo'naltiruvchilar kiradi. Yopiq – bu kuch zanjirini yopilishi konstruktiv omillar yordamida amalga oshiriladigan yo'naltiruvchilardir.

Ishchi sirtlarning ishlash shakliga qarab yo'naltiruvchilar silindrsimon, prizmatik, N-, II-, T-shaklidagi, shu jumladan, "qaldirg'och dumi" turidagi prizmatik yo'naltiruvchlarga bo'linadi.

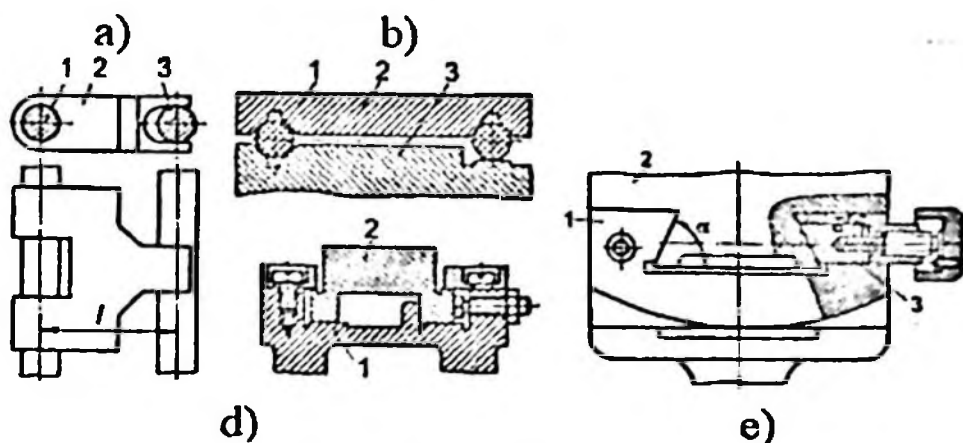
10.1. Sirpanib ishqalanuvchi yo'naltiruvchilar

Konstruktiv tuzilishiga ko'ra, sirpanib ishqalanishli yo'naltiruvchilar yumalab ishqalanishlilardan oddiyroq va ularning gabarit o'lchamlaridan kichikroq bo'ladi. Materiallarni tegishli tanlash bilan ular harorat o'zgarishining ta'sirini yengil kechiradilar. Ularning asosiy kamchiliklari ishqalanish uchun nisbatan katta yo'qotishdir.

Sirpanib ishqalanishli yo'naltiruvchilar 40, 50, U8A markali po'latlar, KCh12-28, KCh15-32 markali cho'yanlar, BrOCYu-2, BrOFYu-1, BrOTSC markali bronzalar va latunlardan tayyorlanadi. Quyidagi materiallar birikmalariga afzallik beriladi: po'lat-bronza, po'lat-latun, po'lat-cho'yan. Agar mexatron moduli haroratning keskin o'zgarishida ishlayotgan bo'lsa, unda yo'naltiruvchining qismlarini juftlashtirish uchun chiziqli kengayishning issiqlik koeffitsiyentini yaqin qiymatlari bilan materiallarni tanlash tavsiya etiladi.

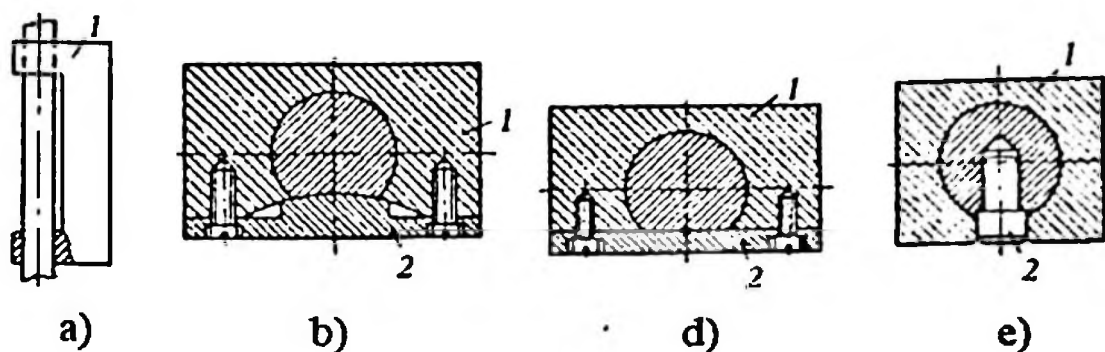
Sirpanib ishqalanishli prizmatik ochiq yo'naltiruvchining konstruktiv sxemasi 10.1-rasm, b da keltirilgan, bu yerda qo'zg'almas ustun 3 da qotirilgan silindrsimon yo'naltiruvchilar 1 bo'yicha prizmatik ish sirtlari bilan aravacha (karetka) 2 harakatlanadi.

Yopiq turdagi bir xil yo'naltiruvchining sxemalari 10.1-rasm, a, b, e va 10.2-rasm, a-e larda ko'rsatilgan. 10.1-rasm, a sxemasida 1 va 3 silindrsimon yo'naltiruvchilarda tekis va silindrsimon ishchi sirtli polzun 2 harakatlanadi; to'rt burchakli prizmatik yo'naltiruvchilar bo'yicha 1 (10.1-rasm, d) Π shaklidagi prizma 2 harakat qiladi; α profil burchagi bilan (odatda $\alpha = 30^\circ$) "qaldirg'och dumi" tipidagi prizmatik yo'naltiruvchilar bo'yicha prizma 2 harakatlanadi (10.1-rasm, e). "Qaldirg'och dumi" kabi prizmatik yo'naltiruvchilar uchun puxtalik bilan yig'ish va rostlash talab qilinadi, chunki detallarning ozgina qiyshayishida yo'naltiruvchilar qadalishi mumkin.



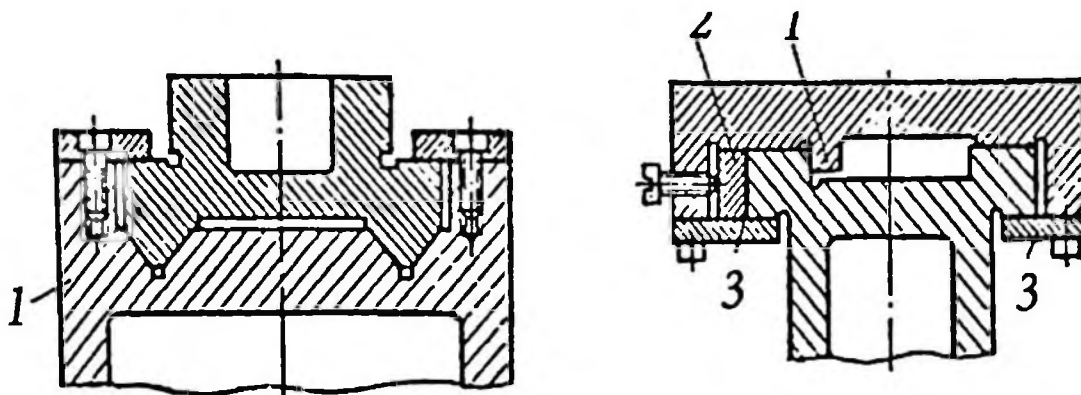
10.1-rasm. Sirpanib ishqalanuvchi yo'naltiruvchi sxemasi.

1 silindrlı yo'naltiruvchilar o'qoviy aylanishdan holis holda qurılma qilib ishlab chıqarıladi (10.2-rasm, a) va taxtacha (planka) 2 ko'rinishidagi qurılma bilan (10.2-rasm, b, d) yoki korpus bo'shlig'iga kiruvchi kallagi bilan shtift (10.2-tasm, e).



10.2-rasm. Yopiq sirpanish yo'naltiruvchilarning tayyorlash variantlari.

Prizmatik yo'naltiruvchılarda trapetsiodal (10.3-rasm, a). To'rtburchak yoki uchburchak kesimli prizmalar 1 qo'llaniladi. Yo'naltiruvchılardagi bo'shliqlarni rostlash plankalar yoki "suxariklar" yordamida amalga oshiriladi. Sxemada (10.3-rasm, b) yo'naltiruvchılarning yon tomonga siljishi chiqiq 1 va planka 2 yordamida va vertikal harakat – ikki plankalar 3 yordamida yo'q qilinadi. 10.1-rasm, e da ko'rsatilgan yo'naltiruvchılarda bo'shliqni rostlash "suxariklar" 3 yordamida amalga oshiriladi.



a)

b)

10.3-rasm. Prizmatik sirpanish yo‘naltiruvchilari.

Kiyg‘izish va yo‘naltiruvchining detallarini tutashma aniqlik sinfini tanlash to‘g‘riligini tekshirish uchun quyidagi formula bilan tekshirish hisobi amalga oshiriladi [58]:

$$\Delta = D_1(1 \pm \alpha_1(t - t_0)) - D_2(1 \pm \alpha_2(t - t_0)),$$

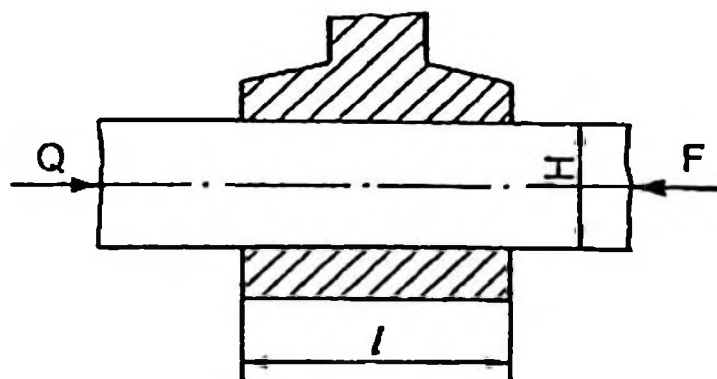
bu yerda Δ – berilgan haroratda minimal bo‘shliq, mm; D_1 – gamrovlanuvchi detalning berilgan joizlikdagi eng kichik diametri (yoki chiziqli o‘lcham), mm; D_2 – gamrovlanuvchi detalning berilgan joizlikdagi eng katta diametri (yoki chiziqli o‘lcham), mm; t_0 va t – shunga ko‘ra, yo‘naltiruvchining boshlang‘ich va yakuniy haroratlari, grad.; α_1 va α_2 – tutashmada bo‘lgan detallar materiallarning chiziqli kengaytirish koeffitsiyentlari (10.1-jadval).

Agar $t > t_0$ bo‘lsa, “plus” ishorasi olinadi, $t < t_0$ bo‘lsa “minus”. Agar $\Delta > 0$ bo‘lsa, kiyg‘izish joiz deb hisoblanadi. Qadaliş ($\Delta < 0$) holatida, bo‘shroq kiyg‘izishni tayinlash yoki chiziqli kengayishning bir xil yoki bir-biridan kam farq qiladigan harorat koeffitsiyentlariga ega bo‘lgan materiallarni qo‘llash kerak. Ba’zi hollarda yo‘naltiruvchining kengligi yoki diametrini kamaytirish mumkin, ammo konstruksiyaning mustahkamligi va bikrligiga oid talablari bajarilishi kerak.

Chiziqli kengaytirish koeffitsiyenti α

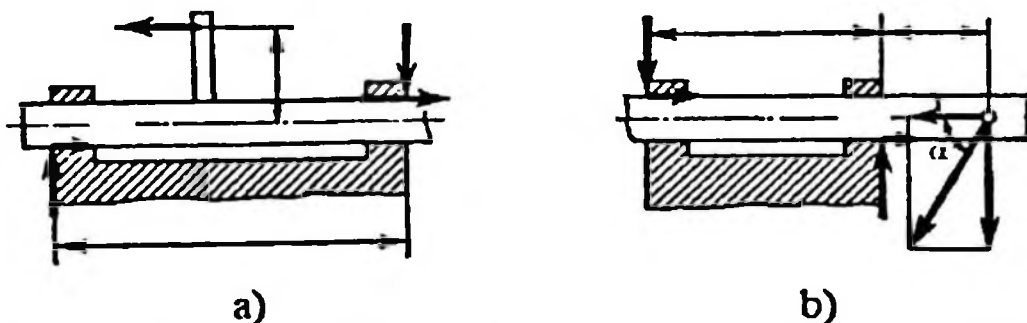
Material	Koeffitsiyent
Po'lat:	
-toblanmagan	11,5...12
-toblangan	11,5...12
-legirlangan	20
Xrom	9
Cho'yan	10,4
Bronza	17...18
Latun	18,5...19,8
Mis	17
Kumish	19...19,7
Sun'iy oyna (orgsteklo)	13

Yo'naltiruvchilarda qadalish mumkinligini oldini olish va ishqalanishgagi yo'qotishlarni kamaytirish uchun qarshlik kuchlarining teng ta'sir etuvchisi Q (ishqalanish kuchlari bundan mustasno) va harakatlantiruvchi kuch F (10.4-rasm) yo'naltiruvchilar tekisligida harakatlanish yo'nalishi bo'ylab ta'sir etishi va yo'naltiruvchining uzunligi ℓ polzunning kengligi H dan oshib ketishi lozim, ya'ni $\ell = (2...3)H$.



10.4-rasm. Yo'naltiruvchining uzunligi va polzun kengligi nisbati.

Yo'naltiruvchini loyihalashda yo'naltiruvchilar orasidagi uzunlik L va ta'sir etuvchi harakatlanuvchi kuchning yelkasi h va uning yo'nalishiga bog'liq bo'lgan qiyshayish paydo bo'lishi mumkin, bu esa qadalishga olib keladi (10.5-rasm, a).



10.5-rasm. Yo'naltiruvchilar tomonidan polzunga reaksiyalar.

Agar kuch F polzunga harakat yo'nalishiga parallel ravishda h yelkasiga qoyilsa, unda u ustunlardagi reaksiya kuchlari bilan hosil bo'lgan, juft kuchlar bilan muvozanatlanadigan $M = F \cdot h$ momentini yaratadi.

Polzunning muvozanat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$F \cdot h = F_r \cdot L.$$

Shundan ustunlardagi reaksiya kuchi:

$$F_r = \frac{F \cdot h}{L}.$$

Ishqalanishning to'liq kuchi tengdir:

$$F_T = 2F_{Tr} = 2F_r \cdot f = \frac{2F \cdot h \cdot f}{L},$$

bunda F_{Tr} – bitta yo'naltiruvchidagi ishqalanish kuchi; f – sirpanib ishqalanish ko'effitsiyenti.

Agar $F_T \leq F$ sharti bo'lsa, qadalish ro'y bermaydi, ya'ni:

$$\frac{h \cdot f}{L} \leq \frac{1}{2}$$

Harakatning silliqqligini ta'minlash, ishlaydigan sirtlarning kichik yeyilishini va qadalish yo'qligini ta'minlash uchun quyidagi tavsiyalarni bajarish kerak: tekis to'rtburchak yo'naltiruvchilar uchun

$$\frac{h f}{L} < 0,25;$$

“qaldirg'och dumi” kabi yo'naltiruvchilar uchun burchak profili α bo'lganda

$$\frac{h f}{L \sin \alpha} < 0,25;$$

silindr shaklidagi yo'naltiruvchilar uchun

$$\frac{h f}{L} < 0,20.$$

Harakatlanuvchi kuchni keyingi shartdan aniqlaymiz:

$$F \quad Q + F_T = Q + \frac{2F h f}{L}.$$

Shundan

$$F = \frac{Q}{1 - \frac{2h f}{L}},$$

bu yerda Q – foydali qarshilik kuchi.

Harakat yo'nalishi tomoniga α burchak ostida F kuch qo'yilsa (10.5-rasm, b) statik tenglamalardan reaktiv kuchlarni topamiz:

$$F_{r1} = \frac{F(L+l) \sin \alpha}{L};$$

$$F_{r2} = \frac{F l \sin \alpha}{L}.$$

Ishqalanishning to'liq kuchi tengdir:

$$F_T = F_{r1} + F_{r2} = (F_{r1} + F_{r2}) f.$$

Quyidagi shartda qadalish ro'y bermaydi:

$$F_T \leq F \cos \alpha,$$

ya'ni

$$\frac{F \sin \alpha}{L} f (L+2l) \leq F \cos \alpha.$$

Shundan

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{(L+2l) f}.$$

Nihoyat, yo'naltiruvchilarning kuch-quvvat qadalishining yo'qligi holati quyidagi ko'rinishda olinadi:

$$\frac{l}{L} = \frac{1-f \operatorname{tg} \alpha}{2f \operatorname{tg} \alpha}.$$

Qadalishning yo'qligi sharoitlaridan kelib chiqqan holda, yo'naltiruvchining L uzunligini kamaytirish uchun sirpanib ishqalanish koeffitsiyentini kamaytirish kerak.

Bunga juftlikdagi materiallarni tanlash va ishqalanish yuzalarini tegishli ishlov berish orqali erishish mumkin.

Harakatlanuvchi kuchni qadalish holati yo'qligi shartidan topiladi:

$$F = \frac{Q}{\cos \alpha - \frac{(L+2l) f \sin \alpha}{L}}.$$

Yo'naltiruvchining ishchi sirlari bosimni cheklash uchun tekshiriladi:

$$P = \frac{F_r}{A} [P],$$

bunda F_r – ishqalanuvchi sirlarning bir-biriga tegib turgan nuqtasidagi normal kuch, N; A – sirlarning bir-biriga tegib turgan yuzasi, mm^2 ; $[P]$ – ruxsar etilgan bosim. 1 m/s qadar nisbiy harakatlanish tezligida $[P] = 3 \dots 4 \text{ MPa}$.

10.2. Yumalab ishqalanuvchi yo'naltiruvchilar

Yyengil va silliq harakatni ta'minlash zarur bo'lgan hollarda yumalab ishqalanish bilan ishlaydigan yo'naltiruvchilar qo'llaniladi. Sirpanib ishqalanishli yo'naltiruvchilar bilan taqqoslaganda, bu

yo'naltiruvchilar ishqalanish uchun kamroq yo'qotishlarga ega, bardoshli, harorat o'zgarishiga sezgir emas.

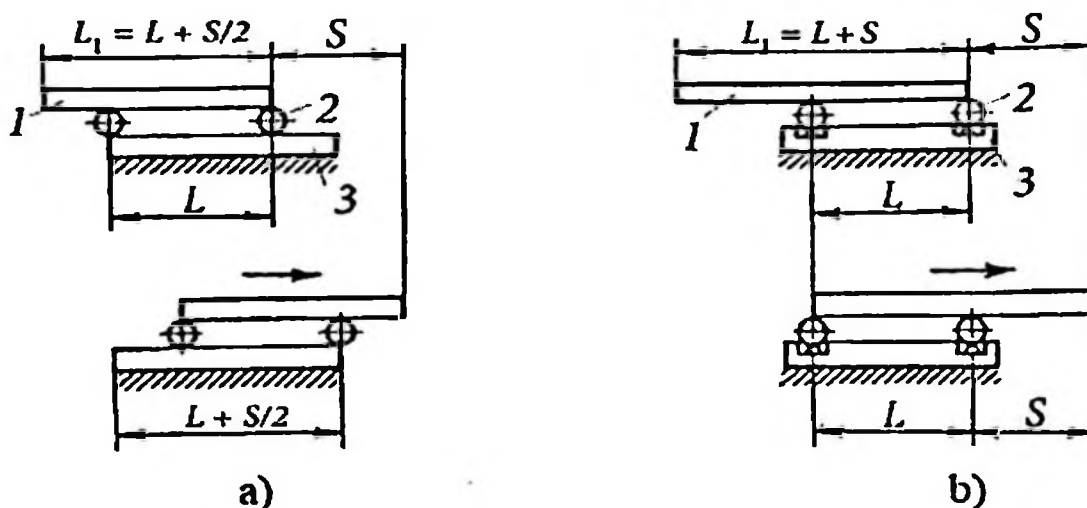
Yumalab ishqalanishli yo'naltiruvchilar ShX 15, 40X, Y8A, Y10A, XVG, 38XMYuA markali toblangan po'latlardan tayyorlanadi.

Yumalash jismlar shaklida yumalab ishqalanuvchi yo'naltiruvchilar zoldirli va rolikli turlarga bo'linadi. Zoldirli yo'naltiruvchilarda oraliq yumalash elementlar sifatida zoldirlar, roliklida – silindrik va konussimon roliklar. Oraliq yumalash elementlari yo'naltiruvchilarning harakatlanuvchi va qo'zg'almas qismlari o'rtasida joylashtiriladi. Bir-biridan ma'lum bir masofada zoldir yoki roliklarni saqlab qolish uchun mis yoki tekstolit yasalgan separatorlardan foydalaniladi. Ba'zan standart zoldirli yoki rolikli podshipniklar ishlatiladi. Zoldirlar yoki roliklarni o'rnatish usuliga qarab, o'z o'qlari atrofida yumalanadigan va aylanadigan elementli yo'naltiruvchilar farqlanadi. Yumalanuvchi zoldirli yo'naltiruvchilarda karetk 1 siljiganda zoldirlar 2 asos 3 bo'ylab yumalanadi va yumalanuvchi jismlar o'qlari karetkaga nisbatan ham, ustunga nisbatan ham harakatlanadi (10.6-rasm, a). O'z o'qi atrofida aylanuvchi zoldirli yo'naltiruvchilarda yumalanuvchi jismlar 2 o'qlarda qotirilgan va karetk 1 siljiganda o'zlarining uyachalarida aylanadi va shu bilan birga jismlarning o'qlari karetk va ustunga nisbatan harakatsiz qoladi (10.6-rasm,b).

Yumalanadigan va aylanadigan zoldirli yo'naltiruvchilar tahlili shuni ko'rsatadiki, yumalanuvchi zoldirlar qollanilgan holda ustun va karetkaning nazariy uzunligi L_1 tengdir:

$$L_1 = L + \frac{S}{2},$$

bu yerda L – zoldir markazlari orasidagi masofa, S – karetk yo'li; aylanadigan zoldirlar uchun $L_1 = L + S$.



10.6-rasm. Yumalanuvchi (a) va aylanuvchi (b) jismlari yo'naltiruvchilar.

Shuning uchun, harakatlanuvchi bo'g'inlarning katta harakatlari bilan mexatron modullarni loyihalashda, yumalanish jismlari harakatlanadigan karetk bilan birga siljiydigan konstruktsiya mos keladi. Bu uning uzunligini kamaytirishga imkon beradi. Shu bilan birga zoldirlar aylanuvchi uyachlarda o'rnatilganda asos sirtining shakli xatosining ta'siri chiqarib tashlanadi. Shuning uchun, bunday yo'naltiruvchilar, boshqa narsalar tengligida, karetk harakatining yuqori aniqligini ta'minlaydi.

Karetk 1 harakatining qarshiligini aniqlash uchun zoldir 2 va yo'naltiruvchi 3 orasida sirpanish yo'qligini ta'minlaydigan qanday ishqalanish koeffitsiyentiga ega bo'lishi kerakligini aniqlash lozim.

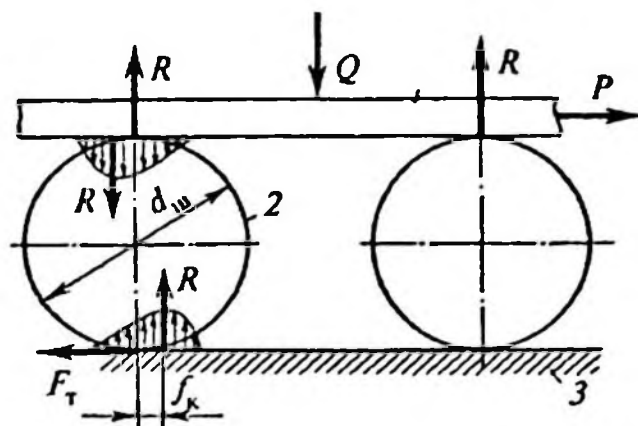
Zoldirning muvozanat sharti (10.7-rasm):

$$R_f d_u = R 2f_k.$$

Ishqalanish kuchi $F_t = f_0 \cdot R$ va sirpanish yo'qligi kafolatlangan bo'lishi kerak, chunki, u sirpanishga o'tish vaqtida tinch holatdagi ishqalanish koeffitsiyenti quyidagi shartni qondirishi zarur:

$$f_0 > \frac{2f_k}{d_u},$$

bu yerda f_k — yumalanib ishqalanish koeffitsiyenti.

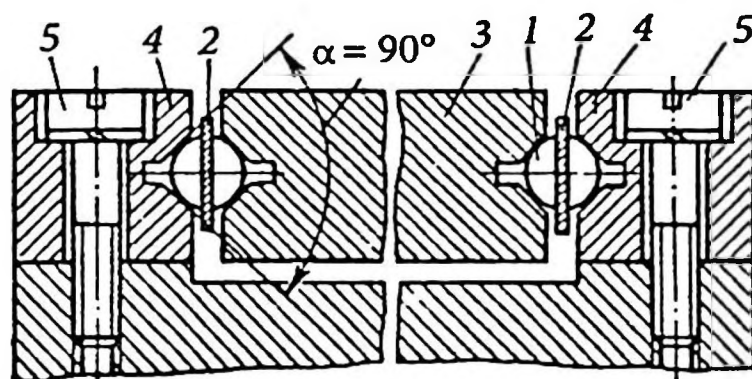


10.7-rasm. Yumalanish jismiga ta'sir qilayotgan kuchlar.

Yumalanish yo'naltiruvchilari uchun qadalish yo'qligi sirpanib ishqalanivchi yo'naltiruvchilar uchun bir xil formulalar bilan belgilanadi, lekin formulaga sirpanib ishqalanish koeffitsiyenti f o'rniga yumalab ishqalanuvchi koeffitsiyenti f_k qo'yiladi.

Yumalash yo'naltiruvchilarning ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan muhim omillar – bu yumalanish jismlari bilan bog'langan karetk va asosning sirtlari oralarida bo'lgan bo'shliqlar. Ochiq yo'naltiruvchilarda bo'shliqlar avtomatik ravishda tanlanadi va yopiq joylarda ularni rostlash talab qilinadi.

Separatorlar 2 ga ega bo'lgan yopiq zoldirli yo'naltiruvchining konstruktiv sxemasi 10.8-rasmda keltirilgan. Zoldirlar 1 va karetk 3 o'rtasidagi bo'shliqni rostlash bir yoki ikki plankalar 4 harakati yordamida amalga oshiriladi va ular 5 vintlar bilan qotirilinadi.

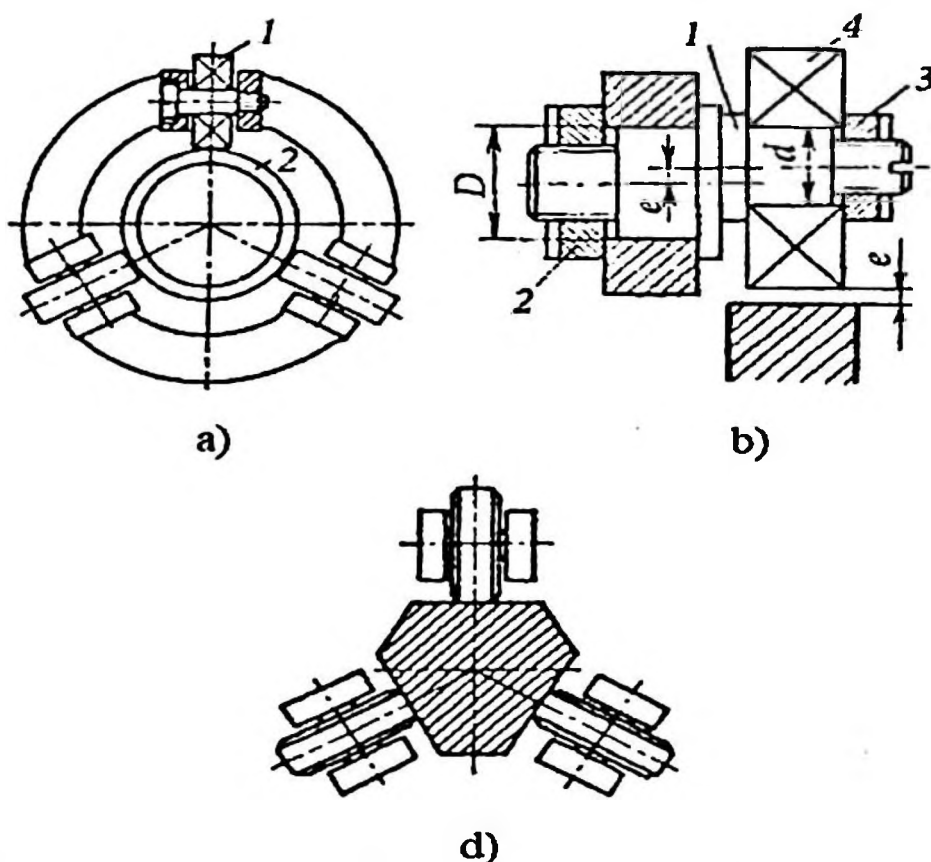


10.8-rasm. Zoldirli yopiq yo'naltiruvchi

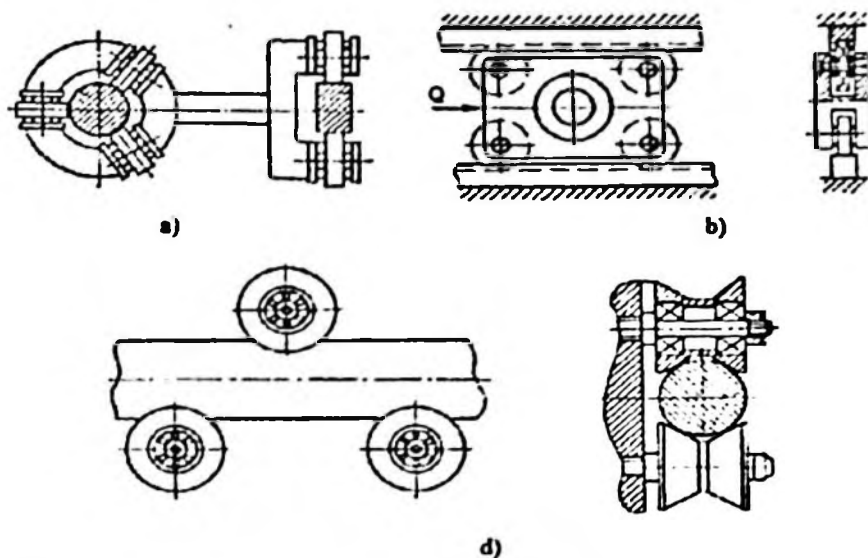
Rolikli yo'naltiruvchilarda asosiy detal silindrsimon yoki tekis sirt bo'yicha g'ildiraydigan rolik hisoblanadi. Roliklar sifatida ba'zan standart radial podshipniklar ishlatiladi. Rolikli yo'naltiruvchilarda (10.9-rasm, a) rolklar 1 silindrsimon sirt 2 bo'yicha g'ildirashadi.

Barcha roliklarning yo'naltiruvchilar bilan aloqa qilishini ta'minlash uchun maxsus rostlanish kerak, ularning variantlaridan biri 10.9-rasm, b bo'yicha ko'rsatilgan. Roliklar 4 o'q 1 da $e = 0,2 \dots 0,5$ mm bo'lgan eksentrisitetda o'rnatiladi. Rolik vaziyati rostlagandan so'ng nihoyat 2 va 3 gaykalar qotiriladi.

10.9-rasm, d da ko'rsatilgan yo'naltiruvchilar uchun eksentrik oqlari bo'lgan rolklar majburiy emas, chunki har bir rolik alohida tutqichda saqlanadi. Rostlash mahkamlash vintlar uchun teshik orqali bo'shliqlar doirasida tutqichlarni ko'chirish orqali amalga oshiriladi (10.9-rasmda ko'rsatilmagan).



10.9-rasm. Standart podshipniklar ishlatiladigan yo'naltiruvchilar.



10.10-rasm. Yopiq turdagi rolikli yo‘naltiruvchilar.

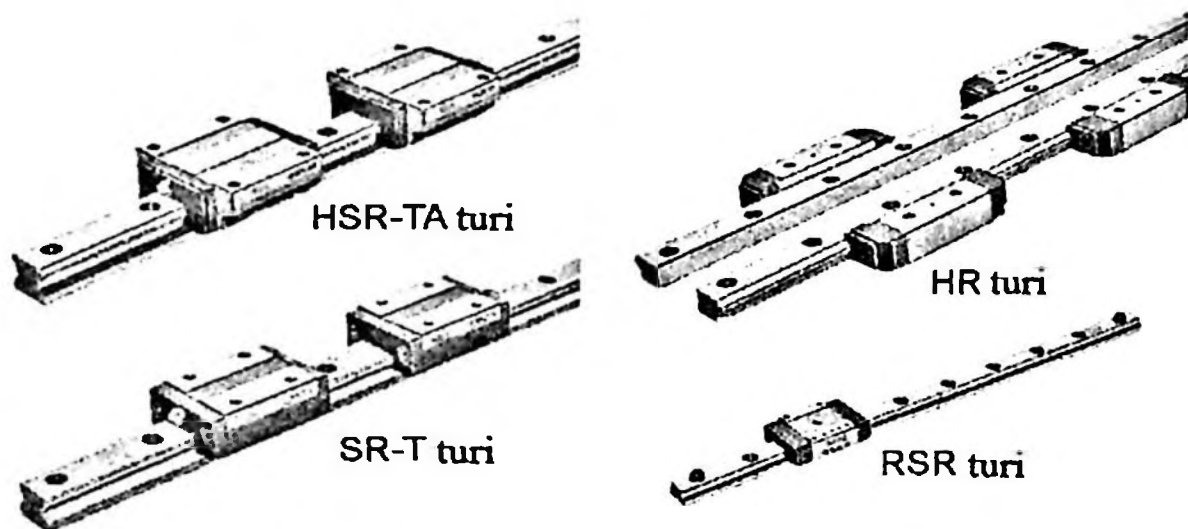
Yopiq turdagi rolikli yo‘naltiruvchilarning konstruktiv sxemalari 10.10-rasmda ko‘rsatilgan.

So‘nggi paytlarda konstruksiyaning umumiy o‘lchamlarini, massani va mexatron modulning umumiy qiymatini kamaytiradigan chiziqli harakatlarning yanada tejamkor zoldirli yo‘naltiruvchilari ishlatiladi.

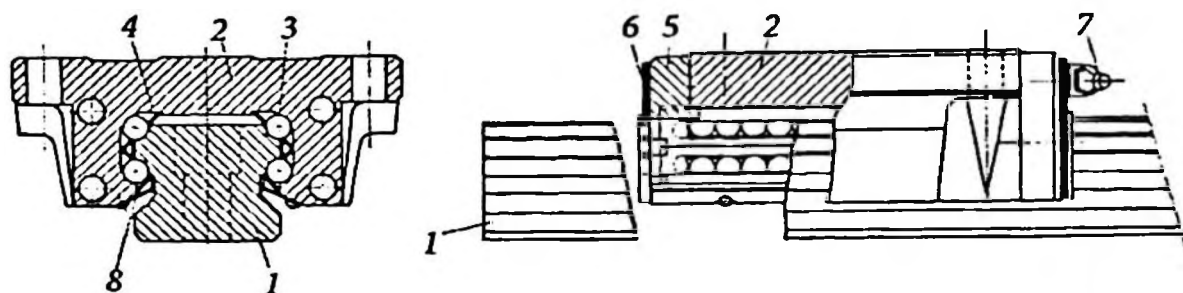
10.3. Zoldirli LM yo‘naltiruvchilar

TNK (Yaponiya) firmasining zoldirli LM yo‘naltiruvchilari to‘g‘ri chiziqli harakatni ta‘minlash uchun mo‘ljallangan (10.11-rasm).

HSR turidagi LM - yo‘naltiruvchini ko‘rib chiqaylik (10.12-rasm). U LM-rels 1 va LM-blok 2 lardan tashkil topgan sistema bo‘lib, ular orasida separator 4 da joylashgan zoldirlar 3, chekki plita 5, chekki zichlagich 6, konsistent surkov moyini uzatish uchun nippel 7 va yonlama zichlagich 8 lardan tashkil topgan. LM-rels va LM-blokli sirtlarga 45° burchak ostida joylashgan to‘rt qatorli zoldirlar yuklanishni yuqoridan, pastdan, o‘ngdan, chapdan qabul qilishi mumkin. Yumalash sirtlarining egrilik radiuslari zoldir diametrining 52....53% tashkil etadi, ya’ni $r_k = (0,52 \dots 0,53)$ dsh.



10.11-rasm. Yaponiyaning TNK firmasining LM yo'naltiruvchilari.

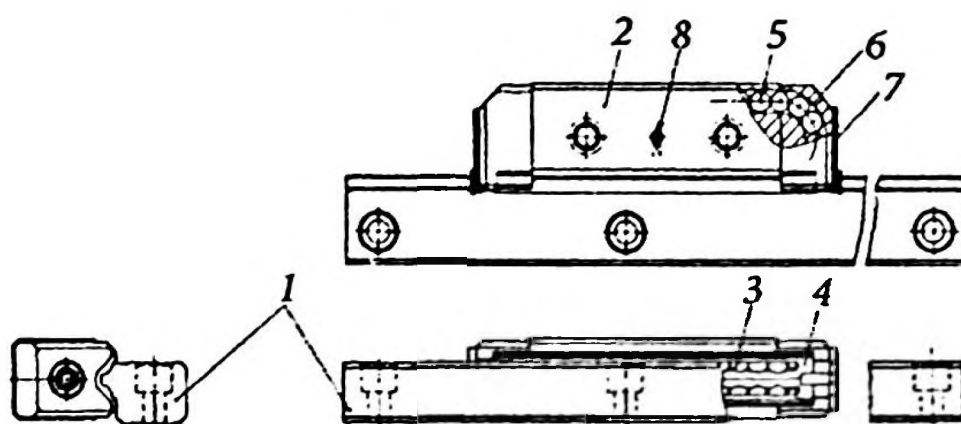


10.12-rasm. HRS turidagi LM yo'naltiruvchisi.

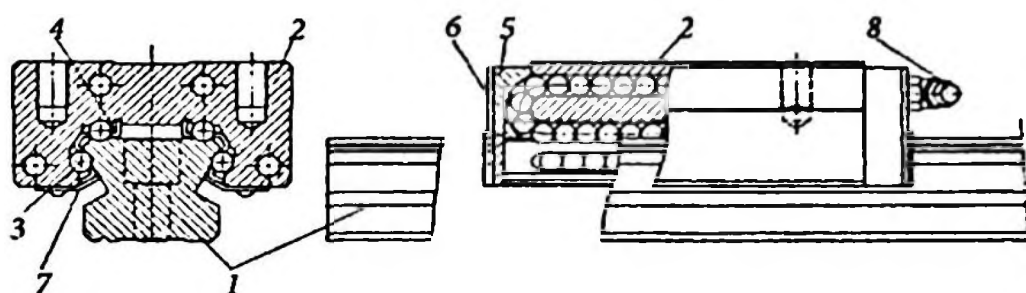
HR turidagi LM yo'naltiruvchi 10.13-rasmda ko'rsatilgan. U LM-rels 1 va LM-blok 2 lardan tashkil topgan bo'lib, yumalash sirtlari bilan 45° kontaktda bo'luvchi va yuklanishni yuqoridan, pastdan, o'ngdan, chapdan qabul qiluvchi hamda separator 4 da joylashgan sirkular harakat qiluvchi ikki qator zoldirlar 3, qaytarish kanali 5, chekki plita 6, zichlagich 7 va moylanish uchun teshik 8 lardan iborat.

SR turidagi LM yo'naltiruvchi (10.14-rasm) LM-rels 1 va LM-blok 2 lardan tashkil topgan. Ular orasida LM-relsning yumalash sirtlari bilan 300 kontaktda va LM bloki bilan 900 bo'lgan va yuklanishni yuqoridan, pastdan, o'ngdan, chapdan qabul qiluvchi hamda separator 4 da joylashgan sirkulyar harakat qiluvchi to'rt qator

zoldirlar 3, chekki plita 5, chekki zichlagichi 6, yon tomon zichlagichi 7 va konsistent surkov moyini uzatish uchun nippel 8 joylashgan.

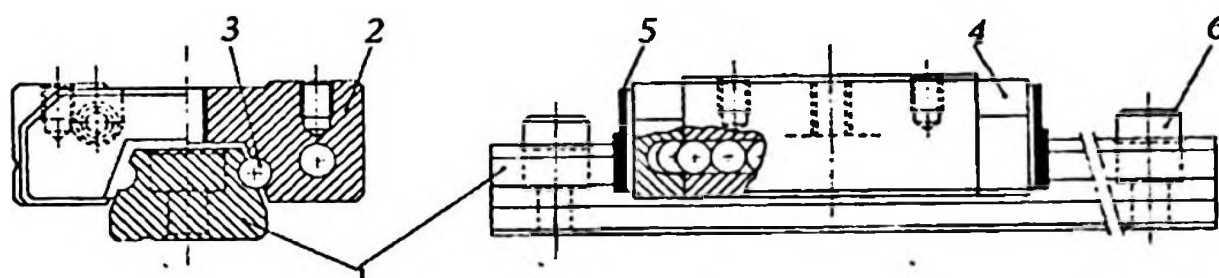


10.13-rasm. HR turidagi LM yo'naltiruvchisi.



10.14-rasm. SR turidagi LM yo'naltiruvchisi.

RSR turidagi LM – yo'naltiruvchi 6.15-rasmda ko'rsatilgan. U LM-rels 1 va LM-blok 2 lardan tashkil topgan bo'lib, ular orasida sirkulyar harakat qiluvchi ikki qator zoldirlar 3, chekki zichlagich 4, rezinali zichlagich 5 va LM-blokni olish uchun to'sqinlik qiladigan to'xtagich 6 lardan iborat.



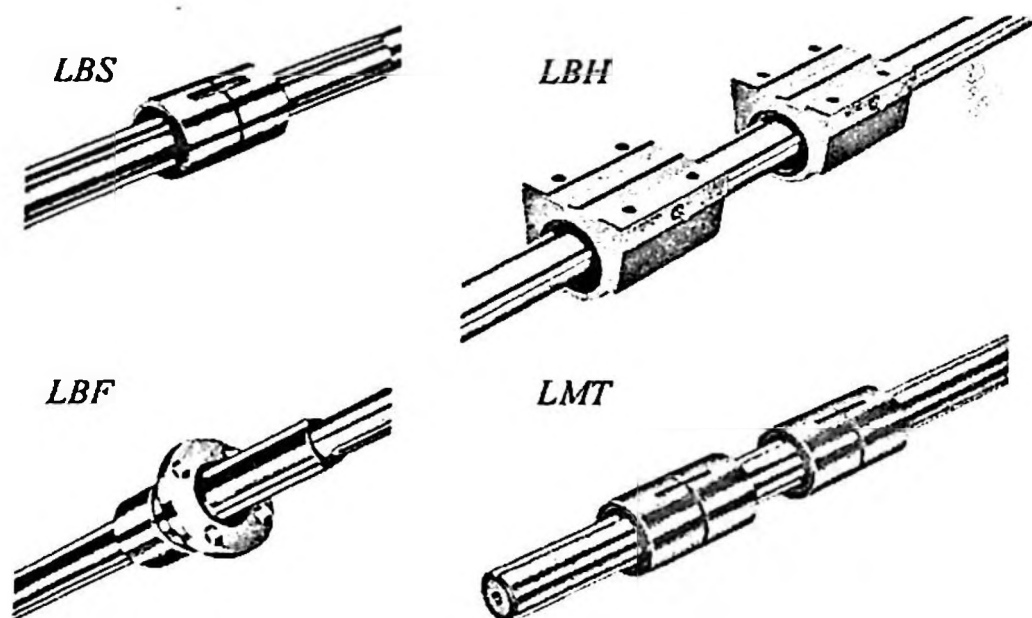
10.15-rasm. RSR turidagi LM yo'naltiruvchisi.

TNK firmasi dinamik yuk hajmi 0,5...187 kN oralig'ida ushbu turdagi yo'naltiruvchilarni ishlab chiqaradi.

10.4. Zoldirsplaynli yo'naltiruvchilar

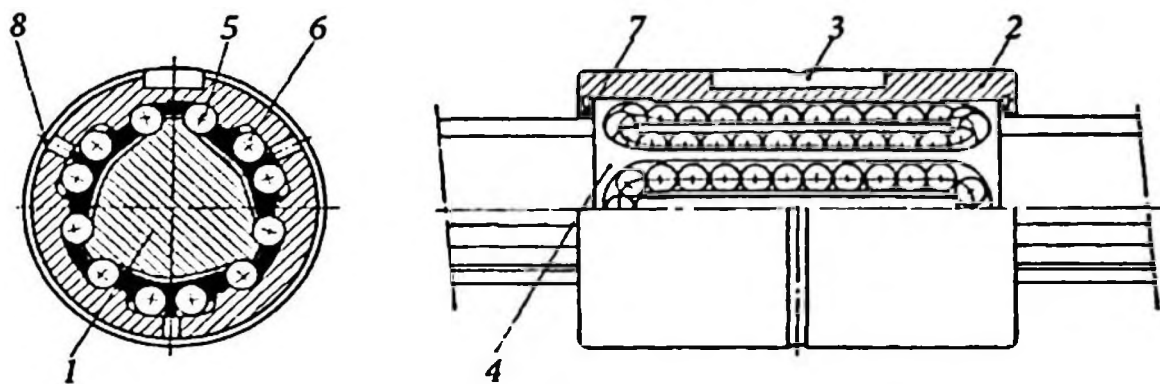
TNK firmasining (Yaponiya) zoldirsplaynli yo'naltiruvchilari (10.16-rasm) shlitsali val (splaynval) va zoldirli gayka (splayngayka)lardan iborat. Ba'zi zoldirsplayn yo'naltiruvchilarining qurilmasini ko'rib chiqamiz.

LBS turidagi zoldirsplaynli yo'naltiruvchisining konstruksiyasi 10.17-rasmda ko'rsatilgan. U splaynval 1 va shponka ariqchali 3 splayngayka 2 va ular orasida separatorda joylashgan yuklanishlarni qabul qiladigan olti qatordagi zoldirlar 5 va splayngaykada joylashgan zoldirlarni qaytarish uchun mo'ljallangan oltita ariqchalar 6, rezinali zichlagich 7 va moylash uchun teshik 8 dan iborat.



10.16-rasm. Zoldirsplaynli yo'naltiruvchilari.

LBH tipidagi zoldirsplaynli yo'naltiruvchisi LBS tipidagi va LBF tipidagi yo'naltiruvchilardan gaykaning shakli va o'rnatish moslamasi bilan farq qiladi.



10.17-rasm. LBS turidagi zoldirsplaynli yo'naltiruvchi.

10.5. LM va zoldirsplayn yo'naltiruvchilarini hisoblash

10.5.1. LM yo'naltiruvchilarini uzoqqa chidamlilikka hisoblash

Tashqi yuklanish ta'sir qilganda LM yo'naltiruvchilarini uzoqqa chidamlilikka hisoblash quyidagi formula bilan aniqlanadi, km:

$$L = 50 \frac{f_H f_T f_C}{f_w} \frac{C}{P_C}^3, \quad (10.1)$$

bu yerda L – yo'naltiruvchining ishlashi uzoqqa chidamliligi (kilometrlarda ifodalangan); C – asosiy nominal dinamik yuklanish, N; P_C – hisobiy yuklanish, N; f_H – qattqlik koeffitsiyenti, grafikdan aniqlanadi [4]; f_T – temperatura koeffitsiyenti ($t \leq 100^\circ\text{C}$ bo'lganda $f_T = 1$, $100^\circ\text{C} < t \leq 200^\circ\text{C}$ bo'lganda $1 \geq f_T \geq 0,73$); f_C – kontakt koeffitsiyenti (bitta yo'naltiruvchida podshipnikli bloklar soniga ko'ra tanlanadi: $n = 1$ bo'lsa $f_C = 1$; $n = 2$ da $f_C = 0,81$; $n = 3$ da $f_C = 0,72$; $n = 4$ da $f_C = 0,66$); f_w – yuklanish koeffitsiyenti (sokin tashqi yuklanish va harakatlanish tezligi $v \leq 0,25$ m/s bilan $f_w = 1,15$; katta bo'lmagan dinamik tashqi ta'sirlarida va $0,25 < v \leq 1$ m/s da $f_w = 1,5 \dots 2,0$; zarbali tashqi yuklanishda va $v > 1$ m/s, $f_w = 2,0 \dots 3,5$).

Blokdagi hisobiy yuklanish quyidagicha aniqlanadi.

Agar LM-blok bir vaqtning o'zida barcha yo'nalishlarning yuklarini sezsa, unda natijaviy (ekvivalent) yuklanish P_E aniqlanadi va (10.1) formulasida P_C o'rniga qo'yiladi:

HSR va RSR turidagi LM – yo‘naltiruvchilar uchun [5]:

$$P_E = |P_R - P_L| + P_T,$$

bu yerda P_R – radial yuklanish, N; P_L – radialga qarshi yuklanish, N;
 P_T – gorizontaal yuklanish (o‘q bo‘ylama kuch emas), N;

SR turidagi LM yo‘naltiruvchilar uchun:

$$P_E = XP_L + YP_T,$$

bu yerda X va Y – ekvivalentlik koeffitsiyentlari ($P_L/P_T \geq 1$ da $X = 1$ va $Y = 1,15$; $P_L/P_T < 1$ bo‘lganda $X = 0,866$ va $Y = 1$, va P_E gorizontaal yo‘nalishda asosiy yuklanish hisoblanadi).

Soatda ifodalangan LM yo‘naltiruvchilarini uzoqqa chidamliligi:

$$L_h = \frac{10^3 L}{120 I_s n_1}, \quad (10.2)$$

bu yerda I_s – LM + yo‘naltiruvchi bo‘yicha LM-blokning siljishi, m;
 n_1 – bir minutda ilgarilanma-qaytma harakatlarning chastotasi (sikllari), min^{-1} .

10.5.2. Zoldirsplayn yo‘naltiruvchilarini uzoqqa chidamlilikka hisoblash

Zoldirsplaynli yo‘naltiruvchilarni faqat aylanma moment ta’sirida uzoqqa chidamlilikka hisoblash quyidagi formula bo‘yicha amalga oshiriladi:

$$L = 50 \frac{f_H f_T f_C}{f_W} \frac{C_T}{T_C},$$

bu yerda L yo‘naltiruvchining uzoqqa ishlash chidamliligi, km;
 C_T – asosiy nominal dinamik moment, Nm; T_C – hisobiy yuklanish momenti, Nm.

Faqat radial yuklanish ta’sir qilganda (10.1) tenglamasi bilan aniqlanadi.

Aylanma moment va radial kuchning bir vaqtning o‘zida ta’siri qilsa ekvivalent radial yuklanish aniqlanadi, H:

$$P_E = P_C + \frac{4T_C}{3d_p} \frac{10^3}{\cos \alpha},$$

bu yerda d_p – zoldirlar markazidan o‘tadigan aylana diametri, mm;
 $\alpha = 45^\circ$ – vint va gayka sirtlari bilan zoldirlarning kontakt burchagi.

Bunday holda uzoqqa ishlash chidamliligi quyidagi formula bilan aniqlanadi, km;

$$L = 50 \frac{f_H f_T f_C}{f_w} \frac{C}{P_E},$$

Zoldirsplaynli yo‘naltiruvchilarning uzoqqa ishlash chidamliligi (10.2) tenglamasidan aniqlanadi.

Statik yuk ko‘tarish qobiliyatiga yo‘naltiruvchilarni hisoblash formula bo‘yicha amalga oshiriladi:

$$\frac{C_0}{P_0} f_s,$$

bu yerda C_0 – asosiy nominal statik yuklanish, N; P_0 – statik yuklanish, N; f_s – statik xavfsizlik koeffitsiyenti (sokin yuk va o‘qning kichik egilishida $f_s = 1,0 \dots 1,5$; zarba ta‘sirida va o‘qoviy kuchda $f_s = 2 \dots 5$).

Nazorat va muhokama savollari

1. Yo‘naltiruvchi mexanizmlar deb nimaga aytiladi va qanday harakat uchun ishlatiladi?
2. Ilgarilanma harakat uchun yo‘naltiruvchilar qaysi hollarda ishlatiladi?
3. Yo‘naltiruvchilar qanday talablarga javob berishi kerak?
4. Ishqalanish turiga qarab yo‘naltiruvchilar qanday farqlanadi va ular nimalarga asoslanib tanlanadi?
5. Ochiq va yopiq turlarga qanday yo‘naltiruvchilar kiradi?
6. Ishchi sirtlarning ishlash shakliga qarab yo‘naltiruvchilar qanday turlarga bo‘linadi?

7. Sirpanib ishqalanuvchi yo'naltiruvchilarning afzalliklari va kamchiliklari.

8. Sirpanib ishqalanuvchi yo'naltiruvchilarda qadalish mumkinligini qanday oldini olish mumkin?

9. Sirpanib ishqalanuvchi yo'naltiruvchilarda ishqalanishni qanday kamaytirish mumkin?

10. Yumalab ishqalanuvchi yo'naltiruvchilar qaysi xollarda qo'llanadi?

11. Yumalash jismlar shaklida yumalab ishqalanuvchi yo'naltiruvchilar qanday turlarga bo'linadi?

XI BOB

MEXATRON MODULLARNING KINEMATIK ANIQLIGI

Mexatron modulining aniqligi uning xatoligi, ya'ni chiqish bo'g'inining haqiqiy va hisoblangan pozitsiyalari o'rtasidagi farq bilan baholanadi. Mexatron modulining xatosining asosiy sabablari boshqarish tizimi va dvigatel xatolari, kinematik xatolar, o'lik harakat va uning harakatlarini o'zgartiruvchi elementlarining elastik deformatsiyasi [4].

11.1. Nazorat tizimi va dvigatel xatosi

Harakat o'zgartiruvchisining chiqish bo'g'iniga olib keladigan boshqarish tizimi va dvigatel xatosi quyidagi shaklda aniqlanishi mumkin:

$$\Delta q = \frac{\Delta \varphi_{dv}}{i},$$

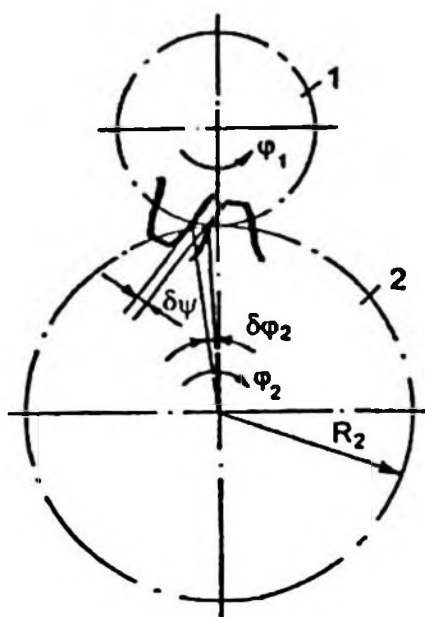
bu yerda i – harakat o'zgartiruvchisining uzatish nisbati; $\Delta \varphi_{dv}$ – dvigatelning burilish burchagi xatosi. To'g'ri ma'lumotlar bo'lmasa, $\Delta \varphi_{dv} = 5 \dots 10$ burchak daqiqa oraliqda taxminan qabul qilish mumkin.

11.2. Harakat o'zgartiruvchilarining kinematik xatoligi va o'lik harakati

Silindrik tishli uzatmaning kinematik xatosi. Tishli g'ildirakni ishlab chiqarish uzatmani yig'ish xatolari mavjudligi tufayli yetakchi tishli g'ildirakning bir xil burilish burchgi φ_1 da real yetaklanuvchi tishli g'ildirakning burilish burchagi φ_2 ideal mexanizmi g'ildirak burilish burchagidan farq qiladi. (11.1-rasm):

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1}{i_{12}} \frac{\delta \psi}{R_2} = \frac{\varphi_1}{i_{12}} - \delta \varphi_2,$$

bu yerda i_{12} – birinchi tishli g'ildirakdan ikkinchisiga uzatish nisbati;
 $\delta\psi$ – yetakchi va yetaklanuvchi tishli g'ildiraklarning yonlama bo'sh-
 lig'i; R_2 – yetaklanuvchi tishli g'ildirakning radiusi; $\delta\psi_2$ –
 yetaklanuvchi tishli g'ildirakning holati xatoligi.



11.1-rasm. Silindrik tishli uzatmaning kinematik xatosi.

Uzatmani ishlab chiqarish va yig'ish xatolaridan kelib chiqqan yetaklanuvchi g'ildirak holatidagi xatolar o'rtasidagi algebraik farq uzatmaning kinematik xatosi deb ataladi.

DS 21098-82 bo'yicha silindrik tishli uzatmaning kinematik xatosi maksimal-minimal usuli va ehtimollik usuli bilan aniqlanadi.

Tishli silindrik uzatmaning maksimum-minimum usul bilan hisoblashda kinematik xatoning minimal qiymati F'_{0min} yetaklanuvchi g'ildiragining bo'luvchi aylanasi bo'ylab quyidagi tenglamadan aniqlanadi, mkm:

$$F'_{0min} = AK_S (F'_{i1} + F'_{i2}) .$$

Kinematik xatolikning maksimal qiymati, mkm:

$$F_{i0\max}' = K \sqrt{F_{i1}'^2 + F_{i2}'^2} + \sqrt{F_{i2}'^2 + (E_{\Sigma})^2},$$

bu yerda A – uzatmaning aniqlik darajasini hisobga oluvchi koeffitsiyent. 7- va 8-aniqlik darajalarida $A = 0,71$, boshqa aniqlik darajalarida $A = 0,62$; K_s va K – fazoviy kompensatsiya koeffitsiyentlari, uzatish nisbati bo'yicha 11.1-jadvaldan tanlanadi; F_i' – g'ildirakning kinematik xatoligi joizligi, mkm:

$$F_i' = F_p + f_r,$$

F_p – tishli g'ildirak qadaming yig'ilgan xatoligiga joizlik, mkm; f – tish profili xatoligi joizligi [23]; $E_{\Sigma M}$ – montajda (yig'ilishda) summar keltirilgan xatolik, mkm:

$$E_{\Sigma M} = \sqrt{\frac{e_r \operatorname{tg} \alpha^2}{\cos \beta} + (e_a \operatorname{tg} \beta)^2},$$

bu yerda α – ilashish burchagi, grad; β – tish chizig'ining og'ish burchag, $e_r = F_r$ – tishli g'ildirakning montaj radial urushi (биение), mkm:

$$e_r = 0,85 \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2},$$

e_i – g'ildirakning birlamchi radial zarbalarini hosil qiluvchi xatoliklarga joizliklar, mkm; e_a – tishli g'ildirakning montajdagi o'qoviy zarbasi, mkm:

$$e_a = 0,85 \sqrt{\sum_{j=1}^n e_j^2},$$

e_j – g'ildirakning birlamchi o'qoviy zarbalarini hosil qiluvchi xatoliklarga joizliklar, mkm; dastlabki hisob-kitoblarda $e_a = 5...15$ mkm olish mumkin.

11.1-jadval

Tishli uzatma uchun fazoviy kompensatsiyasi koeffitsiyentlarining qiymatlari

u	K	K_s
1,0...1,5	0,98	0,80
1,5...2,0	0,85	0,76
2,0...2,5	0,83	0,75
2,5...3,0	0,93	0,74
3,0...3,5	0,97	0,75
3,5...4,0	0,96	0,80
4,0...4,5	0,96	0,90
4,5...5,0	0,96	0,87
5,0...5,5	0,98	0,85
5,5...6,0	0,96	0,88
6,0...6,5	0,97	0,94
6,5 dan kop	0,98	0,99
Eslatma: g'ildirakning birdan ko'p aylanishlar soni sodir bo'lgan taqdirda, butun son bilan ifodalanmagan uzatish nisbatlari uchun $K = K_s = 0,98$		

Hisoblash ehtimoli usuli bilan silindrik tishli uzatmaning kinematik xatosining maksimal qiymati F'_{i0P} , mkm:

$$F'_{i0P} = K_P F'_{i0max}, \quad (11.1)$$

bu yerda K_P – uzatish nisbati va xavf P ining foiziga qarab olingan fazoviy kompensatsiyasining ehtimollik koeffitsiyenti, 11.2-jadvalda berilgan.

**Tishli uzatmalar uchun Kv fazali kompensatsiyasining ehtimollik
koeffitsiyenti qiymatlari**

P, %	Uzatish nisbati u											
	1,0... 1,5	1,5... 2,0	2,0... 2,5	2,5... 3,0	3,0... 3,5	3,5... 4,0	4,0... 4,5	4,5... 5,0	5,0... 5,5	5,5... 6,0	6,0... 6,5	CB. 6,5
32	0,58	0,68	0,60	0,74	0,71	0,71	0,68	0,71	0,78	0,70	0,78	0,80
10	0,92	0,78	0,73	0,88	0,82	0,82	0,80	0,82	0,90	0,88	0,91	0,94
4,5	0,95	0,83	0,81	0,91	0,92	0,91	0,88	0,92	0,94	0,94	0,94	0,96
1,0	0,96	0,84	0,82	0,92	0,95	0,95	0,94	0,95	0,97	0,95	0,96	0,96

Mkm da ifodalangan kinematik xato F'_{i0} qiymatlarini burchak birliklarida hisoblashni biz proporsiyadan olamiz:

$$\frac{F'_{i0}}{1000\pi d_2} = \frac{\delta_\varphi}{360 \cdot 60}$$

Bu tenglamadan silindrik tishli uzatmaning burchak birliklaridagi kinematik xatosi:

$$\delta_\varphi = \frac{6,88}{d_2} F'_{i0}$$

bu yerda d_2 – yetaklanuvchi g'ildirakning bo'luvchi diametri, mm.

Radianlarda silindrik tishli uzatmaning kinematik xatosi (rad):

$$\delta_\varphi = \frac{2F'_{i0}}{d_2 \cdot 10^3} = \frac{1}{500d_2} F'_{i0}$$

Silindr tishli uzatmaning o'lik harakati. Uzatmaning to'g'ri va teskari harakatlarida yetakchi bo'g'inning bir xil holatlari uchun yetaklanuvchi bo'g'inning holatlari farqi o'lik harakat deb ataladi. U o'zini yetakchi g'ildirakning aylanish yo'nalishi o'zgartirilganda, yetaklanuvchi ma'lum muddat harakatsiz qolishida namoyon qiladi.

Yetaklanuvchi bo'g'inning qarama-qarshi J_{lqq} va to'g'ridan to'g'ri J_{ul} harakatlaridagi holatlarining xatolari o'rtasidagi algebraik farq uzatmaning o'lik harakatidagi xatolari J_l deb ataladi:

$$J_l = J_{lqq} - J_{ul}.$$

Maksimum-minimum usul bo'yicha hisoblashda silindrik tishli uzatmaning o'lik harakati J_{tmin} ning minimal qiymati, mkm:

$$J_{lmin} = \frac{J_{nmin}}{\cos \alpha \cos \beta},$$

bu yerda J_{nmin} – kafolatlangan yon bo'shliq, mkm, [4].

Silindrik tishli uzatmaning o'lik harakati J_{tmax} ning maksimal qiymati, mkm:

$$J_{lmax} = 0,7(E_{HS1} + E_{HS2}) + \sqrt{0,5(T_{H1}^2 + T_{H2}^2) + 2f_a^2 + G_{r1}^2 + G_{r2}^2},$$

bu yerda E_{HS1} va E_{HS2} – birinchi va ikkinchi g'ildiraklarning dastlabki konturining eng kam siljishi, mkm; T_{H1} va T_{H2} – birinchi va ikkinchi g'ildiraklarning dastlabki konturi siljishining joizligi, mkm; $\pm f_a$ – o'qlararo masofaning chegaraviy o'zgarishi, mkm (plus – yuqorigi, minus – pastki), mkm; $G_{r1}^2 = e_{r1} = F_{r1}$ va $G_{r2}^2 = e_{r2} = F_{r2}$ – birinchi va ikkinchi g'ildiraklarning aylanish ustunidagi radial bo'shliq (luft), mkm, [4].

Hisoblash ehtimoli usuli bilan o'lik harakatning maksimal qiymati, mkm:

$$J_{\varphi} = K_p J_{lmax}. \quad (11.2)$$

Burchak birliklarida o'lik harakatning qiymati – daqiqa, (...):

$$J_{\varphi} = \frac{6,88}{d_2} J_l,$$

va radyanlarda ham (rad):

$$J_p = \frac{1}{500 d_2} J_r.$$

Konussimon tishli uzatmaning kinematik xatosi va o'lik harakati.

Konussimon tishli uzatmaning kinematik xatoligining maksimal va minimal qiymatlari va o'lik harakatnig minimal qiymati [17, 18] silindrik tishli uzatmaniki kabi aniqlanadi, lekin quyidagilarni hisobga olgan holda: $F'_1 = F_p + 1,15f_c$ – konussimon va gipoidli tishli uzatmalar uchun, $F'_1 = F_p + 1,15f_f$ – mayda modulli konussimon tishli uzatmalar uchun. Tish qadaminging to'plangan xatosi uchun joizlik F_p qiymatlari, tish chastotasining chiniqtirish chegara xatosining joizligi f_c , tish profilidagi xatolik joizligi f_f , kafolatlangan yon bo'shlig'i J_{nmin} [17, 18] bo'yicha aniqlanadi.

Hisoblash ehtimoli usuli bilan kinematik xato va o'lik harakatning maksimal qiymati, mkm, (11.1) va (11.2) formulalar bilan aniqlanadi.

Kinematik xato qiymatlarini qayta hisoblash va burchak birliklarida mkm da ifodalangan konussimon tishli uzatmaning o'lik harakati, (..) va (rad), silindrsimon tishli shunga o'xshash ishlab chiqariladi.

Kinematik xato va reykali uzatmaning o'lik harakati. Minimal va maksimal kinematik xato qiymatlari va o'lik harakat $G_{r2} = 0$, $E_{\Sigma M2} = 0$ [19, 20] hisobga olib silindrik tishli uzatma kabi bir xil tarzda aniqlanadi. K va K_s fazali kompensatsiya koeffitsiyentlarining qiymatlari va K_p ehtimolligi koeffitsiyenti 11.3 va 11.4-jadvallar bo'yicha aniqlanadi, F_p tishli reyka qadaminging to'plangan xatosiga joizligi, tish profilidagi xatoligi f_f , kafolatlangan yonlama qadam J_{nmin} , boshlang'ich konturning eng kam qo'shimcha siljishi E_{HS} , boshlang'ich kontur siljishining joizligi T_H , o'qlararo masofaning chegaraviy og'ishi fa [19,20] bo'icha aniqlanadi.

11.3-jadval

**Tishli reykali uzatma uchun K_s fazali kompensatsiya
koeffitsiyentlarining qiymatlari**

u	K	K_s
0,25...0,50	0,90	0,07
0,50...0,75	0,95	0,17
0,75...1,00	0,80	0,40
1,00...1,25	0,80	0,65
1,25...1,50	0,95	0,65
1,50...1,75	0,95	0,60
1,75...2,00	0,88	0,59
2,00...2,25	0,87	0,68
2,25...2,50	0,94	0,78
2,50...2,75	0,98	0,72
2,75...3,00	0,92	0,68
3,00...3,25	0,90	0,73
3,25...3,50	0,95	0,83
3,50 dan ko'p	0,98	0,98

11.4-jadval

Tishli reykali uzatma uchun k_v extimollik koeffitsiyent qiymatlari

P, %	Uzatish nisbati u												
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	Cb.
	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,25
32	0,54	0,62	0,42	0,54	0,70	0,70	0,76	0,73	0,76	0,76	0,73	0,76	0,78
10	0,81	0,89	0,75	0,70	0,86	0,86	0,86	0,81	0,84	0,91	0,82	0,86	0,91
4,5	0,85	0,87	0,77	0,76	0,88	0,88	0,84	0,84	0,90	0,93	0,86	0,90	0,94
1,0	0,88	0,89	0,78	0,78	0,89	0,89	0,86	0,86	0,93	0,95	0,88	0,99	0,96

Kinematik xato qiymatlarini va mkm da ifodalangan reykali tishli uzatmaning o'lik harakatini burchak birliklariga qayta hisoblash, (...') va (rad), silindrik tishli uzatmaga o'xshash kabi hisoblab chiqariladi.

Silindrik chervyakli uzatmaning kinematik xatosi va o'lik harakati. Minimal, mm, [13, 14] – maksimal usuli bilan hisoblashda chervyakli uzatmaning kinematik xatosining minimal qiymati, mkm, [21, 22]:

$$F'_{i0\max} = 0,62 \cdot 0,7(f_{hk} + f_{f1}) + F'_{i2}.$$

Uzatmaning maksimal kinematik xatosi, mkm, [21, 22]:

$$F'_{i0\max} = 0,8 \sqrt{(f_{hk} + f_{f1})^2 + E_{\Sigma M1}^2} + \sqrt{(F'_{i2})^2 + E_{\Sigma M2}^2},$$

bu yerda f_{hk} – chervyakning qirqilgan qismidagi vint chizig'iga xatoligiga joizlik, mkm; f_{f1} – chervyak o'rami profilining xatoligiga joizlik, mkm; F'_{i2} – chervyak g'ildiragining eng katta kinematik xatoligiga joizlik, mkm:

$$F'_{i2} = F_p + f_{f2};$$

F_p – chervyak g'ildiragi qadaminig to'plangan xatosiga joizlik, mkm; f_{f2} – chervyakli g'ildirak tish profilidagi xato joizligi, mkm; $E_{\Sigma M1}$ – chervyakni o'rnatishning umumiy keltirilgan xatosi, mkm:

$$E_{\Sigma M1} = 1,2 \sqrt{e_{a1}^2 + (e_{r1} \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \gamma)^2},$$

bu yerda $\alpha = 20^\circ$ – chervyak profilining yonlama burchagi, grad; $\operatorname{tg} \gamma = z_1/q$; γ – bo'luvchi aylana bo'yicha chervyak vint chizig'ining ko'tarilish burchagi, grad; $z_1 = 1, 2, 4$ – chervyakning kirimlar soni; $q = 8; 10; 12,5; 16; 20$ – chervyak diametri koeffitsiyenti. $q \geq 0,25z_2$ tavsiya etiladi; z_2 – g'ildirak tishlar soni; $e_{a1} \approx 5 \dots 15$ mkm – chervyakning o'q bo'ylama tepkili to'lqinlanishi, mkm; $e_{r1} = F_{r1}$ – chervyakning radial tepkili to'lqinlanishi, mkm; $E_{\Sigma M2}$ – chervyakli g'ildirakni o'rnatishning umumiy keltirilgan xatosi, mkm:

$$E_{\Sigma M2} = \sqrt{\frac{e_{r2} \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}^2 + (e_{a2} \operatorname{tg} \beta)^2}.$$

Ehtimollik usuli bilan hisoblashda mkm:

$$F'_{i0p} = K_p F'_{i0\max},$$

bu yerda K_p – fazoviy kompensatsiyasining ehtimollik koeffitsiyenti 11.5-jadvaldan aniqlanadi.

**Chervyakli uzatma uchun K_P ehtimollik koefitsiyentining
qiymatlari**

$P, \%$	32	10	4,5	1,0	0,27
K_P	0,76	0,80	0,86	0,96	0,98

Maksimum-minimum usul bo'yicha hisoblashda chervyakli uzatmaning o'lik harakatning minimal qiymati, mkm:

$$J_{i\min} = \frac{J_{n\min}}{\cos \alpha \cos \beta}.$$

Chervyakli uzatmaning o'lik harakatning maksimal qiymati, mkm:

$$J_{i\max} = 0,94E_{\overline{SS}} + \sqrt{0,9(T_{\overline{S}}^2 + G_{a1}^2) + 2(f_a^2 + f_{\alpha}^2) + G_{r1}^2 + G_{r2}^2},$$

bu yerda $J_{n\min}$ – kafolatlangan yonlama bo'shliq, mkm; $E_{\overline{SS}}$ – xorda bo'yicha chervyak o'rami qalinligining eng kam og'ishi, mkm:

$$E_{\overline{SS}} = E_{\overline{SS}}' + E_{\overline{SS}}'';$$

$T_{\overline{S}}$ – xorda bo'yicha chervyak o'rami qalinligining joizligi, mkm;
 $\pm f_{as}$ – ishlov berishda o'qlararo masofasining chegaraviy og'ishi, mkm, $\pm f_{as} = 0,75f_a$; f_a – chervyakli uzatmaning o'qlararo masofasining chegaralangan og'ishi, mkm [21, 22].

Ehtimollik hisoblash usuli bilan, mm:

$$J_{ip} = K_P J_{i\max}.$$

Kinematik xato va burchak birliklarida chervyakli uzatmaning o'lik yo'li, (...) va (rad), silindrsimon tishliga o'xshash tarzda aniqlanadi.

To'liqin tishli uzatmaning kinematik xatosi. Uzatmaning kinematik xatosining minimal va maksimal qiymatlari, daqiqalarda, (...):

$$\delta\varphi_{\min} = 3,67 \frac{F_{r1} + F_{r2}}{40 + d_1}, \quad \delta\varphi_{\max} = 4,67 \frac{F_{r1} + F_{r2}}{40 + d_1},$$

va radianlarda, rad:

$$\delta\varphi_{\min} = 10,67 \frac{F_{r1} + F_{r2}}{(40 + d_1) 10^4}, \quad \delta\varphi_{\max} = 13,58 \frac{F_{r1} + F_{r2}}{(40 + d_1) 10^4};$$

bu yerda F_{r1} va F_{r2} – egiluvchan va qattiq tishli g'ildiraklarning tish tojilarining radial tepkilanishlariga joizliklar, mkm; d_1 – egiluvchan tishli g'ildirakning bo'luvchi diametri, mm.

Ehtimolik usuli bilan maksimal kinematik xato qiymatini daqiqada (...) yoki radyanda (rad) hisoblash 11.2-jadvalda aniqlangan K_p fazoviy kompensatsiyasining ehtimollik koeffitsiyentining va maksimal kinematik xato ko'paytmasi sifatida mos ravishda $\delta\varphi_{\max}$ (...) yoki $\delta\varphi_{\max}$ (rad) olinishi mumkin:

$$\delta\varphi_p = K_p \delta\varphi_{\max}.$$

To'liqinli tishli uzatmaning o'lik harakati juda ko'p ilashish juftligi mavjudligi tufayli va uning alohida elementlarini ishlab chiqarishning aniqligiga qarab taxminan 1'...9' ga teng deb hisoblanishi mumkin.

Sirpanish vint-gayka uzatmasining kinematik xatosi va o'lik harakati. Maksimum-minimum usul bilan hisoblashda kinematik xatoning minimal va maksimal qiymatlari, mkm, [22]:

$$F_{io\min} = 0,62\delta t_{\Sigma};$$

$$F_{io\max} = \sqrt{(\delta t_{\Sigma})^2 + (E_{\Sigma M})^2},$$

bu yerda δt_{Σ} – rezba qadamining yig'ilgan xatoligi, $\delta t_{\Sigma} \approx 5...15$ mkm;
 $E_{\Sigma M}$ – vintni o'rnatishning umumiy xatosi, mkm:

$$E_{\Sigma M} = \sqrt{e_a^2 + (e_r \operatorname{tg} \psi)^2},$$

$e_a \approx 5...15$ mkm – vintning o‘q bo‘ylama urishi; $e_r \approx 5...15$ mkm – vintning radial urishi; ψ – vint chzig‘ining ko‘tarilish burchagi, grad:

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P_h}{\pi d_1},$$

bu yerda $P_h = P_n$ – rezba yo‘li, mm; P – rezba qadami, mm; n – rezbaning kirmilar soni; d_2 – vint rezbasining o‘rta diametri, mm.

Ehtimollik usuli bilan hisoblashda kinematik xatoning maksimal qiymati, mkm:

$$F'_{io P} = K_P F'_{io \max},$$

bu yerda K_P – fazoviy kompensatsiyaning ehtimollik koeffitsiyenti, 11.6-jadvaldan P xavfining foiziga qarab olinadi.

11.6-jadval

Sirpanish vint-gayka uzatmasi uchun fazoviy kompensatsiyaning ehtimollik koeffitsiyenti qiymatlari

p, %	K_P
32	0,76
10	0,80
4,5	0,86
1,0	0,96
0,27	0,98

Kinematik xato qiymati: daqiqada, (...):

$$\delta \varphi = \frac{21,6 F'_{io}}{P_h}$$

va radianda, (rad):

$$\delta\varphi = \frac{1}{159,15 P_h} F_{\omega}'$$

Maksimal minimal usul bilan hisoblashda o'lik harakatining minimal qiymati, mkm:

$$J_{I\min} = b'' \lg\psi.$$

O'lik harakatining maksimal qiymati, mkm:

$$J_{I\max} = b' \lg\psi + \sqrt{(b'' - b')^2 \lg^2\psi + (b' \lg\psi)^2 + G_{a1}^2 + G_{a2}^2},$$

bu yerda b' va b'' - vint o'rta diametrining yuqori va pastki chegaraviy og'ishlari, mkm; b - vint o'rta diametrining yuqori og'ishi, mkm, [22]; $G_{a1} = e_{a1}$ va $G_{a2} = e_{a2}$ - aylanish ustunlaridagi o'qoviy bo'shliqlar, mkm.

Hisoblash ehtimoli usuli bilan o'lik harakatning maksimal qiymati, mkm:

$$J_{\varphi} = K_p J_{I\max}.$$

O'lik harakatning qiymati: daqiqada, (...):

$$J_{\varphi} = \frac{21,6}{P_h} J_I$$

va radianlarda, (rad):

$$J_{\varphi} = \frac{1}{159,15 P_h} J_I.$$

Zoldir-vintli uzatmasining (ZVU) kinematik xatosi va o'lik harakati. Zoldir-vintli uzatmaning vintning rezballi ishchi qismi uzunligi ℓ_{ish} dagi maksimal va minimal kinematik xato qiymatlari, mkm:

$$F_{io\max(\min)}' = \frac{e_p \pm V_{Pu}}{2},$$

bu yerda e_p – uzatma kinematik xatosining ruxsat etilgan qiymati, mkm (11.7-jad.); V_{pu} – vint rezbasining ishchi uzunligi ℓ_{ish} da kinematik xatolikning o'zgarishi kengligi, mkm (11.7-jadval).

11.7-jadval

Kinematik aniqlik ko'rsatkichlarining ruxsat etilgan qiymatlari e_p va V_{pu} , mkm

Ishchi uzunlik ℓ_{ish}		Aniqlik darajasi							
ko'proq	kamroq	P1		P3		P5		P7	
		e_p	V_{pu}	e_p	V_{pu}	e_p	V_{pu}	e_p	V_{pu}
—	315	6	6	12	12	23	23	52	52
315	400	7	6	13	12	25	25	56	55
400	500	8	7	15	13	27	26	62	58
500	630	9	7	16	14	30	29	70	62
630	800	10	8	18	16	35	31	79	68
800	1000	11	9	21	17	40	35	91	74
1000	1250	13	10	24	19	46	39	105	82
1250	1600	15	11	29	22	54	44	124	93
1600	2000	18	13	35	25	65	51	148	106
2000	2500	22	15	41	29	77	59	176	123
2500	3150	26	17	50	34	93	69	213	143

Kinematik xatoning ehtimollik qiymati, mkm:

$$F'_{io\varphi} = K_p F'_{io\max},$$

bu yerda K_p – 11.6-jadvaldan aniqlangan fazoviy kompensatsiyasining ehtimollik koeffitsiyenti.

Kinematik xato qiymati: daqiqada, (...):

$$\delta\varphi = \frac{21.6}{P_h} F'_{io}$$

va radianlarda, (rad):

$$\delta\varphi = \frac{1}{159.15 P_h} F'_{io},$$

bu yerda $P_h = P \cdot K$ – rezba yo'li, mm; P – rezba qadami, mm; K – rezbaning kirimlar soni.

Vint va ustunlar, vint-gayka ilashmasining elastik deformatsiyasini hisobga olgan holda o'lik harakatning maksimal va minimal qiymatlari, mkm:

$$J_{l \min(\max)} = 2 \cdot 10^3 (0,01d_z - \Delta d_z) \sin \beta + \Delta_{v.M} + \Delta_v + \Delta_{us},$$

bu yerda d_z – zoldir diametri, mm; Δd_z – zoldir diametrining chegaraviy og'ishi, mm (11.8-jad.); $\beta = 45^\circ$ – vint va gayka bilan zoldirlarning kontakt burchagi; $\Delta_{v.M}$ – vint-gayka ilashmasining elastik deformatsiyasi, mkm:

$$\Delta_{v.M} = \frac{F_a}{2,6 d_0^{0,89} d_z^{0,56} k_B^{0,67} F_a^{0,33} k_R};$$

F_a – o'q bo'ylama kuch, N; d_0 – zoldirlar markazlari joylashgan aylana diametri, mm; k_B – ishchi o'ramlar soni; k_R – uzatmaning aniqlik darajasiga bog'liq koeffitsiyent (P_1, P_3, P_5, P_7 aniqlik darajalariga o'z navbatida 1,2; 1,1; 1,0; 0,95 qabul qilinadi); Δ_v – vintning elastik deformatsiyasi, mkm:

$$\Delta_v = \frac{4 \cdot 10^3 l F_a}{\pi d_0^2 E};$$

l – gayka va ustun o'rta qismlardagi vintning uzunligi, mm; $E = (2 \dots 2,2) \cdot 10^5$ MPa – vint materialining birinchi turdagi elastik moduli (Yung moduli); Δ_{us} – ustunlarning elastik deformatsiyasi, mkm [20]:

$$\Delta_{us} = \frac{F_a}{K_{pod} d_{vb}},$$

K_{pod} – podshipnik turiga bog'liq koeffitsiyent, $K_{pod} = 25 \dots 30$ – kontakt burchagi 60° bilan sharikli va radial-trak podshipniklar uchun, $K_{pod} = 70$ trak podshipniklar uchun; d_{vb} – vintning podshipniklar o'rnatiladigan joyning diametri, mm. To'g'ri ma'lumotlar bo'lmasa, taxminan $d_{vb} = d_t - (2 \dots 5)$ mm qabul qilinishi mumkin; d_t – vintning tashqi diametri, mm.

Uzatma taranglik bilan bajarilganda, mkm:

$$J_{l \max(\min)} = \Delta_{v.M} + \Delta_v + \Delta_{us},$$

bu yerda

$$\Delta_{1..M} = \frac{F_{ax}}{2,6 d_0^{0,89} d_r^{0,56} k_B^{0,67} F_H^{0,33} k_R};$$

$$\Delta_r = \frac{4 \cdot 10^3 l F_{ax}}{\pi d_0^2 E};$$

$$\Delta_{ax} = \frac{F_{ax}}{K_{pod} d_{ob}},$$

11.8-jadval

Barcha aniqlik darajalaridagi zoldirlar diametrlari d_z ning chegaraviy og'ishlari

Zoldirlarning nominal diametrlari oralig'i, mm		Aniqlik darajasi				
dan yuqori	dan past	Yuqori B	Normal H	O'ta yuqori П	Turli maqsadlarda P	
0,8	3	$\pm 0,0025$	$\pm 0,005$	$\pm 0,010$	$\pm 0,025$	$-0,050$
3	6	$\pm 0,0050$	$\pm 0,010$	$\pm 0,025$	$+0,050$	$-0,100$
6	10	$\pm 0,0050$	$\pm 0,025$	$\pm 0,050$	$+0,075$	$-0,150$

bu yerda $F_{a\Sigma}$ – ishchi gaykaga ta'sir qiladigan o'q bo'ylama kuchlar yig'indisi, N:

$$F_{ax} = F_H + F_a, \text{ agar } F_H < 0,35F_a;$$

$$F_{ax} = F_H + 0,65F_a, \text{ agar } F_H > 0,35F_a,$$

F_H – dastlabki taranglik kuchi, N.

$$F_H = (0,4 \dots 0,5) F_a.$$

O'lik harakatning ehtimollik qiymati, mkm:

$$J_{\varphi} = K_p J_{\text{imax}}.$$

O'lik harakatning qiymati: daqiqada, (...):

$$J_{\varphi} = \frac{21,6}{P_h} J_t$$

va radianlarda, (rad):

$$J_{\varphi} = \frac{1}{159,15 P_h} J_r.$$

Ko'p bosqichli harakat o'zgartiruvchilarining kinematik xatosi. Maksimum-minimum usuli bo'yicha hisoblashda ko'p bosqichli harakat o'zgartiruvchilarning umumiy kinematik xatosi teng [18]:

$$\delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \delta_i,$$

bu yerda δ_i - i - uzatmaning kinematik xatosi:

$\delta_i = \delta\varphi_i$ - rad (daqiq), aylanma yoki ilgarilanma harakatni aylanmaga aylantirganda;

$\delta_i = F'_{i0}$, m, ilgarilanma yoki aylanma harakatni ilgarilanmaga aylantirganda;

ε_i - kinematik zanjirning chiqish bo'g'iniga olib borilganda uzatmaning kinematik xatodagi o'zgarishlarni hisobga olgan holda i - uzatma xatolarining uzatish koeffitsiyenti:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{u_{i+1,n}} = \frac{1}{\sum_{k=i+1}^n u_k},$$

bu yerda $u_{i+1,n}$ - ko'p pog'onali uzatmaning $i+1$ uzatma bilan chiqish bo'g'ini orasidagi uzatish soni; u_k - k - uzatmasining uzatish soni; n - uzatmalar soni.

Masalan, ko'p pog'onali tishli mexanizm uchun (11.2-rasm):

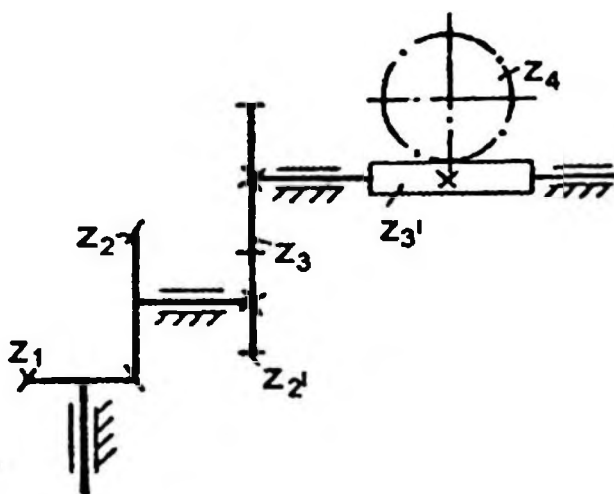
Uzatmalarning xatolarini uzatish koeffitsiyentlari tengdir:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{\sum_{k=i+1}^n u_k}.$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{u_3} = \frac{1}{z_4/z_3'}; \quad \varepsilon_3 = 1. \quad \varepsilon_1 = \frac{1}{u_2 u_3} = \frac{1}{\frac{z_3}{z_2'} \frac{z_4}{z_3'}};$$

Ehtimollik usulini hisoblashda umumiy kinematik xato:

$$\delta_{\Sigma P} = E_{1\Sigma}^{\varphi} + t_1 \sqrt{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i V_i^{\varphi})^2},$$



bu yerda $E_{1\Sigma}^{\varphi}$ – kinematik zanjirning kinematik xatosi tarqalishi maydoni o'rtasining koordinatasi:

$$E_{1\Sigma}^{\varphi} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \frac{\delta_{i\max} + \delta_{i\min}}{2};$$

t_1 – 11.9-jadvaldan xavf foizi P ga qarab tanlangan koeffitsiyent;
 V_i^{φ} - i – uzatmaning kinematik xato tarqalishi maydoni:

$$V_i^{\varphi} = \delta_{i\max} - \delta_{i\min}.$$

11.9-jadval

t_1 va t_2 koeffitsiyentlarning qiymati

$P, \%$	t_1	t_2
10,00	0,26	0,21
4,50	0,35	0,28
1,00	0,48	0,39
0,27	0,57	0,46

Bunday holda, bir yoki bir nechta uzatmalarning chiqish g'ildiragi to'liq bo'lmagan aylanishni amalga oshirsa, ko'rib chiqilayotgan uzatmalarning formulalar bo'yicha hisoblangan kinematik xatolarining mos keladigan qiymatlari, vintli uzatmadan tashqari, chiqish g'ildiragining aylanish burchagiga qarab 11.10-jadval bo'yicha tanlangan K_φ koeffitsiyenti bilan ko'paytiriladi.

11.10-jadval

K_φ koeffitsiyentining qiymatlari

Buralish burchagi φ , grad.											
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
0,02	0,07	0,15	0,25	0,37	0,5	0,63	0,75	0,85	0,93	0,98	1

Ko'p bosqichli harakat o'zgartiruvchilarning o'lik harakati. Maksimal-minimal usul bilan hisoblashda ko'p bosqichli harakat o'zgartiruvchilarining umumiy o'lik harakati [18]:

$$J_\Sigma = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i J_i,$$

bu yerda J_i - i - uzatmaning o'lik harakati:

$J_i = J_{\varphi i}$, rad (daqiq), aylanma yoki ilgarilanma harakatni aylanmaga aylantirganda;

$J_i = J_{\tau i}$, m, ilgarilanma yoki aylanma harakatni ilgarilanmaga aylantirganda.

Ehtimollik usulini hisoblashda jami o'lik harakat:

$$J_{\Sigma P} = E_{V\Sigma}^j + t_2 \sqrt{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i V_i^j)^2},$$

bu yerda $E_{V\Sigma}^j$ - mexanizmning o'lik harakati tarqalishi maydoni o'rtasining koordinatasi:

$$E_{V\Sigma}^j = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \frac{J_{i\max} + J_{i\min}}{2};$$

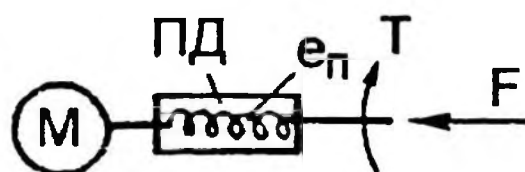
t_2 - 11.9-jadvaldan xavf foizi P ga qarab tanlangan koeffitsiyent; V_i^j - i -uzatmaning o'lik harakati tarqalishi maydoni:

$$V_i^j = J_{i\max} - J_{i\min}.$$

11.3. Harakat o'zgartiruvchining egiluvchanligi sababli xatolik

Mexatron modulining harakat o'zgartiruvchisining bo'g'inlari mutlaqo bikr emas. Yuklanish ta'sirida ular deformatsiyalanadi. Bu esa, chiqish bo'g'inining holatini o'zgartirishga olib keladi, ya'ni mexatron modulining xatosi paydo bo'ladi.

Dvigatel va harakat o'zgartiruvchisidan tashkil topgan mexatron modulini ko'rib chiqamiz (11.3-rasm). Tashqi yuklanish Q ning ta'siridan mexatron modulining chiqish bo'g'inining pozitsiyasi xatosi



11.3-rasm.

paydo bo'ladi:

$$\Delta q' = e_k Q,$$

bu yerda $Q = F$ – chiqish bo'g'inining chiziqli harakatidagi qarshilik kuchi, N;

$Q = T$ – chiqish bo'g'inining burchakli harakatidagi qarshilik momenti, Nm;

e_k – mexatron modulining harakat o'zgartiruvchisi keltirilgan moslashuvchanligi.

11.4. Harakat o'zgartiruvchilari elementlarining moslashuvchanligi

Mexanizmdan mexatron modulining chiqish bo'g'iniga harakatni uzatish alohida elementlardan (vallar, tishli g'ildiraklar, vintlar va boshqalar) tashkil topgan harakat o'zgartiruvchilari orqali amalga oshiriladi. Ular mutlaqo bikr emas va yuklanish ta'sirida deformatsiyalanadi. Natijada, chiqish bo'g'inlarning harakat qonunlari dvigatellar tomonidan o'rnatilgan dasturlardan farq qiladi. Harakat

o'zgartiruvchilari elementlarining moslashuvchanligi turli ma'nolarga ega.

Cho'zilish (siqilish)da sterjenning moslashuvchanligi, mm/N:

$$e = \frac{\Delta l}{F} = \frac{l}{EA},$$

bu yerda Δl – sterjen deformatsiyasi, mm; F – tashqi o'q bo'ylama kuch, N; l – sterjen uzunligi, mm; E – sterjen materiallarining birinchi turdagi elastik moduli, MPa. Po'lat sterjen uchun $E = (2,0...2,2) \cdot 10^5$ MPa; A – sterjen kesimining yuzasi, mm².

Burilish uchun ishlaydigan valning moslashuvchanligi, rad / mm:

$$e = \frac{\varphi}{T} = \frac{l}{GJ_p}, \quad (11.3)$$

bu yerda φ – valning bir kesimining undan l masofada bo'lgan boshqa kesimga nisbatan buralish burchagi, rad; T – buralish momenti, N·mm; G – val materialining ikkinchi turdagi elastik moduli, MPa; J_p – valning ko'ndalang kesimining polar inersiya momenti, mm⁴. Yaxlit val uchun:

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32},$$

d – val diametri, mm.

Shponkali va shlitsali birikmalarining moslashuvchanligi, rad/N·mm:

$$e = \frac{\varphi}{T} = \frac{K_{sh}}{d^2 l h z},$$

bu yerda d – val diametri, mm; l – shponka (shlitsaning) uzunligi, mm; h – shponka (shlitsaning) balandligi, mm; z – shponka (shlitsalar) soni; K_{sh} – ulanish turini va shponkaning turini hisobga olgan holda koeffitsiyent, mm³/N:

$6,5 \cdot 10^{-3}$ – prizmatik shponkalar uchun;

$K_{sh} = 14 \cdot 10^{-3}$ – segmentli shponkalar uchun;

$4 \cdot 10^{-3}$ – shlitsali birikmalar uchun.

Tishlarning deformatsiyasi bilan bog'liq tishli uzatmaning moslashuvchanligi, rad / Nmm:

$$e = \frac{\varphi}{T} = \frac{1}{K_M r_w^2 b}, \quad (11.4)$$

bu yerda r_w – yetakchi g'ildirakning boshlang'ich aylana radiusi, mm; b – tishli g'ildirak tojining kengligi, mm; K_M – tishli g'ildiraklarning materialini hisobga olgan koeffitsiyent. Po'lat g'ildiraklar uchun $K_M = 145 \cdot 10^2$ MPa.

Tishli ilashmaning moslashuvchanligi, mm/N:

$$e = \frac{\Delta l}{F} = \frac{K_p}{A},$$

bu yerda Δl – rezba o'ramining deformatsiyasi, mm; F – rezba o'ramiga ta'sir etuvchi tashqi o'q bo'ylama kuch, N; A – rezba o'ramining yuzasi, mm².

$$A = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_3^2),$$

d – rezbaning tashqi diametri, mm; d_3 – rezbaning ichki diametri, mm; K_p – tishli ilashmaning materialini hisobga olgan holda koeffitsiyent. Po'lat uchun $K_p = (0,5 \dots 1,0) \cdot 10^{-3}$ mm³/N.

Yumalash vint-gayka ilashmaning moslashuvchanligi, mm/N:

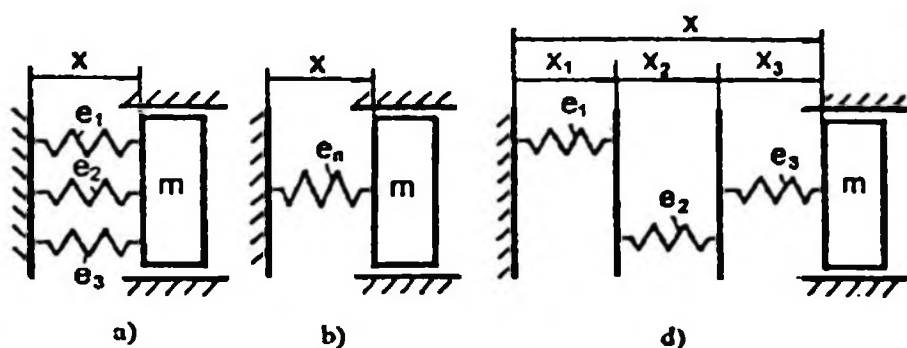
$$e_{\text{vM}} = \frac{1}{2,6 d_0^{0,89} d_z^{0,56} K_B^{0,67} F_H^{0,33} K_R},$$

bu yerda d_0 – zoldirlar markazlari joylashgan aylananing diametri, mm; d_z – zoldir diametri, mm; K_B – ishchi o'ramlar soni; F_H – ishchi gaykaga ta'sir qiladigan tig'izlik kuchi, N; K_R – uzatmaning aniqlik darajasiga bog'liq koeffitsiyent.

11.5. Harakat o'zgartiruvchilarning keltirilgan moslashuvchanligi

Harakat o'zgartiruvchilarida elastik elementlar parallel va ketma-ket ulanishi mumkin. Bunday holda keltirilgan moslashuvchanlik aniqlanadi.

Bikr elementlarning parallel ulanishi bilan keltirilgan moslashuvchanligi potensial energiya tengligi holatidan oldin va keyin aniqlanadi va bu holda kinematik zanjirning barcha elementlarining deformatsiyalari bir-biriga teng (11.4-rasm, a, b).



11.4-rasm. Bikr elementlarning parallel ulanishi.

Ushbu shartni hisobga olgan holda biz:

$$\frac{x^2}{2e_n} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{x^2}{e_i}$$

bu yerda x – barcha elementlar uchun umumiy bo‘lgan deformatsiya; e_i – bikr elementning moslashuvchanligi; n – elementlarning soni. Shunday qilib, elastik elementlarning parallel ulanishi uchun biz yuqorida ko‘rsatilgan moslashuvchanlik qiymatiga egamiz:

$$e_K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{e_i}}$$

Moslashuvchanlikning teskari qiymati bikrlikdir:

$$C = \frac{1}{e}$$

Moslashuvchanliklar keltirgandan so‘ng, biz bir massali dinamik modelni olamiz (11.4-rasm, b), unda m massali keltirish bo‘g‘iniga e_n moslashuvchanlikka ega bikr element ta‘sir etadi.

Elastik elementlarning ketma-ket ulanishi bilan (11.4-rasm, d) ularning umumiy deformatsiyasi tengdir:

$$x = \sum_{i=1}^n x_i, \quad (11.5)$$

bu yerda x_i -i – birk elementning deformatsiyasi.

Bir elementdan ikkinchisiga uzatiladigan deformatsiya kuchining tengligi holatidan yozilishi mumkin:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n e_i} = \frac{x}{e_K}.$$

Bundan

va $x = F e_K$.

$$\sum_{i=1}^n x_i = F \sum_{i=1}^n e_i$$

Ushbu shartlarni hisobga olgan holda (11.5) tenglama quyidagi shaklni oladi:

$$F e_K = \sum_{i=1}^n F e_i.$$

Natijada, biz moslashuvchanlikning qiymatini olamiz:

$$e_K = \sum_{i=1}^n e_i. \quad (11.6)$$

Shuning uchun, F deformatsiyasining bir xil kuchini uzatuvchi elastik elementlarning ketma-ket ulanishi bilan, yuqorida keltirilgan moslashuvchanlik alohida elementlarning moslashuvchanlik yig'indisiga teng.

Natijada biz elastik elementlarning parallel ulanishi natijasida olingan o'xshash modeli kabi bir massali dinamik modelni hosil qilamiz (11.4-tasm, b).

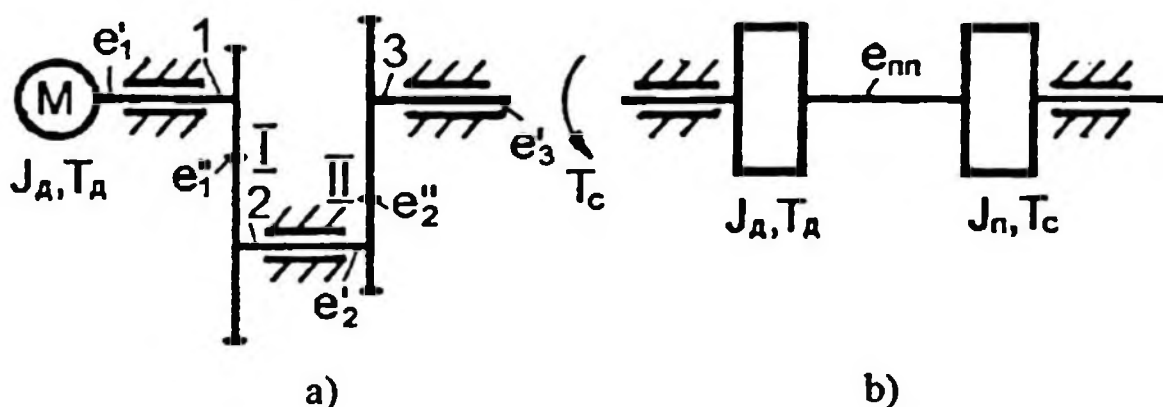
Agar ketma-ket bog'langan elastik elementlar massaga ega deb hisoblansa, bu holda bir elementdan ikkinchisiga uzatiladigan kuchlar turli elementlar uchun turli xil bo'lishi mumkin bo'lgan inersiya kuchlariga bog'liq bo'ladi va (11.6) formulada yuqorida ko'rsatilgan moslashuvchanlikni aniqlash noto'g'ri.

Mexatron modullarning harakat o'zgartiruvchilarida elastik elementlarning ketma-ket ulanishi elastik vallar va elastik tishli g'ildiraklari mavjud tishli o'zgartiruvchilarni ko'rib chiqishda sodir bo'ladi (11.5-rasm, a), ular uchun moslashuvchanliklari (11.3) va (11.4) formulalar tomonidan topiladi. Bu holda, (11.6) formuladan to'g'ridan to'g'ri foydalanish mumkin emas, chunki bir valdan ikkinchisiga o'tishda aylanish momenti uning qiymatini faqat birga teng bo'lgan uzatish nisbati bilan saqlaydi. Umuman olganda, aylanish momentlari T_i va T_j i va j tishli juftlik uchun bu juftlikning nisbati bilan quyidagicha bog'liq:

$$u_{ij} = \frac{T_j}{T_i}. \quad (11.7)$$

Xuddi shunday, kichik burilish burchaklari uchun i va j g'ildirak-lar uchun uzatish nisbati quyidagi ko'rinishga ega:

$$u_{ij} = \frac{\Delta\varphi_i}{\Delta\varphi_j}. \quad (11.8)$$



11.5-rasm. Elastik elementlarning ketma-ket ulanishi elastik vallar va elastik tishli g'ildiraklar mavjud harakat o'zgartiruvchilari.

Agar moslashuvchanlikni oxirgi n elastik elementga olib keladigan bo'lsak, ushbu holat uchun shart (11.8) quyidagi shaklni oladi:

$$\Delta\varphi_n = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\varphi_i}{u_{in}}, \quad (11.9)$$

bu yerda $\Delta\varphi_i$ - i - elastik elementning burilish burchagi; u_{in} - i va n bo'g'inlar orasidagi uzatish nisbati.

i val uchun (11.5-rasm, a) burilish burchagi $\Delta\varphi_i$ unga ta'sir qiladigan T_i aylanish momenti bilan quyidagi bog'liqlikda bo'ladi:

$$\Delta\varphi_i = T_i e_i.$$

(11.7) formulani hisobga olgan holda:

$$u_{in} = \frac{T_n}{T_i}.$$

Ushbu munosabatlarni (11.9) formulaga qo'yib, biz quyidagilarni olamiz:

$$\Delta\varphi_n = \sum_{i=1}^n \frac{T_i e_i}{u_{in}} = \sum_{i=1}^n \frac{T_n e_i}{u_{in}^2}. \quad (11.10)$$

Bundan tashqari, n - bo'g'inga moslashuvchanliklarni olib kelish sharti bilan bizda:

$$\Delta\varphi_n = T_n e_{K_n}. \quad (11.11)$$

Tenglama (11.10) va (11.11)ning o'ng qismlarini tenglashtirib, biz ketma-ket bog'langan elastik vallarning keltirilgan moslashuvchanligini olamiz:

$$e_{K_n} = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{u_{in}^2}.$$

Xuddi shunday, siz ketma-ket ulangan tishli uzatmalarning keltirilgan moslashuvchanligini olishingiz mumkin (11.5-rasm, a):

$$e_{K_m} = \sum_{j=1}^m \frac{e_j}{u_{jm}^2},$$

bu yerda e_j - j - tishli uzatmaning moslashuvchanligi; m - tishli uzatmalar soni. Ketma-ket ulangan elastik vallar va elastik tishli

g'ildirak bilan tishli harakat o'zgartiruvchisining to'liq berilgan keltirilgan moslashuvchanligi quyidagi ko'rinishga ega (11.5-rasm, b):

$$e_K = e_{K_n} + e_{K_m} = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{u_n^2} + \sum_{j=1}^m \frac{e_j}{u_{jm}^2}. \quad (11.12)$$

Tishli uzatmaning bir bosqichining uzatish nisbati $u_i = 2 \dots 5$ ga teng, unda o'rtacha $u \approx 10$.

Shunday qilib, (11.12) ifodada har bir oldingi (i-1) a'zolar har bir keyingi i a'zodan taxminan 10 marta kamroq. Unda, taxminan, tishli harakat o'zgartiruvchisining yuqorida ko'rsatilgan moslashuvchanligi teng ravishda olinishi mumkin:

$$e_K = e_n + e_m.$$

Shunday qilib, tishli harakat o'zgartiruvchisining keltirilgan moslashuvchanligi uning oxirgi bosqichi (oxirgi tishli uzatmaning va chiqish valining) elementlarining umumiy moslashuvchanligi hisoblanadi.

Tishli harakat o'zgartiruvchisining dinamik modeli J_D va J_n keltirilgan inersiya momentlari bilan ikki massa ko'rinishida taqdim etilishi mumkin. Bu yerda J_D ni dvigatelning barcha aylanuvchi qismlarini hisobga olgan holda aniqlanadi, J_n – ni keltirish bo'g'inidan keyin joylashgan barcha harakatlanuvchi bo'g'inlarning massalari va keltirilgan inersiya momentlari J_M larni hisobga olgan holda (11.5-rasm, b).

Tishli o'zgartiruvchisini bitta elastik elementning keltirilgan moslashuvchanligi bilan ikki massali dinamik model bilan almashtirish, agar tishli g'ildiraklarning inersiyasi momentlari keltirilgan inersiya momentlari J_D , J_M lariga nisbatan kichik bo'lgan holda bo'lishi mumkin.

11.6. Mexatron modulining xatosi

Mexatron modulining chiqish bo'g'inining umumiy xatosi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = \Delta q + \delta_{\Sigma} + J_{\Sigma} + \Delta q',$$

bu yerda Δq – dvigatel va boshqarish tizimlarining xatoligi; δ_{Σ} – harakat o'zgartiruvchisining summar kinematik xatoligi; J_{Σ} – harakat o'zgartiruvchisining summar o'lik harakati; $\Delta q'$ – harakat o'zgartiruvchisining moslashuvchanligi sababli xatosi.

Nazorat va muhokama savollari

1. Mexatron modulining aniqligi deganda nimani tushunasiz?
2. Mexatron modulining xatosi asosiy sabablarini keltiring.
3. Silindrik tishli uzatmaning kinematik xatosi qanday parameterlarga bog'liq va qanday usullar bilan aniqlanadi?
4. Tishli silindrik uzatmaning minimal qiymati qanday aniqlanadi va u nimalarga bog'liq?
5. Tishli silindrik uzatmaning maksimal qiymati qanday aniqlanadi va u nimalarga bog'liq?
6. Silindr tishli uzatmaning o'lik harakati deganga nimani tushunasiz?
7. Konussimon tishli va reykali uzatmalarning kinematik xatosi va o'lik harakati qanday aniqlanadi?
8. Zoldir-vintli uzatmasining (ZVU) kinematik xatosi qanday aniqlanadi?
9. Ko'p bosqichli harakat o'zgartiruvchilarining umumiy kinematik xatosi qanday aniqlanadi?
10. Harakat o'zgartiruvchilari elementlarining moslashuvchanligi deganda nimani tushunasiz?
11. Keltirilgan moslashuvchanlik qaysi holda aniqlanadi?
12. Mexatron modulining chiqish bo'g'inining umumiy xatosi qanday aniqlanadi?

XII BOB

MEXATRON MODULLARINING ISHONCHLILIGI

12.1. Ishonchlilikning asosiy tushunchalari

Ishonchlilik (umumiy) – obyekt (mahsulot)ning vaqt mobaynida belgilangan ishlatish sharoitlarda kerakli funksiyalarni bajarilishini ta'minlaydigan barcha parametrlarni saqlashi [39].

Zamonaviy mexatron modullari turli xil o'zaro ta'sir qiluvchi mexanik, elektromexanik, elektron va axborot qurilmalaridan iborat. Bunday murakkab tizimning kamida bitta elementi ishlamay qolishi butun mexatron modulining ishlashiga ta'sir qilishi mumkin.

Ishonchlilik nazariyasida quyidagi umumlashtirilgan obyektlar ko'rib chiqiladi:

- mahsulot – korxona, sex va boshqalar tomonidan ishlab chiqarilgan mahsulot

- birliqi (masalan, podshipnik, tishli g'ildirak, elektr dvigatel, mexatron modul, mexatron qurilma, sanoat roboti);

- element – bir yoki bir nechta qismlardan tashkil topgan mahsulotning tarkibiy qismini hisobga olgan holda eng oddiy hisoblanadi;

- tizim – muayyan funksiyalarni mustaqil bajarish uchun mo'ljallangan, birgalikda ishlaydigan elementlarning to'plami.

Element va tizim tushunchalari berilgan vazifaga qarab bir-biriga o'zgartiriladi. Mexatron modul o'z ishonchliligini o'rnatishda alohida elementlardan tashkil topgan tizim – harakat o'zgartiruvchilari, ehtiyot qismlar va boshqalar robotning ishonchliligini o'rganishda element sifatida qaraladi.

Ishonchliligi quyidagi asosiy holatlar va voqealar bilan tavsiflanadi [50, 54].

Ishga yaroqlilik – u odatda belgilangan funksiyalarni bajarishi mumkin bo'lgan holati.

Tuziklik (sozlik) – bu nafaqat asosiy, balki yordamchi talablarni ham qondiradigan mahsulotning holati.

Buzilganlik (nosozlik) – texnik hujjatlar talablariga kamida biriga mos kelmaydigan mahsulotning holati.

Buzilishga olib kelmaydigan va buzilishga olib keladigan nosozlikliklar va ularning kombinatsiyalari mavjud.

Ishlamay qolish – bu to‘liq yoki qisman ishlash qobiliyatining yo‘qolishi. Ularni funksional ishlamay qolish, bunda ko‘rib chiqilayotgan element yoki obyekt tomonidan o‘z vazifalarini bajarishi to‘xtatilishi (masalan, tishli g‘ildirakning tishlari sinishi) va parametrik ishlamay qolishi, bunda obyektning ayrim parametrlari nomaqbul chegaralarda o‘zgaradi (masalan, mexatron modulining ish aniqligi o‘zgarishi). Ishlamay qolishliklar to‘satdan (ortiqcha yuklanishdan buzilishi, qadalishlar), asta-sekin rivojlanib va to‘satdan paydo bo‘ladigan (toliqish, chiroqlarni o‘chishi, izolasiyani qarishi tufayli qisqa tutashuv) va asta-sekin namoyon qiladiganlarga bo‘linadi (yeyilish, qarish, korroziya, yopishib qolish).

Kelib chiqadigan sabablarga ko‘ra ishlamay qolish quyidagilarga bo‘linadi:

konstruksion (konstruksion kamchiliklar tufayli); *texnologik* (texnologiyaning buzilishi yoki nomukammalligi oqibatida) va *ishlatish* (noto‘g‘ri ishlatish) tufayli.

Mahsulotni yanada foydalanish ilojisi bo‘yicha ishlamay qolish to‘liq – ularni bartaraf qilmasdan mahsulot ishlay olishi ehtimoli istisno va qisman bo‘lgan, bunda mahsulotdan qisman foydalanish mumkin.

12.2. Ishonchlilik xususiyatlari

Ishonchlilikning asosiy xususiyatlari quyidagilardir: buzilmasdan ishlash, uzoqqa chidamlilik, ta‘mirlash mumkinligi va saqlanishligi [39].

Buzilmasdan ishlash – mahsulotning muayyan vaqt yoki ishlash muddati davomida doimiy ishlashini ta'minlash xususiyati. Bu xususiyat, ayniqsa, inson hayoti uchun xavf-xatar bilan bog'liq bo'lgan mahsulotlarni ishlamay qolishi, avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishni to'xtatish yoki qimmatbaho mahsulotni nuqson bilan ishlanishi uchun juda muhimdir.

Buzilmasdan ishlash ko'rsatkichlari. Buzilmasdan ishlash ehtimoli $P(t_0)$ – berilgan ishlash muddati chegarasida Buzilmasdan ishlash yuzaga kelmasligi ehtimoli:

$$P(t_0) = 1 - F(t_0),$$

bu yerda $F(t_0)$ – buzilmasdan ishlashga qadar ishlash muddatining tarqatish funksiyasi.

Ishlamay qolishga qadar o'rtacha ishlash muddati – qayta tiklanmaydigan mahsulotning ishlamay qolishga qadar ishlash muddatining matematik kutishidir. Ishlash muddati ish obyekti tomonidan bajarilgan ishning davomiyligi yoki hajmini anglatadi.

Ishlamay qolishga o'rtacha ishlash muddati – bu qayta tiklangan obyektning ishlash muddatini ushbu davr mobaynida uning ishlamay qolish sonini matematik kutishiga nisbati.

Ishlamay qolish intensivligi $\lambda(t)$ – ko'rib chiqilayotgan vaqt uchun ishlamay qolish kuzatilmaganligi sharti bilan qayta tiklanmaydigan obyektning ishlamay qolish ehtimoli shartli zichligi. Vaqt birligida ishlamay qolgan obyektlarning o'rtacha sonini (yoki boshqa birliklarda ishlash muddati) ishlaydigan obyektlar soniga nisbati sifatida aniqlanadi:

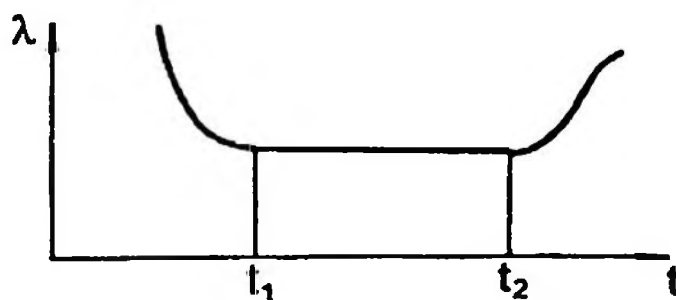
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{1}{P(t)} \frac{d}{dt} P(t) = \frac{1}{1-F(t)} \frac{d}{dt} F(t).$$

Taxminan:

$$\lambda(t) \approx \frac{n}{N \Delta t},$$

bu yerda n – Δt vaqt oralig'ida sinovdan o'tmagan mahsulotlarning soni; N – sinovdan o'tgan mahsulotlarning umumiy soni.

Ko'pchilik obyektlar uchun $\lambda(t)$ qaramlik uchta uchastkaga ega chiziq bilan ifodalash mumkin (12.1-rasm).



12.1-rasm. Obyektlarning $\lambda(t)$ qaramligi.

Birinchi uchastka $0 \leq t \leq t_1$ ishlab moslanish vaqti yoki erta buzilish davri deb ataladi. Bu davrda buzilishlar paydo bo'lishi odatda konstruktiv yoki ishlab chiqarish nuqsonlari sabab bo'ladi. Ikkinchi qism $t_1 < t \leq t_2$ doimiy intensivligi ushbu uchastkada normal ishlashni tavsiflaydi $P(t) = e^{-\lambda t}$. Uchinchi uchastka $t > t_2$ yeyilish asosida buzilish davri deb ataladi.

Ishlamay qolish oqimi parametri – qayta tiklanadigan mahsulotlarning ishonchliligi ko'rsatkichi, qayta tiklangan obyektning uning kichik ishlab moslanishuvi vaqtida o'rtacha ishlamay qolishlar sonining ishlab moslanish qiymati nisbatiga teng (qayta tiklanmaygan mahsulotlar uchun ishlamay qolish intensivligiga mos keladi, lekin takroriy buzilishlarni o'z ichiga oladi).

Uzoqqa chidamlilik – mahsulotni kerakli ta'mirlash va texnikaviy ko'rikdan o'tkazish davri tanaffuslari bilan ishga yaroqlikning chegara-viy holatiga qadar saqlab turish xususiyati.

Uzoqqa chidamlilik ko'rsatkichlari. Texnik resurs (resurs) – obyektning ishga tushirilishidan boshlab yoki ta'mirdan keyin qayta ishga tushirilgandan so'ng chegaraviy holatga qadar ishlash muddati. Resurs ish vaqti (soat), yo'l uzunligi (kilometr) va mahsulotning ishlab chiqarish birliklarida ifodalanadi. Texnik resurs tushunchasi va buzilishga qadar ishlash muddati ta'mirlab bo'lmaydigan mahsulotlar uchun mos keladi.

Xizmat muddati – cheklov holatiga qadar taqvimiy ish vaqti. Odatda yillarda ifodalanadi. Mexatron modullarning detallari uchun uzoqqa chidamlilik mezonlari sifatida texnik resurs ishlatiladi.

Uzoqqa chidamlilik ko'rsatkichlari gamma-foizlarga, o'rtacha joriy (yoki kapital) ta'mirdan oldin, to'liq, o'rtacha hisobdan chiqarishdan oldinga bo'linadi. Ular ishga yaroqliligi qobiliyatini saqlab qolish ehtimoli bilan mahsulotning uzoqqa chidamliligini tavsiflaydi. Misol uchun, gamma-foizli resurs t_γ – obyekt foiz sifatida ifoda etilgan berilgan ehtimollik γ bilan chegaraviy holatga erisha olmaydigan ishlash muddati.

Ommaviy va seriyaga oid ishlab chiqarish mahsulotlari uchun ko'pincha 90% resurs ishlatiladi. Agar ishlamay qolishlik insonlarning hayoti uchun xavfli bo'lsa, γ – resurs 100%ga yaqinlashadi.

Ta'mirlashga yaroqliylik – mahsulotni texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash orqali ishlamay qolishlik va nosozliklarni oldini olish, aniqlash va bartaraf etishga moslashishi.

Saqlanishlik – mahsulotning belgilangan saqlash va tashish muddati davomida va undan keyin ishga yaroqliligi, uzoqqa chidamlilik va ta'mirlashga yaroqlik ko'rsatkichlarining qiymatini saqlab qolishdir.

Ta'mirlashga yaroqlilik va saqlanuvchanlik ko'rsatkichlari. O'rtacha ishlashga yaroqlik holatini tiklash vaqti, o'rtacha va γ foizli saqlash muddati.

Keng qamrovli ishonchlilik ko'rsatkichlari. Texnik foydalanish koeffitsiyenti ma'lum bir davr mobaynida ishlaydigan holatning matematik kutish vaqtining ishga yaroqlik holati va ta'mirlash hamda texnik xizmat ko'rsatish va barcha ishlamaydigan holat uchun matematik kutish vaqtining summasi nisbati.

Tayyorgarlik koeffitsiyenti – bu ishga loyqlikdagi vaqtning matematik kutishning ushbu vaqtning va rejadan tashqari ta'mirlash holatida bo'lgan vaqt yig'indisining matematik kutishiga nisbati.

12.3. Buzilmaslik

Buzilmaslikning asosiy ko'rsatkichi buzilmasdan ishlash ehtimoli – $P(t)$ bo'lib, ma'lum bir vaqt yoki ishlash muddati davomida buzilish yuzaga kelmasligi ehtimolligi hisoblanadi.

Buzilmasdan ishlash ehtimolligi ishlaydigan elementlarning nisbatan soni bilan baholanadi:

$$P(t) = \frac{N_p}{N} = 1 - \frac{n}{N} = 1 - Q(t),$$

bu yerda N – sinovdan o'tgan (ishlatilayotgan) namunalarning umumiy soni; N_p – sinov (ishlatish) lardan keyin ishlaydigan namunalar soni; n – sinovlardan so'ng ishga loiq bo'lmagan namunalar soni; $Q(t)$ – nisbiy buzilishlar soni bilan baholangan ishlamay qolish ehtimoli:

$$Q(t) = \frac{n}{N}.$$

Uzluksiz ish va ishlamay qolish o'zaro qarama-qarshi bo'lgan voqealar bo'lgani uchun, unda

$$P(t) + Q(t) = 1.$$

$t=0$ va $n=0$ bo'lganda $Q(t)=0$ va $P(t)=1$ olamiz.

$t=\infty$ va $n=N$ bo'lganda $Q(t)=1$ va $P(t)=0$.

Vaqt bo'yicha buzilishlarning taqsimlanishi $f(t)$ buzilishga qadar ishlash muddatining tarqatish zichligi funksiyasi bilan xarakterlanadi.

Statistik talqin qilishda:

$$f(t) = \frac{\Delta n}{N \Delta t} = \frac{\Delta Q(t)}{\Delta t},$$

ehtimollikda talqin qilishda:

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt},$$

bu yerda Δn va $\Delta Q(t)$ – ishlamay qolgan obyektlar sonining nim o'sishi va shunga mos ravishda Δt vaqtida ishdan chiqish ehtimoli.

Tarqatish zichligi funksiyasida ishdan chiqish va muammosiz ishlash ehtimoli bog'liqliklar bilan ifodalanadi:

$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt; \quad t \rightarrow \infty \quad Q(t) = \int_0^t f(t) dt = 1; \quad \text{bo'lganda}$$

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_0^t f(t) dt.$$

Ishdan chiqish intensivligi $\lambda(t)$ ishlashga loyiq N_p obyektlarga tegishli.

Statistik talqin qilishda:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{N_p \Delta t},$$

ehtimollikda talqin qilishda:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}.$$

Ishlamay qolish intensivligiga qarab, buzilmay ishlash ehtimoli quyidagi shaklda yozilishi mumkin:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}.$$

Bu ishonchlilik nazariyasining asosiy nisbatlaridan biridir.

12.4. Oddiy ishlatish davrida ishonchlilik

Mexatron modulining normal ishlashi davrida bosqichma-bosqich ishlamay qolish hali aniq emas va ishonchlilik to'satdan ishlamay qolish bilan tavsiflanadi. Bu ishlamay qolishliklar ko'p salbiy oqibati sababli kelib chiqadi va shuning uchun mahsulot oldingi ishlatish muddatidan qat'i nazar, doimiy intensivlikka ega:

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const},$$

bu yerda $\lambda = 1/m_t$ – ishlamay qolishning doimiy intensivligi; m_t – ishlamay qolishga qadar o'rtacha ishlash muddati (odatda soatda).

Bunday holda, buzilmay ishlash ehtimolligi:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\lambda}.$$

U buzilmay ishlash vaqtini taqsimlashning eksponensial qonuniga bo'ysunadi.

Agar odatdagidek $\lambda t < 0,1$ bo'lsa, u holda

$$P(t) \approx 1 - \lambda t.$$

Taqsimlash zichligi:

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda}.$$

Buzilmay ishlash ehtimollik qiymatlari $\lambda(t) t \approx \frac{1}{m_t}$ qarab [54]:

$\lambda(t)t$	1	0,1	0,01	0,001	0,0001
$P(t)$	0,368	0,9	0,99	0,999	0,9999

Chunki $t/m_t = 1$ da ehtimollik $P(t) = 0,368$, unda 63,2% ishlay qolish $t < m_t$ vaqtda va 36,8% keyinroq hosil bo'ladi. 0,9 yoki 0,99 buzilmay ishlash vaqtini ehtimolligini ta'minlash uchun faqat o'rtacha xizmat muddati (0,1 yoki 0,01) kichik qismini ishlatish mumkin.

Agar mahsulot ishi turli tartiblar bilan amalga oshirilsa va shuning uchun buzilmay ishlash intensivliklari λ_1 (t_1 vaqtida) va λ_2 (t_2 vaqtida) bo'lsa, unda:

$$P(t) = e^{-(\lambda_1 t_1 + \lambda_2 t_2)}.$$

Ishlamay qolish intensivligi tajribalar asosida aniqlash uchun buzilishga qadar o'rtacha ishlash muddati baholanadi:

$$m_t \approx \bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K t_i,$$

bu yerda N — kuzatishlar (mahsulotlar) umumiy soni; t_i — i — vaqt oralig'ining davomiyligi; K — vaqt oraliqlari soni.

Unda

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}}.$$

$\lambda t \leq 0,1$ da belgilangan vaqtga ishdan chiqadigan mahsulotlarning o'rtacha soni n :

$$n \approx N \lambda t$$

va ishlash qobiliyatiga ega o'rtacha N_p mahsulotlar soni:

$$N_p \approx N(1 - \lambda t).$$

12.5. Asta-sekin ishlamay qolish davrida ishonchlilik

Asta-sekinlik bilan (eskirish) ishlamay qolishliklar uchun, birinchi navbatda, ishlamay qolish ehtimoli past bo'lgan zichlikni, so'ngra maksimal va undan keyin ishga yaroqli elementlarning kamayishi bilan bog'liq ishlamay qolish ehtimoli tushishni ta'minlaydigan taqsimot qonuni mavjud.

Amaliy hisob-kitoblar uchun eng qulay va keng qo'llaniladigan oddiy taqsimotdir [50].

Tarqatish zichligi:

$$f(t) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2S^2}}.$$

Tarqatish ikkita mustaqil parametrga ega: ishlamay qolishga qadar o'rtacha ishlash muddati m (matematik kutish) va o'rtacha kvadratik og'ish S :

$$m \approx \bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^K t_i,$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^K (t_i - \bar{t})^2}.$$

Shuningdek, tasodifiy miqdorlarni taqsimlash $D = S^2$ dispersiyasi va variatsiya koeffitsiyenti $V = \frac{S}{\bar{t}}$ bilan tavsiflanadi.

Integral tarqatish funksiyasi teng:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt,$$

unda ishlamay qolishlik ehtimoli va buzilmay ishlash ehtimolligi shunga mos ravishda tengdir:

$$\begin{aligned} Q(t) &= F(t); \\ P(t) &= 1 - F(t). \end{aligned}$$

$m_{tx} = 0$ va $S_x = 1$ bo'lgan markazlashtirilgan va normallashtirilgan tarqatish uchun integrallarni hisoblash jadvallar yordamida almashtiriladi. Ushbu tarqatish uchun zichlik funksiyasi:

$$f_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

bir o'zgaruvchan tashkil etuvchisi x ga ega. Tarqatish zichligi funksiyasini simmetriya o'qining boshlanishi bilan nisbiy koordinatalarda yoziladi.

Tarqatish funksiyasi tarqatish zichligi integral hisoblanadi:

$$F_0(x) = \int_{-\infty}^x f_0(x) dx.$$

Ushbu tenglamadan quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$F_0(x) + F_0(-x) = 1,$$

shundan

$$F_0(-x) = 1 - F_0(x).$$

Tarqatish zichligi, ishlamay qolish ehtimoli va muammosiz ishlash ehtimoli quyidagi formulalar bilan belgilanadi:

$$\begin{aligned} f(t) &= \frac{f_0(x)}{S}; \\ Q(t) &= F_0(x); \\ P(t) &= 1 - F_0(x), \end{aligned}$$

bu $x = \frac{t - m_t}{S}$ yerda odatda U_P bilan belgilangan normal taqsimotning kvantil miqdori; $f_0(x)$ va $F_0(x)$ jadvallar bo'yicha olinadi.

Misol uchun:

$x=U_p$	0	1	2	3	4
$f_0(x)$	0,3989	0,2420	0,0540	0,0044	0,0001
$F_0(x)$	0,5	0,8413	0,9772	0,9986	0,9999

$$x=U_p=\frac{t-m_t}{S}.$$

Berilgan buzilmay ishlashning ma'lum bir ehtimollik $P(t)$ bilan t vaqtining qiymati quyidagi qaramlikdan aniqlanadi:

$$t=m_t+U_p S.$$

Ko'pincha integral tarqatish funksiyasi $F_0(x)$ o'rniga Laplas funksiyasidan foydalaniladi:

$$\Phi(x)=\int_0^x f(x)dx=\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx.$$

Bunday holda:

$$F_0(x)=\int_0^0 f_0(x)dx+\int_0^x f_0(x)dx=0,5+\Phi(x).$$

Ishlamay qolish ehtimoli va buzilmay ishlash ehtimoli:

$$Q(t)=0,5+\Phi \frac{t-m_t}{S};$$

$$P(t)=0,5-\Phi \frac{t-m_t}{S}.$$

To'satdan va asta-sekin ishdan chiqishlarning birgalikdagi harakati bilan, t davrida mahsulotning muammosiz ishlash ehtimoli, agar bundan oldin T vaqt ishlagan bo'lsa, teng:

$$P(t)=P_B(t) P_n(t),$$

bu yerda $P_B(t)=e^{-\lambda t}$ – to'satdan ishlamay qolishlar yo'qligi ehtimoli;

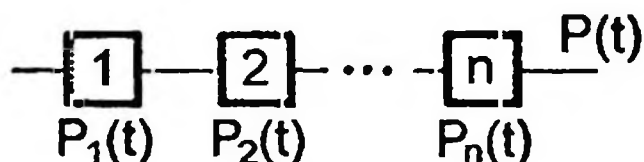
$P_n(t)=\frac{P_n(T+t)}{P_n(T)}$ – asta-sekin hosil bo'ladigan ishlamay qolishlar yo'qligi ehtimoli.

Tasodifiy taqsimlashning boshqa taqsimotlari ham mavjud: logarifmik ravishda normal taqsimot, gamma taqsimoti, Veybullning taqsimlanishi juda ko'p qirrali bo'lib, parametrlarning o'zgarishi bilan ehtimollik o'zgarishining keng doirasini qamrab oladi. Biroq, bu taqsimotlar bilan ishlash ancha murakkab.

12.6. Murakkab tizimlarning ishonchliligi

Mexatron moduli turli xil yo'llar bilan bir-biriga bog'langan turli xil elementlardan tashkil topgan murakkab tizimdir. Shuning uchun ularning ishonchliligini hisoblash uning tarkibiy qismlarining ishonchliligini va ularning ulanish sxemasini hisobga olgan holda amalga oshiriladi.

Mustaqil elementlarning ketma-ket ulanishi bilan (12.2-rasm) bir elementning ishdan chiqishi butun tizimning ishlamay qolishiga olib keladi.



12.2-rasm.

Elementlarning ketma-ket ulanishi bilan tizimning muammosiz ishlashi ehtimoli uning individual elementlarining muammosiz ishlash ehtimoli ko'paytmasiga teng [54]:

$$P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (12.1)$$

bu yerda $P_i(t)$ – tizimning i – elementining muammosiz ishlashi ehtimoli.

Agar

$$P_1(t) = P_2(t) = \dots = P_n(t) = P(t),$$

unda

$$P_n(t) = P^n(t).$$

Odatda elementlarning muammosiz ishlashi ehtimoli juda yuqori. Shuning uchun ifoda $P_i(t) = 1 - Q_i(t)$ va formula (12.1) o'zini bosuvchi, o'zgartirishlar va kichik miqdordagi ko'paytmalarni chiqarib tashlashdan keyin, biz olamiz:

$$P_n(t) = \prod_{i=1}^n 1 - Q_i(t) \approx 1 - \sum_{i=1}^n Q_i(t).$$

$Q_1(t) = Q_2(t) = \dots = Q_n(t) = Q(t)$ bo'lganda quyidagini ilamiz:

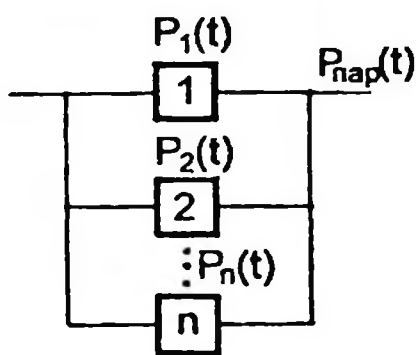
$$P_n(t) \approx 1 - n Q(t).$$

Elementlarning ketma-ket ulanishi bilan murakkab tizimlarning ishonchliligi past. Misol uchun, har bir elementning $P(t)=0,9$ (podshipniklarda bo'lgani kabi) muammosiz ishlashi ehtimoli bilan $n=10$ tizimining elementlari soni bilan tizimning muammosiz ishlashining umumiy ehtimoli tengdir:

$$P_n(t) = P_n(t) = 0,9^{10} \approx 0,35.$$

Mustaqil elementlarning parallel ulanishi bilan (12.3-rasm) tizimning ishlamay qolishi parallel ravishda kiritilgan barcha elementlarning ishlamay qolishi bilan sodir bo'ladi. Bunday holda, buzilmay ishlash ehtimoli [54]:

$$P_{par}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P_i(t)] = 1 - \prod_{i=1}^n Q_i(t) = 1 - Q(t).$$



12.3-rasm.

Agar $P_1(t) = P_2(t) = \dots = P_n(t) = P(t)$ bo'lsa, unda

$$P_{par}(t) = 1 - [1 - P(t)]^n = 1 - Q^n(t).$$

Elementlarning ketma-ket ulanishi uchun misolda bo'lgani kabi bir xil ma'lumotlar bilan elementlarning parallel ulanishi bilan buzilmay ishlash ehtimoli tengdir:

$$P_{\text{par}}(t) = 1 - 1 - P(t)^n = 1 - (1 - 0,9)^{10} = 1 - 0,1^{10} \approx 1.$$

Nazorat va muhokama savollari

1. Ishonchlilik deganda nimani tushunasiz?
2. Mahsulot, element, tizim deganda nimani tushunasiz? Izoh bering.
3. Ishlamay qolish deganda nimani tushunasiz va u qanday turlarga bo'linadi?
4. Ishonchlilikning asosiy xususiyatlarini aytib bering.
5. Buzilmasdan ishlash ehtimoli qanday aniqlanadi?
6. Ishlamay qolishga qadar o'rtacha ishlash muddatiga izoh bering.
7. Ishlamay qolish intensivligi deganda nimani tushunasiz?
8. Ishlamay qolish oqimi parametriga izoh bering.
9. Uzoqqa chidamlilik va uning ko'rsatkichlari.
10. Buzilmaslik va uning ko'rsatkichlari.
11. Oddiy ishlatish davrida ishonchlilik va uning ko'rsatkichlari.
12. Murakkab tizimlarning ishonchliligi qanday aniqlanadi?

XULOSA

Mexatronika-ilm-fan va texnologiyaning yangi va dinamik rivojlanayotgan sohasi. Mexanika, elektronika va kompyuterni boshqarish sohalarida bilim va yutuqlarga asoslanadi hamda zamonaviy mashinasozlik va muhandislik rivojlanishining yuqori darajasini anglatadi.

Mazkur darslikda mexatron modullarning qurish qoidalari, mexatronika qurilmalarida mexanikaning o'rni, mexatron modullarini loyihalashning umumiy qoidalari, mexatron harakat modullari, ularning turlari, tuzilishi va tarkibi, modul elementlarini ulash usullari, mashina va mexanizmlarning tasnifi, mexatron qurilmalar mexanizmlarini strukturaviy tahlili, manipulatorning asosiy koordinata tizimlari, mexanizmdagi ortiqcha ulanishlar va passiv harakatchanlikni aniqlash keltirilgan.

Mexatron qurilmalarning mexanizmlarini kinematik tahlil qilish va shuning asosida tekis mexanizmnı kuchga hisoblash va kinematik juftlardagi reaksiya kuchlarini, yetakchi bo'g'nga keltirilgan kuchni aniqlash ko'rsatilgan.

Mexatron modullarni konstruksiyalashda eng asosiy masalalaridan biri ish bajaradigan bo'g'inning talab qilingan harakat qonunini ta'minlash hisoblanadi. Ushbu masala modullarni konstruksiyalashda kerakli harakatni o'zgartiruvchilarni qo'llash, mexanizmlarda o'lik harakatni yo'qotish usullari va harakat aniqligini ta'minlash bilan amalga oshirilishi bayon etilgan.

Tormozlash qurilmalarining va yo'naltiruvchilarning qo'llanish maqsadi, ularning turlari, mexatron modulining aniqligi, harakat o'zgartiruvchilarining kinematik xatoligi va ishonchlilikning asosiy tushunchalari mazkur darslikda bayon etilgan.

Darslik talabga javob beradigan mexatron modullarni yaratish va konstruksiyalashda o'z hissasini qo'shadi.

GLOSSARIY

№	Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosi
1	Mexatronika	Мехатроника	Mexatronics	Aniq mexanikani elektron, elektr va kompyuter komponentlari bilan sinergetik kombinatsiyasiga asoslangan, fan va texnologiya sohasidir.
2	Mexatron qurilma	Мехатронное устройство	Mexatronic device	Turli fizik tabiatga mos elementlarning sinergetik integratsiya prinsipida qurilgan va uning chiqish bo'g'inlarining boshqariladigan funksional harakatlarini ta'minlaydigan tuzilma.
3	Mexatron modul	Мехатронный модуль	Mexatronic module	Turli fizik xususiyatlarga ega tarkibiy elementlarni o'zaro bog'likligini ta'minlash va sinergetik apparat – dasturiy integratsiyasi bilan talab qilingan boshqariladigan harakatlarni amalga oshirish uchun mo'ljallangan funksional va tarkibiy jihatdan mustaqil mahsulot.
3	Harakat moduli	Модуль движения	Motion module	Mexanik va elektr (elektr texnik) qismlarini o'z ichiga olgan va boshqa modullar bilan har xil kombinatsiyalarda ishlatilishi mumkin bo'lgan tarkibiy va funksional mustaqil mahsulot.
4	Motor-reduktor	Мотор-редуктор	Gear motor	Bitta ixcham struktura modulida elektr dvigatelini va harakat o'zgartirgichini (reduktor) birlashtirgan qurilma.
5	Shpindel	Шпиндель	Spindle	O'ng va chap aylanish tezligiga ega valga aytiladi.
6	Mexatron harakat modullari	Мехатронные модули движения	Mexatronic motion modules	Mexanik, elektr va axborot qismlarini o'z ichiga olgan, alohida va boshqa modullar bilan har xil kombinatsiyalarda ishlatilishi mumkin bo'lgan tarkibiy va funksional jihatdan mustaqil mahsulot.
7	Elektr dvigateli	Электродвигатель	Electric motor	Elektr energiyani mexanik energiyasiga o'zgartiradigan elektr texnik o'zgartirgich.
8	Mexanik o'zgartirgich	Механический преобразователь	Mechanical converter	Dvigatelning harakat parametrlarini chiqish bo'g'inining kerakli harakat parametrlariga

				aylantiradigan qurilma.
9	Harakat o'zgartirgich (uzatma)	Преобразователь движения	Motion converter	Harakatning bir turini boshqasiga aylantirish yoki harakat qiymatini o'zgartirish uchun mo'ljallangan mexanizm.
10	Tormoz qurilmasi	Тормозное устройство	Braking device	Harakatlanuvchi bo'g'inning tezligini kamaytirish, uni to'xtatib turish va qo'zg'almas holatda ushlab turish uchun mo'ljallangan qurilma.
11	Tirqish mexanizmi	Люфтовыбирающий механизм	Backlash-picking mechanism	Ba'zi turdagi harakatlantiruvchi vositalarda tirqishni yo'qotish (o'lik harakat) uchun mo'ljallangan qurilma.
12	Yo'naltiruvchilar	Направляющие	Guides	Mexatron modulining chiqish bo'g'inini oldindan belgilangan nisbiy harakatini ta'minlaydigan qo'llanmalar.
13	Axborot qurilmasi	Устройство связи	Communication device	Nazorat qilinadigan qiymatni o'lchash, uzatish, o'zgartirish, saqlash va ro'yxatga olish uchun qulay bo'lgan signalga aylantiruvchi, shuningdek ular bilan boshqariladigan jarayon- larga ta'sir qiluvchi qurilma.
14	Intellektual mexatron moduli	Интеллектуальный мехатронный модуль	Intelligent mechatronic module	Mexanik, elektr (elektr texnik), axborot va kompyuter (elektron) qismlari sinergetik integratsiya bilan konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot
15	Kompyuterni boshqarish qurilmasi	Устройство компьютерного управления	Computer control device	Kompleks mexatron moduli uchun nazorat signallarini ishlab chiqaruvchi apparat va dasturiy vositalar.
16	Raqamli-analog o'zgartirgichlar	Цифро-аналоговые преобразователи	Digital-to analog converters	Raqamli axborotni analog axborotiga aylantirish uchun mo'ljallangan qurilmalar.
17	Kuch o'zgartirgichlari	Силовые преобразователи	Power converters	Elektr energiyasini dvigatel- larga yetkazish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan va impulsli quvvat kuchaytirgichlari bo'lgan qurilmalar.
18	Harakat nazoratchilari	Контроллеры движения	Motion controllers	Har xil turdagi dvigatellarni boshqarish uchun maxsus mikrokontrolorlar.
19	Axborot qurilmalari	Информацион-ные устройства	Information devices	Tashqi muhit va obyektning ichki holati haqida ma'lumot olish uchun mo'ljallangan apparat - dasturiy vositalar to'plami.
20	Xavfsizlik qurilmalari	Предохранитель-ные устройства	Safety devices	Mexatron modullarining elementlarini buzilishini oldini olish

				uchun, shuningdek dvigatelning ishdan chiqishini oldini olish uchun mo'ljallangan qurilmalar.
21	Mashina	Машина	Machine	Insonning jismoniy va aqliy mehnatini yengillashtirish, uning sifati va samaradorligini oshirish uchun energiya, materiallar va axborotni o'zgar-tirishni amalga oshiradigan texnik qurilma.
22	Dvigatellar	Двигатели	Engines	Har qanday energiyani mexanik energiyaga aylantiradigan
23	Generatorlar	Генераторы	Generators	Mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiradigan qurilma
24	Texnologik mashinalari	Технологические машины	Technological machines	Obyektning shakli, xususiyat-lari, o'lchamlari va holatini o'zgartirish uchun mexanik energiyadan foydalanadigan qurilmalar.
25	Matematik mashinalar	Математические машины	Mathematical machines	Kirish ma'lumotlarini o'rganilayotgan obyektning matematik modeliga aylantiradigan qurilmalar.
26	Nazorat qilish mashinalari	Контрольные машины	Control machines	Kirish ma'lumotlarini (dasturni) ishchi yoki energiya mashinasini nazorat qilish signallariga o'zgartiradi.
27	Kibernetik mashinalar	Кибернетические машины	Cybernetic machines	Atrof-muhit holatiga qarab o'z harakatlarining dasturini o'zgartirishga qodir bo'lgan ishchi yoki energiya mashinalari-ni boshqaradigan mashinalar.
28	Mexanizm	Механизм	Mechanism	Kirish bo'g'inlalarining harakatlarini va ularga tatbiq etilgan kuchlarni chiqish bo'g'inlariga kerakli talab qilingan harakatlar va kuchlarga uzatish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan tizim.
29	Fazoviy mexanizmlar	Пространственные механизмы	Spatial mechanisms	Bo'g'inlari bir necha tekislikda harakatlanadigan mexanizmlar.
30	Tekis mexanizmlar	Плоские механизмы	Flat mechanisms	Bo'g'inlari bir tekislikda yoki parallel tekisliklarda harakatlanadigan mexanizmlar
31	Manipulator	Манипулятор	Manipulator	Inson qo'li harakatlarga o'xshash dasturlanadigan avtomatik qurilma yoki inson-operator harakati (manipulyatsiya) nazorati ostida amalga oshiriladigan fazoviy richagli mexanizmi va yuritmalar tizimi to'plami.
32	Robot	Робот	Robot	Inson yoki hayvonning sun'iy modeli.

33	Detal	Деталь	Detail	Yig'ish operatsiyalarsiz va bir xil materiallardan tayyorlangan mexanizm (konstruksiya) elementi
34	Bo'g'in	Звено	Link	Bir yoki bir nechta qattiq bog'langan detallardan tashkil topgan mexanizmning elementi.
35	Kinematik juft	Кинематическая пара	Kinematic pair	Ikkita bo'g'inni bog'lovchi, ularning nisbiy harakatiga imkon beruvchi mexanizm elementi.
36	Kinematik juftning elementi	Элемент кинематической пары	Kinematic pair element	Bu kinematik juftni tashkil etuvchi boshqa bo'g'in bilan aloqada bo'lishi mumkin bo'lgan sirtlar, chiziqlar va alohida bo'g'inlar nuqtalari to'plami.
37	Kinematik zanjir	Кинематическая цепь	Kinematic chain	Kinematik juftlar bilan bir-biriga bog'langan bir nechta bo'g'inlar.
38	Mexanizmning umumlashgan koordinatasi	Обобщённые координаты механизма	Generalized coordinates of the mechanism	Mexanizmning barcha bo'g'inlarining ustunga nisbatan pozitsiyasini belgilaydigan mustaqil koordinatalarning har biri.
39	Boshlang'ich bo'g'in	Начальное звено	Initial link	Mexanizmning bir yoki bir nechta umumlashgan koordina- talarini bilan bog'langan bo'g'ini.
40	Kirish (yetakchi) bo'g'ini	Входное (ведущее) звено	Input (leading) link	Mexanizm tomonidan boshqa bo'g'inlarning kerakli harakatlari- ga aylantirish uchun harakatni beradigan bo'g'in.
41	Chiqish (yetaklanuvchi) bo'g'ini	Выходное (ведомое) звено	Output (slave) link	Mexanizmning mo'ljallangan harakatini amalga oshiruvchi bo'g'in.
42	Ustun	Опора	Support	Harakatsiz qabul qilingan bo'g'in.
43	Krivoship	Кривошип	Crank	Qo'zg'almas o'q atrofida to'liq aylanma harakatni amalga oshiradigan mexanizmning bo'g'ini
44	Koromislo	Коромысло	Rocker arm	Faqat to'liq bo'lmagan aylan- ma harakatni (aylanma – chayqalma) amalga oshiradigan mexanizmning bo'g'ini
45	Shatun	Шатун	Connecting rod	Murakkab harakatni amalga oshiradigan va faqat harakat- lanuvchi bo'g'inlar bilan kine- matik juftlikni tashkil etuvchi mexanizmning bo'g'ini.
46	Kulitsa	Кулиса	Backstage	Qo'zg'almas o'q atrofida aylanadigan va boshqa harakatlanuvchi bo'g'in bilan (tosh) ilgari- lanma harakatli bog'lanish juftligini hosil qiluvchi mexanizmning bo'g'ini.
47	Polzun (porshen)	Ползун (поршень)	Slider (piston)	Tayanch bilan faqat ilgari- lanma harakatli juftlikni hosil qiladigan

				mexanizmning bo'g'ini.
48	Quyi KJ	Низшая КП	Lowest kinematic pair	KJ elementi yuza yoki tekislik bo'lsa.
49	Oliy KJ	Высшая КП	Higher kinematic pair	KJ elementi nuqta yoki chiziq bo'lsa.
50	Faol kinematik juftliklar	Активные кинематические пары	Active kinematic pairs	Juftlikning bir bo'g'iniga boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatalar bilan bog'lashga imkon beradi. Bunday kinematik juftliklar harakatlanish darajalari deb ataladi.
51	Harakatchanlik darajasi	Степень подвижности	Degree of mobility	Bo'g'inlardan biringa boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatalarni berishga imkon beruvchi ikkita bo'g'ning ulanishi.
52	Ortiqcha harakatlanish	Лишняя подвижность	Extra mobility	Bu mexanizmning funksional harakatlariga ta'sir etmaydigan boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatadir.
53	Qo'shimcha harakatchanlik	Дополнительная подвижность	Additional mobility	Mexanizمنى qo'shimcha funksiyalar (harakatlar) bilan ta'minlaydigan, boshqariladigan, umumlashtirilgan koordinatadir.
54	Manipulatorning ish maydoni	Рабочая зона манипулятора	Working area of the manipulator	Uning bog'lanishlari uchun ko'plab mumkin bo'lgan pozitsiyalarni o'rab turgan sirtlar bilan chegaralangan fazoning bir qismi.
55	Manipulatorning xizmat ko'rsatish zonasi	Зона обслуживания манипулятора	Manipulator service area	Manipulatorni ushlab turish markazining ko'plab pozitsiyalariga mos keladigan fazoning bir qismidir.
56	Manipulatorning manevrligi	Маневренность манипулятора	Manipulator maneuverability	Uning tutqichi qo'rulgan (harakatsiz) holdagi manipulatorning harakatchanligi.
57	Mexanizmning harakatchanligi	Подвижность механизма	Mobility of the mechanism	Mexanizمنى boshqariladigan harakatga olib kelish uchun qancha boshqariladigan umumlashtirilgan koordinatalarni belgilash kerakligini, ya'ni qancha harakatlantirgichlar (dvigatellar) o'rnatilishini ko'rsatadi.
58	Assur guruhi	Группа Ассура	Assur Group	Nol darajadagi harakatga ega ochiq kinematik zanjir.
59	Mexanizm sinfi	Класс механизма	Mechanism class	Ushbu mexanizmning bir qismi bo'lgan tizimli guruhning eng yuqori sinfi bilan belgilanadi.
60	Tekis mexanizm- da mexanizm- larning strukturaviy tenglamasi	Структурная формула плоского механизма	Structural formula of a flat mechanism	Ma'lum sinfli Assur guruhlariga tegishli bo'g'inlarning ketma-ket ulanishidan hosil bo'lgan mexanizmning tuzilish sxemasining matematik korinishi.

61	Fazoviy mexanizm (manipulator)ning tuzilish formulasi	Структурная формула пространственного механизма	Structural formula of the spatial mechanism	Manipulatorning tuzilish sxemasining matematik ko'rinishi bo'lib, uning harakatchanligi, kinematik juftlarning shakli va ularning asosiy koordinata tizimining o'qlariga (ustun bilan bog'liq tizim) nisbatan yo'nalish ma'lumotini o'z ichiga oladi.
62	Mexanizmnin kinematik tahlili	Кинематический анализ механизма	Kinematic analysis of the mechanism	Yetakchi yoki yetaklanuvchi bo'g'inlarning harakat qonunlari bo'yicha mexanizm bo'g'inlarining harakat qonunlarini aniqlash.
63	Mexanizmlar kinematikasining asosiy vazifasi	Основная задача кинематики механизмов	The main task of the kinematics of mechanisms	Ularning massasi va bo'g'in-larga ta'sir qilayotgan kuchlar- dan qat'i nazar, uning bo'g'inlari harakatini o'rganishdir.
64	Kinematikaning bevosita vazifasi	Прямая задача кинематики	Direct kinematics problem	Umumiy koordinatalarni o'zgartirishning ma'lum qonunlariga muvofiq mexanizmnin chiqish bo'g'ini (yoki biron-bir bo'g'ini) koordinatalarini o'zgartirish qonunlarini aniqlashdan iborat.
65	Kinematikaning teskari vazifasi	Обратная задача кинематики	Inverse kinematics problem	Chiqish bo'g'ini koordinatalarini ma'lum qonunlari bo'yicha mexanizmnin umumiy koordinatalarini o'zgartirish qonunlarini belgilashdir.
66	Mexanizm rejasi	План механизма	Mechanism plan	Tanlangan vaqt oralig'ida bo'g'inlarning o'zaro joylanishi ni uzunlik masshtabidagi grafik tasviri.
67	Uzunlik masshtabi	Масштаб длин	Length scale	Bo'g'inlarning haqiqiy uzunligini (m; mm) rejadagi bo'g'inlarning (mm) uzunligiga nisbati.
68	Mashinaning mexanik xususiyati	Механические свойства машины	Mechanical properties of the machine	Chiqish valiga yoki mashinaning ishchi organidagi kuch yoki momentning kuch qo'yilgan nuqta yoki bo'g'inning tezligi yoki harakatlanishiga bog'liqligi
69	Sikl	Цикл	Cycle	Barcha kinematik parametrlar asl qiymatni qabul qiladigan va ishchi mashinada yuz beradigan texnologik jarayon yana takrorlana boshlaydigan vaqt oralig'i
70	Mexanizm dinamikasining asosiy vazifasi	Основная задача динамики машин	The main task of machine dynamics	Mexanizmnin turli yo'nalishlariga tatbiq etilgan kuchlar va kuch momentlarining ta'siri ostida uning yetakchi bo'g'ini harakatining haqiqiy qonunini aniqlashdan iborat.
71	Keltirish bo'g'ini	Звено привода	Cast link	Shartli o'zgaruvchan massa va o'zgaruvchan inersiya momentiga ega bo'lgan hamda butun

				mexanizmni dinamik ravishda o'rini bosadigan shartli bo'g'inga aytiladi.
72	Mexanizmning keltirilgan massasi	Приведённая масса механизма	Reduced weight of the mechanism	Mexanizmning keltirish nuqtasida to'plangan va kinetik energiyasi uning barcha bo'g'larining kinetik energiyasining yig'indisiga teng bo'lgan shartli massaga aytiladi.
73	Mexanizmning keltirilgan inersiya momenti	Приведённый момент инерции механизма	Reduced moment of inertia of the mechanism	Uning aylanish o'qiga nisbatan keltirish bo'g'ining shartli inersiya momentiga aytiladiki, unda bu bo'g'in mexanizmning barcha kinetik energiyasi yig'indisiga teng bo'lgan kinetik energiyaga ega bo'ladi.
74	Keltirilgan kuch	Приведённая сила	Reduced power	Keltirish nuqtasida qo'yilgan kuch, uning ishi (yoki quvvati) mexanizmning turli bo'g'lariga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning yoki momentlarning ishiga (yoki quvvatiga) teng
75	Manipulatorlar dinamikasining to'g'ridan to'g'ri vazifasi	Прямая задача динамики манипулятора	Direct task of manipulator dynamics	Manipulatorning bo'g'lariga ta'sir etayotgan tashqi kuchlar va momentlar bo'yicha umunlashgan koordinatalarni aniqlashdan iborat.
76	Dinamikaning teskari vazifasi	Обратная задача динамики	Inverse dynamics problem	Chiqish bo'g'ini harakatining qonunini ta'minlaydigan yuritmalardagi boshqaruv kuchlari va momentlarni o'zgartirish to'g'risidagi qonunni aniqlashdan iborat.
77	Harakatni o'zgartiruvchilar	Преобразователи движения	Motion converters	Oldindan boshqariladigan harakatni amalga oshiradigan va tashqi obyektlar bilan o'zaro bog'lanadigan mexanik qurilma.
78	Tishli uzatmalarung kinematikasi	Кинематика зубчатых передач	Gear kinematics	Aylanma va burchak tezliklari, uzatish soni va ular orasidagi munosabat.
79	Murakkab tishli mexanizmlar	Сложные зубчатые механизмы	Complex gear mechanisms	Ikki g'ildirakdan ortiq bo'lgan tishli qurilmalar.
80	Oddiy tishli mexanizmlar	Простые зубчатые механизмы	Simple gear mechanisms	Ikki g'ildirakdan tashkil topgan tishli qurilmalar.
81	Oraliq valli tishli mexanizmlar	Зубчатые механизмы с промежуточными валами	Gear mechanisms with intermediate shafts	Murakkab tishli mexanizmlarda oraliq valli bir nechta g'ildirak juftlarining ketma-ket birikmasi.
82	Umunlashgan koordinata	Координата обобщенная	Generalized coordinate	Mexanik tizimning holatini bir xil aniqlovchi umunlashgan koordinatalar soni $q_1, q_2, \dots, q_w$, tizimni erkinlik darajasi soniga teng. Tizimning harakat qonuniyatlari shu

				songa to'g'ri keluvchi qi=qi(t) ko'rinishidagi tenglamalar bilan beriladi, bu yerda t-vaqt. Mexanizm uchun umunlashgan koordinatalar tayanchga nisbatan bo'g'inlarning holatlarini aniqlaydi.
83	Episiklik mexanizmlar	Эпициклические механизмы	Epicyclic mechanisms	Nisbatan harakatlanuvchi o'qlar bilan murakkab tishli mexanizmlar.
84	Planetar mexanizm	Планетарный механизм	Planetary gear	Juda bo'lmasa bitta bo'g'ini qo'zg'almas bo'lgan episiklik mexanizm.
85	Differensial mexanizm	Дифференциальный механизм	Differential mechanism	Barcha bo'g'inlari qo'zg'aluvchan bo'lgan episiklik mexanizm.
86	Villis teoremasi	Теорема Виллиса	Willis' theorem	Yetakchi g'ildirakdan vodiloga hisoblangan oddiy planetar tishli mexanizmining uzatish nisbati bir sonidan teskari harakatdagi (o'zgartirilgan mexanizm) uzatish nisbatidan ayirgan qiymatiga teng bo'ladi.
87	To'lqinli mexanizm	Волновая передача	Wave transmission	Harakatni (odatda aylanma) uzatish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan tishli yoki friksion mexanizmi ataladi, unda harakat moslashuvchan g'ildirak tojining to'lqinli deformatsiyasi asosida maxsus bo'g'in (tugun) - to'lqin generatori tomonidan o'zgartiriladi.
88	Reykali uzatma	Реечная передача	Rack and pinion transmission	Shesternyaning aylanma harakatini reykaning ilgariylanma harakatiga o'zgartirish uchun mo'ljallangan va aksincha, reykaning ilgariylanma harakatni shesternyaning aylanma harakatiga o'zgartirish uchun mo'ljallangan
89	Yumalanish vint-gayka uzatmasi	Передача винт-гайка качения	Rolling screw-nut transmission	Aylanma harakatini ilgariylanma harakatiga va aksincha, ilgariylanma harakatni aylanmaga o'zgartirish uchun mo'ljallangan
90	Sirpanush vint-gayka uzatmasi	Передача винт-гайка скольжения	Sliding screw-nut transmission	Aylanma harakatni ilgariylanma harakatiga va ba'zan ilgariylanma harakatni aylanma harakatga o'zgartirish uchun xizmat qiladi.
91	Differensial vint-gayka uzatmasi	Передача винт-гайка дифференциальная	Screw-nut differential transmission	Bir yo'nalishdagi (o'ng yoki chapda) turli qadamlardagi ikkita bo'limlarga ega bo'lgan vint, gayka va tayanchlardan iborat.
92	Egiluvchan bog'lanishli uzatmalar	Передачи с гибкой связью	Flexible communication transmissions	Aylanma harakatni uzatish va ilgariylanma harakatni aylanma va aksincha, aylanma harakatni ilgariylanma harakatga aylantirish uchun mo'ljallangan.

93	Mexanik tormoz qurilmalari	Механические тормозящие устройства	Mechanical braking devices	Harakatlanuvchi bo'g'inlar harakatiga qarshilik kuchi ishchi elementlarning deformatsiyasi (elastik) yoki ishqalanish (friksion) bilan yaratiladi.
94	Yo'naltiruvchilar	Направляющие	Guides	Mexanizm elementlarining oldindan belgilangan nisbiy harakatini ta'minlovchi qurilmalar deb ataladi.
95	Mexatron modulining aniqligi	Точность мехатронных модулей	Accuracy of mechatronic modules	Uning xatoligi, ya'ni chiqish bo'g'inining haqiqiy va hisoblangan pozitsiyalari o'rtasidagi farq bilan baholanadi.
96	Uzatmaning kinematik xatosi	Кинематическая погрешность передачи	Kinematic transmission error	Uzatmani ishlab chiqarish va yig'ish xatolaridan kelib chiqqan yetaklanuvchi g'ildirak holatidagi xatolar o'rtasidagi algebraik farq
97	O'lik harakat	Мёртвый ход	Idle speed	Uzatmaning to'g'ri va teskari harakatlarida yetakchi bo'g'inning bir xil holatlari uchun yetaklanuvchi bo'g'inning holatlari farqi.
98	Ishonchlilik	Надёжность	Reliability	Obyekt (mahsulot) ning vaqt mobaynida belgilangan ishlatish sharoitlarda kerakli funksiyalarni bajarilishini ta'minlaydigan barcha parametrlarni saqlashi.
99	Ishga yaroqlilik	Работоспособность	Efficiency	Belgilangan funksiyalarni bajarishi mumkin bo'lgan holati.
100	Tuziklik (sozlik)	Исправность	Serviceability	Bu nafaqat asosiy, balki yordamchi talablarni ham qon-diradigan mahsulotning holati.
101	Buzilganlik (nosozlik)	Неисправность	Malfunction	Texnik hujjatlar talablariga kamida biriga mos kelmaydigan mahsulotning holati.
102	Buzilmasdan ishlash	Безотказность работы	Trouble-free operation	Mahsulotning muayyan vaqt yoki ishlash muddati davomida doimiy ishlashini ta'minlash xususiyati.
103	Ishlamay qolishga qadar o'rtacha ishlash muddati	Средняя наработка до отказа	Average time to failure	Qayta tiklanmaydigan mahsulotning ishlamay qolishga qadar ishlash muddatining matematik kutishidir. Ishlash muddati ish obyekti tomonidan bajarilgan ishning davomiyligi yoki hajmini anglatadi.
104	Ishlamay qolish intensivligi	Интенсивность отказов	Failure rate	Ko'rib chiqilayotgan vaqt uchun ishlamay qolish kuzatilmaganligi sharti bilan qayta tiklanmaydigan obyektning ishlamay qolish ehtimoli shartli zichligi.
105	Ishlamay qolishga o'rtacha ishlash muddati	Средняя наработка на отказ	Average time to failure	Bu qayta tiklangan obyektning ishlash muddatini ushbu davr mobaynida uning ishlamay qolish sonini matematik kutishiga nisbati.

106	Uzoqqa chidamlilik	Долговечность	Durability	Mahsulotni kerakli ta'mirlash va texnikaviy ko'rikdan o'tkazish davri tanaffuslari bilan ishga yaroqlikning chegaraviy holatiga qadar saqlab turish xususiyati.
107	Ta'mirlashga yaroqlilik	Ремонтопригодность	Maintainability	Mahsulotni texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash orqali ishlamay qolishlik va nosozliklarni oldini olish, aniqlash va bartaraf etishga moslashishi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Angeles J. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems Theory, Methods, and Algorithms. -VerlagNew York, Inc., 2003. -545 p.
2. Kurfess T. Robotics and automation handbook. CRC Press LLC, 2005. -519
3. Sandin P. Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated. -McGraw-Hill, 2003. -337p.
4. Эгоров О.Д., Подураев Ю.В. Мехатронные модули. Расчет и конструирование: Учебное пособие. - М.: МГТУ «СТАНКИН», 2004. -360 с.
5. Эгоров О.Д., Подураев Ю.В. Расчет и конструирование мехатронных модулей: учебное пособие. - М.: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2012.-422с.
6. Эгоров О.Д. Прикладная механика мехатронных устройств: учебное пособие. - М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «STANKIN», 2013.- 229 с.
7. Таугер В.М. Конструирование мехатронных модулей: учеб пособие. - Екатеринбург : УрГУПС, 2009. -336 с.
8. Янгулов В.С. Волновые и винтовые механизмы и передачи: учебное пособие.-Томск: Изд-во Томского политехнического университетаб 2011.-184 с.
9. Лесков А.Г. Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов : учебное пособие. - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.
- 10.R.I. Karimov, K.A. Karimov, N.N. Begimov. Mexanizm va mashinalar nazariyasi. O'quv qo'llanma: – T.: «Sano-standart» nashriyoti, 2019. -248 b.
- 11.X.N. Nazarov. Robotlar va robototexnik tizimlar [Matn]: Darslik / N.Nazarov.- Toshkent: Shafoat Nur Fayz, 2020.-224 b.
- 12.Балашов Э.П. Эволюционный синтез систем. М.: Радио и связь, 1985.

13.Балашов Э.П., Пузанков Д.В. Проектирование информатсионно-управляющих систем. М.: Радио и связь, 1987.

14.Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Альянс, 2008. – 640 с.

15.Беляев В.Г. Винтовые механизмы качения в станках с ЧПУ и роботах. -М.: Мосстанкин, 1984.

16.Бродовский В.Н., Баранов М.В., Илюхин Ю.В. Мехатронный приводной модуль поступательного перемещения для технологиче-ских машин // Мехатроника, 2000, №4.

17.Бушуев В.В. Практика конструирования машин: справочник - М.: Машиностроение, 2006.

18.Востриков А.С., Боченков Б.М. Опыт разработки мехатронных систем в НГТУ И Мехатроника, 2000, №5.

19.ГОСТ 21098-82. Тсепи кинематические. Методы расчета точности. -М.: Изд-во стандартов, 1986.

20.ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. - М.: Изд-во стандартов, 1985.

21.ГОСТ 9178-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные. Допуски. - М.: Изд-во стандартов, 1987.

22.ГОСТ 1758-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические и гипоидные. Допуски - М.: Изд-во стандартов, 1987.

23.ГОСТ 13506-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные мелкомодульные. Допуски. - М.: Изд-во стан-дартов, 1981.

24.ГОСТ 3675-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические. Допуски. - М.: Изд-во стандартов, 1986.

25.Эгоров О.Д. Интегрированные мехатронные модули. Учеб, пособие. - М.: ГОУ ВПО МГТУ “Станкин”, 2011.

26. Жуков К.П., Гуревич Ю.Э. Проектирование деталей и узлов машин. - М.: изд-во Станкин, 1999.

27. Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. - М.: Физматлит, 2001.

28. Иосилевич Г.Б. Детали машин: Учебник для студентов машиностроит. спец. ВУЗов. - М.: Машиностроение, 1988.

29. Справочник конструктора точного приборостроения / Под обх. ред. К.Н. Явленского. Б.П., Тимофеева, Э.Э. Чаадаевой. - Л.: Машиностроение, 1989.

30. Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка. Т. ИВ-1/Д.Н. Решетов, А.П. Гусенков, Ю.Н. Дроздов и др.; под ред. Д.Н. Решетова, 1995.

31. Миндлер Я.З. Логика конструирования. - М.: Машиностроение, 1969. Номенклатурный каталог. Редукторы и мотор-редукторы. - С.-Петербург.: Изд-во НТТс «Редуктор», 2002.

32. Подураев Ю.В. Основы мехатроники. М.: Изд-во МГТУ СТАНКИН, 2000.

33. Подураев Ю.В., Логинов А.В. Анализ и проектирование мехатронных систем на основе критерия функционально-структурной интеграции. Част 2. Проектирование систем компьютерного управления для манипуляционного робота РИМА-560. Мехатроника, автоматизация, управление, 2003, №2.

34. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам / Под ред. В.С. Полякова. -Л.: Машиностроение, 1979.

35. Решетов Д.Н. Детали машин. -М.: Машиностроение, 1989.

36. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин / Под ред. Д.Н. Решетова. -М.: Высшая школа, 1988.

37. Shoobidov Sh.A. Mashina detallari. Texnika oliy o'quv yurtlari uchun darslik. -Toshkent: "O'zbekiston ensiklopediyasi", 2014. -444 b.

38.М.М. Kurganbekov, A. Moydinov. Mashina detallari: O'quv qo'llanma. I va II qismlar. –Т.: “O'zbekiston ensiklopediyasi”, 2014. - 384 b.

39.Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. -М.: Машиностроение, 1986.

40.Muxamedov S.M. Mashina detllari. Ma'ruza matnlari. –Т.: ТАҲИ, 2010.

41.Юсченко А.С., Подураев Ю.В. Адаптивные робототехнологические комплексы для механической обработки и сборки. –М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.

42.Каталог продукции. Мотор-редукторо'. Редуктори. - М.: Приводная техника, 2002.

43.Номенклатурной каталог. Редуктори и мотор-редуктори. - С.-Петербург.: Изд-во НТТс «Редуктор», 2002.

44.<https://ru.wikipedia.org/wiki/Мотор-колесо>.

45.<https://ru.wikipedia.org/wiki/>

46.N.B.Baratov. Avaliy mexanika. –Т.: “Innavatsion rivojlanish nashriyot-manbaa uyi”, 2020,-300 b.

47.Ахмеджанов Ю.А., Алимухамедов Ш.П. Курс лекций по ТММ. Т: ТАДИ, 2012, 179 с.

48.Эляш Н.Н. Осново робототехники: учебное пособие (конспект лекций). Екатеринбург: , 2016. 49с.

49.http://tmm-umk.bmstu.ru/lectures/lect_19.htm

50.<https://helpiks.org/8-71401.html>

51. Эгоров О.Д. Структурный анализ исполнительных устройств роботов // Механика, автоматизация, управление. №7.2008.С.29-33

52.<http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html>

53.Хомченко В. Г. Робототехнические системы. Учебное пособие. Омск 2016 г. – 195 с.

- 54. https://studbooks.net/2323431/informatika/pryamaya_obratnaya_zadacha_dinamiki_manipulatorov
- 55. <https://poznayka.org/s73199t1.html>
- 56. <https://studfile.net/preview/7639636/page:9/>
- 57. <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/rulevoe-upravlenie/sistema-afs.html>
- 58. Volnovie peredachi (teormach.ru)
- 59. <https://stankiexpert.ru/tehnologicheskaya-osnastka/zapchasti/reechnaya-peredacha.html>
- 60. https://prolm.by/information/articles/view&article_id=15
- 61. <http://tmm-umk.bmstu.ru/labs/lab12/lab12.html>

MUNDARIJA

Kirish.....	3
I BOB. MEXATRON MODULLARNING QURISH KONTSEPSIYASI (QOIDALARI)	
1.1 Mexanikadan mexatronikaga.....	4
1.2. Mexatron modullarni loyihalashning umumiy qoidalar.....	14
1.3. Mexatronik modulning funksiyasi va tuzilishi.....	15
1.4. Mexatronik modullarda sinergetik integratsiya.....	21
II BOB. MEXATRON MODULLAR	
2.1. Mexatron modullarning tasnifi.....	30
2.2. Harakat modullari.....	30
2.3. Mexatron harakat modullari.....	49
2.4. Mexatron harakat modulining tarkibi.....	58
2.5. Intellektual mexatron modullari.....	60
III BOB. MEXATRON QURILMALARNING TUZILISHI	
3.1. Mexatron modullarining tarkibiy qismlari.....	65
3.2. Mashina va mexanizmlarning tasnifi.....	72
3.3 Mexatron qurilmalar mexanizmlarining tuzilishi.....	80
3.4 Mexatron qurilmalar mexanizmlarini strukturaviy tahlili.....	91
IV BOB. MEXATRON QURILMALARNING MEXANIZMLARINI KINEMATIK TAHLIL QILISH	
4.1. Mexanizmlarning kinematik tahlil qilishning analitik (koordinata) usuli.....	124
4.2. Mexanizmlarni kinematik tahlil qilishning differensial usuli.....	125
4.3. Richagli mexanizmlarni kinematik tahlilining vektorli usuli (rejalar usuli).....	128
	131

V BOB. MEXATRON QURILMALARNING MEXANIZMLARINI KUCH BILAN TAHLIL QILISH

5.1.	Mashinalarning mexanik xususiyatlari.....	139
5.2	Mexanizmlarga ta'sir qiluvchi kuchlarning tasnifi...	141
5.3	Mexanizmning kinetostatik analizi. Kinematik juftlardagi reaksiya kuchlarini aniqlash.....	148

VI BOB. MEXANIZMLAR DINAMIKASI

6.1.	Mexanizmning dinamik modeli.....	158
6.2.	Mexanizmlarda massa va inersiya momentlarini keltirish.....	160
6.3.	Mexanizmlarda kuchlar va kuchlar momentlarini keltirish.....	165
6.4.	Manipulator dinamikasi.....	161

VII BOB. HARAkatNI O'ZGARTIRUVCHILAR

7.1.	Tishli mexanizmlar.....	174
7.1.1	Silindrik tishli g'ildirakning geometrik parametrlari.	177
7.1.2	Silindrik tishli uzatmaning kinematik parametrlari...	182
7.1.3	Konussimon tishli uzatmaning geometriyasi va kinematikasi.....	190
7.1.4.	Cherviyakli uzatmaning geometriyasi va kinematikasi.....	193
7.1.5	Tishli mexanizmdagi kuchlar.....	200
7.2.	Episiklik mexanizmlar.....	206
7.3.	To'liqinli mexanizmlar.....	223
7.4.	Reykali uzatmalar.....	238
7.5.	Yumalanish vint-gayka uzatmasi.....	248
7.6.	Sirpanish vint-gayka uzatmasi.....	263
7.7.	Differensial va integral vint-gayka uzatmasi.....	267
7.8.	Egiluvchan bog'lanishli uzatmalar.....	270
7.9	Friksion uzatmalar.....	274

7.9.1	Variatorlar.....	281
	VIII BOB. LUFT TANLASH MEXANIZMLARI	284
8.1.	Harakatni o'zgartiruvchi tishli mexanizmlarda o'lik harakatni yo'qotish.....	284
8.2.	Vintli harakatni o'zgartiruvchilarda o'lik harakatni yo'qotish.....	290
	IX BOB. TORMOZ QURILMALARI	296
9.1.	Mexanik tormoz qurilmalari.....	297
9.2.	Elektromagnit tormoz qurilmalari.....	306
	X BOB. YO'NALTIRUVCHILAR	315
10.1.	Sirpanib ishqalanuvchi yo'naltiruvchilar.....	316
10.2.	Yumalab ishqalanuvchi yo'naltiruvchilar.....	322
10.3.	Zoldirli LM yo'naltiruvchilar.....	327
10.4.	Zoldirsplaynli yo'naltiruvchilar.....	330
10.5.	LM va zoldirsplayn yo'naltiruvchilarini hisoblash...	331
10.5.1.	LM yo'naltiruvchilarini uzoqqa chidamlilikka hisoblash.....	331
10.5.2.	Zoldirsplayn yo'naltiruvchilarini uzoqqa chidamlilikka hisoblash.....	333
	XI BOB. MEXATRON MODULLARNING KINEMATIK ANIQLIGI	335
11.1.	Nazorat tizimi va dvigatel xatosi.....	335
11.2.	Harakat o'zgartiruvchilarining kinematik xatoligi va o'lik harakati.....	335
11.3.	Harakat o'zgartiruvchining egiluvchanligi sababli xatolik.....	354
11.4.	Harakat o'zgartiruvchilari elementlarining moslashuvchanligi.....	354
11.5.	Harakat o'zgartiruvchilarning keltirilgan moslashuvchanligi.....	356
11.6.	Mexatron modulining xatosi.....	361

XII BOB. MEXATRON MODULLARINING ISHONCHLILIGI

363

12.1.	Ishonchlilikning asosiy tushunchalari.....	363
12.2.	Ishonchlilik xususiyatlari.....	364
12.3.	Buzilmaslik.....	368
12.4.	Oddiy ishlatish davrida ishonchlilik.....	369
12.5.	Asta-sekin ishlamay qolish davrida ishonchlilik.....	371
12.6.	Murakkab tizimlarning ishonchliligi.....	374
	Xulosa.....	377
	Glossariy.....	378
	Foydaanilgan adabiyotlar.....	387

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава I. КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ	
1.1 От механики к мехатронике.....	4
1.2. Общие положения проектирования мехатронных модулей.....	14
1.3. Функция и структура мехатронного модуля.....	15
1.4. Синергетическая интеграция в мехатронных модулях.....	21
Глава II. МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ	
2.1. Классификация мехатронных модулей.....	30
2.2. Модули движения.....	30
2.3. Мехатронные модули движения	49
2.4. Состав мехатронного модуля движения.....	58
2.5. Интеллектуальные мехатронные модули.....	60
Глава III. СТРУКТУРА МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	
3.1. Компоненты мехатронных модулей.....	65
3.2. Классификация машин и механизмов.....	72
3.3 Состав механизмов мехатронных устройств.....	80
3.4 Структурный анализ механизмов мехатронных устройств.....	91
Глава IV. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	
4.1. Аналитический (координатный) способ кинематического анализа механизмов.....	124
4.2. Дифференциальный метод кинематического анализа механизмов.....	125
4.3. Векторный способ (метод планов)	128

кинematicкого анализа рычажных механизмов.....	131
Глава V. СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	
	139
5.1. Механические характеристики машин.....	139
5.2. Классификация сил, действующих на звенья механизма.....	141
5.3. Кинетостатический анализ механизма. Определение сил реакций в кинematicческих парах.....	148
Глава VI. ДИНАМИКА МЕХАНИЗМОВ	
	158
6.1. Динамическая модель механизма.....	158
6.2. Приведение масс и моментов инерций механизма.....	160
6.3. Приведение сил и моментов сил.....	165
6.4. Динамика манипулятора.....	161
Глава VII. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДВИЖЕНИЯ	
	174
7.1. Зубчатые механизмы.....	174
7.1.1. Геометрические параметры цилиндрического зубчатого колеса.....	177
7.1.2. Кинematicческие параметры цилиндрической зубчатой передачи.....	182
7.1.3. Геометрия и кинematicика конической зубчатой передачи.....	190
7.1.4. Геометрия и кинematicика червячной передачи.....	193
7.1.5. Силы в зубчатых передачах.....	200
7.2. Эпициклические механизмы.....	206
7.3. Волновые механизмы.....	223

7.4.	Реечные передачи.....	238
7. 5.	Передача винт-гайка качения.....	248
7.6.	Передача винт-гайка скольжения.....	263
7.7.	Дифференциальные и интегральные передачи винт-гайка.....	267
7.8.	Передачи с гибкой связью.....	270 274
7.9	Фрикционные передачи.....	281
7.9.1	Вариаторы.....	284
Глава VIII. ЛЮФТОВЫБИРАЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ		284
8.1.	Выборка мертвого хода в зубчатых преобразователях движения.....	290
8.2.	Выборка мертвого хода в винтовых преобразователях движения.....	296
Глава IX. ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА		297
9.1.	Механические тормозные устройства.....	306
9.2.	Электромагнитные фрикционные тормозные устройства.....	315
Глава X. НАПРАВЛЯЮЩИЕ		316
10.1.	Направляющие с трением скольжения.....	322
10.2.	Направляющие с трением качения.....	327
10.3.	Шариковые ЛМ направляющие.....	330
10.4.	Шарикосплайновые направляющие.....	331
10.5.	Расчет ЛМ - и шарикосплайновых направляющих.....	331
Глава XI. КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ		333
11.1.	Погрешность системы управления и двигателя.....	335

11.2.	Кинематическая погрешность и мертвый ход преобразователей движения.....	335
11.3.	Погрешность, вызванная податливостью преобразователя	335
11.4.	Податливость элементов преобразователей движения.....	354
11.5.	Приведенная податливость преобразователей движения.....	356
11.6.	Погрешность мехатронного модуля.....	361

Глава 12. НАДЕЖНОСТЬ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

12.1.	Основные понятия надежности.....	363
12.2.	Характеристики надежности.....	364
12.3.	Безотказность.....	368
12.4.	Надежность в период нормальной эксплуатации.....	369
12.5.	Надежность в период постепенных отказов.....	371
12.6.	Надежность сложных систем.....	374
	Заключение.....	377
	Глоссарий.....	378
	Список литературы.....	387

CONTENTS

Introduction	3
Chapter I. THE CONCEPT OF BUILDING mexatronIC MODULES	
1.1 From mechanics to mexatronics.....	4
1.2. General provisions for the design of mexatronic modules.....	14
1.3. Function and structure of the mexatronic module.....	15
1.4. Synergetic integration in mexatronic modules.....	21
Chapter II. mexatronIC MODULES	
2.1. Classification of mexatronic modules.....	30
2.2. Motion modules.....	30
2.3. mexatronic motion modules.....	49
2.4. Composition of the mexatronic motion module.....	58
2.5. Intelligent mexatronic modules.....	60
Chapter III. STRUCTURE OF mexatronIC DEVICES	
3.1. Components of mexatronic modules.....	65
3.2. Classification of machines and mechanisms.....	72
3.3 Composition of mexatronic device mechanisms.....	80
3.4 Structural analysis of mexatronic device mechanisms	91
Chapter IV. KINEMATIC ANALYSIS OF mexatronIC DEVICE MECHANISMS	
	124
4.1. Analytical (coordinate) method of kinematic analysis of mechanisms.....	125
4.2. Differential method of kinematic analysis of mechanisms.....	128
4.3. Vector method (plan method) for kinematic analysis of lever mechanisms.....	131
Chapter V. POWER ANALYSIS OF MEXATRONIC DEVICES MECHANISMS	

	139
5.1. Mechanical characteristics of machines.....	139
5.2. Classification of forces acting on the links of the mechanism.....	141
5.3. Kinetostatic analysis of the mechanism. Determination of reaction forces in kinematic pairs.....	148
Chapter VI. DYNAMICS OF MECHANISMS	158
6.1. Dynamic model of the mechanism.....	158
6.2. Reduction of the masses and moments of inertia of the mechanism.....	160
6.3. Bringing forces and moments of forces.....	165
6.4. Manipulator dynamics.....	161
Chapter VII. MOTION CONVERTERS	174
7.1. Gear mechanisms.....	174
7.1.1. Geometric parameters of a cylindrical gear wheel.....	177
7.1.2. Kinematic parameters of a cylindrical gear train.....	182
7.1.3. Geometry and kinematics of a bevel gear.....	190
7.1.4. Geometry and kinematics of the	
7.1.5. Forces in gears.....	200
7.2. Epicyclic mechanisms.....	206
7.3. Wave mechanisms	223
7.4. Rack and pinion gears.....	238
7.5. Rolling screw-nut transmission.....	248
7.6. Sliding screw-nut transmission.....	263
7.7. Differential and integral gears screw-nut.....	267
7.8. Flexible communication transmissions.....	270
	274
7.9 Friction gears.....	281
7.9.1 Variators.....	284

Chapter VIII. BACKLASH-PICKING MECHANISMS	284
8.1. Dead stroke sampling in gear motion converters.....	290
8.2. Dead stroke sampling in screw motion converters.....	296
Chapter IX. BRAKING DEVICES	297
9.1. Mechanical braking devices.....	306
9.2. Electromagnetic friction braking devices.....	315
Chapter X. GUIDES	316
10.1. Sliding friction guides.....	322
10.2. Rolling friction guides.....	327
10.3. Ball - shaped LM guides.....	330
10.4. Ball-spline guides	331
10.5. Calculation of LM-and ball-spline guides.....	331
Chapter 11. KINEMATIC ACCURACY OF mexatronIC MODULES	333
11.1. Control system and engine error.....	335
11.2. Kinematic error and dead stroke of motion transducers.....	335
11.3. Error caused by the malleability of the motion converter.....	335
11.4. Flexibility of motion converter elements.....	354
11.5. Reduced malleability of motion transducers.....	356
11.6. Error of the mexatronic module.....	361
Chapter 12. RELIABILITY OF MEXATRONIC MODULES	363
12.1. Basic concepts of reliability.....	363
12.2. Reliability characteristics.....	364
12.3. Infallibility.....	368

12.4. Reliability during normal operation.....	369
12.5. Reliability in the period of gradual failures.....	371
12.6. Reliability of complex systems.....	374
Conclusion.....	377
Glossary.....	378
List of literature.....	387

YU.A. AXMEDJANOV

MEXATRON MODULLAR VA ULARNI KONSTRUKSIYALASH

Toshkent – «BOOK TRADE 2022»

**Muharrir: X. Tahirov
Texnik muharrir: S. Meliquziyeva
Musahhih: M. Yunusova
Sahifalovchi: A. Muhammad**

**Bosishga ruxsat etildi 31.08.2022.
Bichimi 60x84 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.**

**Ofset bosma usulida bosildi.
Nashriyot bosma tabog'i 12,68.
Tiraji 200. Buyurtma № 29/6.**

**«BOOK TRADE 2022» bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent viloyati, Chirchiq shahri, A.Temur, 93.**

ISBN 978-9943-8562-8-8



9 789943 856288