

# TTESI huzuridagi Pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish tarmoq markazi

## Texnologik mashinalar va jihozlar



## Robot va manipulyatorlar

2022

---

## O'quv uslubiy majmua

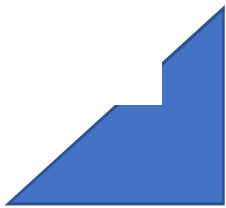
Mualliflar: A.Djurayev,  
SH.Madraximov

**Mazkur o‘quv uslubiy majmua Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2020 yil 7 dekabrdagi 648-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv reja va o‘quv dastur asosida tayyorlandi.**

**Tuzuvchilar:** TTESI t.f.d., prof. A.Djurayev  
TTESI PhD, dotsent SH.Madraximov

**Taqrizchilar:** t.f.n., dotsent K.Yunusov – TTESI, “To‘qimachilik matolari texnologiyasi” kafedrasida dotsenti.  
Xorijiy ekspert: t.f.d., professor A.Plexanov – Kasigina nomidagi to‘qimachilik instituti kafedra mudiri (Rossiya).

**O‘quv uslubiy majmua Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti uslubiy Kengashining 2020 yil 25 dekabrdagi 5-son qarori bilan nashrga tavsiya qilingan.**



**MUNDARIJA**

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | ISHCHI O‘QUV DASTURI.....  | 4  |
| II.  | MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTREFAOL<br>TA’LIM METODLARI..... | 9  |
| III. | NAZARIY MATERIALLAR.....   | 14 |
| IV.  | AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI.....                                    | 38 |
| V.   | GLOSSARIY.....   | 63 |
| VI   | ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....  | 65 |

## I. ISHCHI DASTUR

### **Kirish**

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-son, 2019 yil 27 avgustdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-son, 2019 yil 8 oktabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-son va 2020 yil 29 oktabrdagi “Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-6097-sonli Farmonlari, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 28 noyabrdagi “Paxtachilik tarmog‘ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-3408-son va O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020 yil 22 iyundagi “Paxta-to‘qimachilik ishlab chiqarishini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” 397-son hamda 2019 yil 23 sentabrdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 797-sonli Qarorlarida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish, sohaga oid ilg‘or xorijiy tajribalar, yangi bilim va malakalarni o‘zlashtirish, shuningdek amaliyotga joriy etish ko‘nikmalarini takomillashtirishni maqsad qiladi.

Ushbu dasturda ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi roli, robot manipulyatorlarni, ko‘tarish-tashish uskunalarni qo‘llash, manipulyatorlarning strukturaviy analizi va sintezi, robot va manipulyatorlarning kinematik tahlili, sanoat robotlari mexanizmlarni va manipulyatorlarning kinetostatik hisobi, sanoat robotlarining tarkibiy qismlari, sanoat robotlari aniqligi manipulyatorlarni boshqarish sistemalari, sanoat robotlari

yuritmalari bo'yicha yangi bilim, ko'nikma va malakalarini shakllantirishni nazarda tutadi.

### **Modulning maqsadi va vazifalari**

Robot va manipulyatorlar **modulining maqsad va vazifalari:**

**Modulning maqsadi:** paxta, to'qimachilik va yengil sanoatidagi xorijiy texnika va texnologiyalarni o'rganish.

**Modulning vazifasi:** paxtani dastlabki ishlash, yigirish, to'qish, tikuv va tikuv-trikotaj va ipak ishlab chiqaruvchi zamonaviy mashina va jihozlar. Paxta, to'qimachilik, yengil sanoatdagi xorijiy texnika va texnologiyalar. Ularning tuzulishi va ishlashini tahlil qilish.

### **Modul bo'yicha tinglovchilarning bilimi, ko'nikmasi, malakasi va kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar**

Robot va manipulyatorlar modulini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

#### **Tinglovchi:**

- ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi rolini;
- zamonaviy ishlab chiqarishda innovatsion texnologiyalaridan foydalanishning samarali usullarini *bilishi* kerak.

#### **Tinglovchi:**

- to'qimachilik, yengil va paxta sanoatida xorijiy texnika va texnologiyalardan foydalanish;
- mahsulot ishlab chiqarish jarayonidagi xorijiy texnologik mashina va jihozlarining dolzarb muammolarini tahlil qilish;
- ishlab chiqarilayotgan mahsulotlar sifatini tahlil qilish va boshqarish *ko'nikmalariga* ega bo'lishi lozim.

#### **Tinglovchi:**

- xorijiy texnologik mashina va jihozlarni ishlab chiqarishga joriy qilish;

- korxonalarda mashina va jihozlarga xizmat ko'rsatishning zamonaviy usullarini tanlash;
- to'qimachilik, yengil va paxta sanoati mashina va jihozlarining dolzarb muammolarini tahlil qilish *malakalariga* ega bo'lishi zarur.

### **Tinglovchi:**

- robot va manipulyatorlarning kinematik tahlil etish;
- tarmoq mashinalari va jihozlarini boshqarish *kompetensiyalariga* ega bo'lishi lozim.

### **Modulni tashkil etish va o'tkazish bo'yicha tavsiyalar**

Robot va manipulyatorlar moduli ma'ruza va amaliy mashg'ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo'llanilishi nazarda tutilgan:

- ma'ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida taqdimotlar, videomateriallar va elektron-didaktik texnologiyalardan; o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarda texnik vositalardan, «FSMU», “Keys-stadi”, “SWOT-tahlil”, “Brifing”, «Xulosalash» (Rezyume, Veyer), “Assesment”, “Insert”, Venn Diagrammasi, “Portfolio” metodi va boshqa interaktiv ta'lim usullarini qo'llash nazarda tutiladi.

### **Modulning o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan bog'liqligi va uzviyligi**

Modul mazmuni o'quv rejadagi “To'qimachilik va yengil sanoatda innovatsion texnika va texnologiyalari”, “Tarmoq mashina va jihozlarini loyihalashning zamonaviy usullari” va “Paxta-to'qimachilik klassterlari texnologik mashinalari va jihozlari” o'quv modullari bilan uzviy bog'langan holda pedagoglarning shaxsiy axborot maydonini shakllantirish, kengaytirish va kasbiy pedagogik tayyorgarlik darajasini orttirishga xizmat qiladi.

**Modulning oliy ta'limdagi o'rni**

Modul tarmoqdagi robot va manipulyatorlar hamda ulardan ta'lim tizimida foydalanish orqali ta'limni samarali tashkil etishga va sifatini tizimli orttirishga yordam beradi.

**Qayta tayyorlash va malaka oshirish mashg'ulotlari bo'yicha  
ajratilgan soatlar hajmi**

| №           | Modul mavzulari   | Tinglovchining o'quv yuklamasi, soat |           |          |                    |
|-------------|---|--------------------------------------|-----------|----------|--------------------|
|             |   | Auditoriya o'quv yuklamasi           |           |          |                    |
|             |   | Jami                                 | jumladan, |          | ko'chma mashg'ulot |
| nazariy     | amaliy mashg'ulot   |                                      |           |          |                    |
| 1.          | Ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi roli. Robot manipulyatorlarni, ko'tarish-tashish uskunalarini qo'llash. | 2                                    | 2         | -        | -                  |
| 2.          | Manipulyatorlarning strukturaviy analizi va sintezi.  | 2                                    | 2         | -        | -                  |
| 3.          | Robot va manipulyatorlarning kinematik tahlili.   | 2                                    | 2         | -        | -                  |
| 4.          | Sanoat robotlari mexanizmlarni va manipulyatorlarning kinetostatik hisobi.  | 2                                    | -         | 2        | -                  |
| 5.          | Sanoat robotlarining tarkibiy qismlari.   | 2                                    | -         | 2        | -                  |
| 6.          | Sanoat robotlari aniqligi manipulyatorlarni boshqarish sistemalari. Sanoat robotlari yuritmalari.   | 2                                    | -         | 2        | -                  |
| <b>Jami</b> |   | <b>12</b>                            | <b>6</b>  | <b>6</b> | <b>-</b>           |

**NAZARIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI**

**1-mavzu: Ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi roli. Robot manipulyatorlarni, ko'tarish-tashish uskunalarini qo'llash.**

Ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi roli. Robot manipulyatorlarni, ko'tarish-tashish uskunalari qo'llash.

**2-mavzu: Manipulyatorlarning strukturaviy analizi va sintezi.**

Manipulyatorlarning strukturaviy analizi. Manipulyatorlarning strukturaviy sintezi.

**3-mavzu: Robot va manipulyatorlarning kinematik tahlili.**

Robot va manipulyatorlarning kinematik xarakteristikalari. Servis koeffitsienti. Servis burchagi. Robotlarning kinematik tahlili.

**AMALIY MASHG'ULOT MAZMUNI**

**1- amaliy mashg'ulot: Sanoat robotlari mexanizmlarni va manipulyatorlarning kinetostatik hisobi.**

Sanoat robotlari mexanizmlarni va manipulyatorlarning kinetostatik hisobi va harakat tenglamalarini o'rganishdan iborat.

**2- amaliy mashg'ulot: Sanoat robotlarining tarkibiy qismlari.**

Sanoat robotlari tarkibiy qismlari, manipulyatorlarning konstruktiv elementlari, uning hususiyatlari, sanoat robotlari konstruksiyalari, ishlash prinsiplarini o'rganishdan iborat.

**3- amaliy mashg'ulot: Sanoat robotlari aniqligi manipulyatorlarni boshqarish sistemalari. Sanoat robotlari yuritmalari.**

Sanoat robotlari aniqligi manipulyatorlarni boshqarish sistemalari, robotlarni boshqarish va joylashtirish sxemalari, sanoat robotlari yuritmalari va uzatish mexanizmlari, robototexnikada avtomatlashtirish uskunalari o'rganishdan iborat.

**O'QITISH SHAKLLARI**

Mazkur modul bo'yicha quyidagi o'qitish shakllaridan foydalaniladi:

- ma'ruzalar, amaliy mashg'ulotlar (ma'lumotlar va texnologiyalarni anglab olish, aqliy qiziqishni rivojlantirish, nazariy bilimlarni mustahkamlash);
- davra suhbatlari (ko'rilayotgan loyiha yechimlari bo'yicha taklif berish qobiliyatini oshirish, eshitish, idrok qilish va mantiqiy xulosalar chiqarish);
- bahs va munozaralar (loyihalar yechimi bo'yicha dalillar va asosli argumentlarni taqdim qilish, eshitish va muammolar yechimini topish qobiliyatini rivojlantirish).



## II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI.

### «FSMU» metodi.

**Texnologiyaning maqsadi:** Mazkur texnologiya ishtirokchilardagi umumiy fikrlardan xususiy xulosalar chiqarish, taqqoslash, qiyoslash orqali axborotni o‘zlashtirish, xulosalash, shuningdek, mustaqil ijodiy fikrlash ko‘nikmalarini shakllantirishga xizmat qiladi. Mazkur texnologiyadan ma’ruza mashg‘ulotlarida, mustahkamlashda, o‘tilgan mavzuni so‘rashda, uyga vazifa berishda hamda amaliy mashg‘ulot natijalarini tahlil etishda foydalanish tavsiya etiladi.

### Texnologiyani amalga oshirish tartibi:

- qatnashchilarga mavzuga oid bo‘lgan yakuniy xulosa yoki g‘oya taklif etiladi;
- har bir ishtirokchiga FSMU texnologiyasining bosqichlari yozilgan qog‘ozlarni tarqatiladi:



- ishtirokchilarning munosabatlari individual yoki guruhiiy tartibda taqdimot qilinadi.

FSMU tahlili qatnashchilarda kasbiy-nazariy bilimlarni amaliy mashqlar va mavjud tajribalar asosida tezroq va muvaffaqiyatli o‘zlashtirilishiga asos bo‘ladi.

### Namuna.

**Fikr:** “To‘qimachilik va yengil sanoat mashinasozligida innovatsion texnika va texnologiyalar”.

**Topshiriq:** Mazkur fikrga nisbatan munosabatingizni FSMU orqali tahlil qiling.

**“Keys-stadi” metodi.**

«**Keys-stadi**» - inglizcha soʻz boʻlib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stadi» – oʻrganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni oʻrganish, tahlil qilish asosida oʻqitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini oʻrganishda foydalanish tartibida qoʻllanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari oʻz ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qayerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday/ Qanaqa (How), Nima-natija (What).

**“Keys metodi” ni amalga oshirish bosqichlari**

| <b>Ish bosqichlari</b>   | <b>Faoliyat shakli va mazmuni</b>   |
|--|---|
| <b>1-bosqich:</b> Keys va uning axborot taʼminoti bilan tanishtirish   | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish;</li><li>✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda);</li><li>✓ axborotni umumlashtirish;</li><li>✓ axborot tahlili;</li><li>✓ muammolarni aniqlash</li></ul>                              |
| <b>2-bosqich:</b> Keysni aniqlashtirish va oʻquv topshirigʻni belgilash  | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ individual va guruhda ishlash;</li><li>✓ muammolarni dolzarblik iyerarxiyasini aniqlash;</li><li>✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash</li></ul>  |
| <b>3-bosqich:</b> Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali oʻquv topshirigʻining yechimini izlash, hal etish yoʻllarini ishlab chiqish | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ individual va guruhda ishlash;</li><li>✓ muqobil yechim yoʻllarini ishlab chiqish;</li><li>✓ har bir yechimning imkoniyatlari va toʻsiqlarni tahlil qilish;</li><li>✓ muqobil yechimlarni tanlash</li></ul>                               |
| <b>4-bosqich:</b> Keys yechimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.   | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ yakka va guruhda ishlash;</li><li>✓ muqobil variantlarni amalda qoʻllash imkoniyatlarini asoslash;</li><li>✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash;</li><li>✓ yakuniy xulosa va vaziyat yechimining amaliy aspektlarini yoritish</li></ul> |

**Keys.** Amerika Qoʻshma Shtatining «Samuel Djekson» mashinasozlik firmasi tayyorlagan texnologiyasi bilan «Kontinental Igl» mashinasozlik firmasi

tayyorlagan texnologiyasi zavodga urnatildi. Ma'lum vaktan keyin «Kontinental Igl» mashinasozlik firmasi tayyorlagan texnologiya nuqsonli ishlay boshladi. YA'ni texnologiya bizni tolaga to'g'ri kelmadi.

### **«Xulosalash» (Rezyume, Veyer) metodi.**

**Metodning maqsadi:** Bu metod murakkab, ko'ptarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o'rganishga qaratilgan. Metodning mohiyati shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo'yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo'yicha o'rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda o'quvchilarning mustaqil g'oyalari, fikrlarini yozma va og'zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi. "Xulosalash" metodidan ma'ruza mashg'ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg'ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlili qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

#### **Metodni amalga oshirish tartibi:**



trener-o'qituvchi ishtirokchilarni 5-6 kishidan iborat kichik guruhlariga ajratadi;



trening maqsadi, shartlari va tartibi bilan ishtirokchilarni tanishtirgach, har bir guruhga umumiy muammoni tahlil qilinishi zarur bo'lgan qismlari tushirilgan tarqatma materiallarni tarqatadi;



har bir guruh o'ziga berilgan muammoni atroflicha tahlil qilib, o'z mulohazalarini tavsiya etilayotgan sxema bo'yicha tarqatmaga yozma bayon qiladi;



navbatdagi bosqichda barcha guruhlar o'z taqdimotlarini o'tkazadilar. Shundan so'ng, trener tomonidan tahlillar umumlashtiriladi, zaruriy axborotlr bilan to'ldiriladi va mavzu yakunlanadi.

### **“Brifing” metodi.**

“Brifing”- (ing. briefing-qisqa) biror-bir masala yoki savolning muhokamasiga bag‘ishlangan qisqa press-konferensiya.

#### **O‘tkazish bosqichlari:**

1. Taqdimot qismi.
2. Muhokama jarayoni (savol-javoblar asosida).

Brifinglardan trening yakunlarini tahlil qilishda foydalanish mumkin. Shuningdek, amaliy o‘yinlarning bir shakli sifatida qatnashchilar bilan birga dolzarb mavzu yoki muammo muhokamasiga bag‘ishlangan brifinglar tashkil etish mumkin bo‘ladi. Tinglovchilar tomonidan to‘qimachilik va yengil sanoat sohalari bo‘yicha innovatsion texnologiyalar bo‘yicha taqdimotini o‘tkazishda ham foydalanish mumkin.

### **“Assesment” metodi.**

**Metodning maqsadi:** mazkur metod ta‘lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o‘zlashtirish ko‘rsatkichi va amaliy ko‘nikmalarini tekshirishga yo‘naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta‘lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo‘nalishlar (test, amaliy ko‘nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil) bo‘yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

#### **Metodni amalga oshirish tartibi:**

“Assesment” lardan ma‘ruza mashg‘ulotlarida ta‘lim oluvchilarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o‘rganishda, yangi ma‘lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg‘ulotlarda esa mavzu yoki ma‘lumotlarni o‘zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o‘z-o‘zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi. Shuningdek, o‘qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o‘quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo‘shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

**Namuna.** Har bir katakdagi to‘g‘ri javob 5 ball yoki 1-5 balgacha baholanishi mumkin.



### Test

Manipulyatorlardagi yuritmalar qanday tarzda bo'lishi mumkin?

- mexanik,
- elektr,
- gidravlik,
- pnevmatik va aralash
- barchasi to'g'ri



### Qiyosiy tahlil

- Robot va manipulyatorlarning kinematik xarakteristikalari tahlil qiling?



### Tushuncha tahlili

- Manipulyatorlarning strukturaviy sintezini izohlang...



### Amaliy ko'nikma

- Manipulyatorlarning strukturasi tushuntirib bering

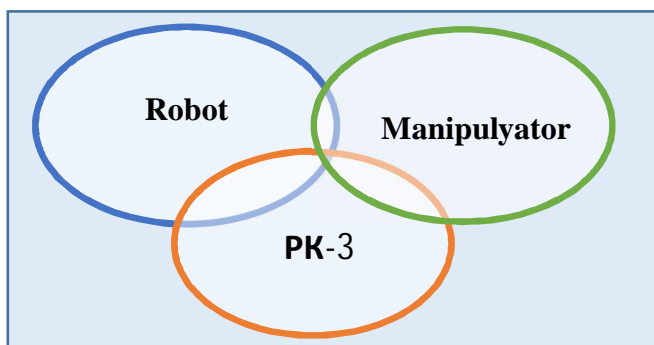
### Venn Diagrammasi metodi.

**Metodning maqsadi:** Bu metod grafik tasvir orqali o'qitishni tashkil etish shakli bo'lib, u ikkita o'zaro kesishgan aylana tasviri orqali ifodalanadi. Mazkur metod turli tushunchalar, asoslar, tasavurlarning analiz va sintezini ikki aspekt orqali ko'rib chiqish, ularning umumiy va farqlovchi jihatlarini aniqlash, taqqoslash imkonini beradi.

### Metodni amalga oshirish tartibi:

- ishtirokchilar ikki kishidan iborat juftliklarga birlashtiriladilar va ularga ko'rib chiqilayotgan tushuncha yoki asosning o'ziga xos, farqli jihatlarini (yoki aksi) doiralar ichiga yozib chiqish taklif etiladi;
- juftliklarning tahlili eshitilgach, ular birgalashib, ko'rib chiqilayotgan muammo yohud tushunchalarning umumiy jihatlarini (yoki farqli) izlab topadilar, umumlashtiriladilar va doirachalarning kesishgan qismiga yozadilar.

### Namuna: Robot va manipulyatorlarning turlari bo'yicha



### III. NAZARIY MATERIALLAR

#### 1-Ma'ruza

**Mavzu:** Ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi roli. Robot manipulyatorlarni, ko'tarish-tashish uskunalari qo'llash.

**Reja:**

1. Ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi roli.
2. Robot manipulyatorlarni, ko'tarish-tashish uskunalari qo'llash.

**Ilmiy texnikaviy jadallashtirishni amalga oshirishda mashinasozlikning yetakchi roli.**

Insoniyat tarixidan ma'lumki, inson har doim o'z mehnatini yengillashtirish maqsadida turli xil mashina va mexanizmlar yaratib keladi. So'ngi un yillarda ishlab chiqarish sohalari jadallik bilan rivojlanib ish unumi yanada ortib bormoqda, mahsulotning sifatiga talab kuchaymoqda. Yangi texnik vositalar, avtomatik va yarim avtomatik tarzda ishlaydigan mashina va jixozlar ko'plab yaratilmoqda. Insonning og'ir mehnatini mashinalar egallamoqda. Shuningdek insonni aqliy mehnati ham qator soxalarda mashinalar zimmasiga yuklanmoqda.

Insonni aqliy mehnatini samaradorligini oshiradigan sun'iy qurilmalar, hamda insonning qo'lini harakatlarini taqlidiy amalga oshiradigan mexanizmlar turlari, ularning tuzilishini, kinematikasini, dinamikasini tahlil qilish usullarini, yangi sxemalarini yaratishni o'rgatadigan fan robotlar va manipulyatorlar mexaniqasidir. Ushbu fanning asosiy vazifalari quyidagilardan iboratdir:

- robotlar va manipulyatorlarning turlari haqida tushunchalar;
- manipulyatorlarning texnik karakteristikalarini aniqlash;
- manipulyatorlarni strukturaviy analiz qilish;
- sanoat robotlari, manipulyatorlarni kinematik analiz qilish;
- manipulyatorlar dinamikasini tahlil qilish;
- robotlar va manipulyatorlarni konstruktiv elementlarini loyixalash.

Insonni aqliy va jismoniy mexnatini avtomatik tarzda amalga oshira oladigan sun'iy mashina qurilmasiga robot deyiladi.

Insonning qo'lini funksional vazifalarini, harakatlarini boshqarilish asosida amalga oshiradigan mexanizmga manipulyator deyiladi. Agarda manipulyator dasturli boshqarish tizimiga ega bo'lsa, uni sanoat roboti deyiladi. Manipulyatorlar harakati asosan fazoda amalga oshiriladi. Manipulyatorlarni boshqarish asosan qo'lda, avtomatik holda va aralash (kombinatsiyalashgan) holda qo'llanishi mumkin.

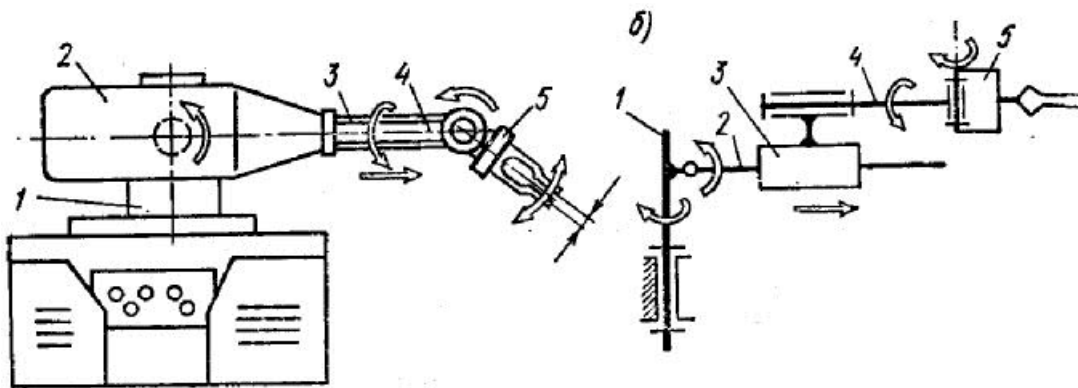
**Robot manipulyatorlarni, ko‘tarish-tashish uskunalarni qo‘llash.**

Qo‘l bilan boshqariladigan manipulyatorlar inson-operator qo‘lining harakatlari va ta‘sirini taqlidiy (uxshash) tarzda takrorlaydi. Ushbu manipulyatorni taqlid qiluvchi manipulyator deyiladi. Taqlid qiluvchi manipulyatorlarda simmetrik joylashgan ikkita mexanizm-boshqaruvchi hamda ijrochi mexanizmlardan (boshqacha aytganda, topshiriq beruvchi va uni bajaruvchi qo‘llardan) tashkil topgan bo‘lib, ular orasidagi bog‘lanish turli mexanik uzatmalar orqali amalga oshadi.

Manipulyatorning xizmat ko‘lamini inson-operator qo‘lining ish ko‘lamiga nisbatan kattalashtirish mumkin. Buning uchun ichida kuch uzatuvchi aloqa vositalari bo‘lgan truba joylashgan sferik sharnir qo‘llaniladi. Ushbu truba boshqarish dastasining harakatlarini aynan, ammo kattalashtirilgan o‘lchamda takrorlovchi, yelkalari barobar bo‘lmagan pishang vazifasini bajaradi. Agar operator harakati va kuchini germetik (teshiksiz va zichlamalarsiz) devor orqali uzatish lozim bo‘lsa, toretsli va silindrsimon magnitli muftalardan foydalaniladi.

Ko‘p xollarda operatoridan ancha uzoqda joylashgan taqlid qiluvchi manipulyatorlar ishini boshqarish lozim bo‘ladi; bunday masofadan boshqariluvchi manipulyatorlarda harakat va kuchning uzatilishini ta‘minlovchi taqlidiy sistemalar qo‘llaniladi.

Avtomatik boshqariluvchi manipulyatorlarda ijrochi mexanizm bo‘g‘inlari aniq dastur bo‘yicha yuritmalardan harakat oladi.



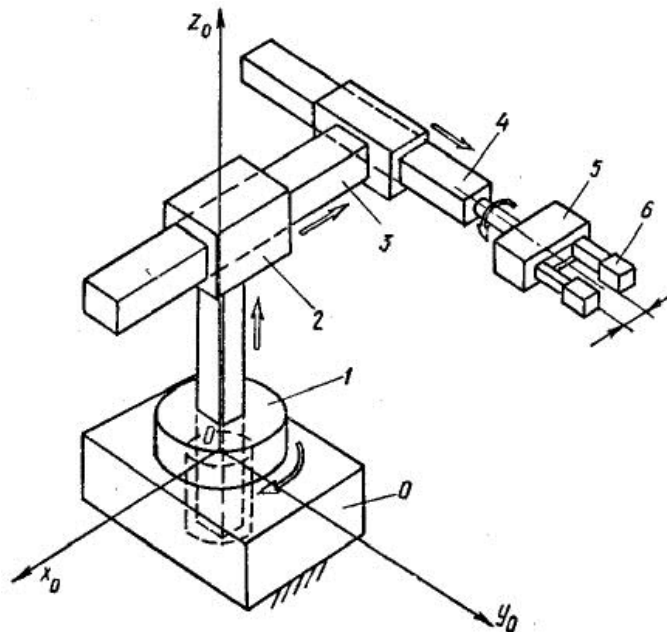
1-rasm.

Manipulyatorlardagi yuritmalar mexanik, elektr, gidravlik, pnevmatik va aralash tarzda bo‘lishi mumkin. Gidroyuritma og‘ir yuklarni (50 kg va undan og‘ir) 1 m/s gacha tezlikda harakatlantira oladi.

Turli tashish ishlarini (buyum yuklash, siljitish, olish va xokazo) bajarish uchun muljallangan, hamda uzgarmas dastur bo‘yicha ishlaydigan mashina-avtomatlarda qo‘llaniladigan, avtomatik boshqariladigan manipulyator avtooperator deyiladi.

Sanoat robotlari (SR) oddiy avtomatik mashinalardan shunisi bilan farq qiladiki, ularning asosiy mexanizmida erkinlik darajalari soni bir nechta bo‘lgan ochik kinematik zanjirning mavjudligi tufayli ularning ish organlari turli fazoviy harakatlarni keng chegaralarda amalga oshira oladi, bu esa ularni boshqa dasturni bajarishga tezda qayta sozlashga imkon beradi.

SR manipulyatorining konstruktiv sxemalari turli tumandir. Masalan, 1-rasmda, a da SR dan birining umumiy ko‘rinishi tasvirlangan; uning kinematik sxemasi 1-rasm, b da keltirilgan. Barmoqlarning harakatini hisobga olganda ushbu SR oltita erkinlik darajasiga ega. 2-rasmda barmoqlarning harakatini ham hisobga olganda oltita erkinlik darajasiga ega bo‘lgan SR manipulyatori mexanizmining nusxasi tasvirlangan. Bunday manipulyatorning asosiy elementlari: 0 – qo‘zg‘almas stanina (tayanch); 1 - aylanuvchi stol; bo‘g‘inlar 2,3,4 dan tuzilgan “qo‘l”; 5 – “panja”; 6 - barmoqli changal.



2-rasm

### 2. Robot manipulyatorlarni, ko‘tarish-tashish uskunalarini qo‘llash.

SR ning har bir nusxasi, odatda, harakatlantiriluvchi obyektning shakli va ulchamlariga bog‘liq holda bir qancha qisqichga-changalga ega bo‘ladi. Ombursimon qamragichlar, surilma barmoqlar, pnevmosurg‘ichlar, elektromagnitlar va shu kabilar ko‘rinishidagi changallar qo‘llaniladi. Harakatlantiriluvchi obyekt bilan bo‘ladigan urinish haqidagi bo‘lishi talab qilinadigan hollarda changalga tegishli datchiklar o‘rnatiladi.

SR manipulyatorining asosiy pishangli mexanizmlarida bir qo‘zg‘aluvchanlikdagi ilgari lanma va aylanma juftli kinematik zanjirlar ko‘proq qo‘llaniladi. Sferik sharnirlar uzatmalardan harakat olishni kiyinlashtiradi, shu sababli ular uchta aylanma juftlikli kinematik bo‘klamalar bilan almashtiriladi.



Bajaruvchi qurilma deb SR ning barcha harakatlanishlarni amalga oshiruvchi mexanizmlar tushuniladi.

Boshqarish qurilmasi boshqarish dasturiga mos ravishda bajaruvchi qurilmaga barcha boshqarish buyruklarini shakllantiradi va beradi.

Ishchi organ (qisgich, payvandlash kallagi, kraska purkagich va boshq.) to'g'ridan to'g'ri texnologik yoki qo'shimcha ishni bajaruvchi manipulyator kismidir.

Boshqarish dasturi - bu buyruqlar tizimi bo'lib, robotni funksional vazifasini ifodalaydi va texnologik jarayonni amalga oshirishni ta'minlaydi.

SR ni boshqarish adaptiv, konturli va pozitsion bo'lishi mumkin.

SR ning har bir nusxasi, odatda, harakatlantiriluvchi obyektning shakli va o'lchamlariga bog'liq holda bir qancha qisqichga-changalga ega bo'ladi. Ombursimon qamragichlar, surilma barmoqlar, pnevmosurg'ichlar, elektromagnitlar va shu kabilar ko'rinishidagi changallar qo'llaniladi. Harakatlantiriluvchi obyekt bilan bo'ladigan urinish haqidagi bo'lishi talab qilinadigan hollarda changalga tegishli datchiklar o'rnatiladi.

SR manipulyatorining asosiy pishangli mexanizmlarida bir qo'zg'aluvchanlikdagi ilgari lanma va aylanma juftli kinematik zanjirlar ko'proq qo'llaniladi. Sferik sharnirlar uzatmalardan harakat olishni kiyinlashtiradi, shu sababli ular uchta aylanma juftlikli kinematik boklamalar bilan almashtiriladi.

Bajaruvchi qurilma deb SR ning barcha harakatlanishlarni amalga oshiruvchi mexanizmlar tushuniladi.

Boshqarish qurilmasi boshqarish dasturiga mos ravishda bajaruvchi qurilmaga barcha boshqarish buyruklarini shakllantiradi va beradi.

Ishchi organ (kiskich, payvandlash kallagi, kraska purkagich va boshq.) to'g'ridan to'g'ri texnologik yoki qo'shimcha ishni bajaruvchi manipulyator qismidir.

Boshqarish dasturi - bu buyruqlar tizimi bo'lib, robotni funksional vazifasini ifodalaydi va texnologik jarayonni amalga oshirishni ta'minlaydi.

SR ni boshqarish adaptiv, konturli va pozitsion bo'lishi mumkin.

### **Nazorat savollari:**

1. Robotlar va manipulyatorlar fanining asosiy vazifalarini ko'rsatib bering.
2. Robot, manipulyator, sanoat roboti tushunchalarini ta'riflab bering.
3. Ishchi organ, boshqarish qurilmasi, boshqarish dasturi deganda nimani tushunasiz?
4. Robotlashtirishning necha avlodini bilasiz?
5. Siz tanlagan vazifani bajarish uchun tegishli robot yoki manipulyator sxemasini chiqib ko'rsating.

**Manipulyatorlarning strukturaviy analizi va sintezi.**

**Reja:**

1. Manipulyatorlarning strukturaviy analizi.
2. Manipulyatorlarning strukturaviy sintezi.

**Manipulyatorlarning strukturaviy analizi.**

Manipulyatorning qisqichini S nuqtasi tezligi tegishli koordinata o'qlariga tushirilgan proyeksiyalar bo'yicha olingan hosilalar orqali aniqlanadi

$$V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}; V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}; V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z} \quad (1)$$

yoki, S nuqtani absolyut tezligi

Xuddi shuningdek qisqichning S nuqtasini absolyut tezlanishi

$$a_c = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} \quad (2)$$

Lekin silindrik, sferik va angulyar koordinatalar sistemasida harakat qiluvchi manipulyatorlar qisqichlarining S nuqtalarini tezlik va tezlanishlari murakkab funksiyalar orqali aniqlanadi.

Amaliy tomondan ko'p vaziyatlarda robot va manipulyatorlarni loyihalashda kinematikaning teskari masalasini yechishga to'g'ri keladi. Bunda manipulyator qisqichining harakat qonuni, ya'ni koordinatalari oldindan berilgan bo'lib, qolgan bo'g'inlarni harakat qonunlari, umumlashgan koordinatalari aniqlanadi.

Umuman olganda kinematikaning teskari masalasi uch xil variantda qo'yilishi mumkin;

1) Manipulyator qisqichining berilgan bir holatiga qarab manipulyator bo'g'inlarini holati aniqlanadi;

2) Qisqichning berilgan bir necha harakatlariga qarab manipulyatorning bir necha holatlari aniqlanadi;

3) Manipulyator qisqichining harakat qonuni vaqtga bog'lik ravishda berilib  $r_j=r_j(t)$ , umumlashgan koordinatalarni o'zgarish qonunlari aniqlanadi  $\square=\square(t)$ ,  $S=S(t)$ .

Endi, manipulyatorlar uchun kinematikaning to'g'ri masalalari bo'yicha yechilgan natijalarni teskari tomondan qarab muloxaza qilaylik.

To'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida harakatlanuvchi manipulyator uchun olingan (2)ga asosan

$$X=S_2; \quad U=S_3; \quad Z=S_1 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_2 &= \frac{dx}{dt}; & \ddot{S}_2 &= \frac{d^2x}{dt^2} \\ \text{Bunda } \dot{S}_3 &= \frac{dy}{dt}; & \ddot{S}_3 &= \frac{d^2y}{dt^2} \\ \dot{S}_1 &= \frac{dz}{dt}; & \ddot{S}_1 &= \frac{d^2z}{dt^2} \end{aligned} \quad (4)$$

Huddi shuningdek, silindrik koordinatalar sistemasida harakatlanuvchi manipulyator uchun.

$$X_c = S_3 \cos \varphi; \quad Y_c = S_3 \sin \varphi; \quad Z_c = S_2$$

$$\text{yoki } X_c^2 + Y_c^2 = S_3^2; \quad \text{tg } \varphi = \frac{Y_c}{X_c} \text{ dan}$$

$$S_3 = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}; \quad \varphi = \text{arctg } \frac{Y_c}{X_c}; \quad S_2 = Z_c \quad (5)$$

Umumlashgan koordinatalarning tezliklari

$$\begin{aligned} \frac{ds_2}{dt} &= \frac{dZ_c}{dt} = V_{cz}; \\ \frac{ds_3}{dt} &= \frac{(V_{cx} + V_{cy}) - (\cos \varphi - \sin \varphi) \dot{\varphi} \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}}{\cos \varphi + \sin \varphi} \\ \dot{\varphi} &= \frac{X_c V_{cy} - Y_c V_{cx}}{X_c^2 + Y_c^2} \end{aligned} \quad (6)$$

Manipulyator harakati sferik koordinatalar sistemasida bo'lgan umumlashgan koordinatalar va ularning tezliklari quyidagilardan aniqlanadi.

$$X_c^2 + Y_c^2 = S_3^2 \cos^2 \varphi; \quad \text{tg } \varphi_1 = \frac{Y_c}{X_c} \quad (7)$$

$$(Z_c - l_1)^2 = S_3^2 \sin^2 \varphi$$

$$\text{bundan, } S_3 = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2 + (Z_c - l_1)^2} \quad (8)$$

$$S_3 \sin \varphi_2 = Z_c - l_1$$

$$\text{yoki } S_3 \cos \varphi_2 = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2} \quad (9)$$

$$\text{tg } \varphi_2 = \frac{Z_c - l_1}{\sqrt{X_c^2 + Y_c^2}}$$

Olingan (6.5), (6.6), (6.7)larni tahlil qilamiz.  $X_c$ ,  $U_s$ ,  $Z_c$  koordinatalar quyidagi shartni qanoatlantirishi kerak

$$(S_3)_{\min} \leq \left[ X_c^2 + Y_c^2 + (Z_c - l_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \leq (S_3)_{\max}$$

bu yerda, (S3) min va (S3) max – manipulyator qo‘lini minimal va maksimal chiqish masofasi.  $\arctg x$  qiymatlari  $-\frac{\pi}{2}$  va  $\frac{\pi}{2}$  oralig‘ida bo‘lishini hisobga olsak  $-\pi < \varphi_1 < \pi$ , u holda

$$\varphi_1 = \begin{cases} \arctg\left(\frac{Y_c}{X_c}\right), & X_c > 0 \\ \pm \frac{\pi}{2}, & X_c = 0 \\ \arctg\left(\frac{Y_c}{X_c}\right) \pm \pi & X_c < 0 \end{cases} \quad (10)$$

Xuddi shuningdek

$$\varphi_2 = \begin{cases} \arctg \frac{Z_c - l_1}{(X_c^2 + Y_c^2)^{\frac{1}{2}}}, \\ \frac{\pi}{2}, & X_c = Y_c = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Tezliklari quyidagi ifodalardan aniqlanadi.

$$\left. \begin{aligned} \dot{S}_3 &= (v_{cx} \cos \varphi_1 + v_{cy} \sin \varphi_1) \cos \varphi_2 + v_{cz} \sin \varphi_2, \\ \dot{\varphi}_1 &= \frac{v_{cy} \cos \varphi_1 - v_{cx} \sin \varphi_1}{S \cos \varphi_2}, \\ \dot{\varphi}_2 &= \frac{1}{S_3} [v_{cx} \cos \varphi_2 - (v_{cx} \cos \varphi_1 + v_{cy} \sin \varphi_1) \sin \varphi_2] \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

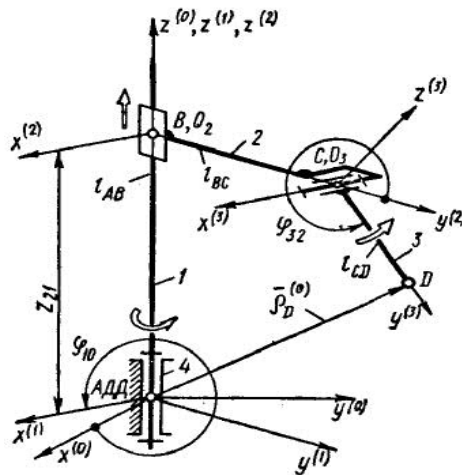
Xuddi shuningdek 5.6-rasmdagi manipulyator uchun, umumlashgan koordinatalar.

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{10} &= \arctg\left(\frac{Y_c}{X_c}\right), \\ \varphi_{21} &= \arctg \frac{Z_c - l_1}{(X_c^2 + Y_c^2)^{\frac{1}{2}}} \pm \arccos \frac{l_2^2 - l_3^2 + X_c^2 + Y_c^2 + (Z_c - l_1)^2}{2l_2[X_c^2 + Y_c^2 + (Z_c - l_1)^2]^{\frac{1}{2}}}, \\ \varphi_{32} &= \pm \left[ \pi - \arccos \frac{l_2^2 + l_3^2 - X_c^2 - Y_c^2 - (Z_c - l_1)^2}{2l_2 l_3} \right] \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Tezliklarning ifodalari

$$\left. \begin{aligned} \dot{\varphi}_{10} &= \frac{v_{cy} \cos \varphi_{10} - v_{cx} \sin \varphi_{10}}{l_2 \cos \varphi_{21} + l_3 \cos(\varphi_{21} + \varphi_{32})}, \\ \dot{\varphi}_{21} &= \frac{(v_{cx} \cos \varphi_{10} + v_{cy} \sin \varphi_{10}) \cos(\varphi_{21} + \varphi_{32}) + v_{cz} \sin(\varphi_{21} + \varphi_{32})}{l_2 \sin \varphi_{32}}, \\ \dot{\varphi}_{32} &= \frac{1}{l_3} \left\{ -\frac{(l_3 + l_2 \cos \varphi_{32})}{l_2 \sin \varphi_{32}} [(v_{cx} \cos \varphi_{10} + v_{cy} \sin \varphi_{10}) \sin(\varphi_{21} + \varphi_{32}) + v_{cx} \sin(\varphi_{21} + \varphi_{32})] - \right. \\ &\quad \left. - (v_{cx} \cos \varphi_{10} + v_{cy} \sin \varphi_{10}) \bullet \sin(\varphi_{21} + \varphi_{32}) + v_{cx} \cos(\varphi_{21} + \varphi_{32}) \right\} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Manipulyatorning tanlangan tuzilish sxemasida ko'rsatilgan ish doirasi bo'yicha bo'g'inlarning o'lchamlarini aniqlash uchun yuqorida bayon etilgan koordinatalarni o'zgartirishning matritsa usulini tatbiq yetilgan. U holda uning holat funksiyasini tadqiq yetish lozim. Masalan, 1-rasmda tasvirlangan, erkinlik darajalari uchta bo'lgan manipulyator changali D nuqtasining holat funksiyasi uning radius-vektori  $\vec{\rho}_D$  ning umumlashagan koordinatalarga hamda  $l_{BC}$  va  $l_{SD}$  bo'g'inlarning uzunligiga bog'liqligi bo'ladi. Ochiq kinematik zanjirli ushbu mexanizm zo'riqtirmasdan yig'ilganligi sababli statik aniq, hamda ortiqcha bog'lamalarsiz bo'ladi ( $q=0$ ). Mexanizm uchta bir qo'zg'aluvchanlikdagi juftlik bo'lib, ularning ikkitasi (A,S) aylanma va bittasi (V) ilgarilanmadir.



1-rasm.

Umumlashagankoordinatalarsoniuchta:

$\varphi_{10}$ -bo'g'in 1 ningtayanch 4 ga nisbatan burilish burchagi;

$z_{21}$ -bo'g'in 2 ningbo'g'in 1 ga nisbatan chiziqli siljishi;

$\varphi_{32}$ -bo'g'in 3 ningbo'g'in 2 ganisbatanburilishburchagi.

Erkinlik darajalari soni  $W=3$  ekanligi Malishev formulasi bilan xam tasdiqlanadi:

$$W = 6n - \left[ \sum_{i=1}^5 (6-i)p_i - q \right] = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 3 = 3$$

$O_1x^{(1)}u^{(1)}z^{(1)}$  koordinatalar sistemasi  $z^{(1)}$  o'q atrofida aylanuvchi bo'g'in 1 bilan bog'langan;

$O_2x^{(2)}u^{(2)}z^{(2)}$  koordinatalar sistemasi bo'g'in 1 ga nisbatan to'g'ri chiziq bo'yicha harakatlanuvchi bo'g'in 2 bilan bog'langan;

$O_3x^{(3)}u^{(3)}z^{(3)}$  koordinatalar sistemasi  $x^{(3)}$  o'q atrofida aylanuvchi bo'g'in 3 bilan bog'langan.

$z^{(0)}, z^{(1)}, z^{(2)}$  o'qlar ustma-ust joylashadi ,

$x^{(1)}, x^{(2)}, x^{(3)}$  o'qlar o'zaro paralleldir .

$\bar{\rho}_D^{(0)} = \bar{\rho}_D^{(0)}(\varphi_{10}, z_{21}, \varphi_{32})$  holat fnksiyasi matritsa shaklida quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\bar{\rho}_D^{(0)} = T_{10} T_{21} T_{32} \bar{\rho}_D^{(3)},$$

bu yerda

$$p_D^0 = \begin{bmatrix} x_D^0 \\ y_D^0 \\ z_D^0 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad T_{10} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_{10} & -\sin \varphi_{10} & 0 & 0 \\ \sin \varphi_{10} & \cos \varphi_{10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$T_{21} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z_{21} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad T_{32} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_{32} & -\sin \varphi_{32} & l_{BC} \\ 0 & \sin \varphi_{32} & \cos \varphi_{32} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (15)$$

$$p_D^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 \\ l_{CD} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

$T_{10}$ ,  $T_{21}$ ,  $T_{32}$  matritsalaridagi to‘rtinchi qator (0001) va ustunli matritsalaridagi 1 raqamli ayniyatli o‘zgarishga ( $1 \square 1$ ) olib keladi. Ular matritsalar kvadrat tarzda bo‘lishi, hamda matritsalarini ko‘paytirish mumkin bo‘lishi uchun kiritilgan.

Matritsalar ma’lum qoida qatorni ustunga ko‘paytiri qoidasiga muvofiq ko‘paytiriladi. (4.32) formuladagi matritsalarini ketma-ket tartibda ko‘paytirish natijasida quyidagi tenglik hosil bo‘ladi:

$$\begin{bmatrix} x_D^{(0)} \\ y_D^{(0)} \\ z_D^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_{BC} \sin \varphi_{10} - l_{CD} \sin \varphi_{10} \cos \varphi_{32} \\ l_{BC} \cos \varphi_{10} + l_{CD} \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{32} \\ z_{21} + l_{CD} \sin \varphi_{32} \\ 1 \end{bmatrix},$$

binobarin,  $0x^{(0)}u^{(0)}z^{(0)}$  qo‘zg‘almas sistemada D nuqtaning izlanayotgan koordinatalari quyidagilarga teng:

$$\left. \begin{aligned} x_D^{(0)} &= -l_{BC} \sin \varphi_{10} - l_{CD} \sin \varphi_{10} \cos \varphi_{32}; \\ y_D^{(0)} &= l_{BC} \cos \varphi_{10} + l_{CD} \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{32}; \\ z_D^{(0)} &= z_{21} + l_{CD} \sin \varphi_{32}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Umumlashagan koordinatalarning bir qancha oddiy qiymatlarida (4.33) formulalarning va mexanizm kinematik sxemasining (4.6-rasm) o‘zaro mosligini

tekshirib ko‘rish foydadan holi bo‘lmaydi. Masalan,  $\varphi_{10}=\varphi_{32}=0$  bo‘lganda:  $x_D^{(0)}=0$ ;  $y_D^{(0)}=l_{BC}+l_{CD}$ ;  $z_D^{(0)}=z_{21}$  bo‘ladi;  $\varphi_{10}=\varphi_{32}=270^\circ$  bo‘lganda esa  $x_D^{(0)}=l_{BC}$ ;  $y_D^{(0)}=0$ ;  $z_D^{(0)}=z_{21}-l_{CD}$  bo‘ladi. D nuqta koordinatalarining o‘zgarish chegaralari ma’lum bo‘lsa, (4.33) munosabatlar yordamida bo‘g‘inlar IBC,ICD uzunligining kerakli qiymatlarini hamda  $\varphi_{10}$ ,  $z_{21}$  va  $\varphi_{32}$  umumlashgan koordinatalarning o‘zgarish chegaralarini tanlab olish mumkin.

Manipulyator changalining hamda aloxida bo‘g‘inlarining harakat tezligi kabi texnik ko‘rsatkich katta ahamiyatga ega. Bunda eng yuqori harakat tezligi manipulyatoridagi ish jarayonining tarzi va yuritmaning quvvati bilangina emas, balki xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarning xavfsizlik sharoiti bilan ham belgilanadi.

Agar umumlashgan koordinatalarning vaqtga bog‘liklari ma’lum bo‘lsa, u holda tezlik holat funksiyasini vaqt bo‘yicha differensiallash orqali aniqlanadi. Masalan, erkinlik darajasi uchta bo‘lgan ko‘rib chiqilgan manipulyator uchun changal D nuqtasi tezligi vektorning koordinatalar o‘qiga proyeksiyalarining berilgan  $\varphi_{10}(t)$   $z_{21}(t)$  va  $\varphi_{32}(t)$  munosabatlarida (4.33) tenglamani vaqt bo‘yicha differiyensiallab ushbuni hosil qilamiz;

$$\left. \begin{aligned} v_{Dx} &= \dot{x}_D^{(0)} = -\omega_1 \cos \varphi_{10} (l_{BC} + l_{CD} \cos \varphi_{32}) + \omega_{32} l_{CD} \sin \varphi_{10} \sin \varphi_{32}; \\ v_{Dy} &= \dot{y}_D^{(0)} = -\omega_1 \sin \varphi_{10} (l_{BC} + l_{CD} \cos \varphi_{32}) - \omega_{32} l_{CD} \cos \varphi_{10} \sin \varphi_{32}; \\ v_{Dz} &= \dot{z}_D^{(0)} = v_{21} + \omega_{32} l_{CD} \cos \varphi_{32} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

D nuqta tezligi vektorining kattaligi va yo‘nalishini quyidagi formulalardan topamiz:

$$\begin{aligned} v_D &= \sqrt{v_{Dx}^2 + v_{Dy}^2 + v_{Dz}^2}, \quad \cos \alpha = v_{Dx} / v_D, \\ \cos \beta &= v_{Dy} / v_D, \quad \cos \gamma = v_{Dz} / v_D \end{aligned} \quad (18)$$

bu yerda  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ - tezlik vektorining yo‘naltiruvchi burchaklari.

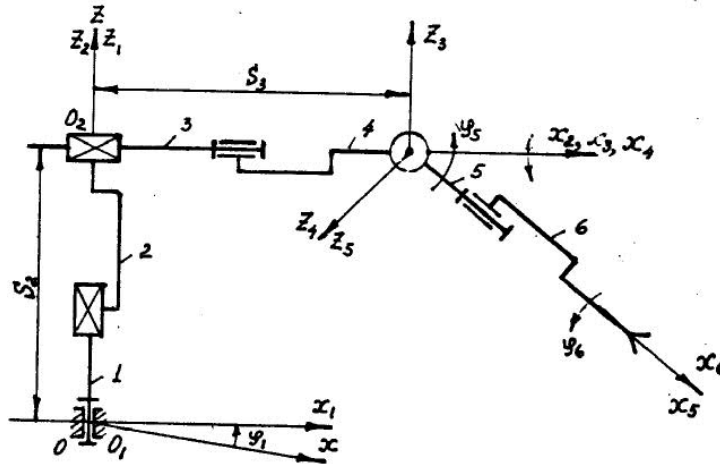
(4.34), (4.35) formulalarga asosan muayyan son qiymatlarini aniqlash natijasida changal D nuqtasining eng katta tezligi va tezlikning o‘zgarish tarzini baholashga imkon tug‘iladi.

Qo‘zg‘aluvchanlik darajasi 6 ga teng bo‘lgan sanoat robotining kinematik tahlilini ko‘rib chikamiz. Ushbu manipulyatorning kinematik sxemasi 4.7-rasmda keltirilgan.

Ko‘rilayotgan manipulyator ikkita ilgarilanma-qaytma va 4 ta aylanma V-sinf kinematik juftlardan, 6 ta qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inlardan iboratdir.

$$W=6n-5p_5-4p_4-3p_3-2p_2-p_1=6 \cdot 6-5 \cdot 6=6$$

Manipulyator qisqichi andozani o'shlagan deb bir butun bo'g'in deb hisoblaylik. Manipulyator tayanchidan OXUZ qo'zg'almas koordinata sistemasini o'tkazaylik. Qolgan koordinata sistemalari qo'zg'aluvchan bo'ladi.



4.7-rasm.

To'rtinchi pog'onali matritsa usulini qo'llab, koordinatalar sistemalariga keltirishni yozamiz.

$$\begin{aligned}
 A_{01} &= \begin{vmatrix} \cos \varphi_1 & -\sin \varphi_1 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} & A_{12} &= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \\
 A_{23} &= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & S_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} & A_{34} &= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi_4 & -\sin \varphi_4 & 0 \\ 0 & \sin \varphi_4 & \cos \varphi_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \\
 A_{45} &= \begin{vmatrix} \cos \varphi_5 & -\sin \varphi_5 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_5 & \cos \varphi_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} & A_{56} &= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & l_6 \\ 0 & \cos \varphi_4 & -\sin \varphi_4 & 0 \\ 0 & \sin \varphi_4 & \cos \varphi_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (19)
 \end{aligned}$$

Bunda  $A_{0\bar{6}}$  matritsasi  $O_6X_6U_6Z_6$  koordinata sistemasidan OXUZ sistemasiga o'tishi oraliq matritsalarini ko'paytmasi asosida topiladi, ya'ni

$$A_{0\bar{6}} = A_{01} \cdot A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{34} \cdot A_{45} \cdot A_{56} \dots \quad (20)$$

Qisqichning holati berilgan deb qarab



$$A_{06} = \begin{vmatrix} \alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{13}a_1 \\ \alpha_{21}\alpha_{22}\alpha_{23}a_2 \\ \alpha_{31}\alpha_{32}\alpha_{33}a_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (21)$$

O6X6U6Z6 sistemasini qo'zg'almas OXUZ koordinatalar sistemasiga nisbatan holatini belgilaydi. (20) ni quyidagicha qayta yozaylik. sistemasini qo'zg'almas OXUZ koordinatalar sistemasiga nisbatan holatini belgilaydi. (20 ni quyidagicha qayta yozaylik.

$$A_{01} \cdot A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{34} \cdot A_{45} = A_{06} \cdot A_{56}^{-1} \quad \dots \quad (22)$$

Bu yerda,  $A_{56}^{-1}$  – mavjud  $A_{56}$  matritsaga teskari, quyidagiga teng.

$$A_{56}^{-1} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & -l_6 \\ 0 & \cos\varphi_6 & \sin\varphi_6 & 0 \\ 0 & -\sin\varphi_6 & \cos\varphi_6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (23)$$

(4.39) ifodani chap qismidagi matritsalarini ko'paytirib, quyidagini hosil qilamiz.

$$\begin{aligned} & A_{01} \cdot A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{34} \cdot A_{45} = \\ & = \begin{vmatrix} \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_5 - \sin\varphi_1 \cos\varphi_4 \cdot \sin\varphi_5 & -\cos\varphi_1 \cdot \sin\varphi_5 - \sin\varphi_1 \cos\varphi_4 \cdot \cos\varphi_5 & \sin\varphi_1 \sin\varphi_4 \cos\varphi_1 S_3 \\ \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_5 + \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_4 \cdot \sin\varphi_5 & -\sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_5 + \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_4 \cdot \cos\varphi_5 & -\cos\varphi_1 \sin\varphi_4 \sin\varphi_1 S_3 \\ \sin\varphi_4 \cdot \sin\varphi_5 & \sin\varphi_4 \cdot \cos\varphi_5 & \cos\varphi_4 & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \end{aligned} \quad (24)$$

Yendi (4.39) ni o'ngqismidagimatritsalarini o'zaroko'paytiramiz.

$$\begin{vmatrix} \alpha_{11}\alpha_{12} \cos\varphi_6 - \alpha_{13} \sin\varphi_6 \alpha_{12} \sin\varphi_6 + \alpha_{13} \cos\varphi_6 - l_6\alpha_{11} + a_1 \\ \alpha_{12}\alpha_{22} \cos\varphi_6 - \alpha_{23} \sin\varphi_6 \alpha_{22} \sin\varphi_6 + \alpha_{23} \cos\varphi_6 - l_6\alpha_{21} + a_2 \\ \alpha_{13}\alpha_{32} \cos\varphi_6 - \alpha_{33} \sin\varphi_6 \alpha_{32} \sin\varphi_6 + \alpha_{33} \cos\varphi_6 - l_6\alpha_{31} + a_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (25)$$

Olingan (24) va (25) larni o'zaro tenglashtirib 12 ta trigonometrik tenglamalar sistemasi hosil qilamiz. Ularda 6 ta  $\varphi_1, S_2, S_3, \varphi_4, \varphi_5, \varphi_6$  lar noma'lumlardir. Kinematikani teskari masalasini yechishga asosan ushbu umumlashgan koordinatalarni topish kerak bo'ladi.

Hosil qilingan (24) va (25) matritsalarini uchinchi ustunlarini o'zaro tenglashtirib quyidagilarni olamiz.

$$\left. \begin{aligned} \cos \varphi_1 \cdot S_3 &= -l_6 \alpha_{11} + a_1 \\ \sin \varphi_1 \cdot S_3 &= -l_6 \alpha_{21} + a_2 \\ S_2 &= -l_6 \alpha_{31} + a_3 \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Bu (26) sistema uchinchi tenglamasidan  $S_2$  aniqlangan. Birinchi 2 ta tenglamadan

$$S_3 = \pm \sqrt{(a_6 - l_6 \alpha_{11})^2 + (a_2 - l_6 \alpha_{21})^2}$$

Xuddi shuningdek (6.24)ni birinchi va ikkinchi tenglamalarini o‘zaro bo‘lib

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{a_1 - l_6}{a_2 - l_6 \alpha_{21}}$$

Yuqoridagi (24) va (25) matritsalarini birinchi ustun elementlarini tenglashtirib

$$\begin{aligned} \cos \varphi_1 \cos \varphi_4 - \sin \varphi_1 \cos \varphi_5 &= \alpha_{11} \\ \sin \varphi_1 \cos \varphi_4 + \cos \varphi_1 \sin \varphi_5 &= \alpha_{12} \\ \sin \varphi_4 \sin \varphi_5 &= \alpha_{13} \end{aligned} \quad (27)$$

(27) ning birinchi ikki tenglamasidan

$$\begin{aligned} \cos \varphi_5 &= \alpha_{11} \cos \varphi_1 + \alpha_{12} \sin \varphi_1 \\ \text{oxirgi tenglamasidan, esa} \end{aligned}$$

$$\sin \varphi_4 = \frac{\alpha_{13}}{\sin \varphi_5}$$

Xuddi shuningdek (24) va (25) matritsalarini ikkinchi va uchinchi ustun elementlari tenglashtirib

$$\begin{aligned} \alpha_{32} \sin \varphi_6 - \alpha_{33} \cos \varphi_6 &= \sin \varphi_4 \cos \varphi_5 \\ \alpha_{32} \cos \varphi_6 + \alpha_{33} \sin \varphi_6 &= \cos \varphi_4 \end{aligned}$$

ni olamiz. Natijada tegishli o‘zgartirish va qo‘llashni amalga oshirib  $\varphi_4$ ,  $\varphi_5$ ,  $\varphi_6$  ni aniqlaymiz. Masalani yechimlari shu edi.

### **Manipulyatorlarning strukturaviy sintezi.**

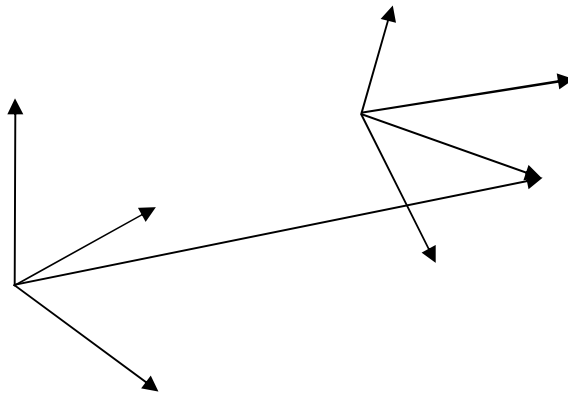
Sanoat robotlarini loyihalashning barcha bosqichlarida va boshqarish jarayonida manipulyatorlarni kinematik va dinamik masalalarini yechishga to‘g‘ri keladi. Umuman sanoat robotlarini dinamik tahlilida kinematik harakteristikalardan foydalanish zarur bo‘ladi. Shuning uchun dastlab manipulyatorlarni kinematik tahlili bajariladi. Sanoat robotlarini kinematik tahlilida asosan bo‘g‘inlarning va texnologik obyektlarni o‘zaro holatini, harakterli nuqtalarni tezlik va tezlanishlarni aniqlanadi. Sanoat robotlarini kinematik tahlilida to‘g‘ri va teskari masalalarni farq qilinadi. To‘g‘ri masalada ishchi organni, qisqichni tegishli vaziyati kinematik juftlardagi

nisbiy siljishlarga qarab hisoblanadi. YA'ni, to'g'ri masalada umumlashgan koordinatalarni o'zaro cheklangan o'zgarishlarida robotni ishchi zonasini geometrik karakteristikalarini aniqlanadi.

Teskari masalada qisqichning holatiga karab umumlashgan koordinata topiladi. Bunda qisqichning  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  harakat qonuni aniqlanadi. Shu asosda manipulyator bo'g'inlari, nuqtalarini tezlik va tezlanishlari xam aniqlanadi.

Kinematik tahlilni amalga oshirish uchun dastlab manipulyatorning kinematik sxemasi tuziladi. Manipulyator kinematik sxemasida bo'g'inlarni geometrik o'lchamlari (masshtabda), ularni to'rlari, kinematik juftlar soni va sinflari ko'rsatiladi. So'ngra, manipulyatorni ko'zg'aluvchanlik darajasi va harakatchanligi aniqlanadi. Manipulyatorni texnologik parametrlari tahlil qilinadi.

Koordinatalarni qayta tuzishda matritsalar usuli keng ko'llaniladi. Manipulyator qisqichini holatini aniqlashda koordinatalarni qayta tuzish kerak bo'ladi.



2.1-rasm

Aytaylik  $S_j(O_j, X_j, U_j, Z_j)$  koordinatalar sistemasida  $\bar{\tau}_j$  vektori berilgan bo'lsin, uni koordinatalarini  $\bar{\tau}_j$  vektori bilan  $S_j(O_j, X_j, U_j, Z_j)$  sistemada topish kerak bo'lsin. (2.1-rasm).  $\bar{\tau}_i$  vektorining koordinatalarini  $\bar{\tau}_j$  vektori koordinatalari orqali ifodalasak.

$$\bar{\tau}_i = A_{\bar{s}i sj} \bar{\tau}_j \quad (2.1)$$

bu yerda,  $A_{\bar{s}i sj}$  sistemadan  $S_i$  sistemaga o'tish matritsasi. Fazoviy koordinatalarni qayta tuzish uchun 4- tartibli matritsalaridan  $A_{\bar{s}i sj}$  foydalaniladi. Vektor yo'nalishi qaysi sistemadan qaysinisigacha o'tishini ko'rsatadi.  $A_{\bar{s}i sj}$  matritsani yuqori chap burchagi bo'yicha 3-tartibli  $B_{sij}$  matritsani ko'raylik

$$B_{sij} = \begin{vmatrix} \cos(xixj) & \cos(xiyj) & \cos(xizj) \\ \cos(yixj) & \cos(yiyj) & \cos(yizj) \\ \cos(zixj) & \cos(ziyj) & \cos(zizj) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \quad (2.2)$$

Ushbu matritsa elementlari yangi  $S_i$  sistemaning burchak kosinuslari bo'lsa, o'qlari eski  $S_j$  sistemanikidir. Bunda X o'qi 1, U o'ki 2, Z o'ki 3 bilan belgilanadi. Masalan

$$a_{23} = \cos(y_i, z_i)$$

$A_{i,j}$  matritsaning  $a_{14}, a_{24}, a_{34}$  elementlarini  $a_{41}=a_{42}=a_{43}=0$  va  $a_{44}=1$  deb qaraymiz.

Matritsalarining qatorini ustuniga ko'paytirish qoidasidan vektori koordinatalari yangi  $S_i$  sistemada  $\bar{r}_i$  koordinatalari orqali olinadi.

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_j \\ Y_j \\ Z_j \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{cases} X_i = a_{11}X_j + a_{12}Y_j + a_{13}Z_j + a_{14} \\ X_i = a_{21}X_j + a_{22}Y_j + a_{23}Z_j + a_{24} \\ X_i = a_{31}X_j + a_{32}Y_j + a_{33}Z_j + a_{34} \end{cases} \quad (2.3)$$

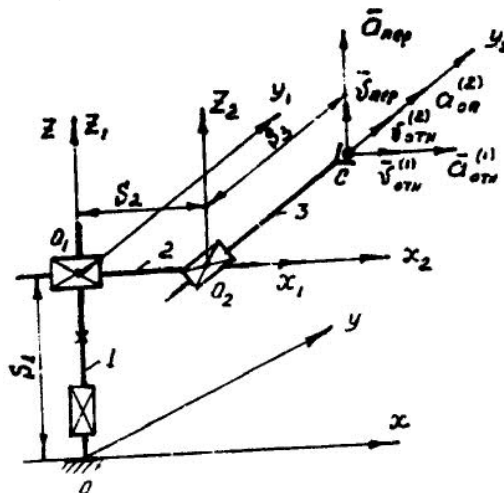
Manipulyator qisqichini tayanchga nisbatan holatini aniqlash asosiy vazifalardandir. Masalani matritsa formulasidan foydalanib yechish mumkin.

$$\bar{r}_0 = (A_{01} \cdot A_{12} \dots A_{n-1,n}) \bar{r}_n \quad (2.4)$$

bu yerda  $\bar{r}_0$  va  $\bar{r}_n$   $4 \times 1$  o'lchamli matritsa-ustunlari bo'lib, ularni birinchi uchta elementlari qisqichning nuqtasini koordinatalaridir. Umulashgan koordinatalarni ma'lum deb,  $A_0$  matritsani elementlari hisoblanadi.

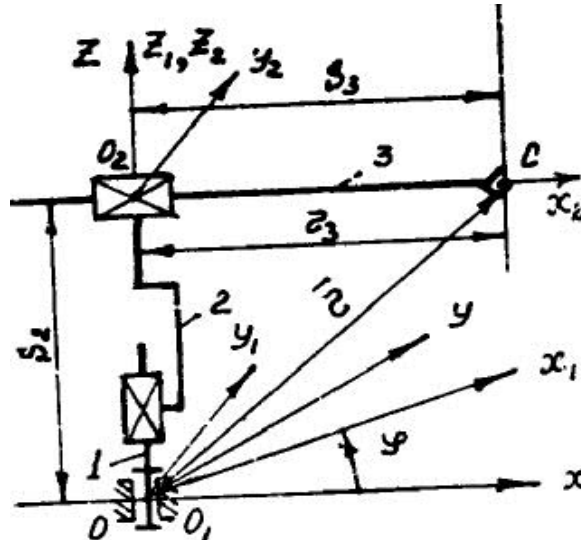
$$A_{0,n} = A_{0,1} \cdot A_{1,2} \dots = \begin{pmatrix} \cos(x_0 x_n) \cos(x_0 y_n) \cos(x_0 z_n) x^* \\ \cos(y_0 x_n) \cos(y_0 y_n) \cos(y_0 z_n) y^* \\ \cos(z_0 x_n) \cos(z_0 y_n) \cos(z_0 z_n) z^* \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

YAni qisqichning holatini tayanchga nisbatan topiladi. Agarda umumlashgan koordinatalar qiymatlarda yemas, vaqt funksiyasi orqali berilsa,  $A_{0,n}$  matritsa elementlari xam vaqt funksiyasi bo'ladi.



2.2-rasm.

To'g'ri burchakli koordinatalar sistemasini bo'lganda, aytaylik 2.2-rasmda keltirilgan sanoat roboti yetaklovchi 1,2,3 bo'g'inlarining harakat qonunlari  $S_1(t)$ ,  $S_2(t)$ ,  $S_3(t)$  shaklida berilgan bo'lsin. Manipulyator qisqichining S nuqtasini harakat tenglamasini topishimiz kerak. OXUZ qo'zg'almas va ikkita O1X1U1Z1 va O2X2U2Z2 qo'zg'aluvchan koordinatalar sistemasini chizaylik (2.2-rasmga qarang).



2.3-rasm.

U holda

$$A_{01} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad A_{12} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & S_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

$\bar{\tau}$  vektori koordinatalarini qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan quyidagicha aniqlaymiz,  $\bar{\tau} = (A_{01} \cdot A_{12}) \bar{\tau}_3$ ,

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & S_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ S_3 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{cases} x = S_2 \\ y = S_3 \\ z = S_1 \end{cases} \quad (2.7)$$

Ushbu (2.7) orqali qisqichning S nuqtasi x,u,z qiymatlarini aniqlanadi.

Silindrik koordinatalar sistemasini bo'yicha harakat qiluvchi manipulyatorning kinematik sxemasi 4.3-rasmda keltirilgan. Unda O tayanch, 1-ustun, 2-aravacha, 3-qo'ldan iborat manipulyator ko'rsatilgan.

Bu yerda xam OXUZ qo'zg'almas va ikkita qo'zg'aluvchan O1X1U1Z1 va O2X2U2Z2 koordinatalar sistemasini belgilaymiz. Ular 1,2,3 bo'g'inlariga moslashtirilgan.

Manipulyator qo'zg'aluvchan bo'g'inlarining harakat konunlari  $\varphi(t)$ ,  $S_2(t)$ ,  $S_3(t)$ , berilgan bo'lib,  $\bar{\tau}_v$  vektori koordinatalari, ya'ni qisqichning S nuqtasi holatini topish talab qilinadi.

$$\text{Ma'lumki } \bar{\tau} = A_{0\bar{2}} \cdot \bar{\tau}_3 \quad (2.8)$$

Bu yerda,  $\bar{\tau}_3$ -  $O_2X_2U_2Z_2$  sistemada S nuqtasining vektori.

$O_2X_2U_2Z_2$  sistemadan  $OXUZ$  sistemaga o'tish matritsasini  $A_{0\bar{2}}$  ni  $A_{01}$  va  $A_{12}$  matritsalarini ko'paytirib topamiz.

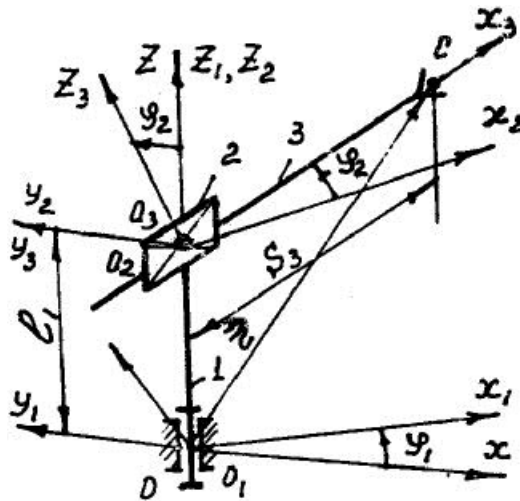
$$A_{0\bar{2}} = A_{01} \cdot A_{12} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.9)$$

Bundan  $\bar{\tau}$  vektorning S nuqtasi  $OXUZ$  koordinatalar sistemasidagi koordinatalari teng bo'ladi.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S_3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{cases} x = S_3 \cos \varphi \\ y = S_3 \sin \varphi \\ z = S_2 \end{cases} \quad (2.10)$$

Sferik koordinatalar sistemasi bo'yicha harakatlanuvchi manipulyator 5.5-rasmda keltirilgan. U yerda xam  $\varphi_1(t)$ ,  $\varphi_2(t)$ , va  $S_3(t)$  berilgan bo'lib, manipulyator qisqichni S nuqtasi holati, ya'ni koordinatalarini aniqlash kerak bo'ladi.

Yuqorida ko'rsatilganidek tegishli  $OXUZ$  qo'zg'almas va  $O_1X_1U_1Z_1$ ,  $O_2X_2U_2Z_2$ ,  $O_3X_3U_3Z_3$  qo'zg'aluvchan koordinatalar sistemalarini tegishli nuqtalardan o'tkazamiz (2.4-rasmga qarang).



2.4-rasm.

Chizmadan qisqichning S nuqtasi holatini belgilovchi  $\bar{\tau}$  vektor uchun

$$\bar{\tau} = A_{03} \cdot \bar{\tau}_3 \quad (2.11)$$

$O_3X_3U_3Z_3$  sistemadan  $OXUZ$  sistemaga o'tish matritsasi  $A_{0\bar{3}}$  ni topamiz.

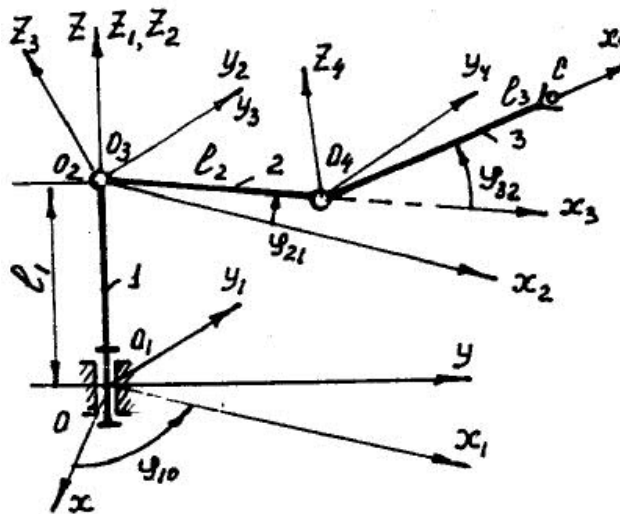
$$A_{0\bar{3}} = A_{01} \cdot A_{12} \cdot A_{23} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_1 & -\sin \varphi_1 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \varphi_2 & 0 & -\sin \varphi_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_2 & 0 & \cos \varphi_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.12)$$

Qo'zg'almas  $OXUZ$  koordinatalar sistemasida  $\bar{\tau}$  vektorni S nuqtasi

koordinatalari  $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 - \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1 \sin \varphi_2 & 0 \\ \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 & \cos \varphi_1 & \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 & 0 \\ \sin \varphi_1 & 0 & \cos \varphi_2 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} S_3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{cases} x = S_3 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \\ y = S_3 \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 \\ z = l_1 + S_3 \sin \varphi_2 \end{cases}$

(2.13)

Angulyar koordinatalar sistemasi bo'yicha harakatlanuvchi sanoat roboti kinematik sxemasi 2.5-rasmda keltirilgan bo'lib,  $\varphi_{10}(t)$ ,  $\varphi_{21}(t)$ ,  $\varphi_{32}(t)$  lar berilgan. YA'ni 1,2,3 bo'g'inlarni aylanma siljitish qonunlari ma'lum, qisqichning S nuqtasi koordinatalari aniqlanishi kerak. Bu yerda  $OXUZ$  qo'zg'almas va  $O_1X_1U_1Z_1$ ,  $O_2X_2U_2Z_2$ ,  $O_3X_3U_3Z_3$ ,  $O_4X_4U_4Z_4$  qo'zg'aluvchan koordinatalar sistemalarini olib, chizmaga qo'yamiz (2.5-rasmga karang).



2.5-rasm.

Manipulyatorni 2 va 3 bo'g'inlari  $O_2X_2Z_2$  tekisligida yotibdi. Qisqich o'rtasidagi S nuqtasi radiusi-vektori  $\bar{r} = A_{0\bar{4}} \cdot \bar{r}_4$  (2.14)

Endi, yuqorida ta'kidlaganimizdek  $O_4X_4U_4Z_4$  koordinatalar sistemasidan qo'zg'almas OXUZ sistemasiga o'tish matritsalarini aniqlaymiz.

$$A_{0\bar{4}} = A_{01} \cdot A_{12} \cdot A_{23} \cdot A_{34}$$

$$\text{bu yerda } A_{01} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{10} & -\sin \varphi_{10} & 0 & 0 \\ \sin \varphi_{10} & \cos \varphi_{10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad A_{12} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.15)$$

$$A_{23} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{21} & 0 & -\sin \varphi_{21} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_{21} & 0 & \cos \varphi_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad A_{34} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{31} & 0 & \sin \varphi_{31} & l_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_{31} & 0 & \cos \varphi_{31} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.16)$$

Matritsalarini ko'paytirib qisqichning S nuqtasi holatini, ya'ni koordinatalarini topamiz.

$$\begin{vmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{10} \cdot \cos \varphi_{31} - \sin \varphi_{10} \cdot \cos \varphi_{10} \sin \varphi_{31} l_2 \cdot \cos \varphi_{21} \cos \varphi_{10} \\ \sin \varphi_{10} \cdot \cos \varphi_{31} \cos \varphi_{10} - \sin \varphi_{10} \sin \varphi_{31} l_2 \cdot \cos \varphi_{21} \sin \varphi_{10} \\ \sin \varphi_{31} & 0 & \cos \varphi_{31} & l_1 + l_2 \sin \varphi_{21} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.17)$$

$$\begin{vmatrix} l_3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{vmatrix} \rightarrow \begin{cases} x = (l_2 \cos \varphi_{21} + l_3 \cos \varphi_{31}) \cos \varphi_{10} \\ y = (l_2 \cos \varphi_{21} + l_3 \cos \varphi_{31}) \sin \varphi_{10} \\ z = l_1 + l_2 \sin \varphi_{21} + l_3 \sin \varphi_{31} \end{cases}$$

bu yerda  $\varphi_{31} = \varphi_{21} + \varphi_{32}$

### **Nazorat savollari:**

1. Sanoat robotlarini kinematik tahlilida qanday masalalar xal kilinadi?
2. Koordinatalarni keltirishda matritsalar usulini tushintirib bering.
3. Manipulyatorni kinematik tahlilida to'g'ri masalani yechishga misol keltiring.
4. Matritsalarini o'zaro ko'paytirishni qanday amalga oshiriladi?
5. Birorta manipulyator sxemasini chizib, kinematik tahlil bosqichlarini ko'rsatib bering.
6. Manipulyatorlarning kinematikasida teskari masala qanday yechiladi?
7. To'g'ri, silindrik, sferik va angulyar koordinatalar sistemasida harakatlanuvchi manipulyatorlarning kinematik sxemalaridagi farqni tushuntirib bering.
8. Kinematik tahlilda umumlashgan koordinatalar qanday aniqlanadi?



9. Manipulyatorlar kinematik tahlilidagi muammoli masalalar nimalardan iborat?
10. Manipulyatorni kinematikasida tezlik va tezlanishlar qanday aniqlanadi?
11. Sanoat robotlarini kinematik tahlilida qanday masalalar xal kilinadi?
12. Koordinatalarni keltirishda matritsalar usulini tushintirib bering.
13. Manipulyatorni kinematik tahlilida to‘g‘ri masalani yechishga misol keltiring.
14. Matritsalarini o‘zaro ko‘paytirishni qanday amalga oshiriladi?
15. Birorta manipulyator sxemasini chizib, kinematik tahlil bosqichlarini ko‘rsatib bering.
16. Manipulyatorlarning kinematikasida teskari masala qanday yechiladi?
17. To‘g‘ri, silindrik, sferik va angulyar koordinatalar sistemasida harakatlanuvchi manipulyatorlarning kinematik sxemalaridagi farqni tushuntirib bering.
18. Kinematik tahlilda umumlashgan koordinatalar qanday aniqlanadi?
19. Manipulyatorlar kinematik tahlilidagi muammoli masalalar nimalardan iborat?
20. Manipulyatorni kinematikasida tezlik va tezlanishlar qanday aniqlanadi?

### **3-ma’ruza**

#### **Mavzu: Robot va manipulyatorlarning kinematik tahlili.**

##### **Reja:**

1. Robot va manipulyatorlarning kinematik xarakteristikalarini.
2. Servis koeffitsiyenti.
3. Servis burchagi.
4. Robotlarning kinematik tahlili.

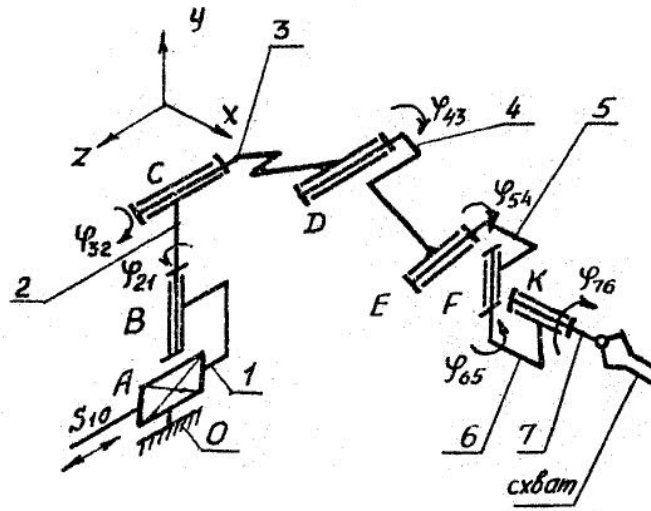
Manipulyatorlar asosan ochiq fazoviy kinematik zanjirlardan iborat bo‘lganligi uchun ularning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi Somov-Malishev formulasidan foydalanib topiladi.

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

bu yerda, n-qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inlar soni;

$P_1, P_2, \dots, P_5$ - tegishli sinf kinematik juftlar soni.

3.1-rasmda qo‘zg‘aluvchanlik darajasi 7 ga teng bo‘lgan manipulyator sxemasi keltirilgan. Sxemadan ko‘rinib turibdiki, manipulyator faqat V-sinf kinematik juftlardan iborat bo‘lib,  $n=7$  ga teng.

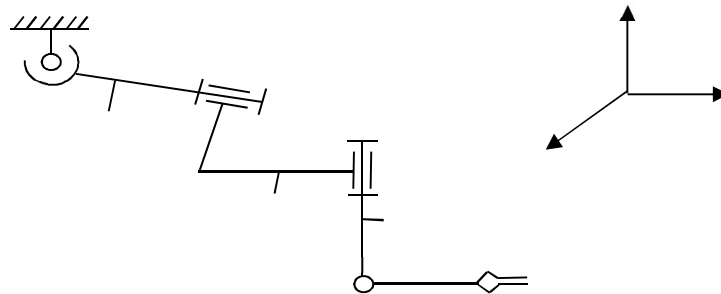


3.1-rasm.

Shuning uchun barcha harakat yo'nalishlari to'liq ko'rsatilgan.

$$n=7, P_5=7; P_4=P_3=P_2=P_1=0 \quad W=6 \cdot 7 - 5 \cdot 7 = 7$$

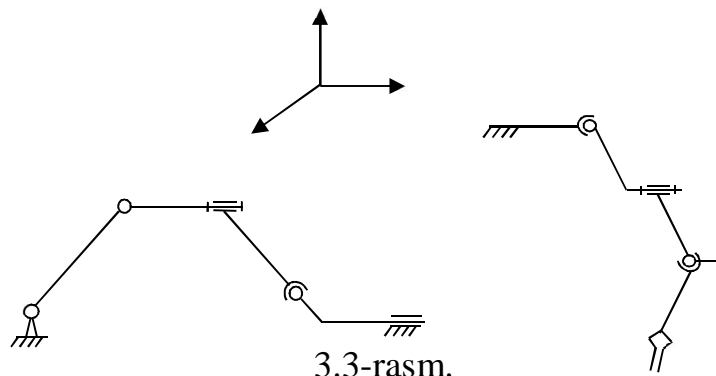
Manipulyator faqat V-sinf kinematik juftlardan iborat bo'lsa, strukturaviy formulani quyidagicha yozish mumkin  $W = \bar{Z} + \hat{Y} + \hat{Z} + \hat{Z} + \hat{Z} + \hat{Y} + \hat{X}$  bu yerda  $\bar{Z}$  ilgari qaytma kinematik juftni belgilasa,  $\hat{Y}$  aylanma kinematik juftni belgilaydi. 3,2-rasmda keltirilgan manipulyator uchun strukturaviy formula quyidagicha yoziladi:



3.2-rasm.

$$W = \hat{X}\hat{Y}\hat{Z} + \hat{Y} + \hat{Z} + \hat{X} = 6$$

Bunda qo'zg'aluvchanlik darajasi 6 teng bo'ladi. Misol ta'rifida yana 2 ta manipulyatorni ko'raylik (3.3-rasm),



3.3-rasm.

3,3a-rasmdagi manipulyator uchun

$$W=6\cdot 4-5\cdot 4-3\cdot 1=1$$

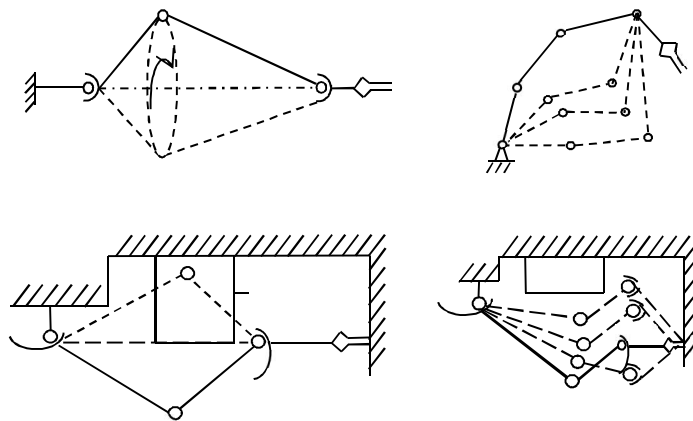
3,3b-rasmdagi manipulyator uchun

$$W=6\cdot 3-5\cdot 1-4\cdot 2=5 \text{ yoki } W=\widehat{Z\bar{X}}+\widehat{Y}+\widehat{X\bar{Y}}$$

yani koordinata o'qlari bo'yicha harakatlar orqali strukturaviy formulalarni faqat manipulyator ochiq kinematik zanjirdan iborat bo'lgandagina yozish mumkin ekan.

Manipulyatorning harakati jarayonida chiquvchi bo'g'in nuqtasi (qisqich yoki changal) tegishli nuqtaga turlicha yaqinlasha olishi mumkin. Manipulyatorni qisqichi belgilangan nuqtaga keltirilgan holda qo'zg'almas deb qarab mexanizmni qo'zg'aluvchanlik darajasini belgilovchi kattalik manipulyator harakatchanligi deyiladi. Manipulyatorning harakatchanligi bo'g'inlar soni va kinematik juftlarga hamda ularni joylashuviga bog'lik bo'ladi. Aslida harakatchanlik manipulyatorlarni harakatlanish qobiliyatini (manevrennosti) belgilaydi. 3.4a-rasmdagi manipulyator uchun harakatchanlik

$$W_x=6\cdot 2-5\cdot 1-3\cdot 2=1$$



3.4-rasm

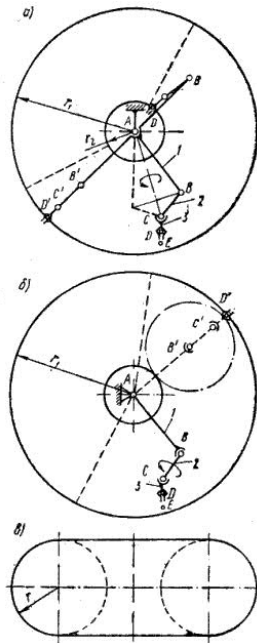
3.4b-rasmdagi tekislikda harakat kiluvchi manipulyatorning harakatchanligi

$$W_x=3\cdot 3-2\cdot 4=1$$

3.4 s, d-rasmlarda manipulyatorning to'siqqa nisbatan harakatlana olish qobiliyatlari (harakatlari) ko'rsatilgan.

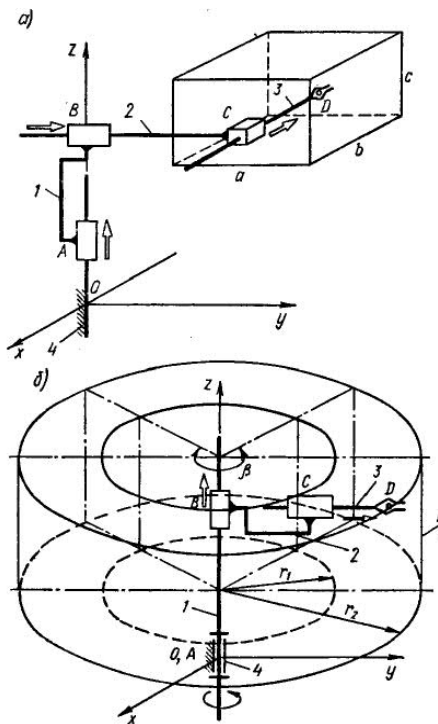
Fazoda manipulyator qisqichini egallashi mumkin bo'lgan tekisliklar (sirtlar) bilan chegaralangan qismi ishchi xajm, yoki xizmat ko'rsatish zonasi (servis zonasi) deyiladi. 3.5-rasmda ko'rsatilgan manipulyatorning ishchi xajmi silindrning bir qismi hisoblanadi.

3.6-rasm (a) da tasvirlangan manipulyator uchun mumkin bo‘lgan eng katta ish soxasi  $r_1 = AD'$  va  $r_2 = AD''$  radiusli sferalar oralig‘idagi bo‘shliqdir, muayyan holda esa xizmat ko‘rsatish doirasi ushbu bo‘shliqning bir qismigina bo‘ladi



3.6-rasm

(3.6-rasm, a da shtrix chizik bilan ko‘rsatilgan); 3.6-rasm, b da tasvirlangan manipulyator uchun mumkin bo‘lgan eng katta ish doirasi  $r_1 = AD'$  va  $r = B'D'$  o‘lchamli xalkalar (3.6-rasm, v), muayyan holda esa, ish doirasi yana shu xalkaning bir kismi (3.6-rasm, b dagi shtrix chizik) bo‘ladi.



3.7-rasm

Uchta ilgarilanma juftlikli manipulyatorning (3.7-rasm, a) ish doirasi to'g'ri burchakli parollelepipeddan iborat, uning  $a$ ,  $b$ ,  $c$  o'lchamlari tegishli bo'g'inlarning o'z yo'naltiruvchilarida, masalan, bo'g'in 2 ning  $u$  o'q bo'ylab, bo'g'in 1 ning  $z$  o'q bo'ylab eng ko'p surilish qiymatlari bilan aniqlanadi. Bitta aylanma va ikkita ilgarilanma juftlikli manipulyator uchun (3.7-rasm, b) mumkin bo'lgan eng katta ish doirasi g'ovak silindrdir. Bu silindr uchun  $r_2-r_1$  radiuslar aylanmasi bo'g'in 3 ning bo'g'in 2 ga nisbatan eng katta siljishi bilan,  $h$  balandlik esa bo'g'in 2 ning bo'g'in 1 ga nisbatan eng katta siljishi bilan aniqlanadi; muayyan bir holda esa ushbu bo'shlikning  $\square$  burchak bilan cheklangan bir qismigina (3.7-rasm b da shtrixpunktir chiziqqlar bilan ajratib ko'rsatilgan) ish doirasi bo'lishi mumkin.

### **Nazorat savollari:**

1. Sanoat robotlarini kinematik tahlilida qanday masalalar hal qilinadi?
2. Koordinatalarni keltirishda matritsalar usulini tushintirib bering.
3. Manipulyatorni kinematik tahlilida to'g'ri masalani yechishga misol keltiring.
4. Matritsalarini o'zaro ko'paytirishni qanday amalga oshiriladi?
5. Birorta manipulyator sxemasini chizib, kinematik tahlil bosqichlarini ko'rsatib bering.
6. Manipulyatorlarning kinematikasida teskari masala qanday yechiladi?
7. To'g'ri, silindrik, sferik va angulyar koordinatalar sistemasida harakatlanuvchi manipulyatorlarning kinematik sxemalaridagi farqni tushuntirib bering.
8. Kinematik tahlilda umumlashgan koordinatalar qanday aniqlanadi?
9. Manipulyatorlar kinematik tahlilidagi muammoli masalalar nimalardan iborat?
10. Manipulyatorni kinematikasida tezlik va tezlanishlar qanday aniqlanadi?

## **1-AMALIY MASHG'ULOT.**

**Mavzu:** Sanoat robotlari mexanizmlarni va manipulyatorlarning kinetostatik hisobi

**Ishdan maqsad:** Sanoat robotlari mexanizmlarni va manipulyatorlarning kinetostatik hisobi va harakat tenglamarini o'rganishdan iborat.

### **Ishning bayoni**

Sanoat robotlari quyidagi xususiyatlariga qarab qator turlarga bo'linadi: ishlatilish soxasi, yuk ko'tarish qobiliyati, qo'zg'aluvchanlik darajasi, harakat turi, ish joyiga o'rnatish uslubi, koordinatalar sistemasi turiga, yuritgichi, boshqarish va dasturlash usuliga qarab aniqlanadi.

Ishlatilishiga qarab robotlar maxsus, moslashtirilgan va universal bo'lishi mumkin. Agarda sanoat roboti faqat bir texnologik funksiyani bajarishga mo'ljallangan bo'lsa, u maxsus robot bo'ladi. Agarda robot turli xil funksional vazifalarni bajara olsa, u universal bo'ladi. Jumladan, ular quyidagilarni bajarishlari mumkin:

-yukni siljitish, andozani qo'yish va olish, keskichni almashtirish va boshqa texnologik operatsiyalarni bajarish;

-andoza, mahsulot va asboblarni omborlarda tashishni avtomatlashtirish;

-to'g'ridan-to'g'ri texnologik vazifani bajarish (yuvishtirish, tozalash, kraskalash, payvandlash, kesish va boshqalar);

-mashina qismini yig'ish, tekshirish va sinashni avtomatlashtirish.

Tashiladigan yukni kattaligiga qarab robotlar quyidagi guruhlariga bo'linadi:

-o'ta yengil (1 kg gacha);

-yengil (1-10 kg gacha);

-o'rtacha (10-200 kg gacha);

-og'ir (0,2-1,0 t);

-o'ta og'ir (1 t. dan yuqori);

Qo'zg'aluvchanlik darajasiga qarab, ikki, uch, turt va undan katta bo'lgan erkinlik darajasiga ega sanoat robotlari ishlatiladi.

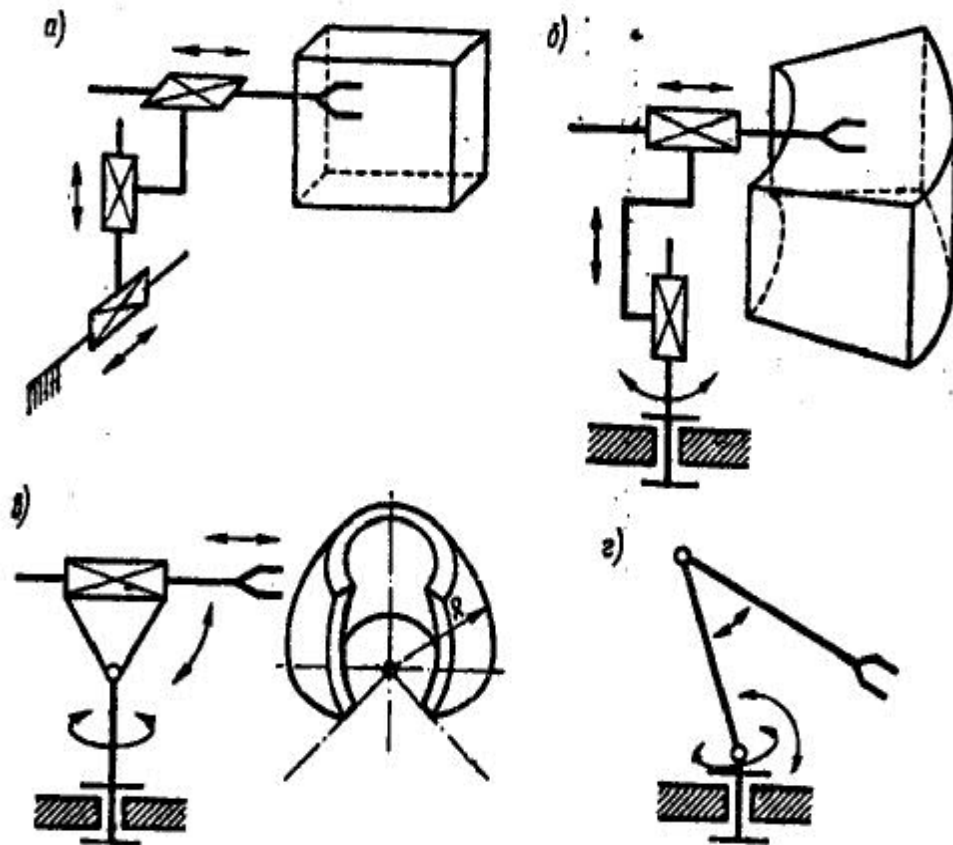
Koordinata sistemalari bo'yicha:

-dekart koordinata sistemasida ishlovchi (o'qlar bo'yicha) robotlar (1-rasm, a);

-silindrik sistema bo'yicha ishlaydigan sanoat robotlari (1-rasm, b);

-sferik sistema bo'yicha ishlaydigan sanoat robotlari (1-rasm, v);

-fazoviy burchak koordinatasi bo'yicha harakatlanuvchi sanoat roboti (1-rasm, g).



1-rasm.

Sanoat robotlarida yuritgichlar elektrik, gidravlik, pnevmatik va aralash manbaadan harakat olishlari mumkin.

Sanoat robotlarining ishchi parametrlariga quyidagilar kiradi:

- a) qo‘zg‘aluvchanlik darajasi;
- b) siljiriladigan yukni maksimal qiymati;
- v) ishchi xajm;
- g) ishchi organlarni harakat tezligi;
- d) holatlarni egallashning aniqligi.

Ushbu parametrlarni ishlatilish darajasi quyidagi jadvalda keltirilgan.

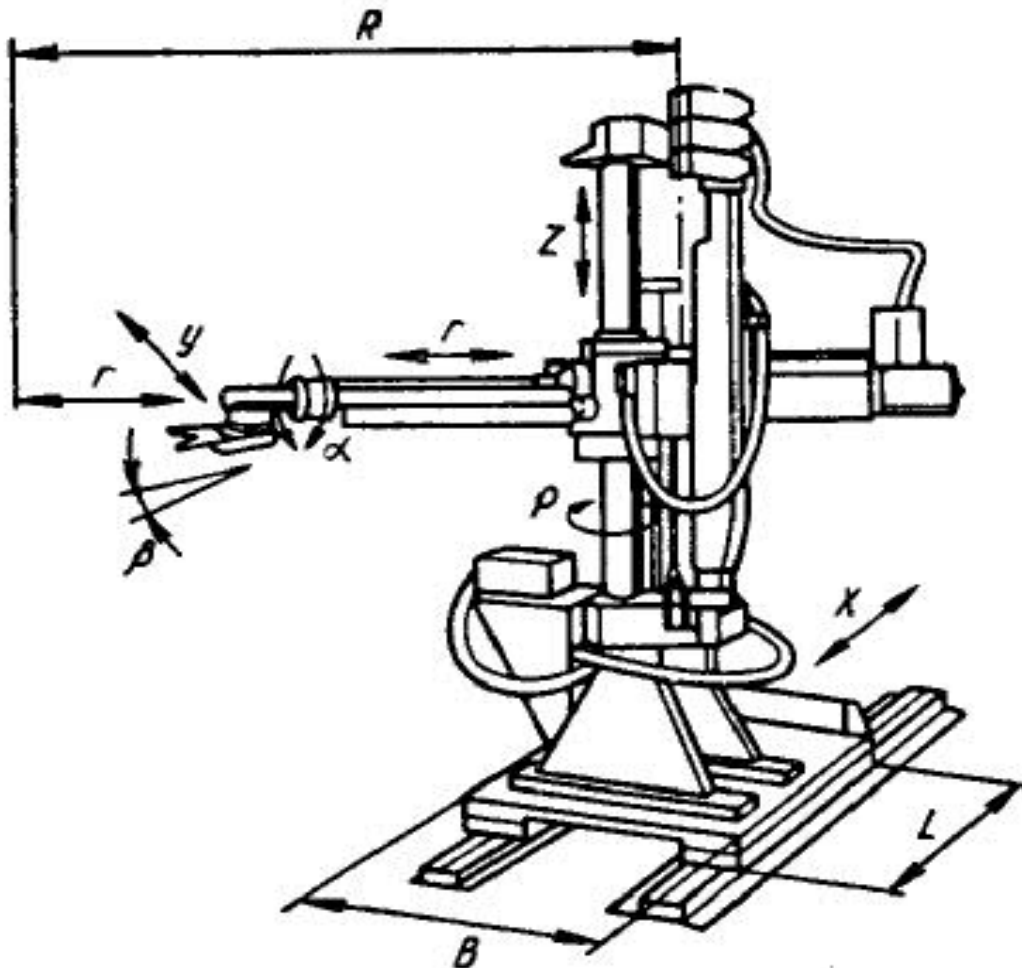
|                        |      |       |         |        |        |           |
|------------------------|------|-------|---------|--------|--------|-----------|
| <b>P</b>               | 2    | 3     | 4       | 5      | 6      | 7         |
| %                      | 7,5  | 16,5  | 35      | 32     | 8,4    | 1,5       |
| <b>Q,kg</b>            | 1    | 1-1,5 | 5,5-10  | 10-20  | 20-40  | 40-60     |
| %                      | 6,4  | 12    | 16      | 27     | 22     | 12        |
| <b>V,m<sup>3</sup></b> | 0,01 | 0,1   | 0,11-1  | 1,0-10 | 10-15  | 16va yuk  |
| %                      | 4    | 9     | 30      | 45     | 8      | 4         |
| <b>v,m/s</b>           | 0,5  | 1,0   | 1,1-5,0 | 5,1-7  | 7 -8,5 | 9 va yuk. |
| %                      | 5    | 8     | 25      | 25     | 20     | 12        |

Sanoat robotlarining holatni egallash aniqligi asosan  $\pm 0,02...4,0$  mm gacha bo‘lishi mumkin. Bunda, 60 % ga yaqin robotlarda aniqlik  $\pm 1,0$  mm oraliqdadir.

## Robot va manipulyatorlar

Ishlash qobiliyati bo'yicha, 2 smenali ish kunida kafolatli ishlash davri 5,0...10 yil atrofida qilib belgilangan.

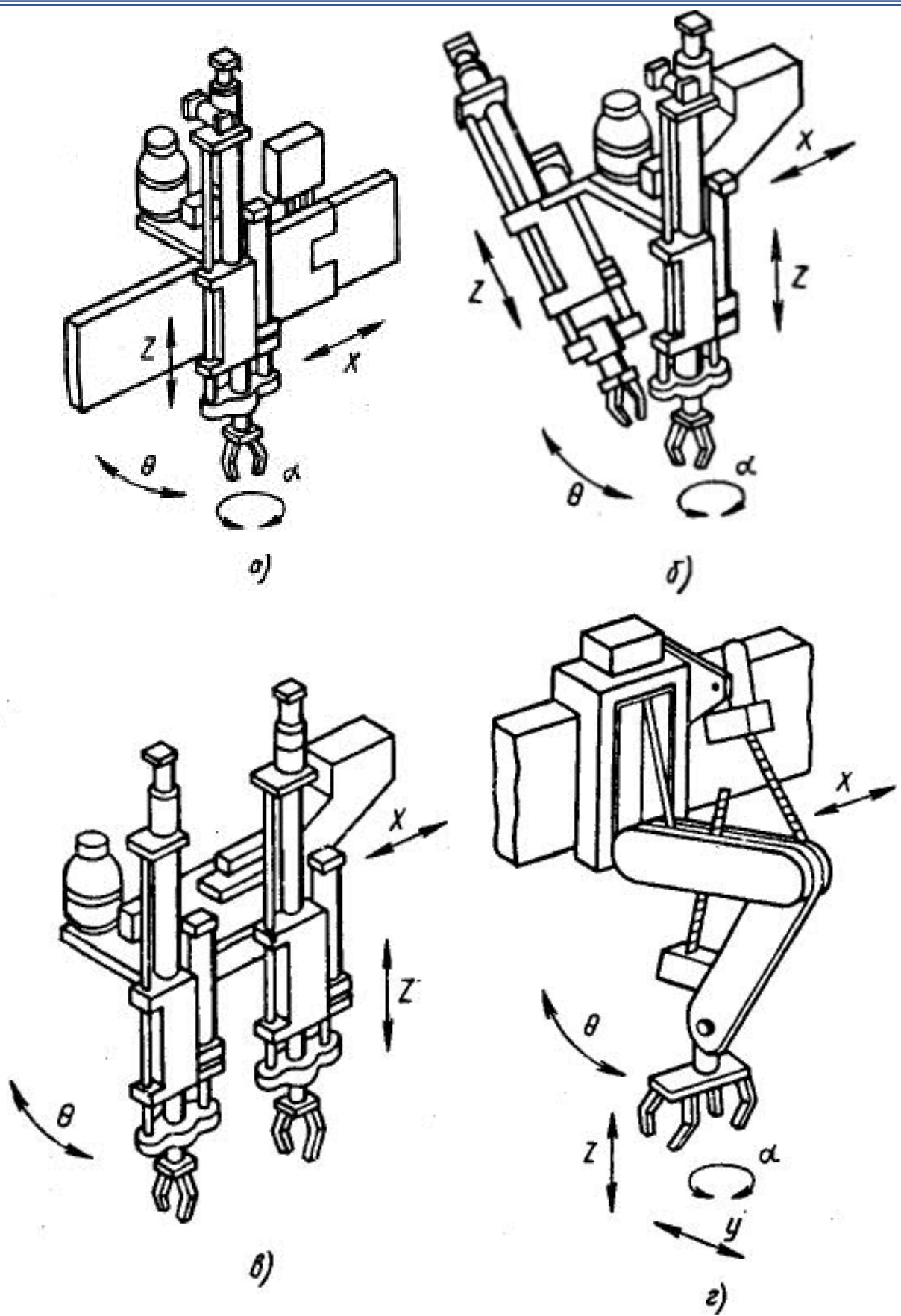
Ma'lumki, eng ko'p og'ir mehnat ishlab chiqarishda asosan ko'tarish va tashish bilan bog'likdir. Shuning uchun keyingi yillarda ko'tarish tashish robotlari keng qo'llanilmoqda. Ushbu sanoat robotlari yukni harakatlantirish joyiga qarab, tepalikda, yerda va osma bo'lishi mumkin.



2-rasm. Tekislikda harakatlanuvchi yuk ko'taruvchi sanoat roboti

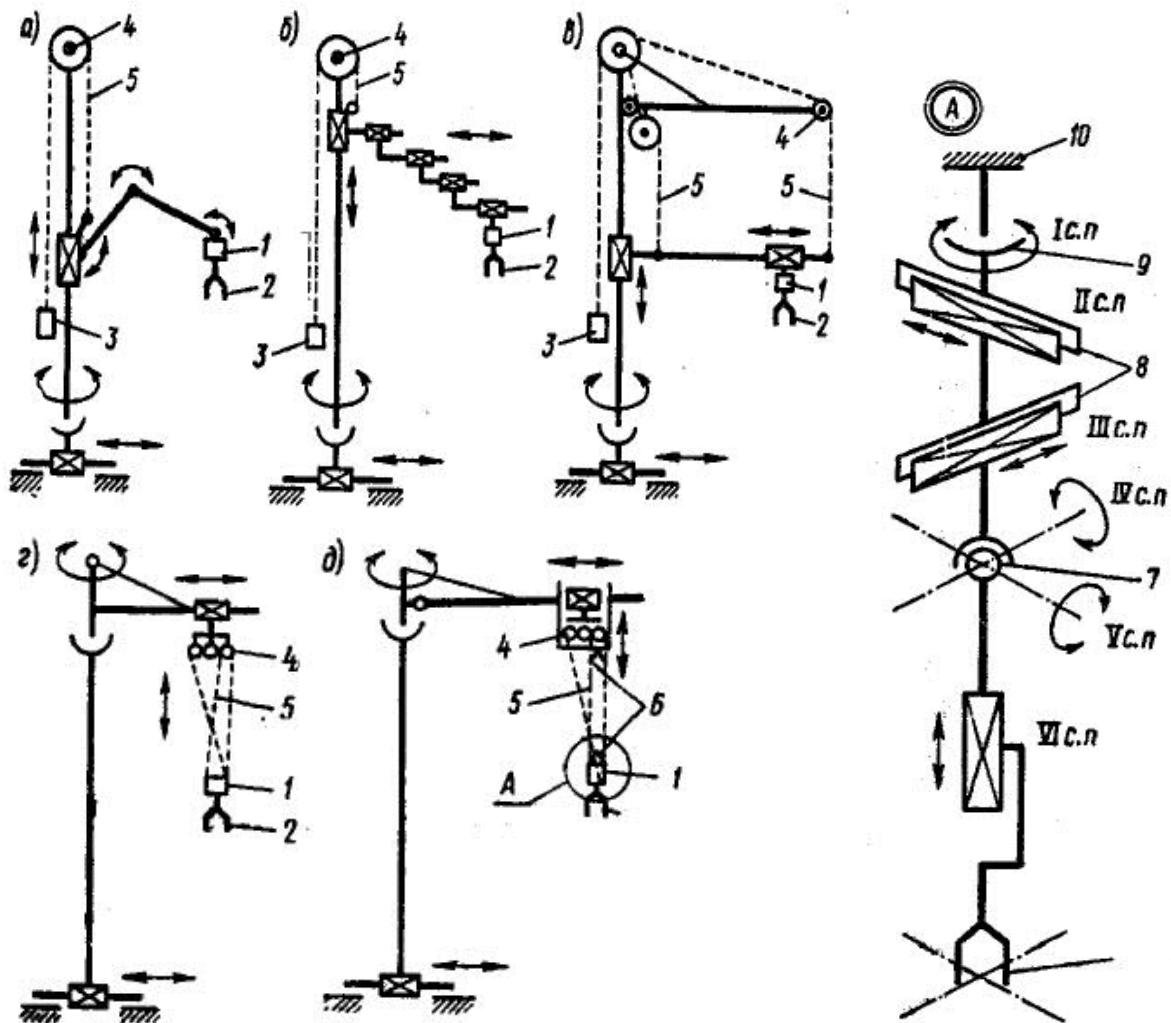
Huddi shuningdek yukni ko'taruvchi, sudrovchi yoki ko'tarib olib boruvchi sanoat robotlari keng qo'llanilmoqda. 2-rasmda tekislikda harakatlanuvchi yuk ko'taruvchi sanoat roboti ko'rsatilgan. 3-rasmda osma yuk ko'taruvchi robotning turli konstruksiyalari ko'rsatilgan. Rasmlar orqali ishchi organlarning harakatlarini ko'rish mumkin.





3-rasm. Osmo yuk ko'taruvchi robotning turli konstruksiyalari

Qurilish kran-manipulyatorlarni kinematik sxemalari 4-rasmda keltirilgan. Ushbu rasmda a,b,v, larda holatni belgilovchi ishchi organ (qiskich) bikr bug‘in bo‘lganda, g va s variantlarda esa, arqonli ushlagich konstruksiyalari keltirilgan.



4-rasm. Qurilish kran-manipulyatorlarni kinematik sxemalari

1-holatni belgilovchi bo‘g‘in, 2-qisqich yoki ushlagich, 3-qo‘zg‘aluvchan kontr yuk, 4-blok, 5-arqon, 6-markazlashtiruvchi qurilma, 7-IV sinf kinematik juft, 8-ilgarilanma qaytma V-sinf kinematik juft, 9-aylanma V-sinf kinematik juft, 10-tayanch.

**Nazorat savollari:**

1. Sanoat robotlarining qanday turlarini bilasiz?
2. Sanoat robotlarini qaysi xususiyatlari bo‘yicha farq qiladilar?
3. Robotlarni ishchi parametrlarini izohlab bering.
4. Ko‘tarish tashish robotlarini o‘ziga xos tomonlari nimalardan iborat?
5. Qurilish manipulyatorlariga misollar keltiring. Kinematik sxemasini chizib ko‘rsating.
6. Tegishli texnologik jarayonni amalga oshirish uchun sanoat roboti qanday tanlanadi?

## 2-AMALIY MASHG'ULOT.

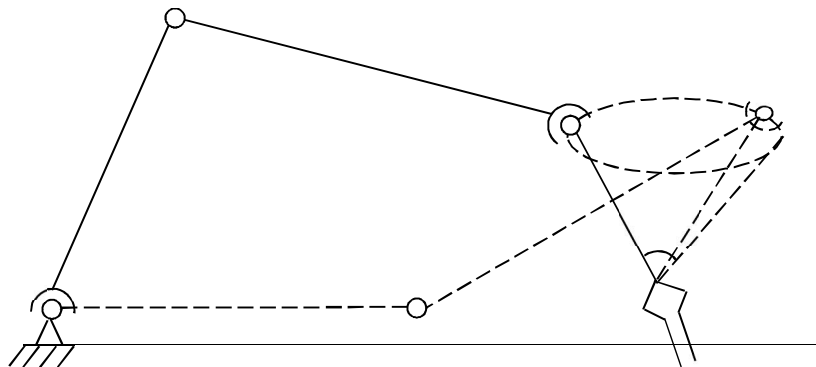
**Mavzu:** Sanoat robotlari tarkibiy qismlari.

**Ishdan maqsad:** Sanoat robotlari tarkibiy qismlari, manipulyatorlarning konstruktiv elementlari, uning hususiyatlari, sanoat robotlari konstruksiyalari, ishlash prinsiplarini o'rganishdan iborat.

### Ishning bayoni

Qisqichning (changa) barcha holatlari fazoda ishchi xajmni hosil qilsa, bu zonaning har bir qismida xam tegishli vazifani va operatsiyani bajarish mumkin bo'lmaydi. Shuning uchun fazoning ishchi xajmidagi qisqichning tegishli vazifani bajara oladigan qismiga xizmat ko'rsatish zonasi (servis zonasi) degan edik.

Ko'p holatlarda manipulyatorning imkoniyatlarini to'liq belgilash uchun tegishli nuqtaga nisbatan holatlarni belgilovchi parametr xizmat ko'rsatish burchagi (servis burchagi) hisobga olinadi.



1-rasm.

1-rasmda keltirilgan manipulyatorning servis burchagini  $\theta$  deb, belgilasak, u teskari konusning undagi tana burchagiga to'g'ri keladi. Umuman olganda servis burchagi qisqichning ko'zg'almas nuqtaga nisbatan o'qining hosil qilgan fazoviy (tana) burchagidir.

Manipulyator harakatida ishchi zonaning tegishli nuqtasidagi xizmat ko'rsatish koeffitsiyenti shu nuqtadagi servis burchagini tana burchagi  $4\pi$  ga nisbatiga teng bo'ladi.

$$K\theta = \frac{\theta}{4\pi}$$

Xizmat ko'rsatish zonasining har bir nuqtasidagi servis burchagi, shuningdek, servis koeffitsiyenti asosan manipulyatorning o'zgaras parametrlariga, tegishli nuqta koordinatasi va bo'g'inlarni o'zaro harakatiga qo'yilgan chegaralanishlarga

bog'liqdir. Manipulyatorni ishchi zonasi bo'yicha o'rtacha servis koeffitsiyenti orqali uning imkoniyatlari aniqlash:

$$K_{yp} = \frac{1}{V} \int_{V_1}^{V_2} K_{\theta} dv$$

bu yerda, V-ishchi zonasi xajmi.

Tekislikda harakat qiluvchi manipulyatorni xizmat ko'rsatish zonasida servis koeffitsiyenti birga teng bo'lganda, maksimal imkoniyatga ega bo'ladi.

Xizmat ko'rsatish burchagi manipulyatorlarda 0 dan  $4\pi$  (steradian) gacha o'zgarsa, servis koeffitsiyenti

$$0 \leq K_{\theta} \leq 1$$

$K_{\theta}$  nolga teng bo'lganda nuqtalar ish xajmining chegarasida joylashadi va changal unga faqat bitta yo'nalishda yaqinlasha oladi;  $K_{\theta}$  birga teng bo'lgan nuqta to'la xizmat ko'rsatish doirasida joylashib, changal unga istalgan tomondan yaqinlasha oladi.

Xizmat ko'rsatish koeffitsiyenti  $K_{\theta}$  ning qiymatini aniqlash uchun changal markazining o'zgaras har xil holatlarida manipulyator bo'g'inlarining harakati tekshirib ko'riladi.

$K_{\theta}$  ni hisoblash metodikasini ikkita sferik va bitta aylanma juftlikli manipulyator (3.6-rasm, a) misolida ko'rib chiqamiz. Ish doirasining qandaydir YE nuqtasidagi  $\theta$  xizmat ko'rsatish burchagini aniqlash uchun manipulyator mexanizmini A, S, D sferik juftlikli va B aylanma juftlikli fazoviy to'rt bo'g'inli mexanizm deb qaraymiz. Changal markazi bo'lgan D nuqta belgilangan YE nuqta bilan ustma-ust yotadi. (4.1-rasm, a). Dastlab CD bo'g'inining (changaning) chizma tekisligida egallashi mumkin bo'lgan holatlarini topamiz, so'ngra to'rt bo'g'inli tekis mexanizmni O x u z fazoviy koordinatalar sistemasining x o'qi bilan ustma-ust tushuvchi, uzunligi r ga teng bo'lgan shartli AD stoykaga nisbatan aylantirish orqali SD bo'g'inining fazoda egallashi mumkin bo'lgan holatlarini aniqlaymiz. Xizmat ko'rsatish koeffitsiyenti  $K_{\theta}=1$  bo'lgan soxada xizmat ko'rsatish burchagi  $\theta=4\pi$  bo'ladi; binobarin, S nuqta markazi D nuqtada joylashgan  $DS=l_3$  radiusli sfera istalgan holatni egallash imkoniyatiga ega bo'lishi zarur. Buning uchun to'rt bo'g'inli tekis mexanizmga SD bo'g'in krivoship mavjud bo'lishi uchun eng qisqa va eng uzun bo'g'inlar uzunliklari yig'indisi qolgan bo'g'inlar uzunliklarining yig'indisidan kichik bo'lishi shart. Agar, masalan, bo'g'in 1 eng uzun, bo'g'in 3 esa eng qisqa bo'lsa, u holda

$$l_1 + l_3 \leq r + l_2 \text{ bo'ladi,}$$

$$\text{bundan } r_{\min} = r_1 = l_1 - l_2 + l_3.$$

Agarda  $AD=r$  eng uzun bo'g'in bo'lib, eng qisqasi bo'g'in 3 bo'lsa, u holda  $r + l_3 \leq l_1 + l_2$  bo'ladi, bundan  $r_{\max} = r_1 = l_1 + l_2 - l_3$ .

$r_1$  dan  $r_2$  gacha oraliqda (4.1-rasm b dagi II doira)  $K_0=1$  bo‘ladi. Agar bo‘g‘in 3 koromislo bo‘lsa,  $K_0 < 1$  bo‘ladi. Bo‘g‘inlar 1, 2, 3 bitta Ax chiziqda yotadigan chekli holatlarda  $K_0=0$  bo‘ladi. Bu xol  $r=r_0=l_1-l_2-l_3$  hamda  $r=r_3=l_1+l_2+l_3$  bo‘lganda yuz beradi. Binobarin, 4.1-rasm, b dagi II va III doiralarda  $K_0 < 1$  bo‘ladi. I va III doiralardagi istalgan oraliq nuqtada, masalan  $D'$  nuqtada  $K_0$  xizmat ko‘rsatish koeffitsiyentini quyidagicha aniqlash mumkin.  $AB'$  va  $B'C'$  bo‘g‘inlar bitta to‘g‘ri chiziqda yotgan holatdagi chayqalgichning mumkin bo‘lgan eng katta burilish burchagi  $\varphi_m$  ni topib  $R=l_3$  radiusli hamda  $\varphi=\varphi_m$  burchakli sferasimon sektor yuzasini aniqlash formulasini

$$dS=2\pi R \sin\varphi R d\varphi$$

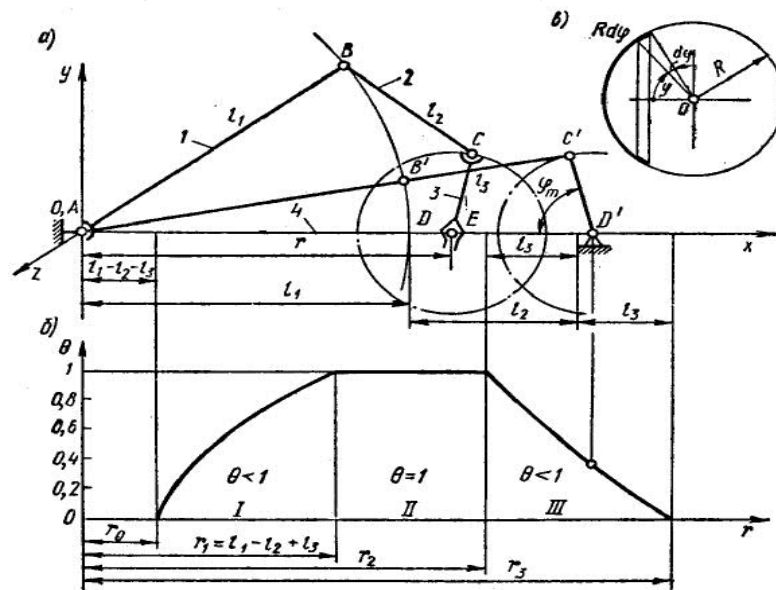
elementar yuzalarining  $\varphi=0$  dan  $\varphi=\varphi_m$  gacha oraliqdagi yig‘indisini hisoblash orqali hosil qilamiz:

$$S = \int_0^{\varphi_m} 2\pi R^2 \sin\varphi d\varphi = 2\pi R^2 (1 - \cos\varphi_m).$$

Ko‘rilayotgan holda  $R=l_3$  va  $S = 2\pi l_3^2 (1 - \cos\varphi_m)$ , binobarin,

$$K_\theta = \frac{\theta}{4\pi} = \frac{1 - \cos\varphi_m}{2}$$

3.9-rasm (a)da  $r=AD'$  uchun  $\cos\varphi_m \approx 0,24$  va  $K_0=0,38$ . Bo‘g‘inlari 4.1-rasm, a da tasvirlanganidek o‘lchamlarga ega bo‘lgan manipulyator uchun  $K_0=\theta(r)$  bog‘liqlik grafigi 3.9-rasm, (b) da keltirilgan. Bunday grafiklar mavjud manipulyatorni tadqiq etish uchungina emas, balki oldindan belgilangan shartlar asosida manipulyatorlarning kinematik sxemalarini loyihalash uchun xam zarur.

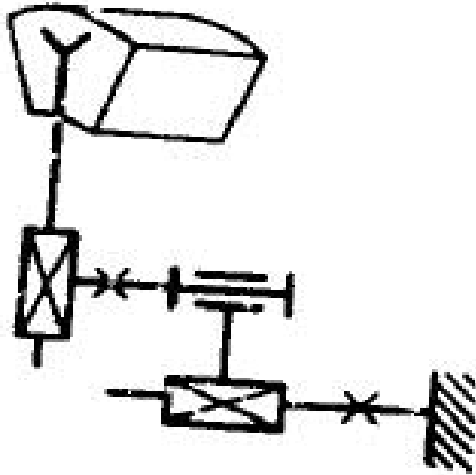


2-rasm.

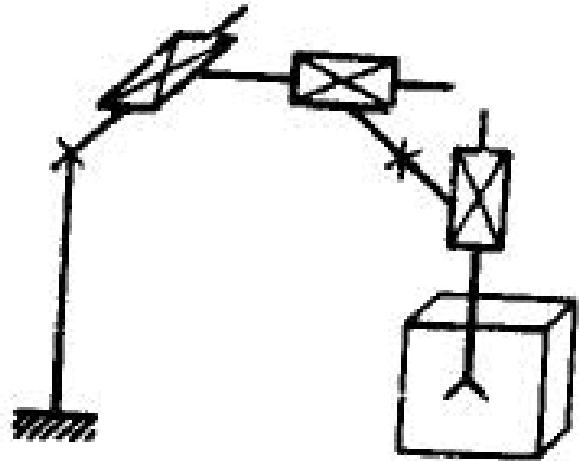
Ishlab chiqarishda tegishli vazifani bajarish uchun turli ko‘rinishdagi manipulyatorlarni kinematik sxemalarini tanlash va joylashtirish mumkin. Oldingi

ma'ruzalarda xam ko'rsatilganidek manipulyatorlarni kinematik sxemalari «koordinatalar sistemasini» bo'yicha harakatini belgilashga, kinematik juftlarni turiga qarab farqlash mumkin. Manipulyatorlarni koordinata sistemasini bo'yicha harakat qila olishga qarab kinematik sxemalarini ba'zi bir turlarini ko'rib chiqaylik.

O'zaro perpendikulyar bo'lgan 3 ta ilgari lanma-qaytma V-sinf kinematik juftga ega manipulyatorlarning kinematik sxemalari 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm.

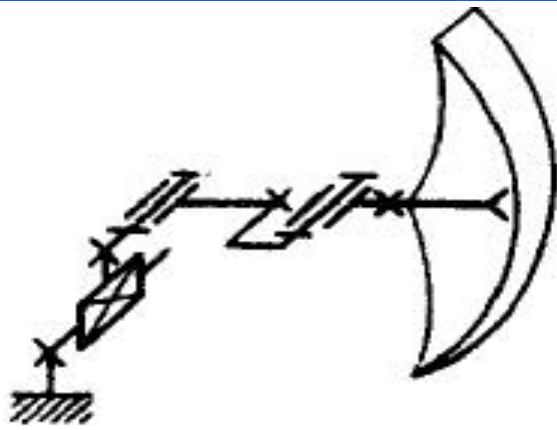


4-rasm.

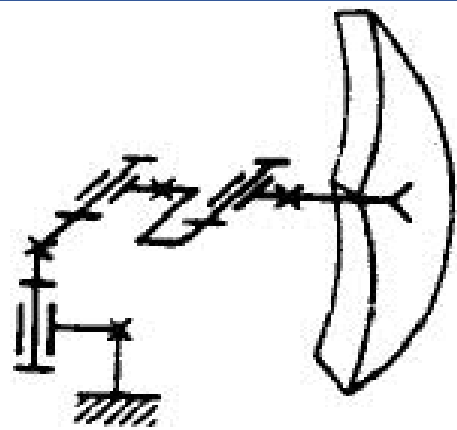
Ushbu manipulyatorni afzalliklariga harakatlarni yuqori aniqligi va mahsulotlarni katta masofalarga siljita olishidir. Ularning kamchiliklariga egri chiziqli harakatlarni amalga oshirishni murakkabligi va bo'g'inlarga yuritgichlarni joylashtirishni noqulayligidir.

4-rasmda sanoat robotlarining kinematik sxemalarida bitta ko'zg'aluvchanlik aylanma kinematik juft orqali amalga oshirilgan, qolgan ikkida qo'zg'aluvchanlik ikki ilgari lanma-qaytma V-sinf kinematik juftlar orqali amalga oshiriladi. Bunda manipulyator silindrik ko'ndinatalar sistemasini ishlaydi. Ushbu ko'ndinatalar sistemasini afzalliklariga aylanma xizmat ko'rsatishni imkoniyati mavjudligi, yetarli aniq harakatlarni amalga oshirish mumkinligidir. Kamchiligiga, gorizonta tekislikda holatni o'zgarishi, ishchi zonaning kichik o'lchamligidir. Sferik ko'ndinatalar sistemasini harakatlanuvchi sanoat robotlari 2 ta V-sinf aylanma kinematik juftlar va bir ilgari lanma-qaytma V-sinf kinematik juftlarga ega (5-rasm).

Sferik ko'ndinatalar sistemasini qo'llanganda quyidagi afzalligi mavjud: ishchi zona o'lchamlari katta  $\varepsilon$ , kamchiligi esa, ikkita ko'ndinatalar bo'yicha holatni o'zgarib ketishi mumkinligidir. Burchak yoki angulyar ko'ndinatalar sistemasini harakat qiluvchi sanoat robotlarida siljishlar 3 ta V-sinf kinematik juftlar orqali amalga oshiriladi (3.13-rasm).



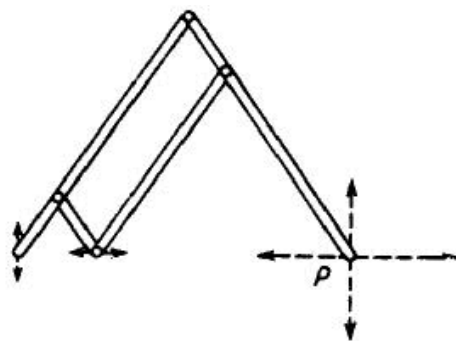
5-rasm.



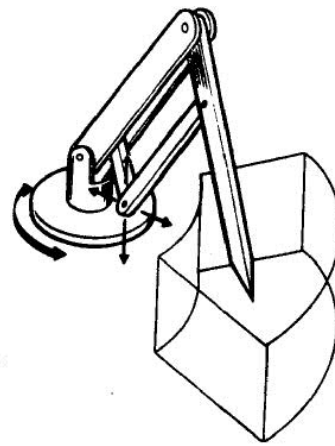
6-rasm.

Bu sistemaning afzalligi, universalligi va hajmni egallaydigan bo'lsa, kamchiligiga kichik aniqlik va uchchala koordinata bo'yicha holatni o'zgarish mumkinligi kiradi.

Koordinata sistemalarining unisi yoki bunisini tanlash ishchi jarayonining va konstruktiv elementlar qator talablariga mos qilib olindi. Sanoat robotlari kinematik sxemalarida, «Pantograf» mexanizmining qo'llanishi ancha qulayliklarga olib keladi. Jumladan, bo'g'inlar burchak bo'yicha siljisa xam, manipulyatorning qisqichi (ishchi organi) yengil va kichik quvvat sarf qilib gorizont va vertikal tekisliklarda to'g'ri chizikli harakatlarni amalga oshirishi mumkin (7-rasm).



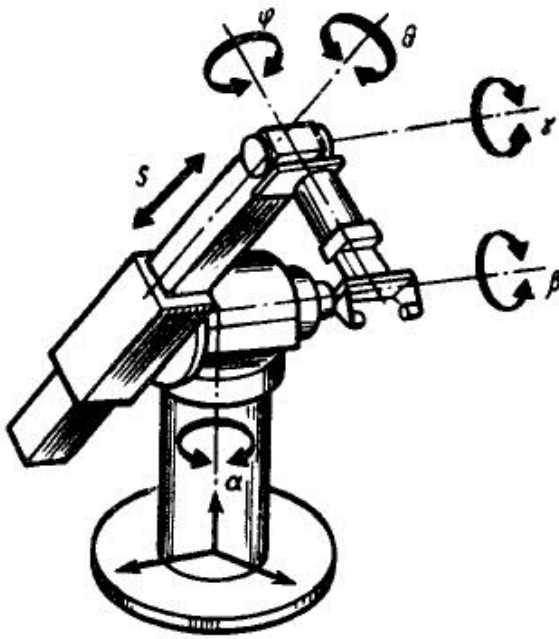
7-rasm.



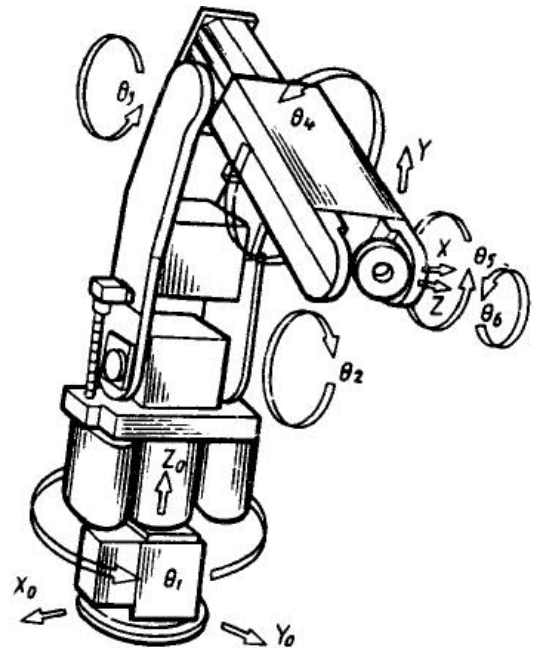
8-rasm.

Agar ushbu pantografli mexanizmi bo'lgan manipulyatorni aylanuvchan poydevorga (asosga) o'rnatilsa, u silindrik koordinata sistemasida ishlaydi (8-rasm).

Sferik koordinatalar sistemasida ( $\alpha, \delta, \varphi$ ) harakatlanuvchi, hamda 3 ta V-sinf kinematik juftli manipulyator qisqichining harakatlari ( $\theta, \gamma, \beta$ )ni amalga oshiradigan konstruksiya 9-rasmda ko'rsatilgan. 11-rasmda angulyar koordinatalar sistemasi ( $\theta_1, \theta_2$ ) bo'yicha harakatlanadigan manipulyator konstruktiv joylashuvi (kompanovkasi) keltirilgan.

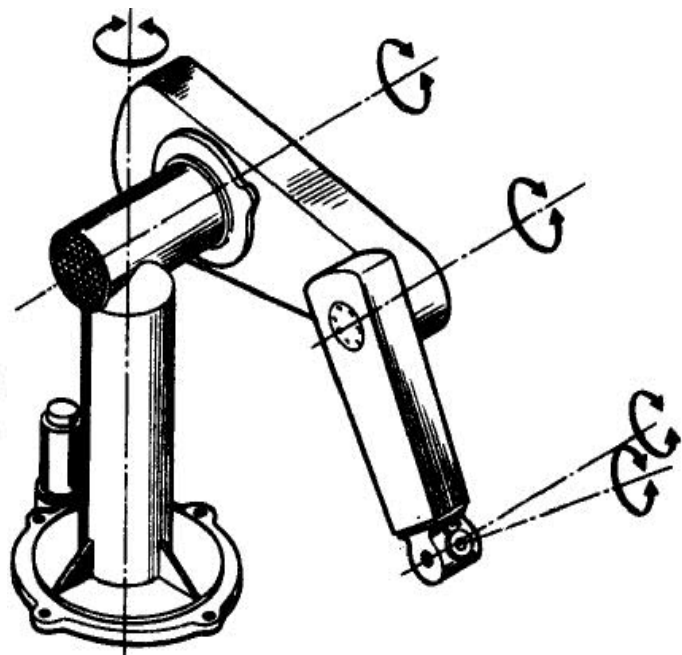
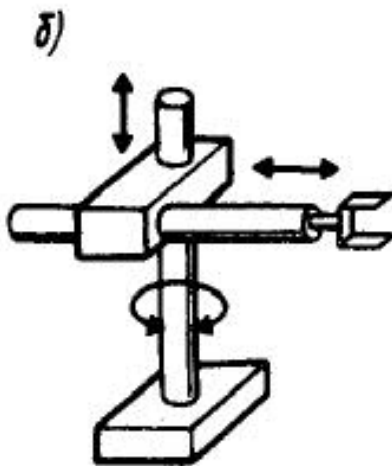
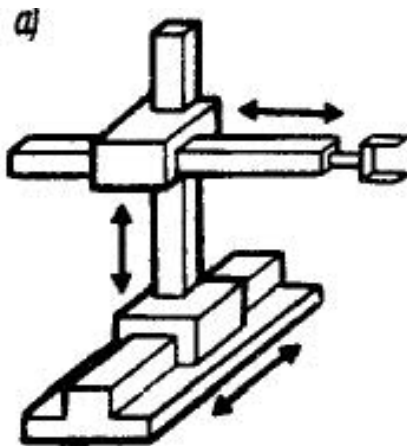


9-rasm.



10-rasm.

11-rasmda manipulyatorlar konstruksiyalarining joylashuvini (kompanovkasini) sodda ko'rsatishda to'g'ri burchakli (a), silindrik (b) va angulyar (v) koordinata sistemalari uchun ko'rsatilgan.



11-rasm.



Texnologik jarayonlarni amalga oshirish vazifalari turlicha, hajmiga qarab sanoat robotlari kinematik sxemalarini tanlash, joylashtirish keraklicha tanlanadi.

### **Nazorat savollari:**

1. Manipulyatorning harakatchanligi deb nimaga aytamiz?
2. Manipulyatorni ish zonasini aniqlashga misollar keltiring.
3. Manipulyatorlarni xizmat ko'rsatish (servis) burchagi qanday aniqlanadi?
4. Xizmat ko'rsatish koeffitsiyentini aniqlashga misol keltiring.
5. Manipulyatorlarni texnik darajalari orqali solishtirish nima maqsadda qilinadi?
6. Manipulyatorlarda servis burchagi va koeffitsiyentini hisoblashga misol keltiring.
7.  $K_\theta$  va  $\theta$  larning chegaraviy qiymatlari nimalardan iborat?
8. Qanday koordinatalar sistemalarini bilasiz?
9. Manipulyatorlarning kinematik sxemalarini tanlashga, joylashtirishga misollar keltiring.
10. Angulyar koordinata sistemasida harakatlanadigan manipulyatorni chizib ko'rsating.
11.  $K_\theta$  va  $\theta$  hisoblashda hamda manipulyatorlarni kinematik sxemalarini tanlashda qanday muammoli masalalar mavjud?
12. Siz tanlagan ilmiy ishingizda manipulyatorni qaysi kinematik sxemasi mos tushadi?

### **3- AMALIY MASHG‘ULOT.**

**Mavzu:** Sanoat robotlari aniqligi manipulyatorlarni boshqarish sistemalari. Sanoat robotlari yuritmalari.

**Ishdan maqsad:** Sanoat robotlari aniqligi manipulyatorlarni boshqarish sistemalari, robotlarni boshqarish va joylashtirish sxemalari, sanoat robotlari yuritmalari va uzatish mexanizmlari, robototexnikada avtomatlashtirish uskunalarini o‘rganishdan iborat.

#### **Ishning bayoni**

Sanoat robotlari aniqliklari ko‘rilayotganda asosan kinematik karakteristikalarini dasturda belgilanganidan farqi inobatga olinadi. Umuman xatoliklarni koordinatalarni, tezlik va tezlanishlarni mos tushmasligi bo‘yicha farq qilinadi.

Manipulyatorni kinematik karakteristikalari ko‘p argumentli funksiyalar bo‘lib, ularni ikki guruhga bo‘ladilar;

- 1) mexanizmning geometrik parametrlari;
- 2) umumlashgan koordinatalar, tezlik va tezlanishlari.

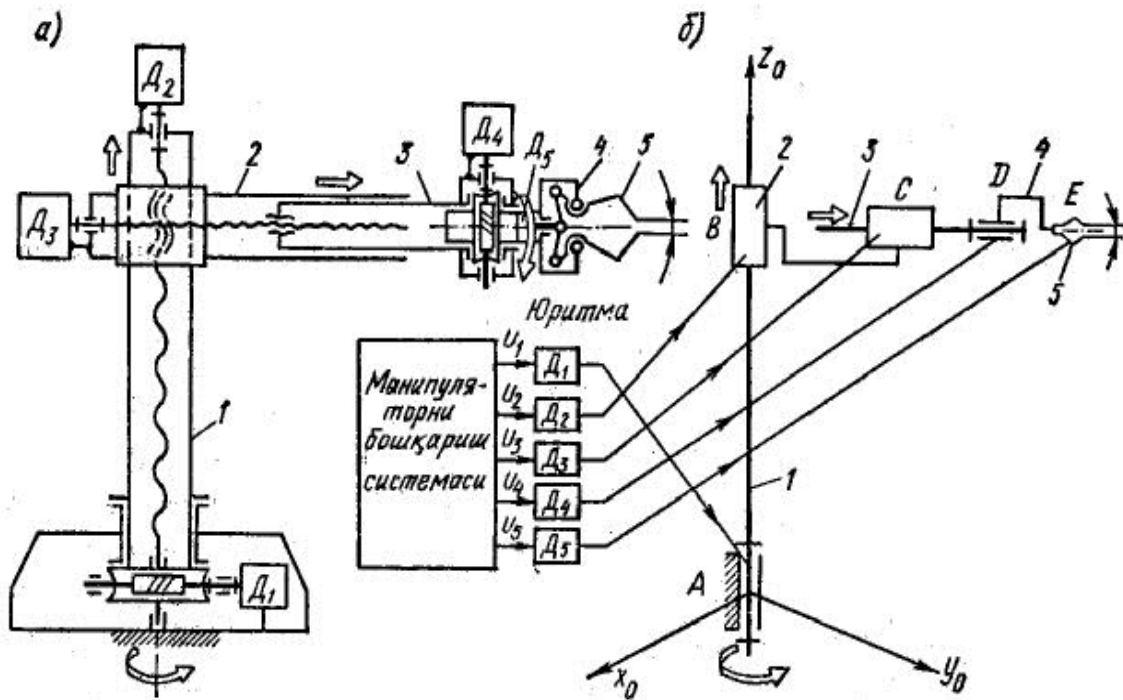
Shuning uchun sanoat robotlarini xatoliklarini aniqlashda, ularni paydo bo‘lish manbaalariga qarab geometrik va kinematik xatoliklarni farqlashadi. Kinematik va geometrik xatoliklar bo‘lish sabablari ko‘pdir. Jumladan geometrik xatoliklar asosan manipulyator qisqichlarini tayyorlashdagi va yig‘ilishdagi xatoliklardan, statik va dinamik kuchlar ta‘sirida bo‘g‘inlarni deformatsiyalanishidan hosil bo‘ladi.

Kinematik xatoliklarga ham tayyorlashni aniqlamasligi, kinematik juftlardagi bo‘shliqlar kabilar orqali paydo bo‘ladi. Bunda, tayyorlashdagi aniqlamasliklar texnologik xatolarga, deformatsiyalar esa dinamik xatoliklarga kiradi.

Mexanizmlardagi xatoliklarni hisoblash usullarini N.G. Bruevich va V.M. Sergeevlar taklif qilishgan. Manipulyatordagi aniqliklarni baholashni xam ushbu usublardan foydalanib belgilash mumkin.

Avtomatik boshqariladigan sanoat robotlari (SR) ning manipulyatorlarida avtomatik boshqarish sistemalari ish tartibining (rejimining) ikki turi farq qilinadi: o‘rganish tartibi va ish tartibi. O‘rganish tartibida operator maxsus sistema yordamida manipulyatorning ijrochi mexanizmini bo‘g‘inlarning talab qilinuvchi ish holatlari ketma-ketligi orqali o‘tkazadi; bu sistema bo‘g‘inlarining harakatlari qayd etuvchi datchiklarni, hamda datchiklar axborotini magnitli lentaga yoki perfolentaga yozib boruvchi qurilmani o‘z ichiga oladi. Bo‘g‘inlarning holatlari datchiklaridan olingan ma’lumotlar kodlarga aylantiriladi (shifrlanadi) va muayyan programma tarzida xotira qurilmasiga kelib tushadi. Ish tartibida manipulyator ushbu programma bo‘yicha avtomatik ishlaydi. Bunda boyagi kodlangan

programma rasshifrovka qilinadi va bo'g'inlarning talab qilinuvchi harakatlariga aylantiriladi.



1-rasm.

1-rasm, (a)da yuritmalı sanoat robotlaridan birining kinematik sxemasi, 6.1-rasm, (b)da esa undagi asosiy pishangli mexanizmning tuzilishi sxemasi hamda manipulyatorni avtomatik boshqarishning soddalashtirilgan blok-sxemasi keltirilgan. SR manipulyator (9.1-rasm, a) 5 ta erkinlik darajasiga ( $\omega=5$ ) va shunga mos ravishda 5 ta alohida yuritmaga ega: D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>- elektr dvigatellar, D<sub>5</sub>- pnevmoyuritma. D<sub>1</sub> dvigatel chervyakli uzatma orqali bo'g'in 1 ni vertikal o'q atrofida aylantiradi; D<sub>2</sub> dvigatel vintli uzatma (vint-gayka) yordamida bo'g'in 2 ni ilgarilanma (yuqoriga va pastga) harakatlanadi; D<sub>3</sub> dvigatel ana shunday uzatma yordamida bo'g'in 3 ga gorizontil ilgarilanma harakat (chapga va o'ngga) beradi; D<sub>4</sub> elektr yuritma chervyakli uzatma vositasida changal 4 ni gorizontil o'q atrofida aylanma harakatga keltiradi; D<sub>5</sub> pnevmoyuritma porshenning ilgarilanma harakatini pishangli (richagli) mexanizm vositasida o'zgartirish orqali changal 5 ning jag'larini ochib-yopadi.

1-rasm, (b)da ko'rsatilishicha, boshqarish sistemasi siljish datchiklarining o'zgartirilgan signallar u<sub>1</sub> elektr kuchlanishlari tarzida tegishli yuritmalarga uzatiladi, ular esa bo'g'inlarga ma'lum momentlar yoki kuchlar bilan ta'sir qilib ularni kerakli masofaga suradi. Har bir elektr dvigatelning aylanish tezligi dvigatel yuqoriga beriladigan kuchlanish bilan rostlanadi. Bu kuchlanish bo'g'inlarida joylashgan holat datchiklar orqali boshqariladi.

Qo'l bilan boshqariladigan SR da operator boshqarish mexanizmining bo'g'inlariga ta'sir etib ijrochi mexanizmining bo'g'inlariga ta'sir etib ijrochi

mexanizm bo'g'inlarini harakatga keltiradi. Harakat pishangli, tishli, to'lqinli, vintli o'zatmalar, egiluvchan sim vallar, boshqa turdagi mexanik elementlar va turli muftalar orqali uzatilishi mumkin. Zarurat tug'ilganda operator qo'lining harakati va kuchini oshirish maqsadida manipulyatorlarda elektr, gidravlik pnevmatik servoyuritmalar (yordamchi yuritmalar) qo'llaniladi. Ular boshqaruvchi mexanizm bo'g'inlari harakatlanganda hosil bo'ladigan signallarga ko'ra ijrochi mexanizmning alohida bo'g'inlarini harakatga keltiradi.

Taqlid qiluvchi manipulyatorlarni qo'l bilan boshqarish sistemalariga nisbatan o'ziga xos talab qo'yiladi: ular «sezgirlangan» bo'lishi kerak, ya'ni inson-operator harakatlantiruvchi obyekt faqatgina siljishini emas, balki manipulyator changaliga ta'sir etuvchi kuch yoki momentni xam sezishi lozim.

Taqlid qiluvchi manipulyatorni boshqarish uchun taqlidiy kuch sistemasining ikki turi qo'llaniladi. Ularning birinchisida kuchlar passiv tarzda qaytadi, bunda operator ijrochi organdagi kuchini faqat uning harakatlanish jarayonida sezadi; ikkinchisida kuch aktiv tarzda qaytadi. Bunda operator ijrochi organdagi kuchni (yoki momentni) uning harakatlanishda xam, to'xtab turganda xam sezadi.

Shunday qilib odatdagi avtomatik rostdash sistemalardan farqli ravishda bu sistemalar faqat holat bo'yicha boshqaribgina qolmay balki kuchlarni uzatish (qaytarish) xususiyatiga xam egadir.

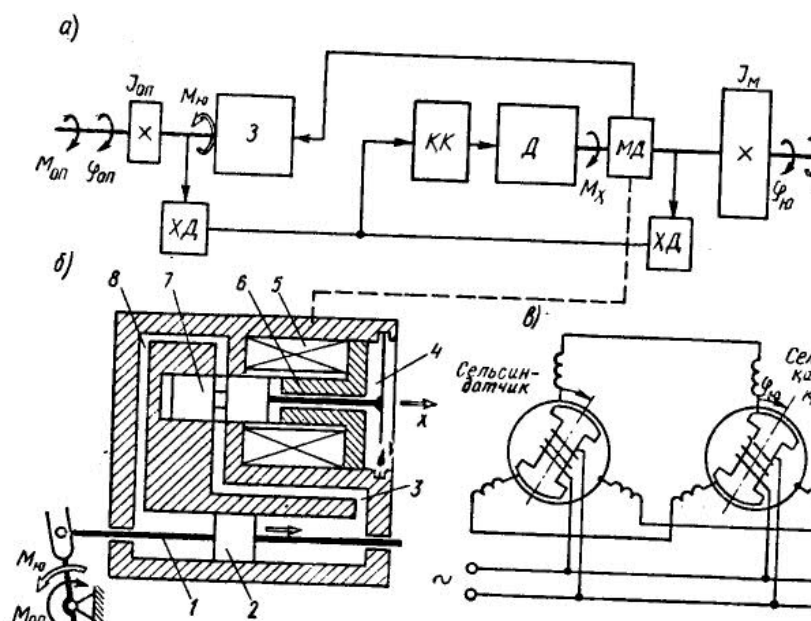
Ijrochi organda vujudga keladigan kuchni operator valida xam hosil qilish uchun moment yuklagichlari yoki bo'lmasa yuklash imitatorlari xizmat qiladi.

Moment yuklagichlari sifatida friksion yoki kukunli elektromagnitli muftalar hamda elektrogidravlik yuklagichlar qo'llaniladi. Friksion elektromagnitli muftalar qo'llanilganda muftaning bir bo'lagi qo'zg'almas qilib qotirilib, ikkinchi bo'lagi esa operator valigi ulanadi. Yuklanish hamda unga mos boshqarish signali bo'lmaganda mufta bo'laklari bir-biriga nisbatan erkin sirpanadi. Bunda operator o'z valigidagi yuklanishni sezmaydi. Momentlar o'lchagichlardan (datchiklardan) mufta bo'laklaridan biridagi boshqarish o'ramlariga signal berilganda uning magnit zanjirida magnit oqimi paydo bo'lib, u muftaning qo'zg'aluvchi qismiga ta'sir etgan holda uni qo'zg'almas qismiga qisib qo'yadi. Signal qanchalik kuchli bo'lsa, operator shunchalik katta momentni sezadi.

Kukunli elektromagnitli muftaning ishlash asosi xam shu kabidir. Ferromagnit material (masalan, temir) kukuni muftaning harakatlanuvchi bo'laklari orasiga joylanadi. Tok ulanganda elektromagnit o'ramlarida hosil bo'ladigan magnit maydon kukuniga ta'sir etadi. Momentlar datchigi yordamida o'lchanadigan yuklanishning oshishi bilan uyg'otuvchi tok hamda urinuvchi ish tirqishdagi magnit induksiyasi kuchayadi, yetaklanuvchi qismni qo'zg'almas magnit o'tkazgichga nisbatan siljtish uchun zarur bo'ladigan tangensial kuch ortadi, natijada validagi qarshilik momenti kuchayadi.

Elektrohidravlik passiv yuklagichning sxemasi 2-rasm b da keltirilgan. Operator tomonidan valiga  $M_{op}$  moment va shtok 1 ga mos tarzda kuch qo'yilganda ish suyuqligi (masalan, moy) bilan to'ldirilgan gidrotsilindrda porshen surilib suyuqlikni kanallar 3,8 orqali silindrning bir bo'shlig'idan boshqasiga xaydaydi. Agar yuklanish validagi momentlar datchigidan (2-rasm, a) signal kelmasa, u holda yuklagichni boshqarish o'rami 5 dagi tok nolga teng bo'ladi. Bunda markazlovchi prujina 4 aylana ariqchali zolotnik 7 ni neytral (o'rta) holatda tutib turadi. Uning bu holatida kanallar 3,8 ochiq bo'lib, suyuqlikning oqimiga qarshilik juda kam bo'ladi va operator kichik kuchni sezadi. Agar ijrochi organda  $M_{yu}$  moment tarzida yuklanish zolotnikni boshqarish o'lchamida tok paydo bo'ladi. Shunda zolotnik 7 o'zidagi kuch prujina kuchi bilan muvozanatlangunga qadar  $x$  o'qi yo'nalishida siljiydi. Natijada zolotnik kanallar 3,8 ni qisman yopib qo'yadi, ish suyuqligi harakatiga qarshilik ortadi va operator yuklanish validagi  $M_{yu}$  momentning oshganligi yuklagich vujudga keltiradigan  $M_k$  qarshilik momenti tarzida sezadi.  $M_{yu}$  moment qanchalik ko'p bo'lsa,  $M_k$  moment xam shunchalik ko'p bo'ladi. Zolotnikning eng katta surilishini tirak 6 cheklab turadi. Kuchni passiv qaytaradigan sistemaning harakatlangan vaqtdagina sezadi; bundan tashqari, yuklanish momentining ishorasi qayd etilmaydi, natijada operator yukning ko'tarilayotganligi yoki tushayotganligini farqlay olmaydi (kuch bo'yicha).

Kuchni passiv qaytaruvchi taqlidiy sistemaning blok-sxemasi 2-rasm, a da keltirilgan.



2-rasm.

Yuklanish valiga qandaydir  $M_{yu}$  moment quyilgan va operator ushbu valni  $\varphi_{yu}$  burchakka burish lozim bo'lsin. Bu holda u boshqarish valini  $\varphi_{op} = \varphi_{yu}$  burchakka buradi, buni holat datchigi UD qayd qiladi.  $\varphi_{op}$  burchakka mutanosib bo'lgan signal quvvat kuchaytirgichi QK ga, keyin ijrochi organga, ya'ni D dvigatelga keladi, bu

dvigatel yuklanish valini berilgan  $\varphi_{yu}=\varphi_{op}$  burchakka buradi va  $M_x=M_{yu}$  momentni hosil qiladi; ushbu moment momentlar datchigi MD bilan o'lchanadi hamda yuqorida aytib o'tilganidek, yuklagich YU tomonidan qayd etiladi, natijada operator harakatlantiriluvchi obyektдан yuklanish kattaligi xaqida axborotga ega bo'ladi.

Taqlid qiluvchi manipulyatorlarda yuklanish vali operator valining berilgan burilish burchagiga burilishi uchun selsinli taqlidiy sistemadan (2-rasm, v) xam foydalaniladi. Bu sistema valning burilish burchagini masofaga ravon uzatilishini ta'minlovchi o'z-o'zidan sinxronlanadigan elektr mashinadir. Selsin-datchik (uzatkich) va selsing-qabul qilgich o'ramlari faqat induktiv tarzda bog'langan stator va rotor orqali bitta elektr tarmog'idan tok bilan ta'minlanadi. Selsin-datchik rotori  $\varphi_{op}$  burchakka burilganda zanjirdagi muvozanat o'zgaradi va muvozanatlanuvchi toklar vujudga kelib, ular selsin- qabul qilgich rotorini  $\varphi_{yu}\approx\varphi_{op}$  burchakka buradi; katta bo'lmagan mexanik yuklanishda  $\varphi_{op}-\varphi_{yu}$  farqi kam (1-20) bo'ladi; agar yuklanish katta bo'lsa, kuchaytirgichdan foydalaniladi, selsin qabul qilgich esa harakatni faqat transformator tartibida boshqaradi.

Bunday sistemalarning dinamikasi ancha murakkab, chunki harakat tenglamasida operator vali bilan bog'liq bo'lgan keltirilgan inersiya momentlari  $J_{op}$  va  $J_{yu}$  ni, bug'inlar elastikligini, mexanizmlardagi ishkalanishni, elektr mashinalarning dinamik xususiyatlarni hisobga olish to'g'ri keladi.

3. Robototexnika ishlab chiqarish jarayoniga keng kirib bormoqda. Robotlarni boshqarish tizimini yaratish katta sarf harajatlarni talab qiladi. Dasturli boshqarish tizimi bo'lgan robotlarning asosiy kamchiliklaridan bo'lgan biri albatta yuqori malakali operatorning bo'lishi shartligidadir. Robotlarni ishlatish jarayonida turli o'zgarishlar bo'lishi mumkin. Bu ancha qiyinchiliklarga olib keladi. Umuman ish jarayonida quyidagi noaniqliklar bo'lishi mumkin:

- 1) Texnologik muhitni kutilmagan holda parametrlarini o'zgarishi.
- 2) Robot harakat davomida siljishi teligi va tezlanishini belgilangan chegaradan chiqib ketishi bilan bog'lik noaniqliklar.
- 3) Informatsiya uzatish tarmoklaridagi kutilmagan o'zgarishlar.
- 4) Robotni ishdan to'xtab qolishi bo'yicha barcha texnik nosozliklar.

Ushbu nosozliklar natijasida ish rejimi buziladi. Shuning uchun, ya'ni robot bir tekisda ishlashini ta'minlashi uchun u qo'shimcha so'zlagichlar, adaptiv tuzilmalar bilan jixozlanishi zarur. Bunda robot avtomatik ravishda ish rejimini o'zi sozlaydi. Bunday robotlarni moslashgan boshqarishli robotlar deyiladi. Lekin xozirgacha ushbu boshqarish tizimlarning chuqur nazariy asoslari ishlab chiqilmagan.

Texnologik jarayonlarning tegishli parametrlarini sezilarli darajada o'lchash, boshqarish kompyuter yordamida amalga oshiriladi. Ushbu boshqarishni sifati

mahsulot sifatiga to'g'ridan to'g'ri ta'sir qiladi. Bunda qator tegishli ma'lumotlar (informatsiya) berib turilishi zarur.

3-rasmda sanoat robotlarining informatsion sistemalari klassifikatsiyasi.

1. Tahlil shuni ko'satdiki, robotlarni sezgirlashtirish quyidagi taraflarda juda qo'l keladi: metrik yig'ishda, payvandlashda, kislorod bilan kesishda, detallarni taqsimlashda va boshqalar.

SR informatsion spetsinalarni klassifikatsiyasi asosan uchta guruxga bo'linadi:

- Sensorli qurilmalar (obyektni geometrik xususiyatlarini aniqlashda).
- Sensorli qurilmalar(obyektlarni boshqa fizik xususiyatlarini aniqlashda).
- Sensor qurilmalar (obyektlarni ximik xususiyatlarini aniqlashda).

Sensor qurilmalarni tegishli datchiklar orqali uzoq masofalardan xam parametrlarini aniqlaydi. Ushbu qurilmalar klassifikatsiyasi 2-rasmda keltirilgan.

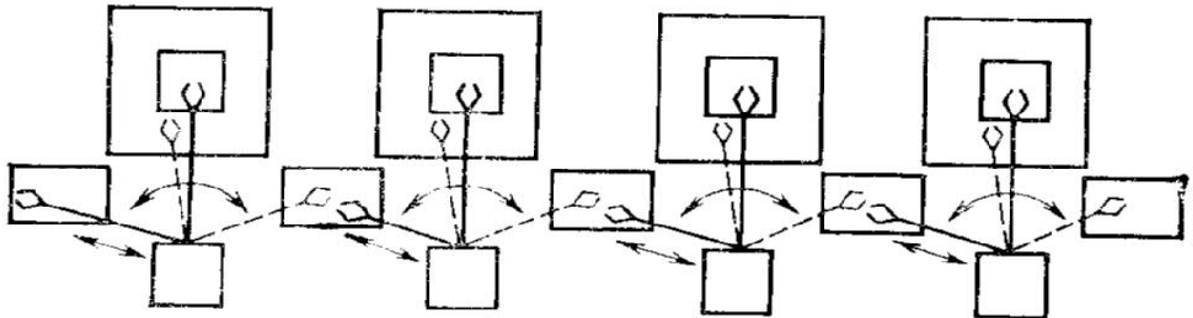
Sensor qurilmalari aktiv va passiv bo'lishi mumkin:

Aktiv - dastlabki signallarni o'lchab uzatadi.

Passiv – faqat qabul qilish qurilmasidan iborat.

Bunda asosiy element datchiklar hisoblanadi.

4. Avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishda mahsulotning harakteristikalariga (katta-kichikligi, og'ir-yengilligi, murakkabligi, materiali kabilar) bog'liq holda kerakli uskunalarni, robot va manipulyatorlarni joylashtirishi, kompanovkasi amalga oshiriladi. Bunda texnologik jarayonlarni, operatsiya va otishlarni turlari SR ketma-ketligini ta'minlaydi.



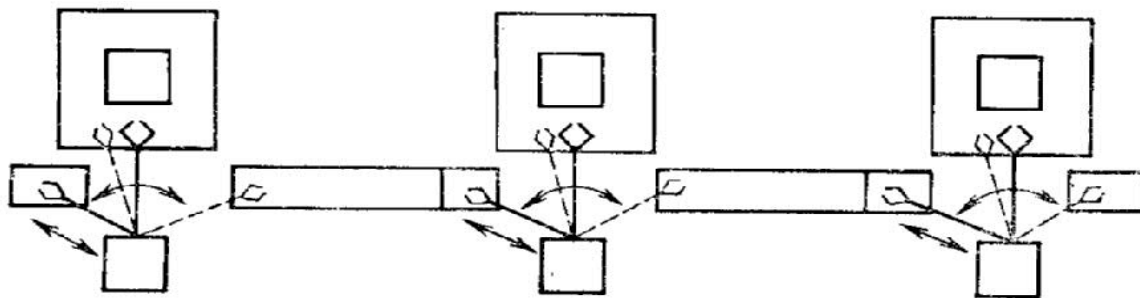
3-rasm.

Sovuq usulda shtamplashning bir oqimli robotlashtirilgan texnologik chiziq kompanovkasi keltirilgan.

3-rasmda TU – texnologik uskuna, SR – sanoatroboti, YAAM – yakka holda andozani taqsimlash magazini.

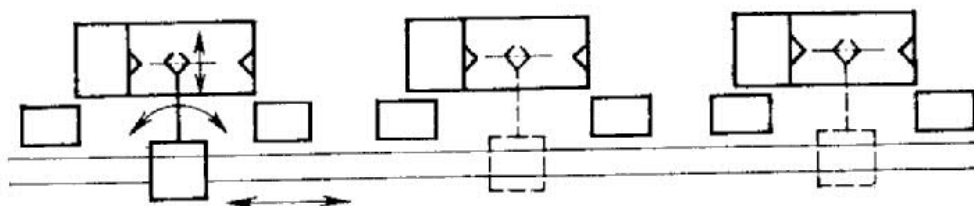
Ushbu sxemada operatsiyalar orasidagi transport vositalari mavjud yemas. Keyingi 4-rasmda texnologik jarayonlar, operatsiyalar orasidagi transport vositalari mavjud bo'lgan bir oqimli sxema keltirilgan. Sxemada TU - texnologik uskuna, SR – sanoat roboti, YAAM – yakka holda andozani taksimlash magazini, TV – transport

vositilari.



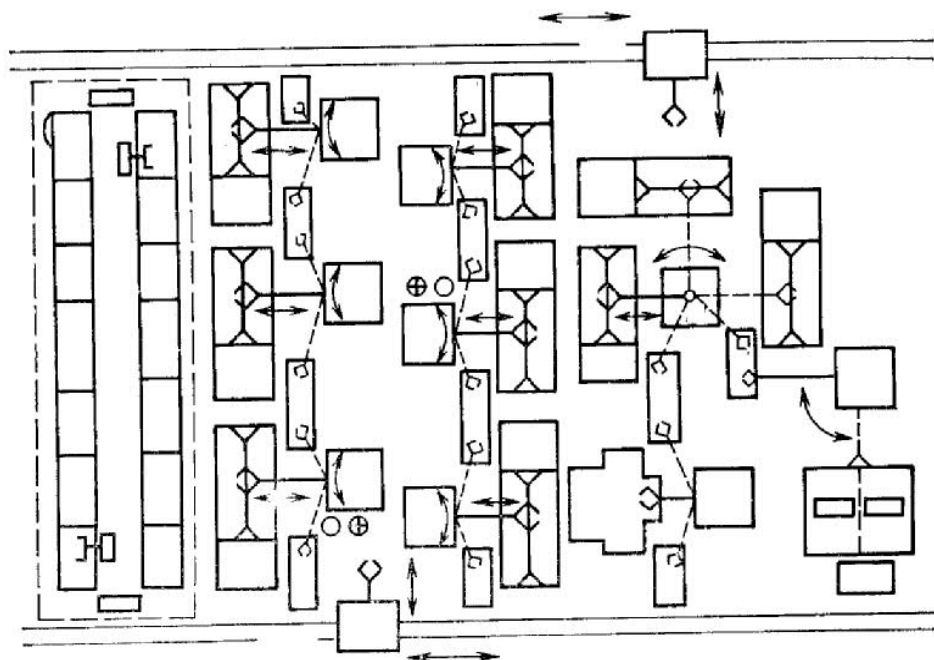
4-rasm

Yuqorida keltirilgan har ikkala sxema ishlab chiqarishda juda ko‘p ishlatiladi.



5-rasm

5-rasmda harakatlanuvchi sanoat robotini tarkibiga olgan bir oqimli texnologik chiziq kompanovkasi keltirilgan.

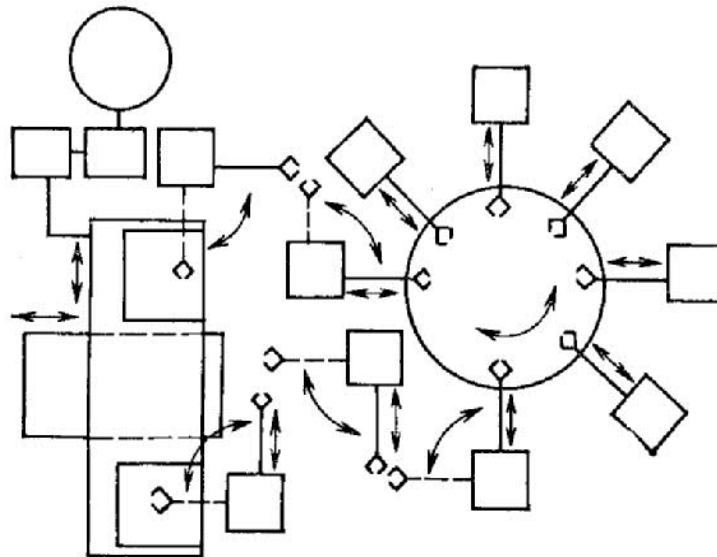


6-rasm

6-rasmda robotlashtirilgan texnologik oqimning chiziqli aylanma kompanovkasi sxemasi ko‘rsatilgan.

Ushbu rasmda, AS – avtomatlashtirilgan andozalar siqiladi, TV– transport vositalari, XSR - harakatlanuvchi sanoat robotlari, TU – texnologik uskunalari, M – andozalar magazini.





7-rasm

7-rasmda ishlab chiqarish yig'uv sexining robotlashtirilgan aylanma oqimli kompanovkasi sxemasi keltirilgan. Bu yerda, RS – robotli (aylanma) stol, M – andozalar magazini, BKS – boshqariladigan kordinatli stol, BQ – boshqarish qurilmasi, SB – sonli boshqarish qurilmasi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan SR joylashtirish sxemalari ko'p tarqalgan bo'lib, texnologik jarayonlarni holatiga qarab takrorlanishi va o'zaro bog'langan bo'lishi mumkin. Avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishda ko'rilgan sxemalar bilan birga avtomatik boshqarish sistemalari (ASU) keng qo'llaniladi.

SR larni sezgirligi va boshqarish tizimlarining o'rni avtomatik ishlab chiqarishda qanchalik zarur ekanligi, shu bilan birga SR larine joylashtirish ishlab chiqarish texnologik jarayonlarga bog'liqligi, zarurligi ko'rib chiqildi. Ular avtomatik ishlab chiqarishni poydevori hisoblanadi.

### **Ko'tarish-tashish va tashish ishlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish.**

Sanoatda ishlab chiqarish jarayonini to'la mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish YKTTMM mashinalari ishtirokisiz amalga oshirish qiyin. Xolbuki, xomashyo va butlovchi mahsulotlarni korxonaga olib kelib uni omborga tushirish va ombordan olib butun texnolog jarayonlar orqali o'tkazib tayyor mahsulotni omborga joylashtirish ishlarida ko'tarish - tashish - tushirish operatsiyalari mavjud. Ishlab chiqarish konveyer usulida bo'ladi. U texnologik jarayon zanjirining bir bo'lagi bo'lib xizmat qiladi, ya'ni u texnologik asbob uskuna sifatida ishlaydi. Demak ishlab chiqarish jarayonini to'la mexanizatsiyalashtrish va avtomatlashtirish uchun YKTTMM lari konstruksiyasini takomillashtirish va uni boshqaruv ishlarini avtomatlashtirish katta ahamiyatga ega. Bunday ishlar ishlab chiqarish jarayonidagi qo'l mehnatini ozaytiradi yoki butunlay yo'qotadi. Mahsulot sifatini yaxshilaydi,

pirovord natijada ishlab chiqarish unumdorligini oshiradi. Mahsulot tan narhini kamaytiradi.

### **Mashina ishlari boshqaruvini avtomatlashtirish.**

Mashina ishlari boshqaruvini avtomatlashtirish ishlariga katta e'tibor berilmoqda, chunki mukammal boshqaruv tizimi mashinaning ish unumdorligini va xizmat muddatini ko'paytirishga, unga xizmat qiluvchilar ish sharoitini yaxshilanishiga olib keladi. Ko'pchilik holatlarda mashinani boshqarish metal konstruksiyasiga maxkamlangan kabinadan olib boriladi. Bajariladigan ish maydonini nazorat qilishda qulaylik va osonlikni ta'minlaydigan kabina kranchini ish qobiliyatini va kranning ish unumini oshiradi. Normal temperatura, toza havo, yengil rejimda, yopiq joyda, kichikroq tezlik va ko'tarish quvvatida ishlaydigan kranlarda ochiq yoki aylangan kabinalardan foydalaniladi.

Changli, gazli, issiq yoki ochiq joylarda ishlaydigan kranlarda oynalangan, tirqishlari maxkamlangan, sovutgich va isitgichi bor kabinalar qo'llaniladi. Kabina ichidagi havo temperaturasi 22-26 °C bo'lishi lozim. Kabinaning o'lchami pol bo'yicha eni 1.1 m, uzunligi 2 m, balandligi 1,8 m. Kabinaning shiftida 0,5x0,5 m teshik bo'ladi.

Kranchi kran metal konstruksiyasiga chiqish uchun kabinaning eshigini ichkariga yoki yon boshga ochish kerak. Ochiq kabinalarda poldan boshlab 1 m balandlikdagi to'siqlar bo'ladi. Kabina o'tirgichida o'tirgan kranchining ish maydonini kuzatish doirasi quyidagicha bo'lishi kerak:

- O dan 60 ° gacha - kranchini ko'z satxidan o'tgan gorizontaldan tepaga;
- O dan 90° gacha - kranchini ko'z sathidan o'tgan gorizontaldan pastga;
- O dan 135° gacha - chap va o'ng tomonlarga.

Boshqaruv pultida xar bir qo'l va oyoq uchun ma'lum ish tayin qilingan:

- o'ng qo'lga ko'tarish va tushirish;
- chap qo'lga aravani yurgizish;
- o'ng oyoqqa kranni yurgazish.

Kranni boshqarishda kranchiga ko'p xollarda biror yerdan turib qo'l yoki ovoz bilan ma'lum bir harakat orqali yordam beriladi. Bu ishda qiyinchilik bo'lgan holda telyefon yoki radio orqali kranchining ishini yengillashtiradi.

Keyingi vaqtlarda masofadan turib boshqariladigan mashinalar ishlatilmoqda. Bu mashinalarning boshqaruv pulti qo'zg'almas yoki qo'zg'aluvchan bo'lishi mumkin.

Metallurgiya zavodlarida ana shunday qo'zg'almas pultdan sexdagi ishlarni boshqarib turiladi. Boshqaruv pultlari mashina bilan simlar orqali ulangan yoki ulanmagan bo'lishi mumkin. Simlar bilan ulangan pultdan har hil chastotali signallar orqali bir necha mashinani bitta sim bilan boshqarish mumkin. Bitta simdan 20 xil

chastota bilan signal uzatish mumkin. Bu boshqaruvda 200...10000 GZ chastotalar ishlatiladi. Qo'zg'aluvchan pultlarda esa radio signallardan foydalaniladi.

Masofadan turib boshqarishda ishning aniqligi va umumdorligi oshadi. Mehnat vaqt, sarfi kamayadi. Natijada ish operatsiyasining narxi arzonlashadi. Sanoatda mahsulot ishlab chiqarish jarayonini avtomatlashtrish YKTTMM larining ishlarini ham avtomatlashtrishni taqozo etmoqda. Bu mashinalarda asosan elektr simlari orqali boshqaruvni hamda agregatlararo tashish ishlarini avtomatlashtrilmoqda.

Masalan, YKTM larida tezlanish va tormozlash, harakat tezligini meyorlash jarayonlari, to'xtashdan oldingi tezligini asta pasaytrish va yukni belgilangan joyda to'xtatish ishlari avtomatlarga yuklangan. Yukni istalgan joyga tezlikni pasaytirib borib to'xtatishni avtomalashtirish, ishlarni kattaroq tezlikda bajarish imkonini beradi va mashina ish unumini oshiradi. Bunda mashinalar sonini ozaytirish mumkin bo'ladi.

Ishlab chiqarishni to'la avtomatlashtirishda uzluksiz ishlaydigan YKTTMM katta rol o'ynamoqda. Bunda ular texnologik jarayonning ajralmas qismi bo'lib kelmoqda. Bu yerda texnolog jarayonda qatnashayotgan hamma uskunalarning ishlarini to'la avtomatlashtiriladi. Lekin YKTTMM larining ishlarini alohida holatda xam to'la avtomatlashtirish mumkin.

Masalan, yuklarni qayta yuklash joylarida donni yoki shunga o'xshash yuklarni kemalardan tushurib boshqa transportga to'g'ridan to'g'ri yuklash yoki omborga joylash ishlarini YKTTMM lar ishtirokida to'la avtomatlashtirilishi mumkin.

Osma zanjirli konveyerlar orqali belgilangan manzilga yuk jo'natish ishlarini ham keng qo'llanilmoqda. Bularning hammasi maxsus dastur bilan boshqariladigan qurilmalar bilan amalga oshiriladi.

Dasturli boshqaruvni amalga oshirishni har xil usullari mavjud.

1. Dasturni elektromexanik o'chirg'ichlar bilan boshqarish;
2. Dasturni magnit lentaga yoki perefaratorga yozib u bilan boshqarish; 95

### **Sanoat robotlari va manipulyatorlar.**

Sanoat roboti - yuruvchi qurilma va boshqaruv qurilmasidan iborat. Manipulyator bu - ishchi qo'l harakatlarini bajaradigan qurilma. U robotning ish bajaruvchi organi (mexanizimi)dir. Yuruvchi qurilma robotni harakatlantirib turadi. Boshqaruv qurilmasi manipulyator va texnologik uskunani boshqaradi. U robot korpusiga o'rnatilgan yoki robotdan alohida bo'lishi mumkin.

Bulardan tashqari robot va tashqi muhit holatini ko'rsatib turuvchi o'lchov asboblari ham bor. Operator boshqaruv pulti orqali robotga topshiriq beradi, ya'ni dasturni kiritadi va uning ishini nazorat qilib turadi. Eslovchi qurilma berilgan dasturni saqlash uchun qabul qiladi. Hisoblash qurilmasi berilgan dasturni qayta

ishlaydi, ya'ni bir qancha matematik hisoblarni bajaradi. Qilinadigan ishlarning turlarini, hajmini, tartibini belgilaydi, qaror qabul qiladi va qarorni saqlash uchun eslovchi qurilmaga, amalga oshirish uchun yuritma va harakatlarni bosharuv blokiga uzatadi. YXBB dan olingan qaror bo'yicha manipulyator, yuruvchi qurilma, texnolog uskunalarga buyruq berib ularni harakatga keltiradi. Manipulyator 7 ta yo'nalish bo'yicha harakat qila oladi. Uning qo'li zvenolarining o'lchamlari doirasida fazoda istalgan holatni egallashi mumkin. Manipulyatorlar odam uchun mumkin bo'lmagan joylardagi harakatlarda (vakuum, radiatsiya yuqori yoki past temperatura va boshqa holatlarda) keng qo'llaniladi. Manipulyatorlarda harakatlar tishli g'ildiraklar, richaglar, gidravlika va havo orqali uzatiladi.

Manipulyatorlar kuzatuv tizimi bilan ham jihozlangan bo'lib, u sistemada teskari aloqani amalga oshiradi, ya'ni ijrochi mexanizmdan boshqaruv qurilmasiga habar beradi. Bunda ijrochi mexanizmga ta'sir qilayotgan kuchlar haqida boshqaruv qurilmaga axborot beradi. Boshqaruv qurilmasi unga mos ravishda zvenoning bo'ladigan holatini hisoblab aniqlaydi va o'zgartiradi. Bu tizimni ikki tomonli tizim deyiladi. Bu tizimda axborot YXBB dan YQ va TU ga, YQ va TU dan YXBB ga muntazam kelib turadi. Manipulyatorning boshqaruv tizimi dasturiy boshqaruvdan iborat. Lekin u o'rganish va operator boshqaruv rejimida ham ishlashi mumkin. O'rganish rejimida operator manipulyatorni o'zi boshqarib kerakli ishni bajaradi. Bunda manipulyator zvenolarining holati datchik orqali YXBBga uzatiladi. U yerda ular kodlanadi. Kodlangan ishlar EQga saqlash uchun beriladi. Yangi dastur paydo bo'ladi. Keyinchalik manipulyator ana o'sha dastur bo'yicha ish bajarishi mumkin. Robotning ish zonasi - bu robot qo'li yetadigan, ya'ni ish bajara oladigan fazoning bir qismi. Robotning qo'li mexanik, elektromagnitli va vakuumli bo'ladi.

Aholi turmush darajasini kundan-kunga ortib borayotganligi, turli tuman sifatli, har tomonlama qulay mahsulotarga ehtiyoj oshayotganligi sanoatning rivojlanishi, o'sishi taqozo qilmoqda. Sanoatning rivojlanishi uning mexanizatsiyalashni va avtomatlashtirishni talab qilmoqda. Bular esa o'z navbatda sanoat robotlarini jumladan, ko'tarish -tashish robotlarini ishlab chiqarishni ko'paytirishni, konstruksiyalarni takomillashtirishni taqozo qilmoqda. Robotlarni ishlab chiqarishga tadbiiq etilishi ham iqtisodiy ham texnikaviy ham ijtimoiy tomonga foyda keltiradi.

### **Kompleks mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish.**

Biror mahsulotni ishlab chiqarish jarayonini kompleks mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish oqim chizig'i bilan amalga oshiriladi. Bunda jarayonni oldinmakiy inligini hisobga olgan tartibda texnologik uskunalar shu jumladan, YKTTMM lar konveyer bo'ylab joylashtiriladi. Konveyer bo'yidagi biror uskuna masalan, o'yuvchi dastgoh teshikni ochgandan keyin detalni keyingi uskunaga (silliqlovchi

dastgoh) konveyer orqali o'tkazadi. Oqim chizig'i bo'yicha ishlaydigan zavodlar ham bor.

Masalan, mashinaning porshenini ishlab chiqaradigan zavodda alyuminiy chushka ombordan patok liniyaga tushib bu liniyada eritilib, qo'yilib, ishlov berilib, upakovka qilinib tayyor mahsulotlar omboriga teriladi. Bu yerda odamning ishi programma tuzish, programma bo'yicha stanoklarni o'rnatish, sozlash va ishga tushirish, ish davrida uning ishlarini kuzatib turishdan iborat. Potok liniya detalni ko'tarish-tushirish, stanokdan stanokka uzatish ka'bi ishlarsiz bo'lmaydi. Oxirgi paytlarda robot -avtomatsozlik sanoati tez rivojlanmoqda va yuqorida aytilgan ishlarga robot avtomatlar jalb qilinmoqda.

Robot - belgilangan dastur bo'yicha mexanik ishlari bajaradigan universal mashina avtomatdir. Robotlarni har xil jarayonlarning bajarish uchun oson va tez rostdash mumkin.

Boshqaruv tizimi bo'yicha sanoat robotlari uch avlodga bo'linadi:

1. Perfolenta yoki magnit lentaga yozilgan qat'iy dastur bo'yicha ishlaydigan robot-manipulyator. Bu robotlar raqamli dastur bilan boshqariladi. Bunda bajaradigan ishni o'zgartirish uchun dasturni o'zgartiriladi. Lekin ishlab chiqarishda shunday jarayonlar borki ularni qat'iy dastur bilan boshqarish qiyin.

2. Elektron hisoblash mashina orqali boshqariladigan - robot manipulyator. Ular qisman adaptatsiya (atrof muhitni hisobga olib unga moslashuvchanlikka) hususiyatiga ega. Ish jarayonida nazorat qilinayotgan parametrlardagi o'zgarishlar to'g'risida axborotni to'playdi, qayta ishlaydi va unga o'z ishini moslaydi, ya'ni, o'sha muhitga moslashadi.

3. Sun'iy aql elementli elektron hisoblash mashina orqali boshqariladigan manipulyator. Ular to'la adaptatsiya xususiyatiga ega, ya'ni ular sun'iy sezgi sistemasi yordamida (eshitish, ko'rish, sezish va boshqa) o'zgarayotgan holatni miyasiga qabul qiladi, qayta ishlaydi, qaror qabul qiladi va ishchi mexanizmga buyruq beradi, shuningdek ish jarayonida tajriba to'plab bilimni oshiradi, ya'ni mustaqil ilm oladi. Bu uchchala avlodlar bir birini mustasno qilmaydi, har biri o'zi kerakli joyda ishlayveradi.


### **Nazorat savollari:**

1. Manipulyatorlarni aniqligi deganda nimani tushunasiz?
2. Geometrik, kinematik va dinamik xatoliklar nimalardan iborat?
3. Manipulyatorlarning aniqliklari qanday hisoblanadi?
4. Aniqlikni hisoblashga misol keltiring.
5. Manipulyatorlarni boshqarish qanday amalga oshiriladi?
6. Robototexnikada sezgirlik va moslashish nimalarga bog'liq?
7. Ishlab chiqarishda qanday noaniqliklar bo'lishi mumkin?

## *Robot va manipulyatorlar*

---

---

8. Qanday robotlarga Boshqarishli robotlar deyiladi?
  9. Informatsion sistemalarga misollar keltiring.
  10. Lokal va taktik sensor qurilmalari nimalardan iborat?
  11. SRlarini komponovkasiga misollar keltiring.
- 

1. DAST- Davlat Standarti.
2. Badya – Alohida ishlovchi idish.
3. Baza – asos.
4. Balka – To‘sin.
5. Vanta – vertikal vaziyatda ushlab turuvchi arqon.
6. Vosita – Moslama.
7. Gusenisali kran-O‘rmalovchi zanjirli kran.
8. Instuksiya – Ko‘rsatma.
9. Kantovka –Yuklarni bir holatdan boshqa holatga maxsus moslamalar, mexanizmlar, kranlar yordamida o‘tkazish, aylantirish, ag‘darish, talab holatiga keltirish.
10. Klapan – klapan, qopqoqcha.
11. Kleyma – Tamg‘a.
12. Kolonna – Ustun.
13. Konsol- Tuzilmadan chiqib, osilib turuvchi va ayrim hollarda yuk qabul qiluvchi qismi.
14. Konstruksiya – Tuzilma.
15. Kulachok – mushtumcha shaklidagi detal.
16. Manyovrchanlik- Turli yo‘nalishlar bo‘yicha erkin va qulay xarakatlanish.
17. Markirovka – Belgilash, tamg‘alash.
18. Machta – Baland ustun.
19. Mufta har xil diametrdagi vallarni bir-biriga biriktiruvchi vosita.
20. Oboyma – Ilgak traversasi va blok o‘qlari joylanadigan ikki tomonlama halqa.
21. Perekritiya – Ora yopma.
22. Planka – planka, uzun taxtacha.
23. Poddon – Tagdon.
24. Pokritiy – Tapa yopma.
25. Progon – progon, (inshootda: tayanch, uchtun).
26. Proses – jarayon.
27. Pult – boshqaruvchi qurilma.
28. Reduktor – Aylanishlar sonini kamaytirib beruvchi qurilma.
29. Rim – Reduktor va motorlarni ko‘tarishga mo‘ljallangan halqa qism.
30. Svarshik – Payvandlovchi.
31. Signal – Kran boshqaruvchisi va montajchilar orasidagi aloqani o‘rnatuvchi, buyruq beruvchi qo‘l xarakati (qizil bayroqcha bilan).
32. Slesar –Chilangar.
33. Sobachka, treshyotka- Tishlik g‘ildirakning orqaga aylanib ketmasligi uchun, unga tirgaklab qo‘yuvchi qism (detalʼ).
34. Strela – Kranning yuk ko‘taradigan xartumsimon qismi.
35. Strelka – ko‘rsatkich.
36. Strop – Osma egiluvchan vosita.
37. Tara – Idish.

38. Tormoz – mashinani sekinlatadigan yoki to‘xtatadigan moslama.
39. Traversa – travers, biror narsani mahkamlash yoki osib qo‘yish uchun ko‘ndalang qo‘yilgan narsa yoki temir moslama.
40. Trolley – Tok o‘tqazuvchi sim.
41. Truba – Quvur.
42. Uzel –Bog‘lam.
43. Unifikasiyalash – Birxillashtirish.
44. Forsunka – forsunka, suyuq yoxud kukunsimon moddalarni purkab beruvchi moslama.
45. Harakteristika – tavsiflash, ta’rif, tavsif, baxo, xususiyat.
46. Xropovik – tishli g‘ildirak.
47. Sapfa – O‘q yoki valning podshipnikda aylanuvchi qismi, bo‘yni.
48. Shesternya – shesternya, kichik tishli g‘ildirak.
49. Shpilka – detallarni biriktirish, mahkamlash uchun maxsus mix.
50. Shponka – shponka, qurilmalar qismlarini bir-biriga mustahkamlaydigan detal.
51. Shtir – Tig‘iz.
52. Shtuser – Sirti rezbali kalta quvur parchasi.
53. Eksploatasiya – Ishlatish.
54. Yakor-O‘rnatilgan tuzilma, lebedka va boshqa jihozlarni tashqi tortuvchi yuk ta’siriga qarshi ushlab turuvchi moslama.



## **ADABIYOTLAR RO‘YXATI**

### **I. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari**

1. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: “O‘zbekiston”, 2017. – 488 b.
2. Mirziyoyev SH.M. Milliy taraqqiyot yo‘limizni qat’iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko‘taramiz. 1-jild. – T.: “O‘zbekiston”, 2017. – 592 b.
3. Mirziyoyev SH.M. Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir. 2-jild. T.: “O‘zbekiston”, 2018. – 507 b.
4. Mirziyoyev SH.M. Niyati ulug‘ xalqning ishi ham ulug‘, hayoti yorug‘ va kelajagi farovon bo‘ladi. 3-jild.– T.: “O‘zbekiston”, 2019. – 400 b.
5. Mirziyoyev SH.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: “O‘zbekiston”, 2020. – 400 b.

### **II. Normativ-huquqiy hujjatlar**

6. O‘zbekiston Respublikasining Konstitusiyasi. – T.: O‘zbekiston, 2018.
7. O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentabrda qabul qilingan “Ta’lim to‘g‘risida”gi O‘RQ-637-sonli Qonuni.
8. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015 yil 12 iyun “Oliy ta’lim muasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-4732-sonli Farmoni.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevral “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi 4947-sonli Farmoni.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015 yil 4 mart “2015-2019 yillar uchun tarkibiy islohotlar, modernizatsiya qilish va ishlab chiqarishni diversifikatsiya qilishga doir chora-tadbirlari dasturi to‘g‘risida”gi PQ-4707-sonli Qarori.
11. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 20 aprel "Oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-2909-sonli Qarori.
12. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 28 noyabr “Paxtachilik tarmog‘ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-3408-sonli Qarori.
13. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 21 sentabr “2019-2021 yillarda O‘zbekiston Respublikasini innovatsion rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5544-sonli Farmoni.
14. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 may “O‘zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-5729-son Farmoni.
15. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyun “2019-2023 yillarda Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universitetida talab yuqori

bo'lgan malakali kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish va ilmiy salohiyatini rivojlantiri chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4358-sonli Qarori.

16. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 avgust "Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to'g'risida"gi PF-5789-sonli Farmoni.

17. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 8 oktabr "O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-5847-sonli Farmoni.

18. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 29 oktabr "Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-6097-sonli Farmoni.

19. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning 2020 yil 25 yanvardagi Oliy Majlisga Murojaatnomasi.

20. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentabr "Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi 797-sonli Qarori.

21. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020 yil 22 iyun "Paxta-to'qimachilik ishlab chiqarishini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" 397-sonli Qarori.

### **SH. Maxsus adabiyotlar**

22. Abdugaffarov X.J., Safojev A.A. va boshq. «Konstruksion materiallar texnologiyasi». Darslik. T.: Adabiyot uchqunlari, 2018. - 172 b.

23. Hwanki LEE. Yigirish jarayonida sifat nazorati va to'qimadagi nuqsonlarning oldini olish. O'quv qo'llanma. – Seoul, Korea.: Thinkbook Company, 2015. - 288 b.

24. Purushothama B. Work Quality Management in the Textile Industry. Elsevier Science Limited. Inqland 2013.

25. Safoev A.A., Abdugaffarov H.J. "Mashinasozlik texnologiyasi va loyihalash asoslari" T. "Sano-standart" 2014. - 288 b.

26. Salimov A., Wang Hua, Tuychiev T., Madjidov SH. Technology and equipment for primary cotton processing. / O'quv qo'llanma. Dongxua, Xitoy – 2019. – 189 b.

27. Tünde Kirstein. Multidisciplinary Know-How for Smart-Textiles Developers. Elsevier. Swetherland, 2013.

28. Xiaoming Tao. Handbook of Smart Textiles. Springer. Germany. 2015.

29. William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch. Materials science and engineering /Wiley and Sons. UK, 2014. – 896 b.

**IV. Internet saytlar**

30. <http://edu.uz>.
31. <http://lex.uz>.
32. <http://bimm.uz>.
33. <http://ziyonet.uz>.
34. <http://natlib.uz>.
35. <http://isicad.ru/ru>.