

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ  
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

Назаров Х.Н.

## **РОБОТОТЕХНИКА АСОСЛАРИ**

Ўқув қўлланма

ТОШКЕНТ 2005

УДК 621.865.8.

Робототехника асослари. Ўқув қўлланма/  
Назаров Х.Н.; Тошк. давл. тех. унив., Тошкент, 2005, 104б.

Ўқув қўлланмада роботларга оид асосий тушунчалар, таърифлар ва терминология, роботларнинг структураси, синфланиши, техник тавсифлари, роботларнинг тузилиши, роботларнинг модул қуриш тамойили, роботларнинг манипуляторлари ва уларнинг кинематик схемалари, ишчи органлари, роботларнинг юритмалари, программали адаптив ва интеллектуал бошқариш системалари баён этилган.

Ўқув қўлланма 552180. - «Автоматлаштириш ва бошқарув» бакалавриатура таълим йўналиши ва 5А521814 - «Робототехник тизимлар ва комплексларни бошқариш» магистратура мутахассислиги бўйича магистрантларга мўлжалланган.

«Интеллектуал ва информацион роботлар»  
кафедарси

Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети илмий-услубий кенгашининг қарорига биноан чоп этилди.

Тақризчилар:

ТАТУ, «Компьютер тизимлари ва тармоқлари»  
кафедраси профессори, т.ф.д., Каримов М.М.

ТошДТУ, «Автоматика ва телемеханика»  
кафедраси мудири, т.ф.д., проф. Игамбердиев Х.З.

© Тошкент давлат техника университети, 2005.

## Кириш

Робототехник ва мослашувчан ишлаб чиқариш системалари ишлаб чиқаришни ривожлантиришнинг техник асослари ҳисобланади.

Ҳозирги замон янги технологияларида роботлар ва робототехник системаларни қўллаш йилдан йилга ошиб бормоқда.

Улар ёрдамида янги технологик жараёнлар ўзлаштирилмоқда, одамларни толиқтирадиган, бир хил, оғир қўл меҳнатидан, соғлиқлари учун зарарли ва хавфли ишлардан озод қилинмоқдалар.

Робототехник системалар одам учун қизиқарсиз бўлган айрим интеллект талаб қилинадиган ишларни ҳам бажаришлари мумкин. Роботлар ва робототехник системалар ишлаб чиқариш техникасининг янги турлари бўлиб, турли соҳаларда кенг қўлланилмоқда.

Мазкур ўқув қўлланмада саноат робототехникаси асослари ёритилган. Унда роботлар ва робототехник комплекслар бўйича асосий тушунчалар, таърифлар берилган. Робототехниканинг ишлаб чиқаришни комплекс автоматлаштиришдаги роли баён қилинган. Робот ва манипуляторларнинг структураси, техник характеристикалари, модул қуриш тамойиллари биринчи бобда берилган.

Иккинчи бобда саноат роботларининг механик системаси, манипуляторларнинг кинематикаси, кинематик компоновкалари ҳамда манипуляторларнинг конструктив хусусиятлари баён қилинган. Ундан ташқари роботларнинг ишчи органлари ва ҳаракат қурилмаларининг конструкциялари ва ишлаш принциплари келтирилган.

Учинчи бобда роботларни асосий элементлари ҳисобланган пневматик, гидравлик ва электрик юритмалари берилган.

ТошДТУ «Интеллектуал ва информацион роботлар» кафедрасида яратилган кўпкоординатли юритмаларнинг конструкциялари ва ишлаш принциплари ҳам шу бобда баён қилинган.

Тўртинчи боб саноат роботларини бошқариш системаларига бағишланган бўлиб, программали, адаптив ва интеллектуал бошқариш системалари ҳамда роботларда қўлланиладиган информацион системалар ҳам шу бобда берилган.

Бешинчи бобда робототехник тизимлар ва комплекслар бўйича маълумотлар келтирилган. Робототехник комплексларнинг синфланиши, робототехник комплексларда роботларнинг қўлланилишининг асосий схемалари берилган. Робототехник комплексларнинг йиғув, механик ишлов беришда, темирчилик - пресслаш операцияларини автоматлаштиришда қўлланилиши баён қилинган.

Олтинчи боб роботларни созлаш, ишга тушириш ва техник хизмат кўрсатишга бағишланган. Роботларнинг техник характеристикаларини текшириш, уларни диагностика қилиш воситалари, ҳамда саноат роботларининг гидравлик ва пневматик юритмаларини созлаш ва техник хизмат кўрсатиш баён қилинган.

## **1 - БОБ. САНОАТ РОБОТЛАРИ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР**

### **1.1. Роботлар ва манипуляторлар**

«Робот» сўзи биринчи маротаба 1920 йилда чех ёзувчиси К. Чапекнинг «RUR» (Россум универсал роботлари) пьесасида ишлатилган. Робот тушунчаси кенг доирадаги турли системалар ва қурилмалар билан боғлиқ.

Роботнинг турли хил автоматик системалар ва қурилмалардан асосий фарқи, унда одам ҳаракатларига ўхшаш ҳаракатлар қила оладиган органнинг яъни механик қўл (манипуляторлар)нинг борлиги ва у ёрдамида робот ташқи муҳитга таъсир қилиш имконияти борлигидир. Робот одам ўрнига турли хил манипуляцияларни қила оладиган машина - автоматдир. (1- жадвал)

## Роботларнинг функционал имкониятлари.

1-жадвал.

| Функциялар              | Одамнинг функционал органлари       | Роботдаги аналог                           |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| Фикрлаш                 | Марказий нерв системаси             | Бошқариш системаси                         |
| Ташқи муҳит билан алоқа | Сезиш органлари                     | Сезиш элементлари (датчиклар ва сенсорлар) |
| Иш ва ҳаракат           | Қўл, оёқ ва ҳ.                      | Манипуляторлар ва ҳаракатланиш қурилмаси   |
| Ҳаёт таъминоти          | Қон айланиш ва ҳазм қилиш органлари | Энергия манбалари                          |

Роботлар манипуляторлар деб аталадиган машинлар синфига киради. Манипуляторлар - кўп звенолардан иборат механизм бўлиб, одам қўли ҳаракатларини имитация қилишга мўлжалланган қурилмадир, у масофадан оператор ёки программали бошқариш системаси томонидан бошқарилади.

## Асосий тушунчалар ва таърифлар.

*Саноат роботи (СР)* - ишлаб чиқариш жараёнида ҳаракат ва бошқарув функцияларини бажариш учун мўлжалланган бир нечта ҳаракатланиш даражасига эга бўлган манипулятор кўринишидаги ижро қурилмасидан ҳамда қайта дастурланувчи дастурий бошқарув қурилмасидан ташкил топган стационар (қўзғалмас) ёки кўчма автоматик машина. Техник адабиётда бундан ҳам қисқароқ таъриф учрайди: Саноат роботи (СР) - саноатда ишлатишга мўлжалланган қайта дастурланувчи автоматик манипулятор.

*Робототехник тизим* деб, шундай техникавий тизимга айтиладики, унда энергия, масса ва ахборотлар

билан боғлиқ ўзгартиришлар ва алоқалар саноат роботларидан фойдаланилган ҳолда акс этади.

Саноат роботлари томонидан ўрнини боса оладиган функциялари ва улар бажара оладиган операцияларга кўра роботлаштирилган технологик мажмуа ва роботлаштирилган ишлаб чиқариш мажмуалари фарқланади.

Битта саноат роботи ўзаро ҳаракатда бўладиган бир ёки бир нечта технологик жиҳозлардан ҳамда мажмуа ичидаги ишнинг тўла автоматик циклини ва бошқа ишлаб чиқаришларнинг кириш ва чиқиш оқимлари билан алоқаларни таъминловчи ёрдамчи жиҳозлар йиғиндисидан иборат ишлаб чиқариш воситаларининг автоном ҳаракат қилувчи тўпламига роботлаштирилган технологик мажмуа дейилади.

Йиғин, пайвандлаш, бўяш каби технологик жараёнларга оид асосий операцияларни бажарувчи битта саноат роботидан ҳамда мажмуа ичидаги технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган циклини тўла таъминловчи ёрдамчи жиҳозлар йиғиндисидан иборат автоном ҳаракат қилувчи ишлаб чиқаришнинг технологик воситалари тўпламига *роботлаштирилган ишлаб чиқариш мажмуаси* дейилади.

*Саноат роботининг ижро қурилмаси* - роботнинг ҳаракат функцияларини бажарувчи қурилма. Унинг таркибига манипулятор (М) ва бошқариш қурилмаси (БК) киради.

*Саноат роботи манипуляторининг ишчи аъзоси (органи)* - роботнинг ташқи муҳит билан бевосита ўзаро алоқасини амалга оширувчи қурилма бўлиб, одатда қисқичлаш қурилмаси ёки ишчи асбобни билдиради.

*СРнинг бошқариш қурилмаси* - берилган программага кўра ижро қурилмасига бошқарувчи таъсирларни шакллантириш ва чиқариб бериш учун мўлжалланган.

*СРнинг ўлчов қурилмаси* - бошқариш қурилмаси учун робот ва ташқи муҳит ҳолатларига оид информация йиғишни амалга оширади.

*Хизмат кўрсатувчи саноат роботи* - ёрдамчи ўтиш ва транспорт операцияларни бажарувчи роботдир.

Масалан, юкловчи - юк туширувчи ва транспорт роботлари.

*Операцион СР* - технологик операциялар ва уларнинг элементларини, масалан, пайвандлаш, йиғиш, бўйаш ва шунга ўхшаш операцияларни бажарувчи роботдир.

*Ишлаб чиқаришни роботлаштириш* - роботлардан кенг қўламда фойдаланувчи янги технологиялар, янги жиҳозларни яратиш ҳамда ишлаб чиқаришни танкил қилиш ва бошқариш принципларини ишлаб чиқиш.

*СРни дастурий бошқариш* - саноат роботининг ижро қурилмаси ҳамда у билан ишлаётган технологик жиҳоз устидан автоматик бошқариш.

*Ишчи фазо (атроф)* - СР нинг ишлаш жараёнида робот манипулятори ишчи органи ҳаракатда бўла оладиган фазо.

*СР ишчи зонасининг геометрик характеристикаси* - робот ишчи зонасининг чизиқли ёки бурчак ўлчовлари, кесим юзаси ёки ҳажми, ёки уларнинг биргаликда олинган тўплами.

*СРнинг базавий координаталари системаси* - робот ишчи зонасининг геометрик характеристикалари бериладиган координаталар системаси.

*СРнинг ҳаракатчанлик даражаси сони* - СР манипулятор кинематик занжирининг эркинлик даражаси сони ҳамда робот ҳаракат қурилмасининг эркинлик даражаси сони билан аниқланади.

*СРнинг номинал юк кўтариш қобилияти* - ишлаб чиқариш предмети ёки ишчи асбобнинг қисқичлаб, ушлаб турилиши кафолатланган массасининг энг катта қиймати билан характерланади.

*Ишчи органининг позициялаштириш хатолиги* - ишчи орган позициясининг бошқариш программаси томонидан берилган ҳолатига нисбатан четланиши.

*СРнинг позициялаштирилган бошқарилиши* - робот ижро қурилмасининг ҳаракатини вақт бўйича ишчи фазо нуқталарининг ораларида назорат қилмаган ҳолда шу нуқталарнинг тартибланган чекли кетма - кетлиги орқали программалаштирувчи программавий бошқариш тури.

*СРни цикли бошқариш* - нуқталар кетма - кетлигини реле туридаги ҳаракат қурилмалари ёрдамида

программалаштирувчи роботни позицион бошқариш тури (ост синфи).

*СРни контурли бошқариш* - роботларнинг синалаётган қурилмалари ҳаракатини ишчи фазода тезлик бўйича узлуксиз назорат қилган ҳолда траектория шаклида программалаштирувчи бошқаришнинг программавий тури.

*СРни адаптив бошқариш* - бошқариш алгоритмини бевосита бошқариш жараёнида ташқи муҳит ва робот ҳолатлари функциясига боғлиқ ҳолда ўзгартириб турадиган бошқариш тури.

*СРларини гуруҳлаб бошқариш* - одатда ЭХМ асосида бошқаришнинг умумий ситемасига бирлаштирилган бир нечта роботларни бошқариш жараёни.

*СРларни программалаш (дастурлаш)* - саноат роботини бошқарувчи программани тузиш, уни бошқариш қурилмасига киритиш ҳамда созлаш жараёнлари.

*СРни ўқитиш* - одам оператор томонидан роботнинг фойдаланаётган қурилмаси ҳаракатини олдиндан бошқариш ва бу ҳаракат параметрларини бошқариш қурилмасига жойлаш орқали робот ҳаракатини программалаш жараёни.

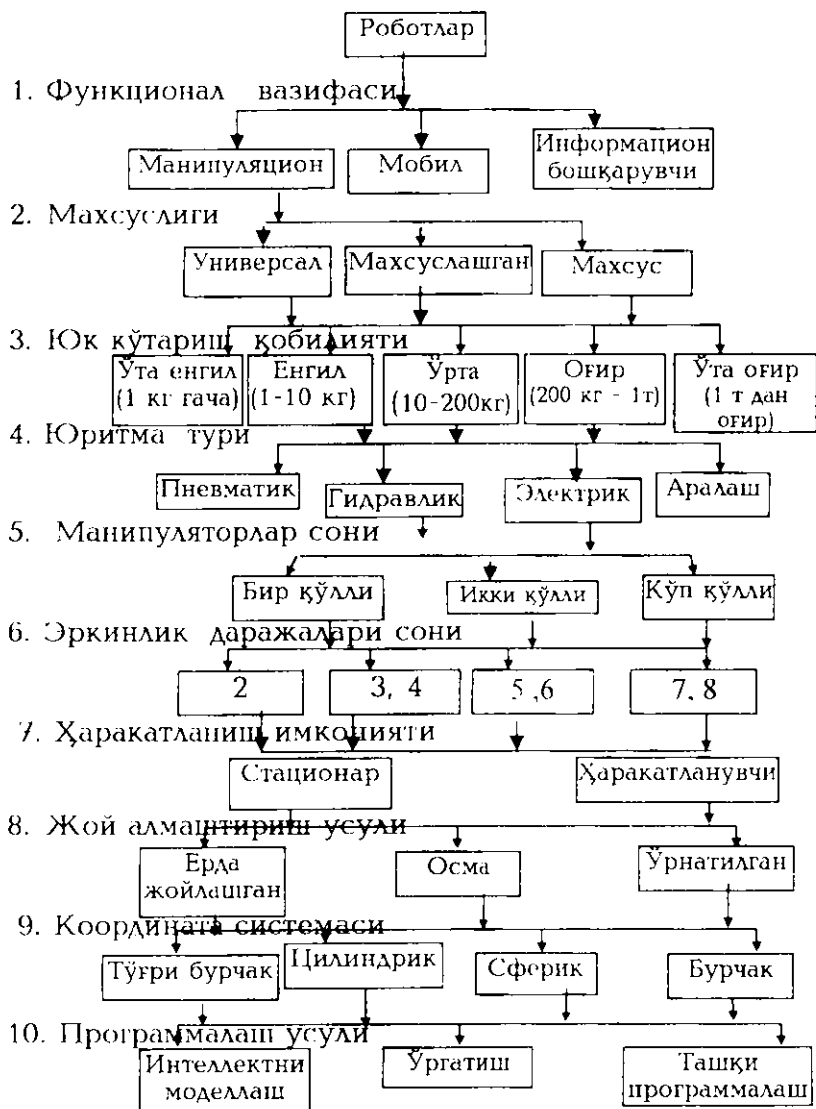
### **Саноат роботларнинг синфланиши.**

Саноат роботлари қуйидаги хусусиятлари бўйича синфланади: функционал вазифаси; махсуслиги; юк кўтариш қобилияти; юритма тури; манипуляторлар сони; ҳаракатланиш жойлаштириш усули; координата системасининг тури; программалаш усули ва бошқалар (1.1 - расм). Универсал роботлар турли хил операцияларни бажаришга ва ҳар хил жиҳозлар билан бирга ишлашга мўлжалланган.

*Махсуслашган* роботлар маълум бир аниқ операцияни бажаришга мўлжалланган. Масалан, пайвандлаш, йиғиш, бўяш операциялари.

*Махсус* роботлар фақат бир конкрет операцияни бажаради. Масалан, технологик жиҳознинг конкрет моделига хизмат қилади.

Роботлар бажарадиган технологик операциянинг турига қараб асосий технологик операцияни бажарувчи роботлар (масалан, технологик пайвандлаш, бўйиш, йиғув операциялари) ва ёрдамчи технологик операцияни (масалан, олиб - қўйиш операцияси) амалга оширадиган роботларга бўлинади.



1.1- расм. Саноат роботларининг сифлланиши

Роботнинг юк кўтариш қобилияти манипуляция қилинаётган объектнинг массаси билан аниқланади ва роботнинг бажарадиган вазифасига боғлиқ бўлади, ҳамда бир неча граммдан то бир неча минг килограммгача бўлиши мумкин.

Саноат роботлари юк кўтариш қобилияти бўйича қуйидаги гуруҳларга бўлинади: ўта енгил - 1 кг гача, енгил - 10 кг дан 200кг гача, оғир - 200 кг дан 1000 кг, ўта оғир - 1000 кг дан юқори.

Роботларда қўлланиладиган юритмалар пневматик, гидравлик, электрик ва аралаш юритмалар гуруҳларига бўлинади. Юқори юк кўтариш қобилияти роботларнинг звеноларида гидравлик юритмалар, манипулятор қисқичларда эса содда, кичик қувватли пневматик юритмалар ишлатилади. Кўпинча роботларда битта манипулятор бўлади (бир қўлли роботлар), аммо роботнинг вазифасига қараб роботларда иккига, учта ва тўртта манипулятор (икки қўлли, уч қўлли, тўрт қўлли роботлар) бўлиши мумкин. Эркинлик даражалар сони  $n$  бўйича роботлар қуйидаги турларга бўлинади:  $n = 2$ ;  $n = 3$ ;  $n = 4$ ; ва  $n > 4$ . Роботнинг ҳаракатланиш имконияти унда ҳаракатланиш қурилмаси борлиги ёки йўқлиги билан аниқланади. Биринчи ҳолда уларни ҳаракатланувчи роботлар ва иккинчи ҳолда стационар роботлар деб аталади. Жойлаштириш усули бўйича роботлар ерда жойлашган, осма ва ўрнатилган (бирор бир жиҳозга ўрнатилган) турларга бўлинади. Роботларда қуйидаги координата системалари қўлланилади: тўғри бурчак (декарт), цилиндрик, сферик ва ангуляр (бурчак). Роботларда қуйидаги программалаш усуллари қўлланилади: интеллектни моделлаш, ўргатиш ва ташқи программалаш.

### **Саноат роботларининг ишлаб чиқаришда қўлланилиши.**

Саноат роботлари ишлаб чиқариш жарёнларини комплекс автоматлаштириш имконини беради, замонавий янги технологияларда саноат роботлари кенг қўлланилади. Ишлаб чиқаришда саноат роботлари асосий ва ёрдамчи

технологик операцияларни автоматлаштиришда ишлатилади. Саноат роботларига қизиқиш тобора ошиб бормоқда.

Ҳозирги вақтда чет элларда саноат роботларини тайёрлаш билан 200 дан ортиқ фирмалар шуғулланмоқда, роботларнинг дунё бўйича чиқарилаётган моделлари 600 тадан ортиқ. Роботларни яратиш ва тайёрлаш ишлари Япония, АҚШ, Германия, Франция ва Швеция давлатларида интенсив олиб бориламоқда.

Анъанавий автоматлаштиришга қараганда саноат роботларини қўллаш мослашувчан ишлаб чиқариш системаларини яратиш ва ишга тушириш имкониятларини беради.

Саноат роботлари ишлаб чиқаришда одам учун оғир, қизиқарсиз, соғлиқ учун зарарли ишларни бажаришда кенг қўлланилади.

Роботлар турли соҳаларда ҳар хил операцияларни бажаришда ишлатилади.

Масалан, йиғув, штамповка, металлни қайта ишлаш, механик ишлов бериш, пайвандлаш, қуйиш, гальваник қоплаш ва бошқаларда саноат роботлари кенг қўлланилади.

Саноат роботларини қўллаш қуйидагиларга имкон беради:

1. Малакасиз ишчи кучини йўқотиш ва уларга сарфланадиган харажатларни камайтириш;
2. Ишлаб чиқариш унумдорлигини ошириш;
3. Ишчиларнинг меҳнат хавфсизлигини ва шароитини яхшилаш; интеллектуал даражасини ошириш;
4. Ишчиларни монотонли; қизиқарсиз, соғлиқ учун зарарли ва хавфли операцияларни бажаришдан озод қилиш;
5. Ишлаб чиқараётган маҳсулот сифатини ошириш;
6. Технологик жиҳозларнинг ишлашини оптималлаштириш, ишламай туришини йўқотиш ва технологик циклниги вақтини камайтириш;
7. Янги технологик жарёнларни яратиш ва ўзлаштириш;
8. Ишлаб чиқаришни комплекс автоматлаштириш ва ҳоказо.

## 1.2 Саноат роботи ва унинг структураси.

Ҳозирги вақтгача саноат роботининг умумий қабул қилинган таърифи йўқ. Турли мамлакатларда саноат роботининг ҳар хил таърифлари таклиф қилинган.

Саноат роботи деб, ишлаб чиқариш жараёнида ҳаракат ва бошқарув функцияларини бажариш учун мўлжалланган бир неча ҳаракатланиш даражасига эга бўлган манипулятор кўринишидаги ижро қурилмасидан ҳамда қайта дастурланувчи бошқариш қурилмасидан ташкил топган, одам ҳаракатига ўхшаш ҳаракатларни амалга оширувчи автоматик машинага айтилади.

Саноат роботининг структура схемаси 1.2 - расмда келирилган. Ишчи органли манипулятор (М) ва ҳаракатланиш қурилмаси (ҲҚ) саноат роботининг ижро қурилмасини ташкил этади ва улар саноат роботининг барча ҳаракат функцияларини амалга оширади.

Саноат роботининг манипулятори деб, юритмалардан, уларни бошқарадиган бошқариш системасидан ташкил топган ижро қурилмасига айтилади.

Саноат роботининг керакли барча ҳаракат функцияларини бажарувчи қурилмага ижро қурилмаси деб айтилади.

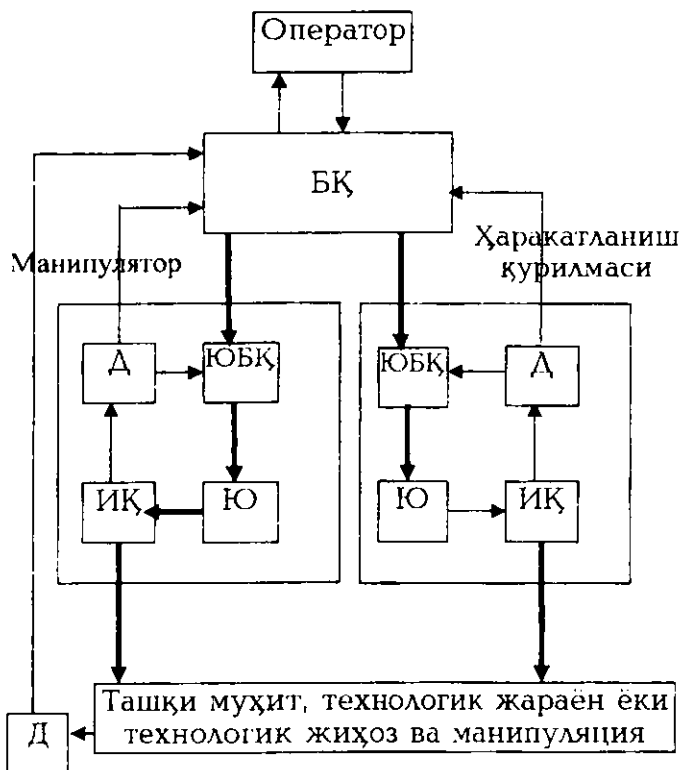
Манипулятор умуман кўп звеноли кўринишдаги ишчи қурилмалардан (ИҚ), ишчи органдан (ИО), ҳар бир звенонинг юритмасидан ташкил топади. ҳар бир юритма ўз бошқариш контурига эга. Робот бошқариш қурилмасининг бошқариш сигнали юритмаларни бошқариш қурилмасига юборилади ва манипуляторнинг ишчи қурилмаларини ҳаракатга келтирилади.

Саноат роботининг ишчи органи манипуляторнинг ташкилий қисми бўлиб, технологик операцияловчи ёки ёрдамчи ўтишларни тўғридан - тўғри бажаришга хизмат қилади.

Манипуляторнинг ишчи қурилмаси ва ишчи органлари ижро двигателларидан, узатиш механизмларидан, коррекцияловчи звенолардан ва датчиклардан ташкил топади ва манипуляторнинг юритма қурилмалари деб аталади.

Юритмаларнинг бошқариш қурилмаси (ЮБК) бошқарув қурилмасининг сигналларини ўзгартиради ва электромагнит клапанлар, мембранали кучайтиргичлар ва бошқалар кўринишида бўлади.

Саноат роботининг ҳаракатланиш қурилмаси ижро қурилмасининг ташкилий қисми бўлиб, манипулятор ёки роботнинг умуман ҳаракатланишини амалга оширади. Саноат роботининг бошқариш қурилмаси (БК) бошқариш программаси асосида ижро қурилмасига бошқарувчи таъсирларни шакллантириш ва беришга хизмат қилади.



1.2 - расм. Саноат роботининг структура схемаси: БҚ - бошқариш қурилмаси; ЮБК - юритмаларни бошқариш қурилмаси; Д - датчик; Ю - юритма; ишчи қурилмаси;

Роботлар бажариладиган операцияларининг мураккаблигига ва вазифасига қараб 3 авлодга бўлинади.

*Биринчи авлодга* автоматик ишловчи программали бошқариладиган роботлар киради, уларда манипуляцион операцияларнинг характерига қараб программалаш ва механик қурилмаларининг ишлаши нисбатан осон мослаштирилади. Бундай роботларда бошқариш қурилмаси сифатида программали бошқариш қурилмаси ёки компьютер ишлатилади. Биринчи авлод роботлари етарли даражада универсал ва кўп имкониятларга эга ҳисобланади. Мавжуд автоматлаштириш воситаларига қараганда биринчи авлод саноат роботлари янги топшириқларни бажаришга тез ва яхши мослашади.

Ташқи муҳит бўйича информациянинг биринчи авлод саноат роботларида йўқлиги, ўзгарувчан шароитларга мос равишда иш жараёнларини оптималлаштириш имкониятини бермайди. Бу эса биринчи авлод саноат роботларини қўллашни бир оз чеклайди ва керакли ишчи зонани шакллантириш учун қўшимча ишлар ўтказиш зарур бўлади.

*Иккинчи авлод* - адаптив роботлар, улар ташқи муҳит ўзгаришларига мослаша олади. Адаптив роботларнинг биринчи авлод программали роботларга қараганда функционал имкониятлари кенг бўлади. Ташқи муҳит бўйича информацияни олишда турли хил сенсор қурилмалардан фойдаланилади. Масалан, сунъий кўз системалари, тактил сенсорлар, локацион датчиклар ва ҳ.

*Учинчи авлод* - интеллектуал роботлар. Бундай роботлар ташқи муҳитни ўзида акс эттира олади, автоматик равишда бажарилиши керак бўлган ҳаракатлар бўйича қарор қабул қилиш имкониятига эга. Интеллектуал роботлар одамга ўхшаш турли интеллектуал ва одиндан режалаштирилган ҳаракат функцияларини бажаради.

Адаптив роботларга қараганда интеллектуал роботларда кучли ривожланган математик таъминот бўлади. Интеллектуал робот структура схемаси 1.3 - расмда келтирилган.



роботнинг оператор билан в<sub>1</sub> ташқи муҳитдаги функционал қурилмалар билан диалоги учун хизмат қилади; сунъий интеллект (5) образларни билиш, маълум предмет соҳасидаги билимларни йиғиш ва ишлатишга хизмат қилади; ҳисоблаш қурилмаси (4) бошқариш программаларини шакллантиради; программаларни ўзгартириш қурилмаси (3) бошқариш программаларини ўзгартиради ва манипулятор юритмаларини, ҳаракатланиш қурилмасини, ташқи муҳитдаги технологик жиҳозларни бошқариш учун керакли ҳолга келтиради; ташқи муҳит (9) - реал мавжуд физик муҳит, робот у билан информацион ва энергетик ўзаро таъсирда бўлади. Агар робот ишлаб чиқариш шароитида ишлатилса, унда роботнинг ташқи муҳитига оператор, бошқа роботлар, технологик жиҳозлар, технологик жараёнлар, транспорт системалари, энергия таъминоти системалари ва бошқалар киради.

### 1.3 Саноат роботларининг техник характеристикалари

Саноат роботларининг техник характеристикалари қуйидаги асосий кўрсаткичларни ўз ичига олади:

1. Номинал юк кўтариш қобилияти (кг);
2. Кўрсатилган координатада ўрин олиш хатолиги (мм);
3. Ишчи зонанинг ўлчамлари ва шакли;
4. Максимал силжиш (мм; град);
5. Силжиш вақти (с);
6. Максимал тезлик (м/с; град/с);
7. Максимал тезланиш (м/с<sup>2</sup>; град/с<sup>2</sup>);
8. Тўғри ва тескари силжишлар учун программалаштириладиган нуқталар сони;
9. Қисқич қурилмаси кўрсаткичлари: қиспиш кучи (Н); қиспиш вақти (с);
10. Бошқариш қурилмасининг кўрсаткичлари: бир вақтнинг ўзида бошқариладиган ҳаракатлар сони; ташқи жиҳозлар билан алоқа каналлари сони (киришда ва чиқишда);
11. Суюқлик (ҳаво) босими (МПа) ва сарфи (м<sup>3</sup>/с);
12. Электр манба кучланиши (В);

13. Қувват (Вт);
14. Ишончлилик кўрсаткичлари: бирор қисми ишламай қолиши (соат);  
капитал таъмирлаш бўлгунча хизмат қилиш муддати (йил);
15. Масса (кг);
16. Ўлчамлари (узунлиги, кенлиги, баландлиги) (мм).

Саноат роботининг юк кўтариш қобилияти дейилганда манипуляция қилинаётган объектнинг энг катта массаси тушунилади.

Саноат роботининг ҳаракатланиш даражаси сони, бу кинематик занжир звеноларининг қўзғалмас деб қабул қилинган звенога нисбатан эркинлик даражалари сонидир.

Робот ишчи органининг тўхташ хатолиги деганда, ишчи органнинг бошқариш программасида кўрсатилган ҳолатдан четга чиқиши тушунилади.

Саноат роботининг асосий техник кўрсаткичлари билан бир қаторда стандартлаш, унификациялаш, яшаш технологияси, эргономик кўрсаткичлар ҳам кўрсатилиши мумкин.

#### **1.4 Саноат роботининг модул қуриш принципи.**

Ҳозирги вақтда агрегат - модул типдаги саноат роботларини қуриш тенденцияси кенг қўлланилмоқда, бунда роботлар бир нечта мустақил унификация қилинган модуллар асосида қурилади.

Модул қуриш принципини саноат роботининг ҳамма функционал таъкил этувчилари манипуляторга, бошқариш қурилмасига, ҳаракатланиш қурилмасига татбиқ этиш мумкин.

Саноат роботларини анъанавий қуришга қараганда агрегат - модул қуриш принципи қуйидаги афзалликларга эга:

- роботларнинг тажрибада ва серияда чиқариладиган нусхаларини лойиҳалаш ва яшаш муддатлари қисқаради;

- роботларнинг техник характеристиклари яхшиланади, ишончлилиги ошади;
- роботларни эксплуатация қилишга ва таъмирлашга сарфланадиган харажатлар камаяди.

Агрегат - модуль саноат роботининг ҳаракатланиш даражалари сони, кинематик структураси турли конструктив модулларни бир - бирига улаш асосида ҳосил қилинади.

Ҳар бир конструктив модуль алоҳида мустақил ёки бошқа модуллар билан бирга турли комбинацияларда ишлатилиши мумкин.

Конструктив модуль бир неча механизмлардан ва юритмалардан, ҳамда энергетик ва информацион коммуникациялардан ташкил топади, бир ёки бир неча ҳаракатланиш даражаларини олишни таъминлаши мумкин.

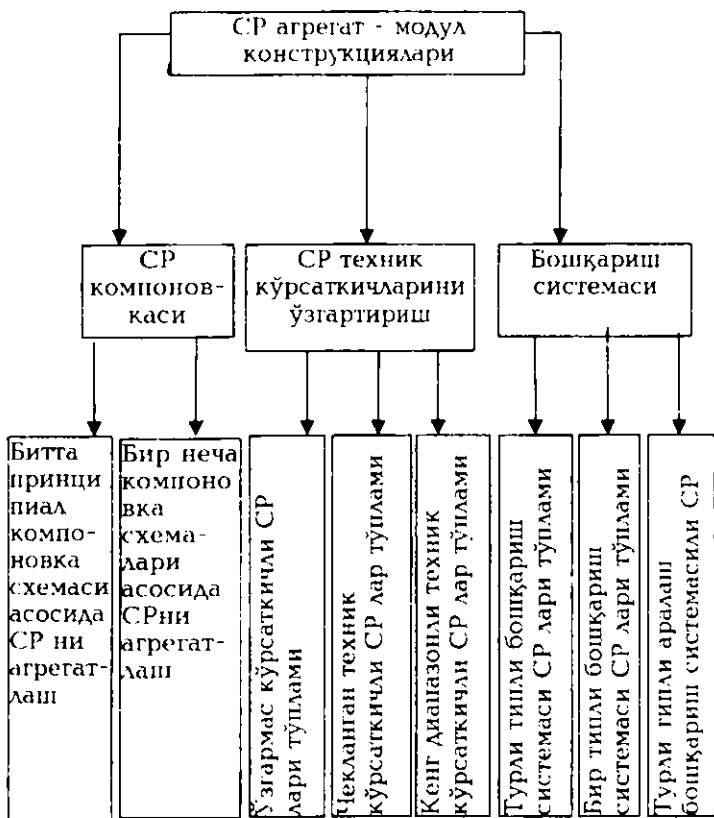
Турли кинематик структурали ва ҳаракатланиш даражасидаги агрегат - модуль типидagi саноат роботларини конструктив модуллар тўплами асосида, конкрет технологик талабларни ҳисобга олган ҳолда осон яратиш мумкин.

*Агрегат - модуль қуриш* принципи махсуслашган саноат роботлари қуришга имкон беради, бу роботлар эса конкрет технологик масалани тўлиқ ечадилар ва ортқча функцияларга эга эмаслар, шунинг учун уларнинг қиймати арзон бўлади. Агрегат - модуль саноат роботларининг қисмлари аввал яратилган қисмлардан танланади, бу эса лойиҳалаш харажатларини камайтиради.

Саноат роботларини агрегат - модуль қуриш принципининг структура схемаси 1.4 - расмда келтирилган.

Агрегат - модуль принципида қурилган саноат роботларига «Пирин» (Болгария); «Сениор», «Юниор» (Швеция); «Р11М - 25», «ГНОМ», «АМ 40 Ц» (Россия) роботлари мисол бўла олади.

«Р11М - 25» агрегат - модуль роботи таркибига қуйидаги модуллар киради: стационар ва қўзғалмас асос, силжиш, кўтариш, радиал юриш ва бошқа модуллар киради. Бу модулларни комбинация қилиб 95 та модификациядаги саноат роботларини олиш мумкин.

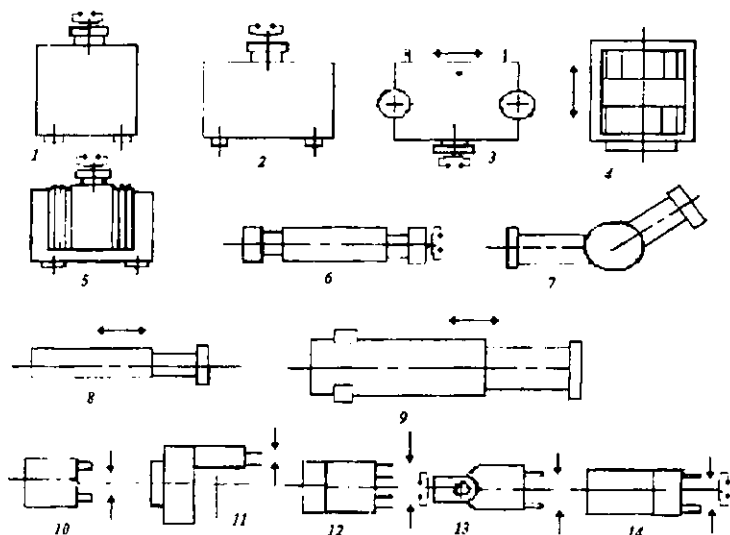


1.4 - расм. Саноат роботларини агрегат - модуль қуришнинг принципаал схемаси.

Модуль конструкцияли роботга «ГНОМ» роботини мисол қилиб келтириш мумкин. Бу робот 10 та модульлардан ташкил тошган, улар турли чизиқли, бурчак ҳаракатларини қилади ва иигув, ёрдамчи операцияларни бажаради, деталларни ва ишчи асбобларни манипуляция

қилишда ишлатилади. Учта қисқич модули (электромагнит, вакуум ва механик) ва модуль принципида қурилган электрон бошқарув системасига эга.

Модуль принципининг қўлланилиши «ГНОМ» роботининг 350 га яқин модификацияларини компоновка қилиш имкониятини беради ва бу саноат роботлари турли ҳаракат даражалари сонига, юк кўтариш қобилиятига эа, улар юқори унумдорлик ва ишлаб чиқариш жараёнларининг мослашувчанлигини амалга ошириш ишлаб чиқаришни автоматлаштиришнинг мураккаб масалаларини ечиш учун асосий омилларни ҳосил қилади. Саноат роботи манипуляторининг унификацияланган модуллари 1.5 - расмда келтирилган:



1.5 - расм. Робот манипуляторининг унификацияланган модуллари.

1 - кўтариш ва бурилиш модули; 2 - бурилиш модули;  
3 - бурилиш ва силжиш модули; 4 - кўтариш модули;  
5 - бурилиш ва чизиқли ҳаракат модули; 6 - айланиш модули; 7 - тебранма ҳаракат модули; 8 - силжиш модули;  
10 - 14 қисқич модуллари.

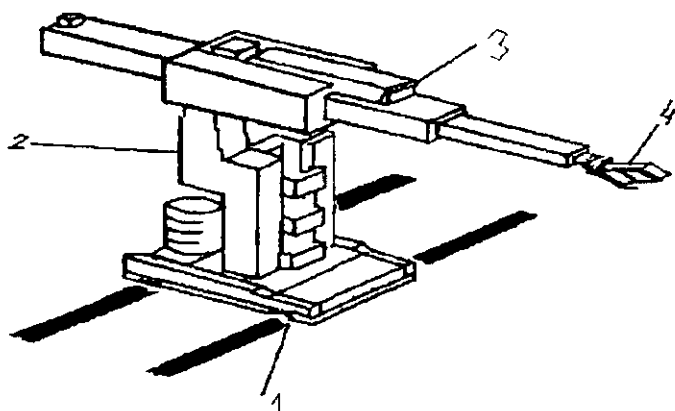
1.5 - расмда келтирилган робот модуллари етарли даражада универсал ҳисобланади. Масалан, 1,2 ёки 1,8,6 ҳамда 10 - 14 модуллар асосида «Циклон - 3Б», «ПР - 10», «МП - 5» саноат роботлари манипуляторининг конструкцияларини; 3,7,10 модуллар ёрдамида «МП1», «Спорт - 1»; 2,4,9,13 - модуллар асосида «Универсал», «Юнимейт» роботлари манипуляторлари конструкцияларини ҳосил қилиш мумкин.

## 2- БОБ. САНОАТ РОБОТЛАРИНИНГ МЕХАНИК СИСТЕМАСИ

Саноат роботининг механик системаси ҳаракат функцияларини ва технологик операцияни амалга оширишга хизмат қилади.

Унинг таркибига манипулятор ва ҳаркатланиш қурилмасининг механик системаси киради ва қуйидаги асосий қисмлардан ташкил топади: элементлар конструкциялари, юритгичлар ва қисқич қурилмалари.

2.1 - расмда саноат роботи конструкциясининг асосий элементлари келтирилган: 1 - асос, 2 - корпус, 3 - механик қўл, 4 - қисқич қурилмаси.



2.1 - расм. Саноат роботи конструкциясининг асосий элементлари

## 2.1 Саноат роботининг кинематикаси

Механик қўл ва қисқич қурилмаси саноат роботларининг ишчи қурилмаларига киради ва улар бир неча ҳаракат даражаларига эга бўлган қўп звеноли механизмлардир. Звенолар ўзаро бир - бири билан ё шарнирли боғланади, у ҳолда улар бир - бирига нисбатан бурилади, ёки телескопик боғланади, унда бир - бирига нисбатан сурилиши (силжиши) мумкин.

СР механик системасининг бир - бири билан ўзаро боғланган звенолари кинематик занжирни ташкил этади. Кинематик занжирда звенолар бирбири билан боғланиши кинематик жуфтлар ёрдамида амалга ошрилади.

Ҳар бир кинематик жуфт бирор звенонинг бошқасига нисбатан силжиш эркинлик даражалари сони  $h$  билан характерланади:

$$h = 6 - S,$$

бу ерда  $S$  - звеноларнинг нисбий ҳаракатига қўйиладиган алоқа шартлари сони ва у кинематик жуфтнинг синфини аниқлайди.

Манипуляторнинг кинематик занжири фазовий очиқ занжир кўринишида бўлиб,  $V$  синф айланма ва чизиқли ҳаракат кинематик жуфтларидан ташкил топади ва битта эркинлик даражасига эга бўлади.

Кинематик занжирнинг ҳаракат даражалари сони  $W$  деб, кинематик занжирнинг қўзғалмас деб қабул қилинган звенога нисбатан эркинлик даражалари сонига айтилади.

Эркинлик даражалари сони қуйидаги формуладан топилади

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 i P_i$$

бу ерда  $n$  - манипуляторнинг ҳаракатланувчи звенолари сони;

$P_i$  - кинематик жуфтлар сони;

$i$  - кинематик жуфтнинг синфи.

Агар кинематик занжир фақат V синф жуфтларидан ташкил топган бўлса, у ҳолда эркинлик даражалари сони қуйидагича топилади

$$W = 6n - 5p_5.$$

Механик система структура элементларининг ҳаракат даражалари сони қуйидагича бўлади: манипулятор асосиники  $W_a = 0$ ; корпусники  $W_k > 0$ ; механик қўлники  $W_M > 1$ ; қисқич қурилмасиники  $W_k > 0$ .

Корпуснинг ҳаракат даражалари сони билан саноат роботининг мобиллиги аниқланади ва у одатда 3 дан ошмайди. Механик қўлнинг ҳаракат даражалари сони саноат роботининг технологик вазифаси билан аниқланади.

Манипуляторнинг манёвр қилиш қобилияти деб роботнинг ишчи органи қўзғалмас ҳолатда бўлгандаги ҳаракат даражалари сонига айтилади. Робот - нинг манёвр қилиш қобилияти механик қўлнинг тўсиқларни айланиб ўтишга ва мураккаб операцияларни бажаришга имконият беради.

Саноат роботининг қўли одам қўли ҳаракатларига ўхшаш силжишларини қилади, аммо роботнинг қўли одам қўли қила олмайдиган ҳаракатларни ҳам бажаради.

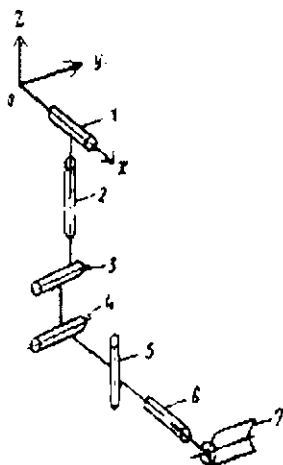
Саноат роботининг барча ҳаракатлари 3 турга бўлинади:

1. **Глобал ҳаракатлар** катталиги шундай масофага тенгки, у роботнинг ўлчамларидан катта бўлади ва ишлаб чиқариш шароитида уларга цех ичидаги ҳаракатлар киради. Глобал ҳаракатлар саноат роботи ҳаракатланиш қурилмасининг силжиши билан боғлиқ бўлади.
2. **Регионал ҳаракатлар** манипуляторнинг қўзғалмас асосда бўлгандаги силжишлари билан аниқланади ва кўчириш дейилади.  
Бу ҳаракатлар робот ишчи зонасида манипуляция объектини бир нуқтадан иккинчи нуқтага кўчириш билан боғлиқ бўлади.

3. **Локал ҳаракатлар** икки турга бўлинади: ориентирлаш ва операцион ҳаракатлар. Ориентирлаш ҳаракати деб ишчи органнинг ўлчамларига мос келадиган ҳаракатларга айтилади. Ориентирлаш ҳаракати манипуляция объектини қайта ориентирлаш билан боғлиқ. Қайта ориентирлаш деганда объектни бир, икки ёки уч ўзаро перпендикуляр ўқларга нисбатан буриш тушунилади.

Шундай қилиб, регионал ва локал ҳаракатлар саноат роботи манипуляторининг ҳаракатлари билан боғлиқ бўлади.

2.2 - расмда робот қўли механизмининг схемаси келтирилган. 1,2 ва 3 шарнирлардаги айланма ҳаракат предметни берилган нуқтагача кўчириш учун ишлатилади (регионал ҳаракатлар); 4,5 ва 6 шарнирдаги айланма ҳаракат манипуляция предметининг берилган нуқтада ориентация қилинишини таъминлайди (локал ориентирлаш ҳаракатлари). Ишчи орган 7 бир эркинлик даражасига эга ва манипуляция қилинаётган предметни ушлашга хизмат қилади.



2.2 - расм. Робот қўли механизмининг схемаси.

Саноат роботи қўлининг кинематик схемаси ишчи органни (қисқич қурилмасини) робот ишчи зонасининг ҳар қандай нуқтасига боришини таъминлаш ва ишчи органни маълум усул билан ориентирлаш имкониятига эга бўлиши керак. Бунинг учун механик қўл олтита эркинлик даражасига эга бўлиши зарур.

Ишчи органнинг берилган позицияга бориши учун, одатда тўртта кўчиш ҳаракат даражалари керак бўлади ва бу ҳолда манипулятор кинематик схемаларининг юздан ортигини шакллантириш мумкин. Фазода кинематик схемаларни ориентация қилиш учун учта кўчиш ҳаракат даражалари етарли бўлади, тўртинчи (бешинчи, олтинчи ва бошқалар) даража ортиқча бўлади ва у ишчи зонадаги тўсиқни айланиб ўтиш учун ишлатилиши мумкин.

Ишчи органни тўлиқ ориентация қилиш учта ҳаракат даражалари ёрдамида амалга оширилади ва бунда одатда учта V синф айланма кинематик жуфти ишлатилади.

Манипулятор механик занжиридаги звенолар сони ва уларнинг ўзаро жойлашиши, ҳамда ишчи органнинг амалга оширадиган ҳаракатлар характери робот ишчи зонаси конфигурациясини ва координаталар системасини аниқлайди.

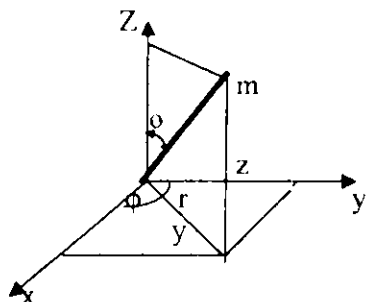
Робототехникада тўғри бурчакли (декарт), цилиндрик, сферик, бурчак (ангуляр) ва бошқа координаталар системаси қўлланилади.

Тўғри бурчак координаталар системаси (2.3 - расм) радиус - вектор  $\rho$  нинг ўзаро перпендикуляр уч ўқга проекциялари билан характерланади.

Тўғри бурчак координата системасида  $m$  нуқта  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  координаталар орқали берилади.

Цилиндрик координата системасида  $m$  нуқта  $r$ ,  $\varphi$ ,  $z$  координаталар орқали ифодаланилади.

Сферик координата системасида  $m$  нуқта  $\rho$ ,  $\varphi$ ,  $\theta$  билан ифодаланилади.



2.3 - расм. Координаталар системаси.

У ёки бу координата системасини танлаш манипулятор кўчиш ҳаракат даражалари ёрдамида амалга оширадиган ҳаракатлар характери билан боғлиқ бўлади.

Тўғри бурчак координата системасида ишловчи манипуляторларга, шундай манипуляторлар кирадики, уларнинг кўчиш ҳаракат даражалари ишчи орган ҳолатини мустақил ўзгаришини  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  координаталар бўйича таъминлайди.

Цилиндрик координаталар системасида ишловчи манипуляторларнинг кўчиш ҳаракат даражалари ишчи орган ҳолатини мустақил ўзгаришини  $r$ ,  $\phi$ ,  $z$  координаталар бўйича таъминлайди.

Сферик координаталар системасида ишловчи манипуляторларга, шундай манипуляторлар кирадики, уларнинг кўчиш ҳаракат даражалари ишчи орган ҳолатини мустақил ўзгаришини  $\rho$ ,  $\phi$ ,  $\theta$  координаталар бўйича таъминлайди.

2.4 - 2.7 расмларда турли координата системаларида ишловчи манипуляторларнинг конструкциялари ва ишчи зоналари келтирилган.

Тўғри бурчак координата системасида ишловчи манипуляторларнинг ишчи зонаси параллелепипед

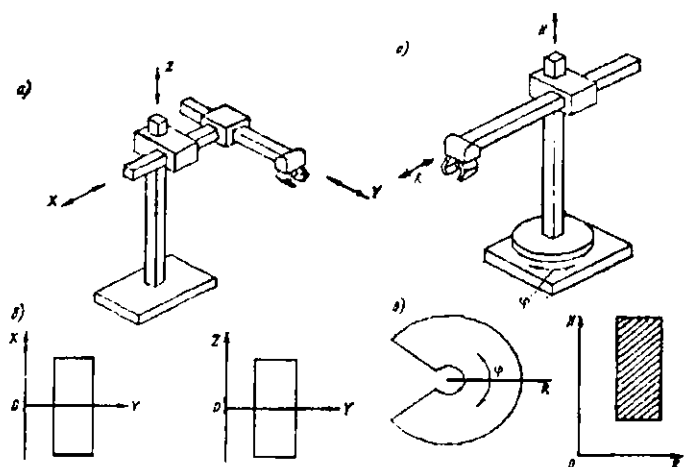
кўринишида бўлади (2.4 - расм). Бундай манипуляторлар фақат чизиқли ҳаракатларни бажаришга жуда қулай. Ундан ташқари бу ҳолда роботни программалаш максимал соддалашади, бир координат системасидан бошқасига ўтишда программани қайта ҳисоблаш талаб қилинмайди.

Цилиндрик координата системасида ишловчи манипуляторда чизиқли ҳаракат билан бир қаторда айланма бўйича бурилиш ҳаракати ҳам амалга оширилади. Ишчи зонаси цилиндрик шаклда бўлади. (2.5 - расм).

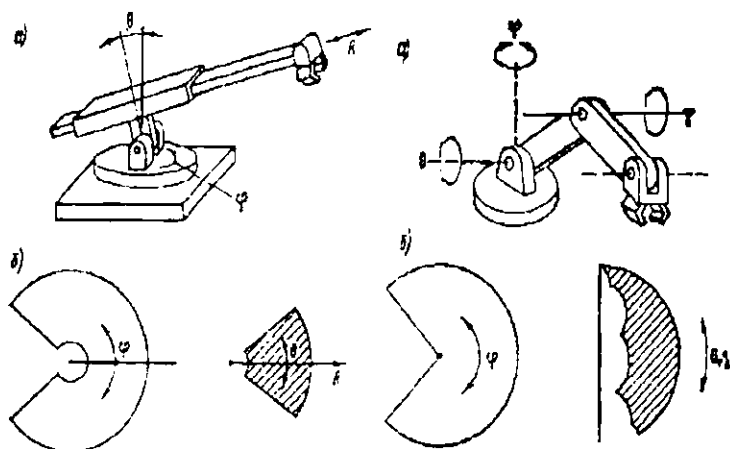
Сферик координата системасида ишловчи манипулятор (2.6 - расм) иккита айланма ҳаракат ва битта чизиқли ҳаракат қилади, ишчи зонаси сфера кўринишида бўлади.

Бурчак координат системасида ишловчи манипулятор (2.7 - расм) фақат айланма ҳаракат қилувчи учта звенолардан ташкил топади, ишчи зонаси мураккаб сферик шаклда бўлади.

2.4 - 2.7 расмларда келтирилган манипуляторлар учта кўчиш даражасига эгалар. Реал роботларнинг манипуляторлари учдан ортиқ турли чизиқли ва айланма ҳаракат қилувчи звенолардан ташкил топади, шунинг учун уларда юқорида кўриб чиқилган координата системаларининг комбинацияси ишлатилади.



2.4 - 2.5 расм. Тўғри бурчак ва цилиндрик координаталар системасида ишловчи робот ва унинг ишчи зонаси



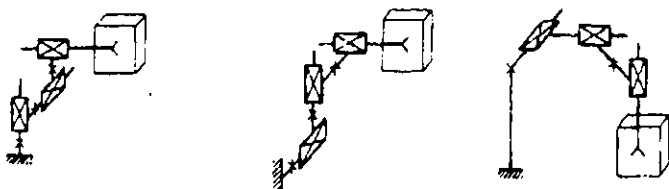
2.6 - 2.7 расм. Сферик ва бурчак координаталар системасида ишловчи робот ва унинг ишчи зонаси.

## 2.2. Манипуляторларнинг кинематик компоновкалари

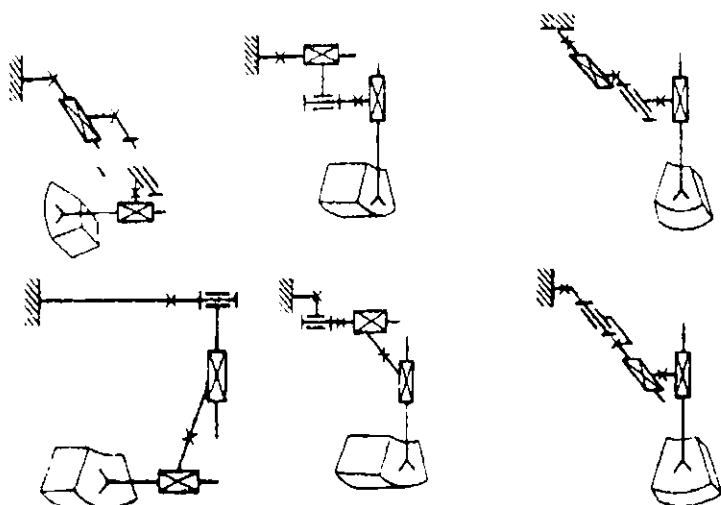
Саноат роботлари манипуляторларининг жуда кўп ҳар хил кинематик схемалари мавжуд, улар турли координаталар системалари билан боғланган. 2.8 - 2.11 расмларда турли координаталар системасида ишловчи манипуляторларнинг компоновкалари берилган.

Манипуляторларни компоновка қилишда ҳаракат даражаларининг сони, кўриниши ва ўзаро жойлашиши танланилади. Манипуляторнинг компоновкаси билан роботнинг қуйидаги эксплуатацион характеристикалари яъни робот ишчи зонаси ва ишчи зонасининг шакли, жойлашиши ва ўлчамлари боғлиқ бўлади. Роботнинг ишчи фазоси деганда робот ва бошқа технологик жиҳозлар эгаллайдиган фазо тушунилади.

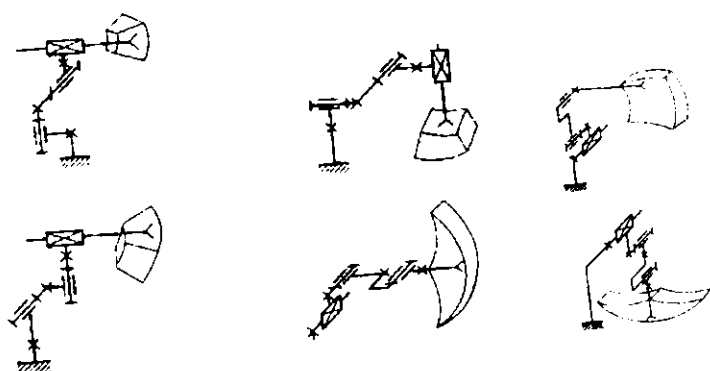
Ишчи зона роботнинг фазода у ёки бу нуқталарга етишини характерлайди.



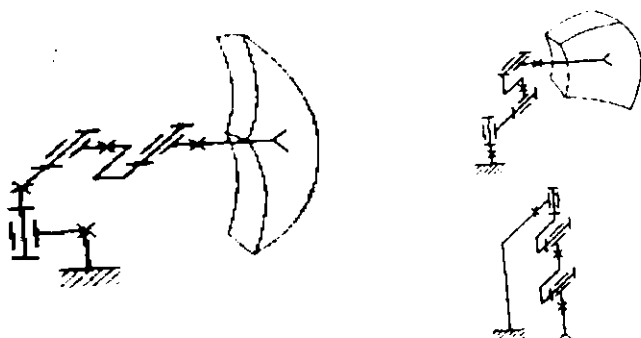
2.8- расм. Тўғри бурчак координаталар системасида ишловчи манипуляторларнинг кинематик схемалари.



2.9- расм. Цилиндрик координаталар системасидаги кинематик схемалар.



2.10- расм. Сферик координаталар системасидаги кинематик схемалар.

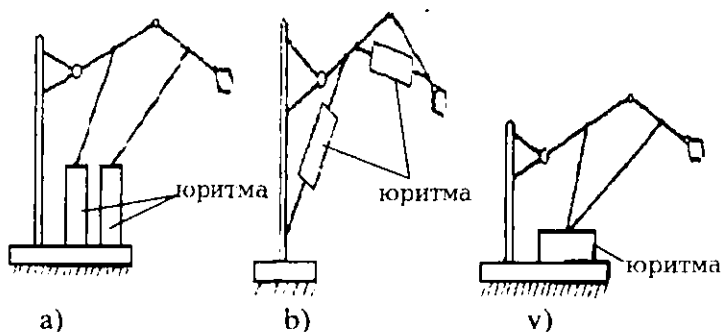


2.11 - расм. Бурчак координаталар системасидаги кинематик схемалар.

Ҳозирги вақтда цилиндрик координаталар системаларида ишловчи роботлар энг кўп тарқалган. Саноат роботининг кинематик структураси манипулятор ва ижро органларининг ишчи қурилмалар кинематикасига боғлиқ бўлади. Қурилмаларнинг кинематик схемалари кўп жиҳатдан механик звеноларда юритма қурилмаларининг жойлаштирилиши билан аниқланади. Бунда юритмаларни жойлаштиришнинг қуйидаги вариантлари бўлиши мумкин:

1. Юритма қурилмасининг корпуси бирор звенода жойлашган, юритма қурилмасининг эргашувчи звеноси эса бошқа звенода жойлашган бўлади. (2.12 - расм,а).
2. Барча звенолар юритма қурилмалари манипуляторининг қўзғалмас звеносида жойлашган, узатиш механизмлари орқали ҳар бир алоҳида звено билан механик алоқа амалга оширилади. (2.12 - расм, б).
3. Битта юритма қурилмаси манипуляторнинг барча звеноларини ҳаракатга келтиради ва у роботнинг асосида жойланади. (2.12 - расм,в).

Келтирилган юритма қурилмаларни жойлаштириш усуллариининг комбинацияси ҳам бўлиши мумкин.



2.12 - расм. Юритма қурилмаларини жойлаштириш усуллари.

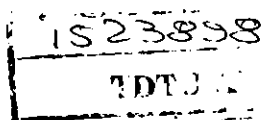
### 2.3 Манипуляторларнинг конструктив хусусиятлари.

Ҳар бир координата бўйича саноат роботининг ҳаракати механик звеноларнинг ҳаракатлари билан боғлиқ бўлади ва бу ҳаракатлар ижро двигателлари, узатиш механизмлари ва датчиклар ёрдамида амалга оширилади.

Кўпинча кинематик жуфтлар конструктив бажарилганда шарнирлар деб аталади ва улар ишчи орган ҳаракатини, робот манипулятори ҳаракат траекториясини аниқлайди, бу эса барча шарнирлар ҳаракатлари йиғиндиси ҳисобига эришилади.

Шарнир конструкцияси ижро двигателидан, узатиш механизмидан, йўналтирувчилардан ва корпусдан ташкил топган. Узатиш механизми ижро двигатели билан, корпус йўналтирувчилари билан бирга бажарилган бўлиши мумкин.

Ижро двигателлари сифатида гидро- ва пневмодвигателлар, гидро- ва пневмоцилиндрлар, электродвигателлар қўлланилади. Қўлланиладиган двигателлар қуйидаги умумий параметрлар билан характерланади: қувват, айланиш частотаси, инерция моменти, солиштирма қувват ва бошқа махсус кўрсаткичлар.



Гидро- ва пневмодвигателлар шарнирларда, одатда айланма ҳаракат олиш учун қўлланилади. Улар катта куч ва солиштирма қувватга эга бўладилар, аммо конструкциялари ва уларга хизмат қилиш мураккаб бўлади.

Гидро- ва пневмоцилиндрлар шарнирда илгарилама ҳаракатни таъминлаш учун қўлланилади. Улар бир томондан вада катта куч ва катта солиштирма қувват олиш имконияти билан, иккинчи томондан эса конструкциясининг мураккаблиги ва уларга хизмат қилиш бирмунча қийинчилиги билан характерланади.

Электродвигателлар шарнирда ҳамма ҳаракатларни олиш учун қўлланилади. Уларнинг конструкцияси содда, аммо асосий камчилиги бошқа двигателларга қараганда юқори бўлмаган солиштирма қувватга эга бўлганлигидир.

Шарнирларда узатиш механизми сифатида червякли, винтли, цилиндрик, тишли, планетар, рейкали, занжирли ва бошқа узатмалар қўлланилади.

Шарнир мустаҳкамлигини ва ҳаракат йўналишини таъминлаш учун, одатда у ягона корпусда йўналтирувчилар билан бирга бажарилади.

## **2.4 Роботларнинг ишчи органлари. Саноат роботларининг қисқич қурилмалари**

Қисқич қурилмалари саноат роботларининг асосий элементларидан бири бўлиб ҳисобланади. Улар одатда робот манипуляторининг охириги звеносига маҳкамландилар. Қисқич қурилмаларининг асосий вазифаси манипуляция объектини қисиб олиш, ушлаб туришдан иборат, бунда объектнинг шакли, ўлчамлари ва массаси ҳисобга олинади. Қисқичларнинг конструкцияси, ўлчамлари ва кўриниши объектнинг массасига, шаклига ўлчамларига ва бошқа параметрларига боғлиқ бўлади.

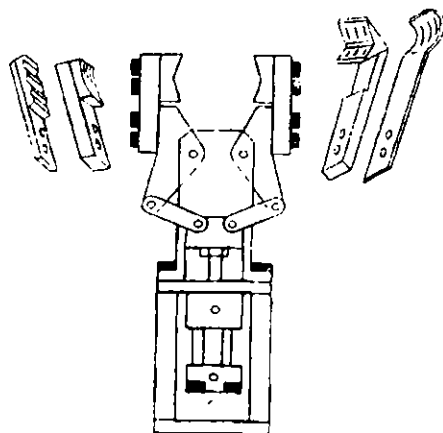
### *Қисқич қурилмаларининг синфланиши.*

Қисқич қурилмалари махсуслиги, юритма тури, қисқич элементларининг конструкциялари ва бошқа хусусиятлари бўйича синфланади (2.13 - расм)



2.13 - Расм. Қисқич қурилмаларининг  
синфланиши.

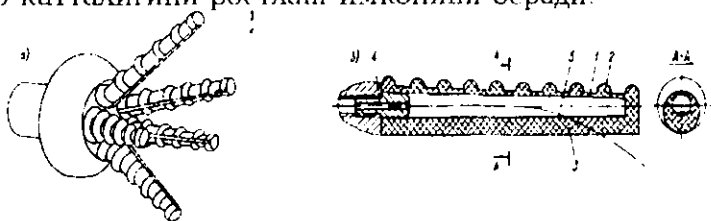
Механик қисқич қурилмалари энг универсал ҳисобланади, чунки уларни турли конфигурацияга эга бўлган, ҳар хил материаллардан ясалган объектлар билан ишлашга қўллаш мумкин. (2.14 - расм).



2.14 - расм. Ричагли қисқич

Турли типдаги қисқич лаолари (доимий ва алмаштириладиган) қисқич қурилмасининг асосий элементи бўлиб ҳисобланади. Уларнинг шакли, ўлчамлари қисиб олинадиган деталнинг конфигурациясига ва ўлчамларига мос келади. Универсал қисқич қурилмаларида алмаштириладиган махсуслашган қисиб лабларини ишлатиш индивидуал қисқичларни қўлашдан озод қилади ва роботлар қийматини камайтиради.

Қисқич қурилмаларида қуйидаги турдаги юритмалар: механик, пневматик, гидравлик, магнит, электромагнит ва уларнинг комбинациялари қўлланилади. Барча юритмалар деталларни қисиб олиш жараёнидаги кучлар катталигини ростлаш имконини беради.



2.15 - расм. Пневматик қисқич: а - ташқи кўриниши; б - бармоқ кесими. 1- юпқа қисми; 2- гофрлар; 3- қалин қисми; 4-ҳаво кириш қисми; 5- қисилган ҳаво берилганда бармоқ ўқининг деформацияси..

Пневматик юритмали қисқич қурилмаларнинг механик ва гидравлик юритмали қурилмаларга қараганда камчилиги шундан иборатки, уларда қисиш кучини аниқ ростлаш мумкин эмас.

2.15 - расмда беш бармоқли пневматик қисқичнинг тузилиши келтирилган. Бармоқлар турли қалинликдаги қисмларга эга бўлганлиги сабабли, қисилган ҳаво берилганда улар букилади ва предметларни қисиб олади.

Магнит қисқич қурилмаларида турли конфигурацияли, ферромагнит хусусиятига эга материаллардан ясалган предметларни қисиб олиш учун доимий магнитлар ва электромагнитлар қўлланилади. Уларнинг асосий камчилиги қолдиқ магнетизм ва фақат ферромагнит хусусиятли предметлар билан ишлаши, бу эса бундай қисқичларни қўллаш имкониятини чеклайди.

Сезиш қобилиятига эга бўлган қисқич қурилмаларида турли хил сенсорлар (тактил, куч момент, оптик, сунъий кўз системалари ва бошқалар) қўлланилади, улар қисқич билан манипуляция объекти орасидаги кучни, объект бор - йўқлиги, қисқичнинг ҳаракати бўйича информация олишга хизмат қиладилар ва қисқичларнинг функционал имкониятларини оширади. Бу сенсорларнинг чиқиш сигналлари роботларнинг бошқарув қурилмасига юборилади ва у ерда қайта ишланиб, зарур бўлса параметрлар ўзгартирилади.

Технологик асбоблар. ҳозирги вақтда саноат роботлари пайвандлаш, йиғув, бўяш ва бошқа қатор операцияларни тўғридан - тўғри бажарадилар. Бу ҳолларда саноат роботининг ишчи органи технологик асбоб кўринишида бажарилади ва манипуляторнинг охириги звеносига ўрнатилади. Технологик асбоб сифатида пульверизаторлар, пайвандлаш асбоблари, гайка бураш ускуналари ва бошқалар ишлатилади.

## **2.5. Ҳаракатланиш қурилмалари**

Саноат роботлари мобиллига қараб стационар ва ҳаракатланувчи турларга бўлинади. Стационар роботларда ишчи орган регионал ва локал ҳаракат қилади, ҳаракатланувчи роботларда эса - юқоридаги ҳаракатларга

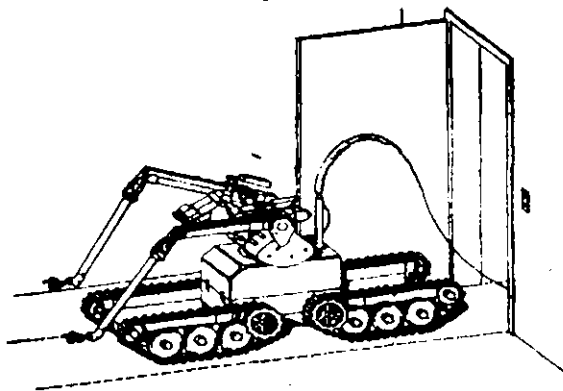
қўшимча глобал (цех ичидаги) ҳаракатлар бўлади. ҳаракатланувчи роботларнинг асосий вазифаси транспорт оқимлари ёки айрим технологик операциялар орасидаги алоқани амалга оширишдан ва айрим ҳолларда юкларни қайта ишлаш билан боғлиқ операцияларни автоматлаштиришдан иборат.

Конструктив бажарилиши жиҳатидан ҳаракатланувчи саноат роботлари ерда юрадиган ва осма бўладилар. Осма роботлар одатда монорельсда ҳаракат қиладилар.

Ҳаракатланувчи роботлар стационар роботлардан ҳаракатланиш қурилмаси борлиги билан фарқ қилади. ҳаракатланиш қурилмалари юриш қисмидан ва юритмалардан ташкил топадилар ва ғилдиракали, гусеницали, қадамловчи ва бошқа турда бўлиши мумкин (2.16 - расм).

Саноат роботлари ҳаракатини амалга оширишда гидравлик, пневматик, электрик, аралаш юритмалар ишлатилади (масалан, гидро- ёки пневмоюритма қўллаганда энергияни узатиш қийинлашади).

Саноат роботлари ҳаракатланиш қурилмасининг юритмасини ростлашнинг турли усуллари мавжуд. ҳолат бўйича берк юритмани қўллаш роботнинг ҳаракатланишда исталган нуқтада юқори аниқлик билан тўхтатишини амалга оширишга имкон беради, аммо конструкциянинг мураккаблашишига ва нархининг ошишига олиб келади.



2.16 - расм. Гусеницали ҳаракатланувчи робот.

Очиқ контурли юритмани қўллаш ҳаракатланиш қурилмасининг конструкциясини соддалаштиради, аммо тўхташ аниқлиги юқори бўлмайди (тўхташ аниқлиги  $\pm 5$  мм ва ундан юқори), бунинг сабаби юритма механизмлари ва тормоз қурилмалардаги ишқаланиш кучининг таъсиридир. Бу ростлаш усулида роботнинг берилган позицияда тўхташи, роботнинг ҳаракатланиш йўлида жойлашган реле типдаги сигнал қурилмалари томонидан кетма - кет бериладиган командалар ёрдамида амалга оширилади.

Айрим саноат роботларида ҳаракатланишни бошқариш учун аралаш юритма ишлатилади. Бу ҳолда берилган тўхташ позициялар оралиғида очиқ юритма ишлатилади, аммо берилган позиция нуқталари яқинида эса ҳолат бўйича берк юритма қўлланилади.

Ҳаракатланувчи саноат роботлари ҳаракатларини программалаш, манипулятор ҳаракатини программалашга ўхшаш бўлади.

### **3- БОБ. САНОАТ РОБОТЛАРИНИНГ ЮРИТМАЛАРИ.**

Юритмалар саноат роботининг ижро системасига кирадилар ва манипуляторнинг механик звеноларини ҳаракатга келтириш вазифасини бажарадилар.

Робот механик системасининг структураси ва параметрлари юритма тури билан аниқланади, ундан ташқари юритма саноат роботининг бошқариш системасини танлашга таъсир қилади.

Юритмаларни қуйидаги хусусиятлар билан синфлаш мумкин: энергия тури, бошқариш усули, ижро двигателининг тури ва бошқалар (3.1 - расм).

Энергия тури бўйича юритмаларнинг синфланиши 3.1 - расмда келтирилган. Бу хусусият робот юритмаларини синфлашда асосий ҳисобланади. Аралаш юритмаларда гидравлик, пневматик ва электрик юритмалар турли вариантларда қўлланилади. Аралаш юритмаларни танлашда саноат роботининг функцияси ҳисобга олинади ва бунда юритмаларнинг

характеристикаларини янада самаралироқ ишлатиш мумкин бўлади.

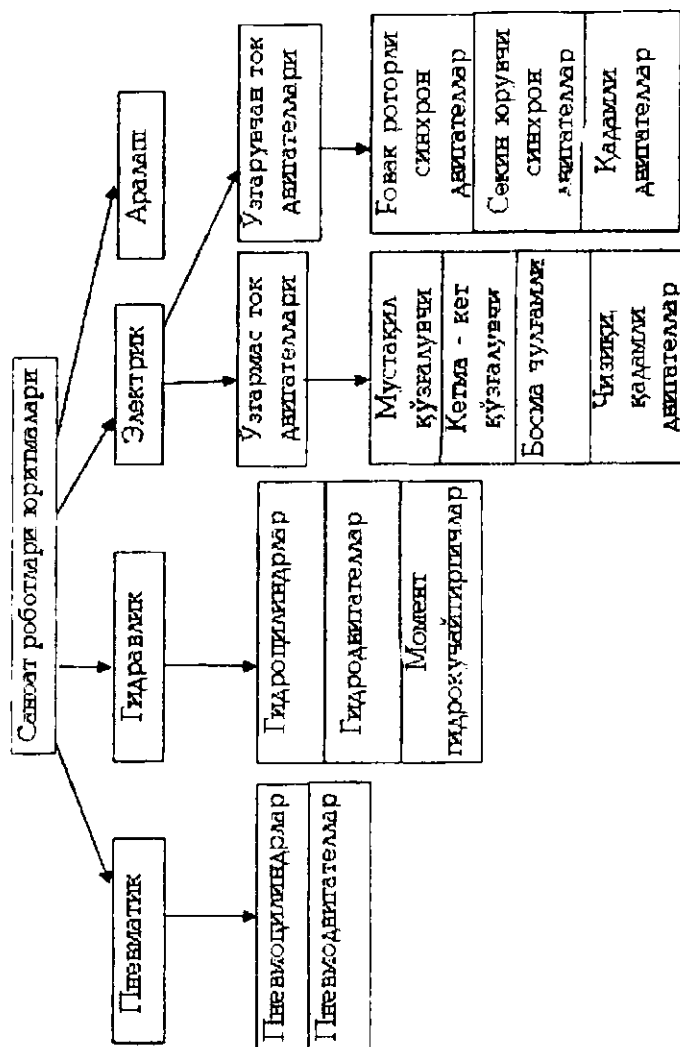
Саноат роботларининг юритмалари бошқариш усули бўйича қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

1. Таянчлар бўйича позицияланадиган очиқ юритмалар. Бу усул цикли бошқариш системасига эга бўлган саноат роботларида ишлатилади.
2. Рақамли бошқариладиган очиқ юритмалар.
3. ҳолат ва бошқа параметрлар бўйича текари алоқали тақлидли юритмалар. Бу усул кенг тарқалган, позицион ва контур бошқаришли саноат роботларида қўлланилади.
4. Аралаш юритмаларда юқорида келтирилган бошқариш усуллариининг турли вариантлари қўлланилади.

Ижро двигателларнинг тури бўйича юритмалар қуйидаги гуруҳларга бўлинадилар:

1. Илгарилама тўғри чизиқли ҳаракат қилувчи двигателли юритмалар: гидроцилиндрлар, пневмоцилиндрлар, чизиқли ҳаракат двигателлари ва бошқалар.
2. Айланма кичик оборотли двигателли юритмалар: роторли гидро ва пневмоцилиндрлар, радиал - поршенли гидромоторлар, пневмомоторлар.
3. Айланма юқори оборотли двигателли юритмалар: электродвигателлар, пневмодвигателлар.

Юритмаларнинг асосий характеристикаларига қувват, тезкорлик, статик ва динамик аниқлик киради. Юритманинг тезкорлиги ижро двигателининг қуввати билан аниқланади. Юритманинг қуввати эса қўлланилган ижро двигателининг қуввати билан аниқланади. Юритманинг тезкорлиги ижро двигателининг қуввати ва узатиш механизмларининг параметрлари билан аниқланади. Позицияда тўхташ аниқлиги юритманинг кучайтириш коэффицентига, тўхташ нуқтасига яқинлашиш режимига ва тескари алоқа датчикларининг ишлаш аниқлигига боғлиқ бўлади.



3.1 - расм. Саноат роботлари юритимларининг синфланшиши.

### 3.1. Роботнинг пневматик юритмаси.

Ҳозирги вақтда пневматик юритмали саноат роботлари энг кенг тарқалган. Пневматик юритманинг афзалликларига уни бошқариш соддалиги, ясаш арзонлиги ва ённинг хавфсизлиги киради.

Пневматик юритмаларнинг камчиликларига тезлик қийматини доимий эмаслиги ва системанинг турғунлиги пастлиги киради. Пневматик юритма элементларининг ишончлилиги қисилган ҳавони тайёрлаш сифатига боғлиқ бўлади ва бунда ҳаво босимининг барқарор бўлишига, ифлослардан тозалашга ва элементларни мойлашга эътибор бериш керак бўлади.

Пневматик юритма ишлаганда сарфланган энергиянинг 24 % и ишлатилади. Ундан ташқари, ҳавонинг қисилувчанлиги даражаси юқори бўлганлиги сабабли, пневматик юритма паст сезувчанликка, катта вақт доимийлигига эга ва натижада тезкорлиги паст бўлади.

Шуни таъкидлаш лозимки, пневматик юритмаларда берилган нуқтада фиксация қилиш учун тормозлаш анча қийинчиликлар туғдиради.

Пневматик юритма қуйидаги элементлардан ташкил топади: ижро двигателъ, тақсимлагич қурилмаси, тезликни ростлаш учун дроселлар, босим редуктори, демпфирлаш қурилмаси.

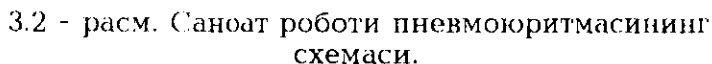
Ҳаво тақсимлагич қурилмаси пневмоюритма элементларида қисилган ҳавони роботни бошқариш программаси асосида қайта тақсимлаш, ҳамда ҳавони атмосферага чиқариб юборишни амалга оширади. Двигателларнинг кириш ва чиқишига ўрнатилган дроселлар ёрдамида ҳаво сарфи ростланади.

Пневматик юритмаларда ижро двигателлари сифатида пневмоцилиндрлар, поршенли бурилиш двигателлари ва бошқалар қўлланилади.

3.2 - расмда цикли бошқариладиган саноат роботининг бир ҳаракат даражаси пневматик юритмасининг схемаси келтирилган.

Ростланувчи 3 ва 6 таянчлар берилган йўналиш бўйича штокнинг 1 силжиш диапазонини аниқлайди. Таянчлар стерженга 5 жойлаштирилган бўладилар.

Пневматик юритмалар асосан цикли бошқариладиган саноат роботларида кенг қўлланилади ва уларнинг юк кўтариш қобилияти 20 - 30 кг бўлади.



43

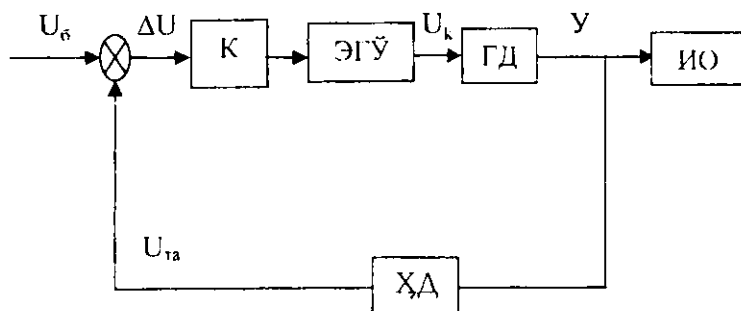
### 3.2. Роботнинг гидравлик юритмаси.

Гидравлик юритмали саноат роботлари дунё миқёсида барча роботларнинг 40 % ни ташкил этади. Бунга сабаб роботлар гидроюритмаларининг қуйидаги афзалликларидир: катта солиштира қувват, юқори тўхташ аниқлиги, шовқин даражасининг пастлиги, мураккаб ҳаракатларни қила олиш имконияти.

Бошиқа томондан гидроюритмалар қуйидаги камчиликларга эга:

- температура ўзгарганда ишчи суюқликнинг қовушқоқлигининг ўзгариши;
- махсус манбанинг (насос станцияси) зарурлиги;
- манжетлардан ташқарига суюқлик чиқиши туфайли, ишчи зонанинг ифлосланиши;
- хизмат қилиш мураккаблиги;
- аралаш системасининг (электрик ва гидравлик) мавжудлиги.

3.3 - расмда саноат роботининг ҳолати бўйича тескари алоқали тақлидди электрогидравлик юритманинг функционал схемаси келтирилган.



3.3 - расм. Саноат роботи электрогидравлик юритмасининг функционал схемаси: К - кучайтиргич; ЭГЎ - электрогидравлик ўзгартиргич; ГД - гидродвигатель; ХД - ҳолат датчиги; ИО - ижро органи.

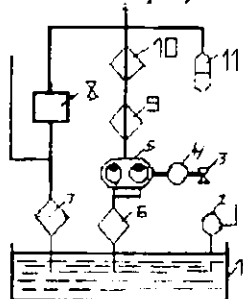
Гидродвигатель ГД штокининг ҳолати ўзгариши ҳолат датчиги ХД томонидан ўлчаниб, электр сигналига  $U_{1a}$  айлантирилади. Тескари алоқа сигнали  $U_{1a}$  берилган сигнал  $U_6$  билан солиштирилади ва айирмаси  $\Delta U$  кучайтиргич К га юборилади, ундан кейин кучайтирилган  $U_k$  сигнал электрогидравлик кучайтиргич киришига узатилади.

Тескари алоқа датчиклари (бу ҳолда - ҳолат датчиги ХД) сифатида потенциометрлар, сельсинлар, айланма трансформаторлар, индуктив, кодли датчиклар ва бошқалар ишлатилади.

Гидравлик системаларнинг асосий элементлари сифатида насос станциялари, ижрс двигателлари, электромеханик бошқариш қурилмалари, қувват кучайтиргичлари қўлланилади. Гидравлик механизмлар дроселли ва ҳажм бошқариладиган бўладилар.

Саноат роботи гидростанциясининг функционал схемаси 3.4 - расмда келтирилган. Ишчи суюқлик насос 5 ёрдамида бак 1 дан системага юборилади. Насос двигатель 4 ва вентилятор 3 орқали ишга туширилади. Суюқлик системага 6,7,9,10 филтрлар орқали юборилади. Температура релеси 2 станция механизмларини суюқлик темпратураси  $35^{\circ}\text{C}$  бўлгандагина ишга туширади. Гидроаккумуляторлар 11 суюқлик сарфи катта бўлганда компенсация қилиш ва суюқлик босими пульсацияларини камайтириш учун хизмат қилади.

Системада босим ошиб кетганда сақлагич клапан 8 орқали суюқликнинг бир қисми бакга туширилади.



3.4 - расм. Саноат роботи гидростанциясининг функционал схемаси.

Гидравлик юритмаларда кўпинча гидродвигатель сифатида гидроцилиндрлар қўлланилади. Айрим гидроцилиндрларга тармоқ қурилмаси ўрнатилган бўлади, бу эса поршен ҳаракатини тормозлаш режимини ростлаш имконини беради. Саноат роботлари учун юқори тезкорликка, ишончилиikka, кичик ўлчамларга эга бўлган гидроюритмаларни яратиш талаб қилинади.

Кўпинча гидравлик юритмалар юк кўтариш қобилияти 10 кг дан юқори бўлган, тўхташ хатолиги кичик бўлган саноат роботларида қўлланилади, ундан ташқари бундай юритмалар жуда катта юк кўтариш қобилиятига ва ишчи зонаси катта бўлган роботларда ҳам ишлатилади. Гидроюритмали роботлар позицион ва контур бошқаришли бўладилар.

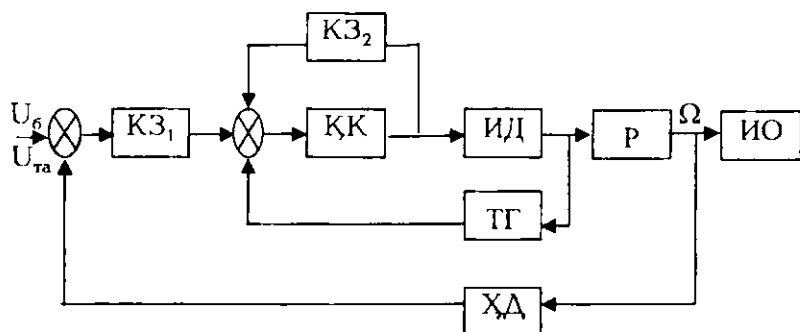
Гидравлик юритмалар асосида «Универсал - 50» (Россия), «Unimate» (АҚШ), «Hibot» (Япония) роботлари қурилган.

### **3.3. Роботларнинг электрик юритмаси.**

Ҳозирги вақтда электрик юритмали роботларни яратишга катта эътибор берилмоқда. Электрик юритмали роботлар пневматик ва гидравлик роботларга нисбатан 20 % ни ташкил қилади. Бундай юритмаларга қизиқишга сабаб электродвигателларнинг жуда кўп турлари мавжудлиги ва уларни бошқариш методлари ишлаб чиқилганлигидир. Бундан ташқари электрик юритмаларда универсал манбани ва ЭҲМ ни бошқариш учун ишлатиш имконияти бор.

Электр юритмаларнинг асосий афзалликлари: монтаж ва созлаш осонлиги, эксплуатация қилиш соддалиги, трубаларнинг йўқлиги, шовқин пастлиги ва ифлосланиш йўқлиги. Шу билан бирга бошқа юритмаларга қараганда саноат роботларида электр юритмаларни ижро система элементи сифатида ишлатилганда ўлчам ва масса кўрсаткичлари яхши эмас, бу эса манипулятор звенолари конструкциялари учун жуда муҳимдир. Ҳозирги вақтда чиқарилаётган электродвигателларнинг чиқиш вали юқори айланиш

частотасига эга. Айланиш частотасини камайитириш учун редукторларни ишлатиш, юритманинг фойдали иш коэффициентини ва солиштирма қувватини камайтиради. Тақлидди электрик юритманинг функционал схемаси 3.5 - расмда келтирилган.



3.5 - расм. Тақлидди электрик юритманинг функционал схемаси:

ҚК - қувват кучайтиргичи; ИД - ижро двигатели; Р - редуктор; ТГ - тахогенератор; ХД - ҳолат датчиги; ИО - ижро органи (механик қўлнинг звеноси ёки роботнинг ишчи органи); КЗ<sub>1</sub> ва КЗ<sub>2</sub> - электрик юритманинг корректирлаш звенолари;  $U_\delta$  - берилган таъсир;  $U_{та}$  - тескари алоқа сигнали;  $\Omega$  - чиқиш сигнали.

Саноат роботлари ижро органларида ўзгармас ва ўзгарувчан ток электр двигателлари қўлланилади. Ҳар бир электродвигателнинг тури ўз хусусиятларига эга. Одатда саноат роботларида мустақил қўзғатишли ўзгармас ток двигателлари кўп ишлатилади. Бу двигателлар яхши ростлаш характеристикаларига эга, аммо (шеточний) контакт борлиги уларнинг ишончлилигини ва узоқ вақт ишлатилиш имкониятини пасайтиради. Уларни портлаш хавфи бор шароитларда ишлатиб бўлмайди.

Электрик юритмали саноат роботларининг ривожланиши кўп жиҳатдан компакт, кичик инерцияли ўзгармас ток двигателларининг пайдо бўлиши билан боғлиқ бўлиб, улар диски, босма чулғамли якорга, кичик

электромеханик вақт доимийсига эгалити билан ажралиб туради.

Ҳозирги вақтда қўлланиладиган аралаш қўзғатишли двигателлар асосидаги электр юритмалар юритма энергетик кўрсаткичларини анчагина яхшилаш имконини беради, аммо бундай юритмаларда махсус импульсли ярим ўтказгич ўзгартиргичлари талаб қилинади.

Роботлар учун кенг диапазонда бошқариладиган асинхрон двигателларни яратиш катта аҳамиятга эга, чунки бундай двигателлар юқори ишончилиликка ва ёнғин хавфсизлигига эга.

Охириги вақтда турли ишлаш принципага асосланган чизиқли ҳаракат электродвигателлари, қадамли двигателлар, контакт ўзгармас ток ва пьезоэлектрик двигателлар пайдо бўлди.

Чизиқли ҳаракат двигателлар асосида қурилган юритма тўғридан - тўғри илгарилама чизиқли ҳаракат олиш имконини беради, улар кўп ҳолларда функционал афзалликларга ва содда конструкцияга, ишончилилик, юқори бошқарилишга, етарли тезкорликка ва аниқликка эга бўлади.

Масалан, чизиқли қадамли двигателларни аниқ позицияланган ҳаракатларни олишда, очиқ рақамли программали бошқариладиган системаларни шакллантиришда қўлланиш мақсадга мувофиқ бўлади ва улар 5 - 10 мкм аниқликда 10 м/с<sup>2</sup> тезкорликка ва 0.6 м/с тезликка эга бўладилар.

Россияда магнитли винт принципада яратилган чизиқли қадамли двигатель 0.011 - 1.6 мм қадамга, 0.1 - 0.267 м/с тезликка, 18 - 220 Н кучга, 2 - 20 кг массага эга.

Саноат роботларининг турли шароитларда ишлашларини ва ҳар хил ҳаракат қилишларини ҳисобга олган ҳолда у ёки бу электрик юритмани тўғри танлаш зарур. Ижро двигателларини манипуляторнинг ҳаракатланувчи элементларида жойлаштиришни лойиҳалашда, нафақат уларнинг динамик характеристикаларига қараб, балки ўлчам ва массасини ҳам ҳисобга олган ҳолда танланилади.

### 3.4 Роботларнинг кўпкоординатали юритмалари

Роботлар ва робототехник системаларда ҳар бир чизиқли ёки айланма ҳаракатни олиш учун алоҳида юритма ишлатилади, бу эса робот ёки робототехник системаларнинг конструкцияларини мураккаблашувига ва масса - габарит кўрсаткичларининг ошишига олиб келади.

Бундай юритмалар ўрнига бир нечта чиқишга эга бўлган битта кўпкоординатали юритмани ишлатиш роботларнинг кинематик схемаларини соддалаштириш, масса - габарит кўрсаткичларини яхшилаш ва чиқишда бир неча мустақил чизиқли ва бурилиш ҳаракатларини олиш имкониятини беради.

Кўпкоординатали юритманинг электромеханик, гидравлик ва пневматик турлари мавжуд. Бундай юритмаларнинг қуриш принципи пневмоцилиндр, гидроцилиндр ёки ички ёниш двигатели торшенининг илгарилма - қайтма ҳаракатини чизиқли ёки бурилиш ҳаракатига айлантиришга, микро - ЭҲМ орқали маълум қонун асосида муфтлар гуруҳини кетма - кет улаш ва узишга асосланган. Муфтларнинг вазифаси торшень ҳаракатини чиқиш валига (ўқиға) ёки тооссларга узатишдан иборат.

3.6 - расмда кўпкоординатали чизиқли юритманинг структура схемаси келтирилган. Бу схеманинг таркибий қисмларига қуйидагилар киради: бошқариш қурилмаси (БҚ), цилиндрлар блоки (ЦБ), муфтлар (М), тақсимлагичлар блоки (ТБ), манба блоки (МБ), ўзгартиргичлар ва узатмалар блоки (ЎУБ).

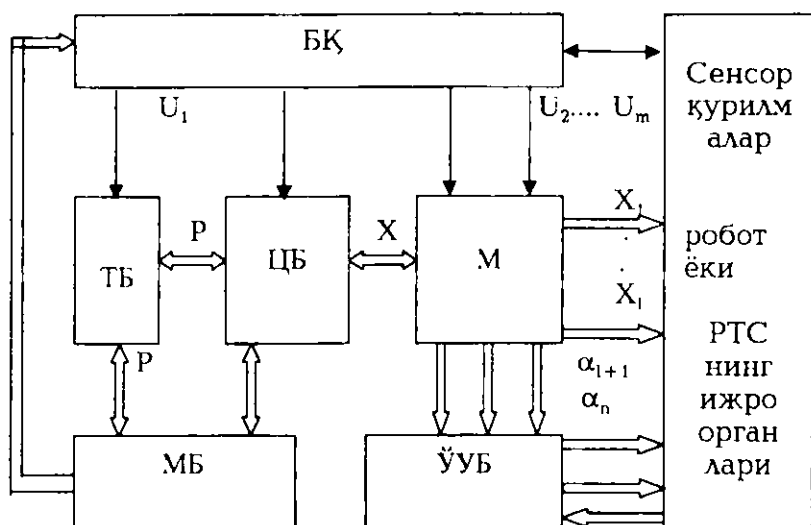
Цилиндрлар блоки энергия турига қараб, пневмоцилиндр, гидроцилиндр ёки ички ёниш двигатели асосида бажарилади, бунда цилиндрлар бир ёки икки камерали бўлиши мумкин. Цилиндрлар блоки турли хил энергияни илгарилма - қайтма механик силжишларга айлантириб беришга мўлжалланган, бошқариладиган муфтлар цилиндрлар поршенларининг ҳаракатларини робот ёки робототехник системанинг ҳаракатланувчи звеноларига узатишга хизмат қилади. Ўзгартиргичлар ва

узатмалар блоки чизиқли ҳаракатни, бурилиш ҳаракатларини робот ва робототехник системаларнинг ижро органларига узатиш вазифасини бажаради.

Тақсимлагичлар бошқариш қурилмасидан юбориладиган электр сигналлар асосида манбадан келадиган ҳаво (суюқлик) босимини цилиндрларнинг у ёки бу қисмига кетма - кет боришини таъминлашга хизмат қилади.

Кўпкоординатали юритманинг чиқишлар сони роботнинг ҳаракатланиш даражалари сонига мос бўлади.

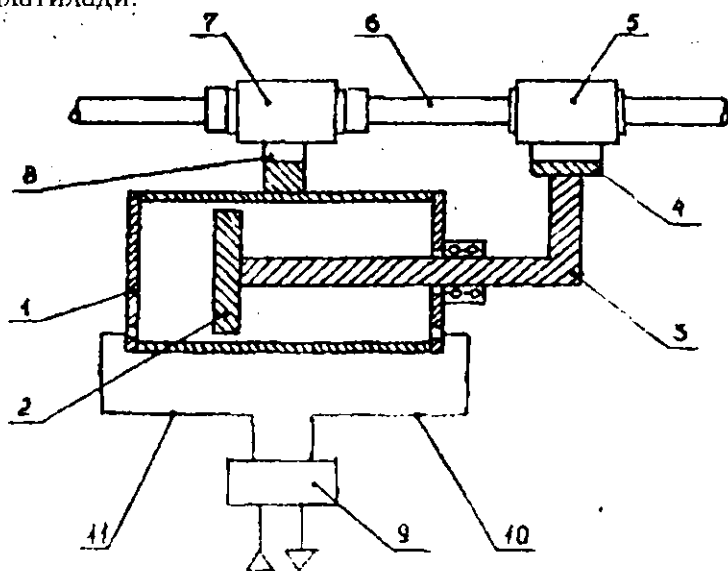
$X$  ни  $X_i$  га ( $i = \overline{1, n}$ ) ўзгартириш функцияларини  $U_1, U_2, \dots, U_n$  бошқариш сигналларининг ўзгариш қонунлари белгилайди. Бундай юритмаларда БҚ нинг сигналлари таъсирида поршенларнинг илгариланма - қайтма силжишлари чиқишда робот звеноларининг  $X_1, X_2, \dots, X_i$  чизиқли ва  $\alpha_{i+1}, \alpha_{i+2}, \dots, \alpha_n$  бурилиш ҳаракатлари тўпламига айлантирилади.



3.6 - расм. Кўпкоординатали юритманинг умумлашган структура схемаси.

3.7 -расмда кўпкоординатали пневматик юритма схемаси келтирилган. Бу конструкцияда цилиндрлар блоки бир камерали пневмоцилиндрлар асосида қурилган.

Юритма қуйдагилардан ташкил топган: пневмоцилиндрлар 1, поршень 2, тяга 3, планка 4. Планкаларда бошқариладиган ишчи муфта 5 ўрнатилган, у ёрдамида поршеннинг илгарилама - қайтма ҳаракати шток 6 га узатилади, ундан ташқари корпусга ўрнатилган бошқариладиган фиксация муфтаси 7 мавжуд, у штокни фиксация қилишга хизмат қилади. Боғловчи элемент 8 фиксация муфтасини корпусга маҳкамлаш учун ишлатилади.



3.7 - расм. Кўпкоординатали пневматик юритма.

Кўпкоординатали пневматик юритма қуйдагича ишлайди. Пневмо тақсимлагич 9 ёрдамида 10 ва 11 магистраллар, кетма - кет ишчи муҳит билан уланади, натижада поршень илгарилама - қайта ҳаракат қилади. Бу ҳаракат ишчи ва фиксация бошқариладиган муфталарни кетма - кет улаш ва узиш йўли билан штокка ёки троссга

узатилади. Мустақил чизиқли ҳаракатларни олиш учун муфталар гуруҳи бошқариш қурилмасидан алоҳида бошқарилади.

Ҳаракатнинг маълум нуқтасида штокни фиксация қилиш учун, ишчи муфталар узилади ва бир вақтнинг ўзида фиксация муфталари уланади.

Кўпкоординатали юритмаларни роботларда қўллаш роботнинг конструкциясини соддалаштириш, функционал имкониятларини ошириш ва динамик характеристикаларини яхшилашга олиб келади.

#### **4- БОБ. САНОАТ РОБОТЛАРИНИ БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ.**

Саноат роботининг бошқариш системаси бошқариш қурилмасидан, бошқариш объекти бўлган манипулятордан, ҳаракатланиш қурилмаларидан ва бошқа саноат роботи таркибига кирувчи қурилмалардан ташкил толади.

Саноат роботи бошқариш системасининг асосий вазифаси робот ҳаракатларининг мантиқий кетма - кетлигини шакллантириш, ишчи қурилмаларнинг автоматик ишлашини таъминлаш, робот ва у хизмат қиладиган жиҳозларни берилган программага мос равишда бошқаришдан иборат.

##### **4.1 Бошқариш системаларнинг синфланиши**

Саноат роботларининг бошқариш системалари бошқариш турига қараб қуйидаги гуруҳларга бўлинади: программали, адаптив ва интеллектуал. Бундай бўлинишнинг асосини роботларни бошқариш учун зарур информация олиш усули, саноат роботи ҳаракатини бошқариш принципи ташкил қилади.

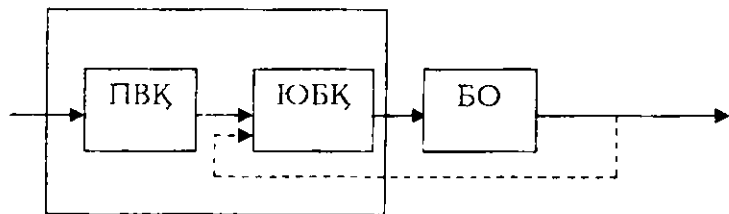
Ҳаракатни бошқариш принципи бўйича роботларнинг бошқариш системалари программа асосида бошқариладиган системаларга, ташқи муҳит ҳақидаги информация бўйича ишлайдиган бошқариш системаларига ва аралаш системаларга бўлинади.

Программали бошқариш системалари саноат роботларини бошқариш системалари иерархиясида паст

ўринда туради. Бундай бошқариш системалари роботнинг ва ташқи муҳитнинг тўла аниқ бўлишини ва ишлаш шароитининг ўзгармаслигини талаб қилади.

4.1 - расмда саноат роботининг бошқариш системасининг функционал схемаси келтирилган. Бу системанинг ишлаши қуйидаги параметрлар билан характерланади:  $Y$  - бошқариш объектининг ҳолатини характерловчи вектор (ишчи қурилмалар ҳаракат даражаларининг координаталари);  $\bar{G}$  - берилган таъсир, бошқариш программаси шаклида бўлиб, бошқариладиган катталиқ  $Y$  нинг берилган ўзгариш қонуни бўйича информацияни ўз ичига олади ва программа - вақт қурилмасига киритилади. Ушбу  $\bar{Y}(t) = \bar{Y}_b(t)$  тенгликка риоя қилинса, программанинг аниқ бажарилиши амалга оширилади ва шунга мос равишда робот ишчи қурилмаларнинг керакли силжишлари амалга оширилади, яъни ҳар бир юритма ўзига таалуқли ҳаракат даражасига мос келувчи  $G(t)$  программани бажаради ва натижада тўлиқлигича керакли ҳаракат амалга оширилади.

БҚ



4.1 - расм. Саноат роботи бошқариш системасининг функционал схемаси:

БҚ - бошқариш қурилмаси; ПВҚ - программа - вақт қурилмаси; ЮБҚ - юритмаларни бошқариш блоки; БО - бошқариш объекти (саноат роботининг ишчи қурилмалари).

Программали бошқариладиган саноат роботларида керакли бошқариш сифатини таъминлаш учун локал тескари алоқалар бўлиши мумкин (ички информация датчиклари), аммо ташқи муҳит бўйича информация бўлмайди.

Сезувчи роботларда ташқи муҳит ҳолати бўйича информация асосида бошқариш принципи амалга оширилади. Сезувчи робот бошқариш системаси саноат роботининг ишчи қурилмалари ва ишчи органи ҳаркатини маълум сенсор қурилмалардан олинadиган ташқи муҳит ҳолати бўйича информация асосида бошқаришни амалга оширади. Программали бошқариш системаларидан фарқли бу бошқариш усулида саноат роботи ҳаракати жараёнида бошқариш таъсирини доимий равишда олдиндан аниқлаш лозим бўлади.

Мукаммал саноат роботларида ҳам программали, ҳам ташқи муҳит бўйича информация асосида бошқариш усуллари қўлланилади. Аралаш бошқариш усулида робот ҳаракатланиш жараёнида ишчи қурилмалар ҳаркатини ўз вақтида коррективировка қилиш ва априор информацияни максимал ишлатиш ҳисобига бошқариш сифатини ошириш имконияти бўлади. Бу усул сезувчи роботларни бошқаришнинг илғор усулидир.

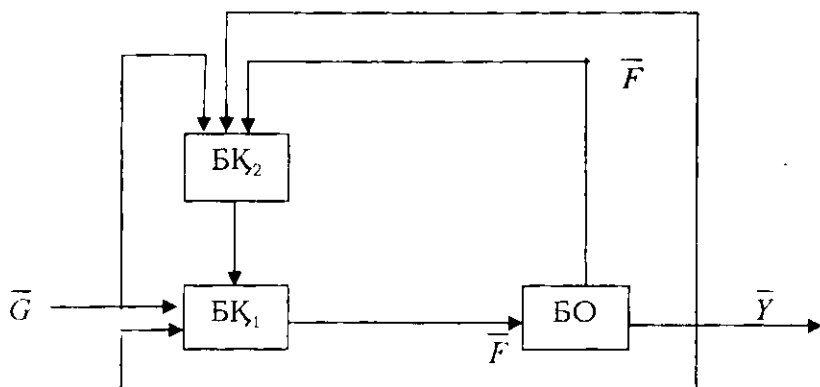
Программали роботларга қараганда адаптив ва интеллектуал сезувчи роботлар янада мукаммал бошқариш структурасига эга бўладилар.

Адаптив бошқаришли роботларда ноадаптив бошқариладиган роботлардан фарқли ташқи муҳит ўзгарганда зарур бошқариш алгоритмининг автоматик ўзгариши амалга оширилади. Роботнинг адаптив бошқариш системасининг функционал схемаси иккита бошқариш қурилмалари  $BK_1$  ва  $BK_2$  ни ўз ичига олади. (4.2 - расм).  $BK_1$  бошқариш қурилмаси робот ишчи қурилмалари юритмаларни бошқаришни амалга оширади. Юритмалар бу системанинг бошқарилувчи объектлари (БО) ҳисобланилади.  $BK_2$  - адаптив бошқарув қурилмаси бўлиб бошқариш объектининг ҳолати  $\bar{Y}$ , ташқи муҳит  $\bar{F}$  ва берилган таъсир  $\bar{G}$  бўйича информацияга боғлиқ равишда бошқариш қурилмаси  $BK_1$  нинг параметрларини ўзгаришини амалга оширади.  $\bar{G}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\bar{F}$  маълумотлар асосида  $BK_2$  бошқариш қурилмаси  $BK_1$  бошқариш қурилмасининг бошқариш алгоритмини қайта қуриб, бошқаришнинг сифатини танланган мезон бўйича олдиндан баҳолайди. Масалан, позицияланиш аниқлиги

коррекцияни амалга ошириш бўйича мезон бўлиши мумкин. Шунинг таъкидлаш лозимки, роботнинг бошқариш структурасини кенгайтириш роботнинг программа таъминотида қўшимчалар қилиш ва аппаратурасининг мураккаблашуви ҳисобига амалга оширилади.

Роботларни интеллектуал бошқариш энг мукамал ҳисобланади, улар ташқи муҳит бўйича информацияни қабул қилиб, уни моделлаштириш масалаларини ечишга қодир, ҳамда қарор қабул қилиш ва роботнинг ҳаракатларини фаолиятини режалаштириш имкониятига эгадир.

Манипулятор механик звенолари ҳаракатларни шакллантириш усули бўйича саноат роботлари дискрет ва узлуксиз бошқариладиган гуруҳларга бўлинади.



4.2. расм. Саноат роботини адаптив бошқаришнинг функционал схемаси.

#### 4.2. Роботларни программали бошқариш системалари

Программали бошқариш системалари программалашни, бошқариш программасини хотирада сақлашни, уни амалга оширишни таъминлайди.

Саноат роботининг бошқариш программаси деб, берилган топшириққа биноан роботнинг ишлашини аниқловчи командалар тўпламига айтилади.

Саноат роботини программалаш - саноат роботини бошқарувчи программани тузиш, уни бошқариш қурилмасига киритиш ҳамда созлаш жараёни.

Бошқариш программасини хотирада сақлаш - хотира қурилмасида керакли вақт давомида информацияни сақлаш.

Программани амалга ошириш - хотира қурилмасидан информацияни ўқиш жараёни ва бошқариш сигналларини роботнинг ижро механизмларига узатиш.

Саноат роботининг бошқариш системаси икки режимдан бирида ишлайди: системани программалаш режимида ва программани амалга ошириш режимида. Саноат роботини программалашнинг айрим томонларини қўриб чиқамиз.

Роботларни программалашнинг икки усули мавжуд: ўргатиш усулида программалаш ва аналитик программалаш.

Аналитик программалашда олдиндан қилинган ҳисоблар асосида бошқарини программаси тузилади ва хотирага киритилади.

Ўргатиш асосида роботни программалашда бошқариш программасини тузиш ва киритиш оператор томонидан амалга оширилади, бунда оператор робот ишчи органига олдиндан керакли ҳаракатларини қилдиради ва бу ҳаракат параметрлари бошқариш программаси шаклида бошқарини қурилмасига киритилади.

Программаланадиган роботлар учун ўргатиш жараёнида программалашнинг уч усули қўлланилиши мумкин: қўл (ручной), ярим автоматик, автоматик.

Қўл усулида программалашда оператор программалашнинг ҳамма босқичларида иштирок этади, у ишчи органининг ишчи зонанинг берилган нуқталари бўйича ҳаракатини амалга оширади. Бунда нуқталар координаталари манипулятор ижро механизмининг звеноларида жойлашган тескари алоқа датчиклари ёрдамида программалаштирилади, датчикларнинг сигналлари рақамли кодга айлантирилади ва программа сақлагичга ёзиб қўйилади.

Ярим автоматик программалашда оператор программани шакллантиришнинг айрим босқичларида

қатнашади. Автоматик бошқаришда операторнинг функцияси программани кенгроқ шакллантиришдан иборат ва уни олдиндан бошқариш қурилмасига беришдан иборат.

Саноат роботини ўргатиш жараёнида роботнинг ишчи қурилмалари силжишлари программалаштирилади. Бунда бошқариш қурилмасига уч турли информация киритилади: ҳаракат кетма - кетлиги бўйича, ҳолат бўйича ва операцияни бажариш вақти бўйича. Ишчи қурилма ва ишчи органнинг ҳар хил силжишлари учун турли программалар ишлатилади. Координата - нуқтали программалашда шундай аниқ позициялар белгиланадики, уларда ишчи орган тўхташи кўзда тутилади. Бу позициялар оралиғидаги силжишлар ихтиёрий йўл билан амалга оширилиши мумкин.

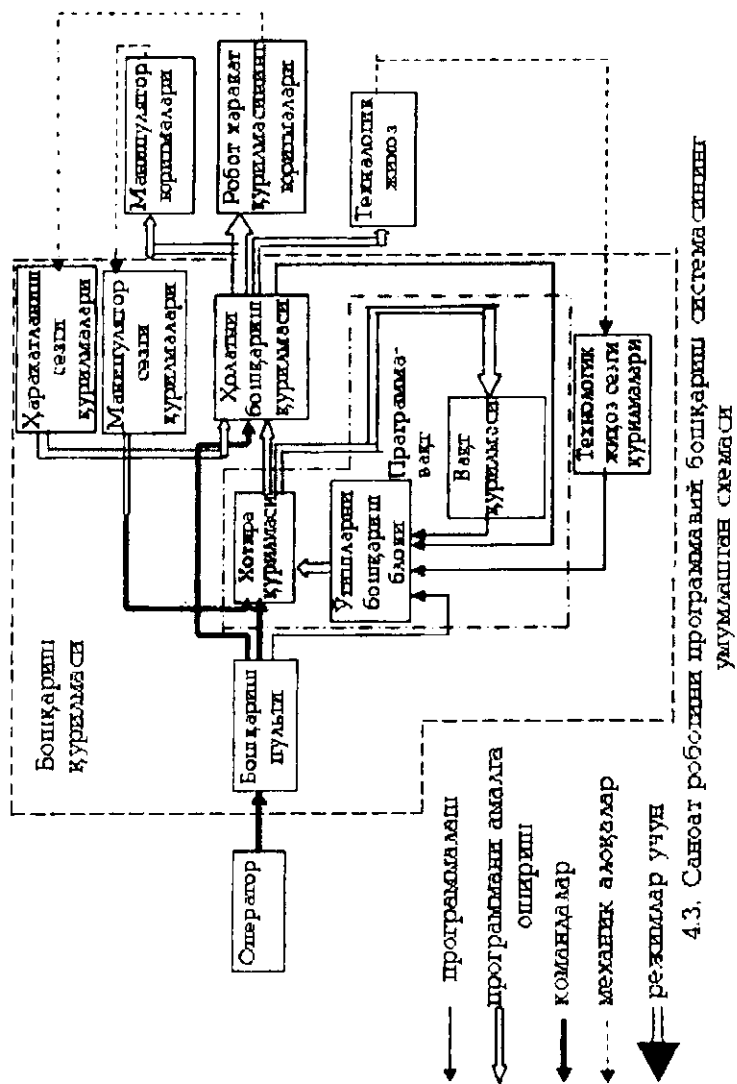
4.3 - расмда программали бошқариладиган саноат роботининг умумлашган схемаси келтирилган, унда бошқариш қурилмасининг оператор билан, роботнинг ижро қурилмалари билан, технологик жиҳоз билан, алоҳида блоklar билан алоқалари акс эттирилган. Оператор бошқариш пульти орқали ишлаш режимларини беради, хотира қурилмасига координаталар ёки траектория бўйича информацияни киритади, ҳолат бўйича бошқариш блоки бошқариш программасини автоматик равишда қайта ишлаб, бошқариш сигналлари кўринишида манипуляторнинг, ҳаракат қурилмасининг ва технологик жиҳознинг юритмаларига юборади.

Саноат роботини программалаштиришда турли усуллар қўлланилади:

1. Аналитик усул - олдиндан ҳисобланган программа бошқариш пульти орқали хотира қурилмасига киритилади.
2. Ўргатиш усули - оператор бошқариш пульти орқали берилган операцияни бир маротаба бажарилишини амалга оширади. Бунда бошқариш пульти ва ҳолатни бошқариш орқали роботнинг ва технологик жиҳознинг юритмаларига бошқариш сигналлари юборилади. Программани киритиш кетма - кетлиги: сезиш қурилмалари - хотира қурилмаси. Информацияни киритиш командасининг ўтиш йўли:

*бошқариш пульти - ўтишларни бошқариш блоки - хотира қурилмаси.*

3. Ўргатиш усулининг бошқа турида оператор манипулятор ишчи органини берилган траектория бўйича ҳаракатга келтиради. Программани киритиш юқорида келтирилган иккинчи усулга ўхшаш бўлади. Программа - вақт қурилмасида сақланаётган информация, роботнинг хотирасига киритилади, бу информация таркибига операцияларнинг кетма - кетлиги бўйича информация, ҳолат бўйича информация ва вақт бўйича информация киради.



Саноат роботи бажарадиган операцияни қадамлар кетма - кетлиги тарзда акс эттирилади. ҳар бир қадамда бир ёки бир неча операция бажарилиши мумкин. Роботнинг ҳар бир операциясига (қисқич қурилмасини очиш - ёпиш, бурилиш ва ҳ.) информация бирлиги сон (команда) тўғри келади ва у операциянинг мураккаблигига қараб 1 дан 15 битгача информациядан ташкил топади. Операциялар гуруҳига сонлар гуруҳи (кадр) мос келади, улар ўз ўрнида остпрограммага бирлашиши мумкин. Программавий информация элементларининг бундай бирлашиши операция тугалланишининг мантиқий асосида амалга оширилади ва булар пировардда ишчи программани ташкил қилади.

Программа - вақт қурилмаси хотира қурилмасини, ўтишларини бошқариш блокини ва вақт қурилмасини ўз ичига олади ҳамда сонлар, кадрлар ва остпрограммаларни ишга тушириш тартибини амалга оширади. Программадаги вақт интервалларини вақт қурилмаси шакллантиради.

Кўпгина программали бошқариш системаларида ишчи программа ташкил этувчи қисмларининг бажарилиш кетма - кетлиги сезиш қурилмаларидан келадиган информацияга мос равишда ўзгариши мумкин, бу эса робот ишлаётганда технологик жараёнларидаги ўзгаришларни бошқариш системаси ҳисобга олган ҳолда ишлашини таъминлайди.

Роботларни программали бошқариш системалари асосан 3 - турга бўлинади: цикли, позицион ва контур бошқариш системалари.

Цикли бошқариш системаларида манипулятор звенолари ҳаракатлари кетма- кетлигини аниқловчи программаланадиган нуқталар сони ҳар бир звено учун 2 - 4 дан ошмайди. Программалаш чекловчи таянчларни керакли ҳолатга ўрнатиш ва бошқариш қурилмасига командалар кетма- кетлиги бўйича информацияни ҳамда вақт интерваллари катталиги бўйича маълумотларни киритиш билан амалга оширилади.

Ҳозирги замон роботларининг позицион программали бошқариш системалари ҳар бир ҳаракат нуқталарини программалашни амалга оширади. Масалан,

PM - 1 роботининг «Сигма» позицион бошқариш системасининг модул структурали хотира қурилмасига катта ҳажмдаги информацияни киритиш имконияти мавжуд.

Саноат роботларининг контур бошқариш системаси роботнинг узлуксиз фазовий траекторияси бўйича аниқ ҳаракатларни амалга оширишга хизмат қилади. Робот ишчи органининг узлуксиз ҳаракатини таъминлаш учун икки метод ишлатилиши мумкин. Биринчи метод бўйича траекториянинг параметрлари координаталарнинг узлуксиз кетма - кетлиги шаклида берилади. Иккинчи метод бўйича траекториянинг таянч нуқталари чекли сон шаклида берилади ва бу нуқталар орасидаги траектория ҳисобланилади.

Биринчи ҳолда бошқариш қурилмасида ҳисоблаш блоки бўлмайди, аммо бутун траектория бўйича маълумотларни сақлаш учун катта ҳажмга эга бўлган хотира қурилмаси керак бўлади, иккинчи ҳолда эса хотира қурилмасининг ҳажми фақат траекториянинг таянч нуқталарини эслаб қолиш учун етарли бўлиши керак, аммо таянч нуқталар орасидаги траекторияни ҳисоблаш блоки учун интерполятор зарур бўлади.

### **4.3 Роботларнинг информацион системалари**

Саноат роботининг информацион системаси роботнинг функционал механизмларининг ҳолати ва ўзаро жойлашиши, ҳамда ташқи муҳитнинг ҳолатини характерловчи маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш ва бошқариш системасига узатиш учун хизмат қилади.

Роботнинг информацион системаси иккита асосий қисмдан иборат: параметрлар бўйича информацияни йиғишни амалга оширувчи сенсор қурилмалар (ташқи ва ички информация датчиклари) ва информацияни қайта ишловчи, роботнинг бошқариш системасига кирувчи ҳисоблаш қурилмалари.

Роботнинг информацион қурилмалари функционал хусусиятлари бўйича ташқи информация системаларига

(сезиш системалари) ва ички информация системаларига бўлинади.

Ташқи информация системалари сенсор қурилмалари (сезиш системалари) орқали роботни ташқи муҳит ҳолатлари параметрлари бўйича маълумотлар билан таъминлайди. Бундай маълумотларга манипуляция объектининг фазодаги ҳолати ва ориентацияси, бу объектларнинг шакли, ҳаракат йўлидаги тўсиқнинг координаталари ва робот ишлаш жараёнида бошқа таъсирларнинг параметрлари киради.

Ички информация системалари саноат роботини ўзининг ҳолати параметрлари бўйича информация билан таъминлайди. Бу информация таркибига робот ишчи қурилмаларининг ҳолати, тезлиги, тезланиши, юритмалардаги кучлар (моментлар) бўйича информациялар киради.

Саноат роботининг сенсор қурилмалари муҳитнинг хусусиятларини аниқлаш нуқтаи назаридан қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

- 1) объектларнинг геометрик характеристикаларини аниқлаш учун қўлланиладиган сенсор қурилмалар, уларга координаталарни ўлчагичлар, координаторлар, информაციон чизгичлар ва бошқалар киради;
- 2) объектларнинг физик хусусиятларини аниқлашга хизмат қиладиган сенсор қурилмалар (куч ўлчагичлар, температура, эгилувчанлик ва бошқалар бўйича информация олувчилар);
- 3) объектларнинг кимёвий хусусиятларни аниқловчи сенсор қурилмалар.

Сенсор қурилмалар информацияни турли масофадан қабул қилишга қодирлар. Бу хусусият бўйича улар қуйидагича бўладилар: ўта яқин, яқин, узоқ ва ўта узоқ масофадан информация қабул қиладиганлар.

Ўта яқин масофадан информация олувчи сенсор қурилмалар информацияни контакт усулида олишни таъминлайди, улар робот ишчи қурилмасининг ташқи муҳит объектлари билан контактини аниқлайдилар (тактил датчиклар), контакт бўлгандаги кучни ўлчайдилар (куч

момент датчиклари) ва бошқалар. Яқин масофадан ишлайдиган сенсор қурилмаларига турли масофа ўлчагичлар, локацион қисқичлар ва бошқалар киради.

Узоқ масофадан ишлайдиган сенсор қурилмалар роботнинг ишчи зонасида ташқи муҳит бўйича информация олишни амалга оширадilar.

Узоқ масофадан ишлайдиганлар эса ишчи зонанинг ташқариси бўйича информация олишни таъминлайдилар. Булар асосан ҳаракатланувчи (мобил) роботларда қўлланиладилар (навигацион қурилмалар, локаторлар ва бошқа радиотехник, оптик, телевизион системалар).

Контактли сенсор қурилмалар (тактил датчиклар) юқори сезувчанликка, кичик ўлчамларга, юқори ишончлиликка ва мустаҳкамликка эгадирлар, аммо контакtsiz сенсор қурилмалардан фарқли (локацион датчиклар) роботнинг тезкорлигини пасайтирадилар.

Тактил сенсорлар герконлар, эластометрлар ва бошқа техник воситалар асосида қурилишлари мумкин.

Локацион сенсор қурилмалар, саноат роботи бажарадиган операцияларнинг тезлиги ва ишончлигини оширади. Уларга ёруғлик локациясига асосланган, ультратовуш, лазер ва бошқа датчиклар киради.

Саноат роботининг сезув воситаларига энг универсал, аммо мураккаб бўлган техник кўриш қурилмалари ҳам киради, улар робот ишлайдиган ишчи фазонинг тасвирини, роботнинг координаталарини олишни таъминлайди. Бунга координаторлар (информацион чизиқлар ва сатҳлар), видеодатчиклар, видеокамералар киради.

Ички информация системаларида қўлланиладиган сенсор қурилмаларга ишчи қурилмаларнинг ҳолатларини аниқловчи датчиклар киради.

Улар одада саноат роботларининг юритмаларида жойлашган бўладилар. Уларга қуйидаги талаблар қўйилади: конструкциясининг соддалиги, ташқи таъсирга турғунлик, арзонлиги ва бошқалар. Бу датчиклар сифатида потенциометрлар, оптоэлектрон датчиклар, айланма трансформаторлар, сельсинлар, импульсли ва кодли датчиклар ишлатилади.

## 5 - БОБ. РОБОТОТЕХНИК ТИЗИМЛАР ВА КОМПЛЕКСЛАР (РТК).

**Асосий тушунчалар, таърифлар. РТКларга қўйиладиган умумий талаблар.**

Робототехник тизим деб шундай техникавий тизимга айтиладики, унда энергия, масса ва ахборотлар билан боғлиқ ўзгартиришлар ва алоқалар саноат роботларидан фойдаланилган ҳолда акс этади.

Саноат роботлари (СР) томонидан бажара оладиган функциялар ва операцияларга кўра роботлаштирилган технологик комплекслар ва роботлаштирилган ишлаб чиқариш комплекслари фарқланади.

Битта саноат роботи ўзаро ҳаракатда бўладиган бир ёки бир нечта технологик жиҳозлардан ҳамда мажмуа ичидаги ишнинг тўла автоматик циклини ва бошқа ишлаб чиқаришларнинг кириш ва чиқиш оқимлари билан алоқаларни таъминловчи ёрдамчи жиҳозлар йиғиндисидан иборат ишлаб чиқариш воситаларининг автоном ҳаракат қилувчи тўпламига *роботлаштирилган технологик комплекслар* дейилади. Йиғиш, пайвандлаш, бўяш каби жараёнларга оид асосий операцияларни бажарувчи битта саноат роботидан ҳамда комплекс ичидаги технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган циклини тўла таъминловчи ёрдамчи жиҳозлар йиғиндисидан иборат автоном ҳаракат қилувчи ишлаб чиқаришнинг технологик воситалари тўпламига роботлаштирилган ишлаб чиқариш комплекси дейилади.

Саноат роботининг ижро қурилмаси - роботнинг ҳаракат функцияларини бажарувчи қурилма. Унинг таркибига манипулятор (М) ва бошқариш қурилмаси (БК) киради.

Саноат роботлари манипуляторининг ишчи аъзоси (органи) - роботнинг ташқи муҳит билан бевосита ўзаро алоқасини амалга оширувчи қурилма. Одатда қисқичлаш қурилмаси ёки ишчи асбоб (асбоб)ни билдиради.

СРнинг бошқариш қурилмаси берилган программага кўра ижро қурилмасига бошқарувчи таъсирларни шакллантириш ва чиқариб бериш учун мўлжалланган.

СРнинг ўлчов қурилмаси бошқариш қурилмаси учун робот ва ташқи муҳит ҳолатларига оид информация йиғишни амалга оширади.

Хизмат кўрсатувчи СР- ёрдамчи ўтиш ва транспорт операцияларини бажарувчи роботдир. Масалан, юкловчи, юк туширувчи ва транспорт роботлари.

Операцион саноат роботи (СР)- технологик операциялар ва уларнинг элементларини, масалан, пайвандлаш, йиғиш, бўйлаш ва шунга ўхшаш операцияларни бажарувчи роботдир.

Ишлаб чиқаришни роботлаштириш - роботлардан кенг қўламда фойдаланувчи янги технологиялар, янги жиҳозларни яратиш ҳамда ишлаб чиқаришни ташкил қилиш ва бошқариш принципларини ишлаб чиқиш.

СРни программавий (дастурий) бошқариш - саноат роботининг ижро қурилмаси ҳамда у билан бирга ишлаётган технологик жиҳоз устидан автоматик бошқариш.

Ишчи фазо (атроф) - СРнинг ишлаш жараёнида робот манипулятори ишчи органи ҳаракатда бўла оладиган фазо.

Саноат роботи ишчи зонасининг геометрик характеристикаси - робот ишчи зонасининг чизиқли ёки бурчак ўлчовлари, кесим юзаси ёки ҳажми, ёки уларнинг биргаликда олинган тўплами.

Саноат роботининг базавий координаталар системаси - робот ишчи зонасининг геометрик характеристикалари бериладиган координаталар системаси.

Саноат роботининг ҳаракатчанлик даражаси сони - саноат роботи манипулятори кинематик занжирининг эркинлик даражаси сони ҳамда робот ҳаракат қурилмасининг эркинлик даражаси сони билан аниқланади.

СРнинг номинал юк кўтариш қobiliяти - ишлаб чиқариш предмети ёки ишчи асбобнинг (асбобнинг)

қисқичлаб, ушлаб турилиши кафолатланган массасининг энг катта қиймати билан характерланади.

*Ишчи органининг позициялаштириш хатолиги* - ишчи орган позициясининг бошқариш программаси томонидан берилган ҳолатига нисбатан четланиши.

*Саноат роботининг позициялаштирилган бошқарилиши* - робот ижро қурилмасининг ҳаракатини вақт бўйича ишчи фазо нуқталарининг ораларида назорат қилмаган ҳолда ишчи нуқталарининг тартибланган чекли кетма-кетлиги орқали программалаштирувчи программавий бошқариш тури.

*Саноат роботини контурли бошқариш* - роботларнинг синалаётган қурилмалари ҳаракатини ишчи фазода тезлик бўйича узлуксиз назорат қилган ҳолда траектория шаклида программалаштирувчи бошқаришнинг программавий тури.

*Саноат роботини адаптив бошқариш* - бошқариш алгоритмини бевосита бошқариш жараёнида ташқи муҳит ва робот ҳолатлари функциясига боғлиқ ҳолда ўзгартириб турадиган бошқариш тури.

*Саноат роботларини гуруҳлаб бошқариш* - одатда ЭҲМ асосида бошқаришнинг умумий системасига бирлаштирилган бир нечта роботларни бошқариш жараёни.

*Саноат роботларини программалаш (дастурлаш)* - саноат роботини бошқарувчи программани тузиш, уни бошқариш қурилмасига киритиш (жойлаш) ҳамда сошлаш жараёни.

### *Робототехник тизимлар ва комплексларга қўйидаги талаблар қўйилади:*

1. РТКларни жойлаштиришни режалаштириш асосий ва ёрдамчи ускуна ва жиҳозларга ҳамда РТК бошқариш органларига хизмат кўрсатувчи шахсларнинг бемалол, қулай ва хавфсиз яқинлашишини таъминлаши керак.
2. Жойлаштиришни режалаштириш СРнинг дастур бўйича ишлаш жараёнида СРбилан оператор ҳаракат йўлларининг кесишиб ўтиш

- ҳолларини чиқариб ташлаши, уларга йўл қўймаслиги керак.
3. РТКлар одамнинг саноат роботи ҳаракат доирасига кириб қолиши эҳтимолидан қутқарувчи ҳимоя воситалари, ёруғлик воситалари ҳолида тўсиқлар билан таъминланган бўлиши керак.
  4. РТКларни ҳимоялаш воситаларининг ўрнатилиши: 1) асосий ускуна-жиҳозлар ҳамда СРнинг технологик имкониятларини чегараламаслиги, 2) уларга хизмат кўрсатиш қулайлигини ёмонлаштирмаслиги керак.
  5. РТКларнинг бошқариш воситаларини ўрнатиш СРларининг фалокатли ҳолларда ўчириш органларига бемалол ва тезкорлик билан яқинлашиш имкониятини ҳамда созлаш режимида СРни бошқаришда оператор хавфсизлигини таъминлаши зарур.
  6. РТКларни жойлаштиришни режалаштириш СРнинг дастур бўйича ишлаш жараёнида операторнинг СРиш доирасидан ташқарида бемалол ҳаракат қилишини таъминлаши зарур.

### **5.1. Робототехник комплексларнинг синфланиши РТКларнинг асосий турлари**

Роботлар билан жиҳозланган технологик уялар(ячейкалар), технологик бўлинмалар (участкалар) ва технологик линиялар роботлаштирилган технологик комплекслар (РТК) деб аталади.

РТКларнинг турлари машинасозлик ва асбобсозликдаги ишлаб чиқариш жараёнларининг хилма-хиллиги билан белгиланади.

РТКларнинг машинасозликка оид умумий синфланиши

| № | Синфланиш аломати                                                 | РТК номи                                                                                                                                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Роботлаштирилган бўлак тури                                       | а) роботлаштирилган технологик уя<br>б) роботлаштирилган бўлинма<br>в) роботлаштирилган линия<br>г) янгидан тузилаётган ишлаб чиқариш учун                                                       |
| 2 | РТКни яратиш билан боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш ўзгариши характери | а) принципиал янги технология билан<br>б) янги технологик жиҳоз билан<br>в) янги компоновка билан                                                                                                |
| 3 | Роботлаштирилган технологик жараён тури                           | механик ишлов бериш, совуқ штамповка, куйиш, пресслаш, пайвандлаш, йиғув, назорат ва синаш.                                                                                                      |
| 4 | Комплекс компоновкаси                                             | а) чизиқли,<br>б) доиравий,<br>в) чизиқли-доиравий,<br>г) юзаси бўйича,<br>д) ҳажми бўйича                                                                                                       |
| 5 | Бошқариш тури                                                     | а) марказлашган<br>б) марказлашмаган<br>в) комбинирлашган (аралаш)                                                                                                                               |
| 6 | Одам ишгиروي даражаси                                             | одам иштиروي билан бажариладиган технологик операциялар:<br>а) асосий<br>б) ёрдамчи<br>в) асосий ва ёрдамчи<br>Комплексни бошқаришда:<br>а) автоматик бошқариш<br>б) автоматлаштирилган бошқариш |
| 7 | Структуравий аломат                                               | а) бирпозиционли<br>б) гуруҳли<br>в) кўппозиционли                                                                                                                                               |

### *РТКларнинг асосий турлари*

а) Роботлаштирилган технологик уя (РТУ). РТУ РТКнинг энг соддалашган тури ҳисобланади. Унда асосий технологик операцияларнинг минимуми бажарилади. РТК таркибидаги СР ва технологик жиҳоз birlikлари сони унчалик катта эмас. РТУда технологик жиҳоз бутунлай бўлмаслиги мумкин, бундай ҳолда асосий операцияларни СРнинг ўзи бевосита бажаради.

б) Роботлаштирилган технологик бўлинма (РТБ). Улар технологик жиҳозлар билан конструктив ва тартибланган ташкилий жиҳатдан шу бўлинма доирасида бирлаштирилган бир неча асосий технологик операцияларни бажаришлари билан характерланади. Бу операциялар бир турдаги операциялар ёки ҳар хил турдаги операциялар бўлиши мумкин.

в) Агар улар фақат технологик жиҳатдан боғланган бўлса, бундай комплекслар роботлаштирилган технологик линия деб аталади.

Энг содда РТБ битта саноат роботи хизмат кўрсатадиган бир неча технологик жиҳозлардан ташкил топиши мумкин.

Саноат роботи бўлинма доирасида: а) қўзғалмас бўлиши мумкин, бунда технологик жиҳозлар қўзғалмас робот атрофида жойлаштирилади. б) қўзғалувчан бўлиши мумкин, бунда робот технологик жиҳозлар бўйлаб ҳаракатланиб, уларга хизмат кўрсатади.

РТБ ларнинг яна ҳам мураккаброқ турига бир неча технологик жиҳозлардан иборат ва уларнинг ҳар бирига бир хилдаги СР лари хизмат кўрсатадиган турлари киради.

Турли турдаги СР ларининг бўлинмада биргаликдаги ишлаши кўзда тутилган РТБ лар ҳам мавжуддир.

### **Комплекснинг жойлаштирилиши (компановкаси).**

Жиҳозларни чизиқли жойлаштиришда улар чизиқ бўйлаб қаторга жойлаштирилади. ҳажмли жойлаштириш эса жиҳозларнинг бир нечта қаватларда жойлаштирилиши билдиради.

### **РТКларнинг бошқариш турига кўра бўлиниши.**

#### **а) марказлаштирилган бошқаришли РТБлар.**

Уларда бошқариш марказлаштирилган ҳолда стандарт ЭХМ ёки махсус бошқариш қурилмаси томонидан амалга оширилади.

б) марказлашмаган бошқариш бир-бири билан ўзаро координациялаш, масалан, алоҳида баъзи операцияларнинг бошланиш ва тугалланиш вақтларини ўзаро боғлаш ва шунга ўхшаш мақсадларда боғланган, жойлардаги бошқариш қурилмалари ёрдамида амалга оширилади.

в) комбинирлашган бошқариш – марказлашган бошқариш билан бир қаторда жойларда маҳаллий бошқариш қурилмаларининг мавжуд бўлишини тақозо этади.

Бундай бошқариш тизими шартли равишда биржинсли (бир даражали) ва иерархик (кўп даражали) бўлиши мумкин. Биринчи ҳолда марказдан ва маҳаллий бошқариш қурилмаларидан келаётган бошқариш бир хил даражада комбинирлашади. Иккинчи ҳолда маҳаллий бошқариш қурилмалари марказга бўйсунган бўлиб, бошқариш сигналлари турли даражаларда комбинирлашади.

### **РТКларнинг тузилиш (структура) аломатларига кўра бўлиниши**

Робототехник комплексларнинг структуравий аломати уларнинг тузилиши турларини ва комплекс таркибида СР билан технологик қурилманинг ўзаро хатти-ҳаракатларини акс эттиради.

Бўлинишнинг бу аломагига кўра РТКлар

- а) бирпозицияли,
- б) гуруҳли,
- в) кўппозицияли бўлади.

Бир позицияли РТКлари технологик қурилма бирлиги комплекти билан битта СРни ўз ичига олади, масалан станок-робот, пресс-робот ва бошқалар.

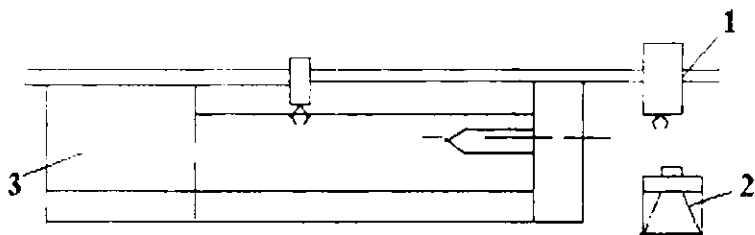
Гуруҳли РТКлари бир хилдаги ёки турли хилдаги технологик қурилмалар гуруҳига хизмат кўрсатувчи битта СРни ўз ичига олади.

Кўп позицияли РТКлар бир-бири билан ёки бир-бирига тўлдирувчи функцияларни бажарадиган СРлари гуруҳини ўз таркибига олади.

## **5.2. Саноат роботларининг робототехник комплексларда қўлланишнинг асосий схемалари.**

РТКларда СРлар қўлланилишининг қуйидаги асосий схемаларидан фойдаланилади.

### **1. Роботнинг жиҳоз ёки қурилма ичида жойлаштирилиши.**

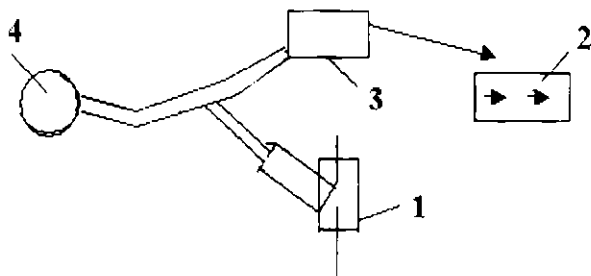


5.1 -расм. Робот қурилма ичига жойлаштирилган.

Бу ерда: 1- СР; 2- конвейер; 3- асосий технологик жиҳоз;

**Бир дастурли робот.** Саноат роботи ва технологик жиҳоз учун программавий бошқариш системаси умумий ҳисобланади. Оммавий ва катта серияли ишлаб чиқаришларда қўлланилади. Хом маҳсулотни фиксацияланган юкланиш позициясига жойлаштириш зарур.

#### 1.2. Саноат роботини асосий технологик қурилма атрофида жойлаштириш.

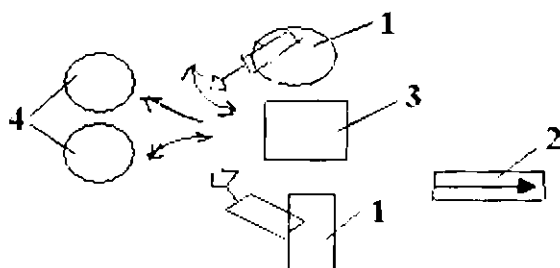


#### 5.2 - расм. Саноат роботини асосий технологик қурилма атрофида жойлаштириш.

Бу ерда: 1-СР; 2-конвейер; 3-асосий технологик қурилма; 4-хом маҳсулотлар, деталлар ёки асбоблар магазини.

Бир ёки кўп дастурли саноат роботлари якка ёки умумий дастурий бошқариш системасига эга бўладилар, улар катта серияли ва серияли ишлаб чиқариш шароитларида қўлланилади. Хом маҳсулотни фиксацияланган юкланиш позициясига жойлаштириш (конвейер ва тракт магазини ёрдамида) зарур.

Гуруҳдаги машиналар сони саноат роботлари сонидан кам бўлган ҳолда саноат роботлари томонидан уларга хизмат кўрсатиш.



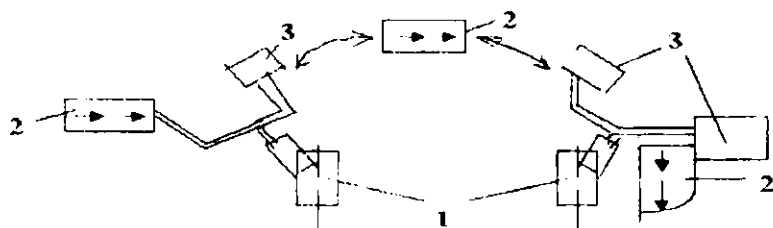
5.3 - расм. Бир нечта роботларни ўз ичига олган РТК

Иккита ёки ундан кўп саноат роботлари битта асосий технологик қурилмага хизмат кўрсатишда турли функцияларни бажарадилар. Алоҳида ёки умумий дастурий бошқариш системаларига эга бўлишлари мумкин.

Мисол тариқасида дастгоҳлар марказлари, темирчилик-пресслаш машиналари ва бошқа турдаги жиҳозларга хизмат кўрсатилишини келтириш мумкин.

## 2. Қурилма-жиҳозларига гуруҳли хизмат кўрсатиш.

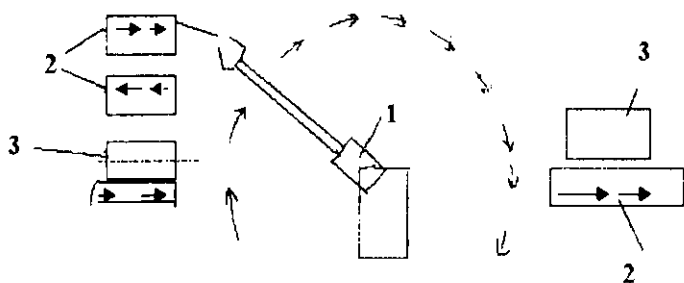
Ўзгармас кетма-кетликдаги операциялар ёрдамида деталларга ишлов бериш.



5.4 - расм. Қурилма-жиҳозларига СРлари гуруҳи томонидан хизмат кўрсатиш.

Бир дастурли СРларининг автоматик линиялар таркибидаги алоқалари ўзгармас тусга эга бўлади. Хом маҳсулотни фиксацияланган позицияга жойлаштириш зарур. Ишлов берилган деталларни тарага жойлаштириш имкони бор. Деталларни бир позициядан бошқасига жойлаштириш конвейер ёки роботлар томонидан амалга оширилади.

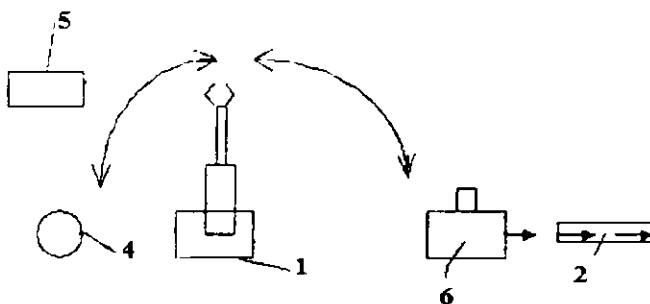
2.2. Қурилма жиҳозларини айлана бўйлаб жойлаштириш (5 донагача).



5.5 - расм. Қурилма-жиҳозларини айлана бўйлаб жойлаштириш

Хизмат кўрсатилаётган қурилма-жиҳоз СР билан боғланмаган ҳолда ёки ўзгармас алоқа ўрнатилган ҳолда ишлаши мумкин.

### 3. Асосий технологик операцияларни якка (индивидуал) тартибда бажариш

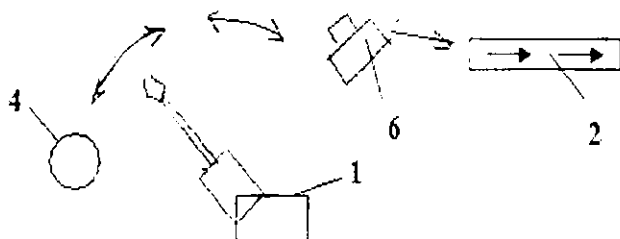


5.6 - расм. Асосий технологик операцияларни якка (индивидуал) тартибда бажариш

Бу ерда: 5- СР функцияларини кенгайтирувчи ёрдамчи қурилма. 6- ёрдамчи йўналиш берувчи ёки фиксацияловчи қурилма.

Деталларни бир жойдан иккинчи жойга кўчириш робот томонидан қисқичлар ва асбобларни 6- позицияда алмаштириш йўли билан амалга оширилади.

Деталларни ташиш (транспортлаштириш) роботнинг дастурий бошқариш системаси орқали бошқариладиган конвейер томонидан амалга оширилади.



5.7 - расм. Деталларни ташиш.

Юқорида СРлар қўлланишининг асосий схемалари келтирилди, уларни шарҳлаб ўтамиз.

Саноат роботларининг асосий ёки ёрдамчи операцияларни бажариш учун қўлланиладиган энг асосий схемалари 5.1 - 5.7 расмларда келтирилган.

Жиҳоз-аслаҳага якка тартибда хизмат кўрсатиш шу жиҳозга ички жойлаштирилган ёки автоном ҳолатдаги саноат роботи томонидан таъминланади. Бу ҳилдаги РТКлар томонидан ечиладиган масалалар энг кўп деганда қуйидагилардан иборат: деталларга ишлов бериш операцияларини автоматлаштириш, деталларни жойлаштириш, ишлов берилгандан сўнг қайта олиш, ишчи зонада деталларни базалаш ва фиксациялаш; асосий ишлаб чиқаришнинг инфорацион ва транспорт оқимлари билан алоқани таъминлаш. Бундай схеманинг яна бир бошқа хили маълумки, унда бир нечта роботлар машиналар гуруҳига хизмат кўрсатади, машиналар сони эса СРлари сонидан кам бўлади; бу схема босим остида металл қуйиш машиналарини ўз ичига олувчи РТКларда, листларни штамплаш прессларига ва бошқа турдаги жиҳозларга (масалан, битта саноат роботи деталларни ўрнатиш ва олиш, иккинчиси эса асбобни алмаштириш ва станокнинг асбоб магазинини тўлдириш каби функцияларни бажарадиган станокли марказларда) хизмат кўрсатишда қўлланилади.

Бундай схемаларда РТК таркибига СРларидан ташқари турли мақсадлардаги автооператорлар ҳам киритилган бўлиши мумкин (масалан босим остида металл қуйиш машиналари иштираётган РТКлар).

**Жиҳозлар гуруҳига хизмат кўрсатиш** жиҳозни чизиқли, чизиқли - параллел ёки айлана бўйлаб жойлаштирилганда битта СР томонидан амалга оширилади. Бунда СР юқорида айтиб ўтилган операциялардан ташқари станоклар орасида деталларни ташиш операцияларини ҳам бажаради. Худди шу билан биргаликда СР ёрдамида РТК таркибига кирувчи жиҳозлар ишини диспетчерлаш масалалари ҳал қилинади.

Ушбу схемаларнинг яна бир бошқа хили маълумки, унда бир гуруҳ (дастгоҳ) станокларга бир нечта саноат роботлари томонидан хизмат кўрсатилади. Бундай схемаларда станоклар сони СР сонидан ортиқ бўлади. Бу эса нафақат деталларга операцияларнинг турли кетма-кетлиги орқали ишлов беришни таъминлаши мумкин, балки саноат роботи томонидан амалга ошириладиган кўп станокли хизмат кўрсатиш билан боғланган асосий технологик жиҳознинг бекор туриб қолиш вақтини қисқартириш имкониятини ҳам беради.

Ишлаб чиқаришнинг серияли турига қараб, бундай ишлаб чиқаришларда фойдаланиладиган ва жиҳозларга гуруҳли хизмат кўрсатувчи РТКлар учун асосий технологик жиҳозни юклашнинг ҳар бир станокнинг мустақил ишлашидан тортиб, бундай комплекслардан поток линиялар учун фойдаланишгача бўлган турли ташкилий форма (шакл)лари қўлланилиши мумкин. Бироқ, СРлари гуруҳли хизмат кўрсатадиган РТКларда ишлаб чиқаришнинг керакли мослашувчанлигини таъминлаш учун операциялараро бўшлиқлар ҳосил қилиш, деталларнинг баъзи турларида айрим операцияларнинг бажармай ўтказиб юбориш имкониятини таъминлаш, қайта ишлов бериш тартибини ўзгартириш кабиларни олдиндан назарда тутиш зарур.

СРлари ёрдамида деталларни станокларга мустақил элиб бериш ва уларни станоклараро етказиб бериш (транспортлаш) масалалари ҳам ҳал этилиши керак.

Пайвандлаш, бўяш, йиғиш ва шунга ўхшаш асосий операцияларни индивидуал бажариш технологик ёки универсал СРлари томонидан амалга оширилади. Бундай СРлари базасида турли хилдаги ёрдамчи, транспорт, йўналтирувчи қурилма ва механизмларни ўз ичига оладиган РТК ташкил қилинади.

Бу қурилма ва механизмлар ишчи роботнинг дастурий (программавий) бошқариш системаси томонидан назорат қилинади.

Асосий технологик операцияларини бажаришда СРларининг гуруҳидан фойдаланиш деганда тугалланган технологик жараёни таъминловчи ва турли хилдаги (ёрдамчи, технологик ва универсал) роботларнинг бири бири билан боғланган ягона комплексининг қўлланилишига айтилади.

### **5.3. Робототехник комплексларни жойлаштириш.**

#### **РТКларни жойлаштиришнинг асосий турлари**

РТКларнинг қандай тарзда жойлаштирилиши муҳим аҳамият касб этади. Роботлар билан жиҳозланган технологик ячейкалар, бўлинма (участка)лар, қаторлар (линиялар) роботлаштирилган технологик комплекслар (РТК)лар дейилади.

Машинасозликдаги ва асбобсозликдаги ишлаб чиқариш жараёнларининг хилма-хиллиги РТКларнинг турларини аниқлайди.

РТКларнинг асосий турларини кўриб чиқамиз:

Роботлаштирилган технологик уя (ячейка) (РТЯ) РТКларнинг энг содда турига киради. Бундай комплексда технологик операцияларнинг мумкин бўлган минимуми бажарилади. Бунда техник жиҳоз билан саноат роботлари доналари сони унчалик катта эмас. РТЯ ларнинг

баъзиларида технологик жиҳоз - ускуна бутунлай иштирок этмаслиги, асосий операцияни эса саноат роботининг ўзи бевосита бажариши мумкин.

**Роботлаштирилган технологик бўлинма (РТБ).** Бундай комплекс бир нечта асосий технологик операцияларни бажара олиши билан характерланади. Бу операциялар бўлинма томонидан технологик, жиҳоз - ускуна томонидан конструктив ва бошқариш орқали ташкилий жиҳатларидан бирлаштирилган ва ўзаро боғланган. Операциялар бир турда ёки бир нечта турдаги бўлиши мумкин.

Агар турли хилдаги операциялар технологик жиҳатдан боғланган бўлса, бундай комплекс роботлаштирилган технологик линия (РТА) деб аталади.

1. Энг содда РТБ битта қўзғалмас саноат роботи томонидан хизмат кўрсатилаётган бир нечта бирлик (дона) технологик жиҳоз - ускуналарни ўз ичига олиши мумкин; технологик жиҳоз - ускуна саноат роботи атрофида жойлаштирилиши мумкин; ёки саноат роботи қўзғалувчан, ҳаракатчан бўлиши ва технологик жиҳоз - ускуналар бўйлаб ҳаракат қилиши мумкин.

2. РТБ нинг мураккаброқ турида у технологик жиҳозларнинг бир нечта донасини ва хизмат кўрсатаётган бир хилдаги саноат роботларининг бир нечта донасини ўз ичига олиши мумкин.

3. РТБ нинг яна ҳам мураккаброқ турида турли хилдаги саноат роботларининг биргаликда ишлаши кўзда тутилган.

### **Комплексларнинг жойлаштирилиши.**

Комплексларни чизиқли жойлаштиришда жиҳоз - ускуналар чизиқ бўйлаб (битта қаторда) жойлаштирилади, ҳажмли жойлаштиришда эса жиҳоз - ускуналар бир нечта қаватларда жойлаштирилади.

РТК ларни жойлаштиришда бошқаришнинг қуйидаги турларидан фойдаланилади:

Марказлашган бошқариш стандарт ЭҲМ ёки махсус бошқариш қурилмаси орқали амалга оширилади.

Марказлашган бошқариш ўзаро координациялаш мақсадларида бир - бири билан боғланган маҳаллий бошқариш қурилмалари йиғиндиси орқали амалга оширилади. Ўзаро координациялаш деганда айрим операцияларнинг бошланиши ва тугалланиши вақтларини бир - бири билан боғлаш кабилар тушунилади.

Комбинирланган бошқариш марказлашган бошқариш билан бир қаторда маҳаллий бошқариш қурилмаларининг мавжудлигини, иштирокини назарда тутади.

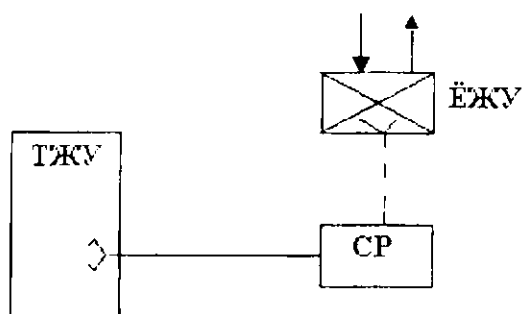
Бундай бошқариш системалари қуйидагича бўлиши мумкин:

1. Бир даражали (бир кўламли). Бунда марказдан келаётган бошқариш сигналлари ҳамда маҳаллий бошқарини қурилмалари сигналлари бир даражада (кўламда) комбинирлашадилар.

2. Иерархик (кўп даражали). Бунда маҳаллий бошқариш қурилмалари марказга бўйсунадилар.

РТК ларнинг структуравий аломатига кўра бўлиниши уларнинг структура турини ва комплексдаги технологик жиҳоз - ускуна билан саноат роботининг ўзаро таъсирини акс эттиради. Бу аломатга кўра РТК лар қуйидаги турларга бўлинадилар:

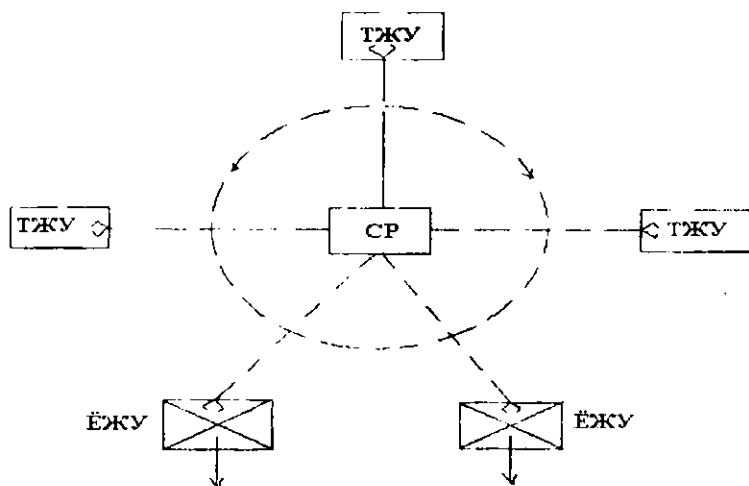
а) Бир позиционли РТК лар (станок - робот, пресс - робот ва бошқалар). Улар технологик жиҳоз - ускуна бирлиги комплектида битта саноат роботини ўз ичига олади.



5.8 - расм. Бир позиционли РТК лар

Бу ерда : ЁЖУ-ёрдмчи жиҳоз-ускуна; ТЖУ-технологик жиҳоз-ускуна; СР-саноат роботи.

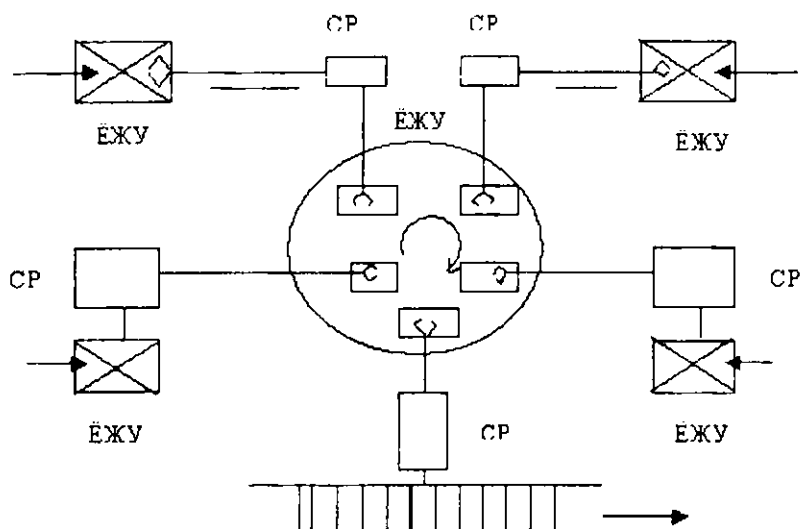
б) Гуруҳли РТК лар битта саноат роботини ўз ичига олади ва бу робот бир хилдаги ёки турли хилдаги технологик жиҳоз-ускуналар гуруҳига хизмат кўрсатади.



5.9 - расм. Гуруҳли РТК лар.

в) Кўп позицияли РТК лар

Бундай РТК лар саноат роботларининг гуруҳини ўз ичига олади. Улар бир-бири билан ўзаро боғланган ва бир-бирини ўзаро тўлдирувчи функцияларни бажарадилар. Масалан, битта саноат роботи босим остида металл қуйиш машинасига металл қуйса, иккинчи робот қуйилган тайёр металл қуймаларини олади. Шу вақтнинг ўзида роботлар гуруҳи йиғув операцияларини амалга оширади.

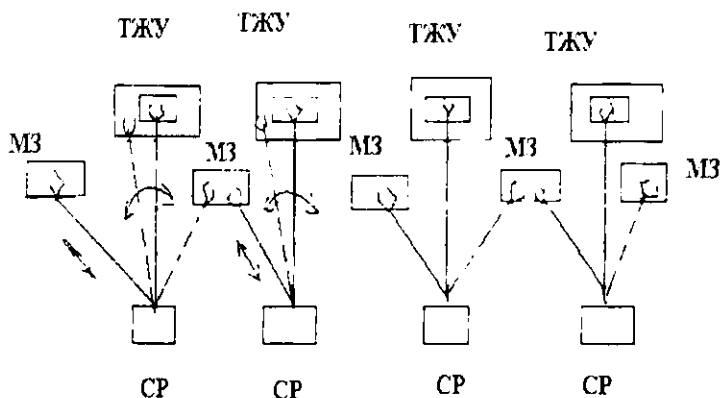


5.10 - расм. Кўппозиционли РТК.

Линиялар ва цехларнинг ишлаб чиқариш участкаларини автоматлаштириш.

РТК ларни жойлаштирилиши амалга оширилаётган технологик жараён, технологик жиҳоз-ускуна таркиби, амалга оширилаётган ишлаб чиқаришни ташкиллаштириш хусусиятлари ҳамда саноат роботлари ва уларга йўлдошлик қиладиган технологи жиҳоз-ускуналар характеристикалари билан бевосита боғлиқдир.

Линияни ташкил этувчи ячейкалари орасида бевосита алоқалар мавжуд бўлган бир оқимли роботлаштирилган совуқ штампланш технологик линиясининг чизиқли жойлаштирилиш схемасини кўриб чиқамиз.



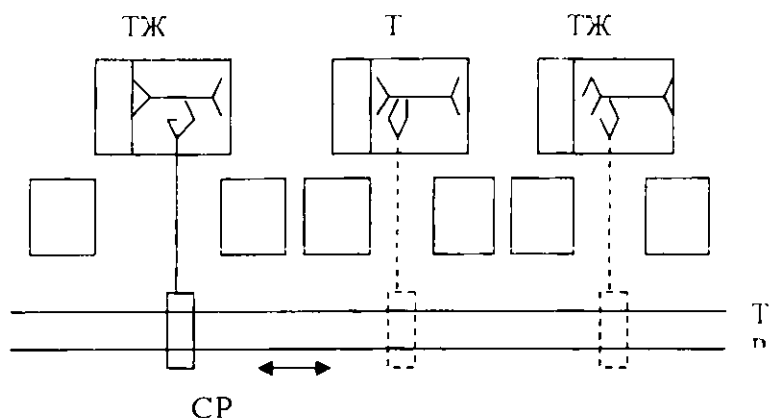
5.11 - расм. РТК нинг чизиқли жойлаштирилиш схемаси.

Бу ерда; МЗ-хом маҳсулотни доналаб бериб турувчи магазин.

Бундай комплекслар роботларни бошқаришнинг марказлашган ёки марказлашмаган системасига эга бўлишлари мумкин. Комплекснинг барча уя (ячейка)лари ишчи операциялар ва салт юришлар кетма-кетлигининг берилган программасини таъминлаб, ягона ритмда, синхрон тарзда ишлайдилар. Бундай системалар энг арзон қийматли ҳисобланади. Бироқ, ўз навбатида, улар асосий технологик жиҳоз-ускуналарни бир-бирига нисбатан ўзаро қатъий аниқланган даражада жойлаштиришни талаб қилади.

Яна ҳам мураккаброқ РТКларга шундай комплексларни киритиш мумкинки, уларда уялараро транспорт алоқалари махсус транспорт қурилмалари - транспортёрлар, баъзида эса саноат роботлари томонидан амалга оширилади.

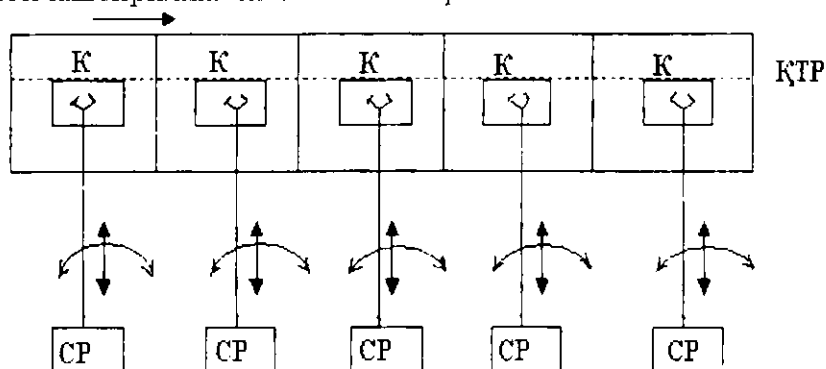
Механик ишлов берувчи ва қўзғалувчи саноат роботли роботлаштирилган технологик линия схемаси қуйида 5.2-расмда келтирилган.



5.12 - расм. Қўзғалувчан роботли РТЛ схемаси.

Бу ерда: ҚСР - қўзғалувчан саноат роботи, М-магазин, ТР-Саноат роботининг ҳаракат чизиғи (трассаси)

Қуйида 5.13 -расмда йиғув РТЛ нинг чизиқли жойлаштирилиш схемаси келтирилган:



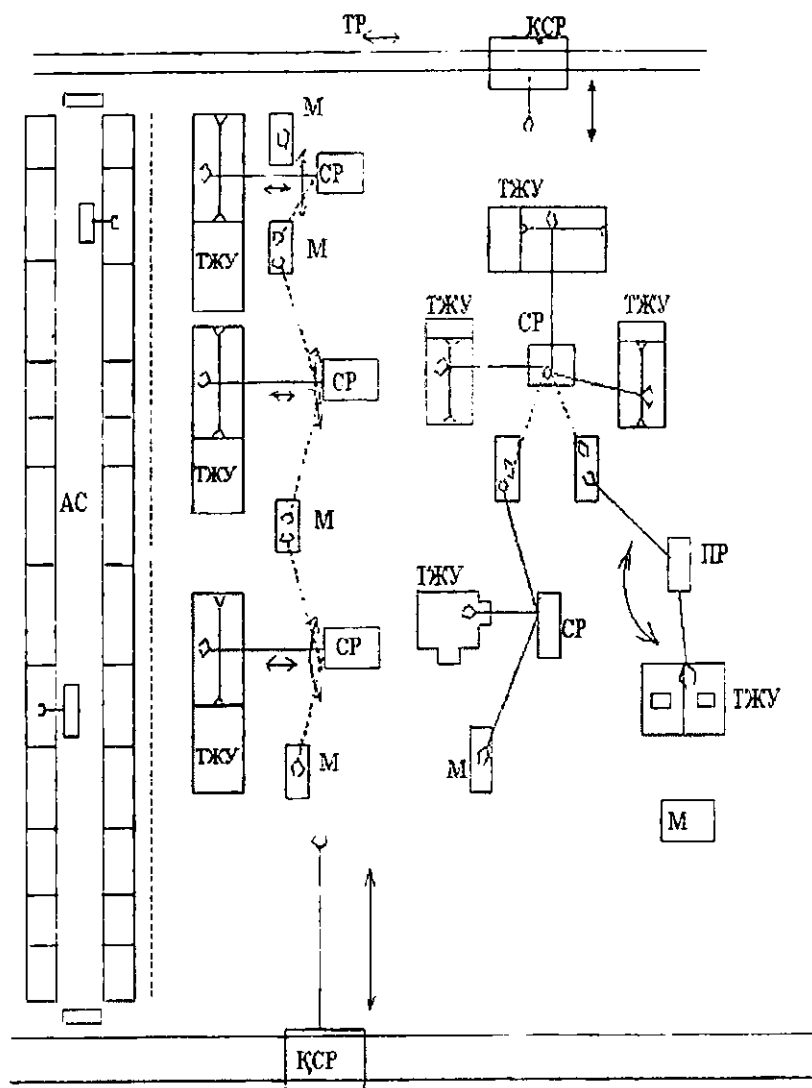
5.13-расм. Йиғув РТЛ нинг чизиқли жойлаштирилиш схемаси.

Бу ерда: ҚТР-қадамли транспортёр; К-кассеталар.

Бу ерда йиғув операцияларини бир иш жойидан иккинчи иш жойига йиғув объектлари билан биргаликда силжувчи қадамли транспорт конвейеридан фойдаланган ҳолда саноат роботи бажаради.

Бунда саноат роботи асосий операцияни бажаради.

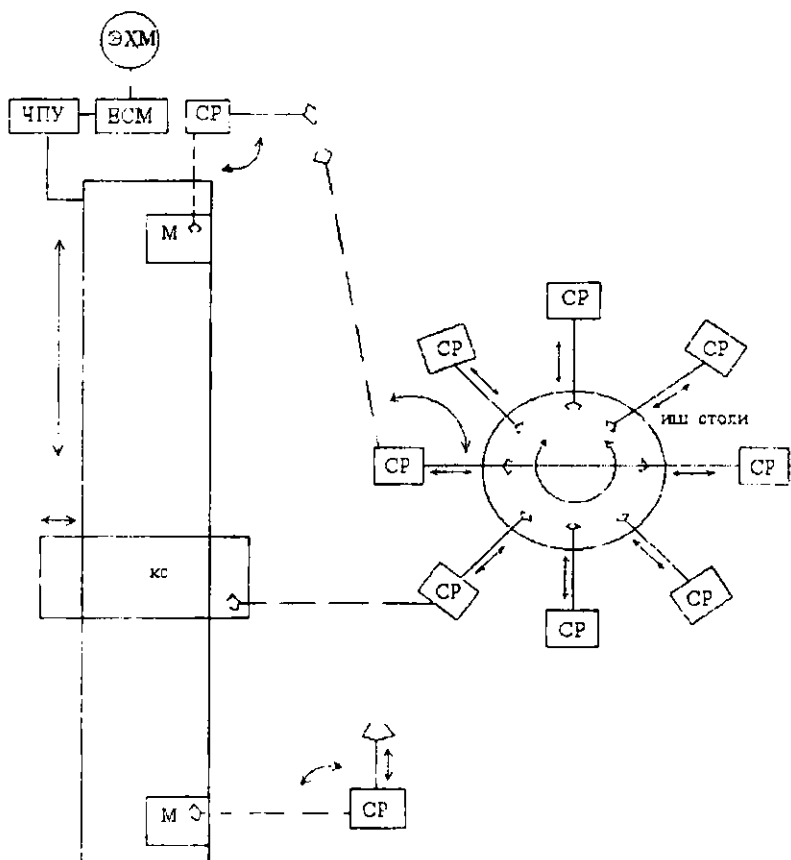
Қуйида РТКнинг чизиқли-айланали жойлаштириш схемаси келтирилган(5.14 - расм).



5.14 - расм. Роботлаштирилган технологик комплекснинг чизиқли айланили жойлаштирилиш схемаси.

Бундай РТКлардан механик қайта ишлов бериш цехларида фойдаланилади. Саноат роботи технологик жиҳоз-ускунага хизмат кўрсатиш бўйича ёрдамчи операцияларни бажаради.

Қуйида (5.15-расм) роботлаштирилган йиғув бўлинмасининг айланали жойлаштириш схемаси келтирилган.



5.15 - расм. РТКнинг айланали жойлаштирилиш схемаси.

#### **5.4. Йиғув робототехник комплекслари. Робототехник комплекслар ёрдамида йиғув операцияларини автоматлаштириш.**

Йиғув операцияларини механизациялаш даражаси 25 - 40%, автоматлаштириш даражаси эса 5 - 7% дан ошмайди. Саноат роботлари ёрдамида автоматик тарзда йиғув жараёнини амалга ошириш қуйидаги босқичларга бўлинади:

1. Деталларни турли қурилмаларда жамлаш (пакетларда, бункерларда, кассеталарда ва бошқаларда).
2. Робот томонидан йиғув асбоби ёрдамида деталларни қисқичлаб олиш.
3. СР ёрдамида йиғув позициясига ва йиғув позициясидан жамлаш позицияларига ташиш (транспортлаш).
4. Йўналтириш
5. СР ёрдамида деталларни улаш.

Робототехник йиғув системаларини қуришнинг 3 хил концепцияси мавжуд:

1. Бутун йиғув операцияси элементар операцияларга ажратилади. ҳар бир элементар операция тор маънодаги махсус робот томонидан бажарилади.
  2. Йиғув саноат роботи комплекс марказида жойлаштирилади. Унинг атрофида турли ёрдамчи жиҳоз - ускуналар деталларнинг етарли захираси билан ўрнатилади.
  3. Бутун йиғув жараёни элементар операциялар гуруҳларига ажратилади. ҳар бир гуруҳдаги элементар операцияларни бажариш учун махсуслашган роботдан фойдаланилади. Барча СР лари устидан бошқариш учун марказий бошқарув ЭҲМ идан фойдаланилади.
- Машинасозликдаги буюмларни автоматик ҳолда йиғишда фойдаланиладиган СР лари асосий ва ёрдамчи операцияларни , яъни деталлар ва буюмларни

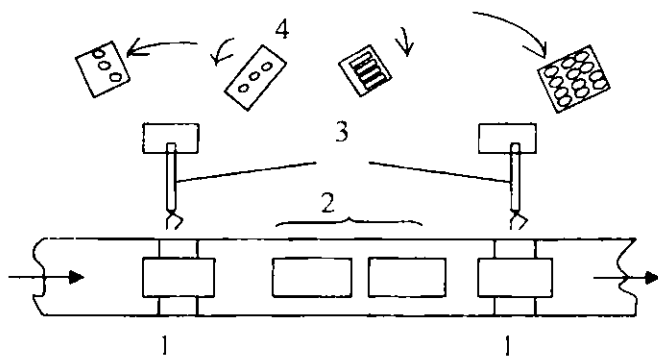
бирлаштириш ва таниш каби операцияларни бажарадилар.

Бирлаштириш операцияси учун СР лари қисқичларидан, йиғув асбобидан ва мосламалардан фойдаланадилар. Деталлар жамлагичлари, СР лари, транспорт, технологик, назорат ва бошқа жиҳоз - ускуналар йиғув РТК ларини ташкил этадилар. Структуравий аломатларига кўра йиғув РТК лари бир позиционли ва кўппозиционли турларга бўлинади. Биринчи турдаги РТК ларда йиғув жараёни операциялари ириклантириладиган бўлса, иккинчи турдагиларда эса улар майдалантирилган. РТК жойлаштирилиши йиғув бирлигидаги деталлар сони, ўлчамлари, массалари, йиғилаётган буюмлар номенклатурасига боғлиқдир.

Йиғувда ишлатиладиган СР ларининг конструктив хусусиятларига қуйидагилар киради:

1. Йиғув асбоблари ва қисқичларини автоматик тарзда алмаштириш имконияти мавжудлиги.
2. Ижро бўғинлари силжиши тезлигининг кенг диапазоналиги.
3. Деталларни бирлаштириш ва қисқичланга доир аниқ шароитларга мослашиш.
4. Йиғув сифатини назорат қилиш.
5. Позициялашнинг юқори аниқлиги.

Қуйидаги расмда деталлар магазинидан буфер сифатида фойдаланишни кўрсатувчи схема келтирилган.



5.16 - расм. Деталлар магазинидан фойдаланиш схемаси.

Бу ерда: 1- ишчи станция; 2- буфер - магазин; 3- роботлар; 4- деталлар магазини.

### **Йиғув роботлари ва комплекслари.**

Йиғув операцияларида қўлланиладиган роботлар 4 та функционал гуруҳларга бўлинадилар:

1. Деталларни ташиш, йиғув бирликларини юклаш ва тушириш учун қўлланиладиган ёрдамчи роботлар. Роботларнинг бундай операциялар учун қўлланилиши узатиб турувчи қурилма конструкциясини соддалаштиради.

#### **2. Изоляцияланган йиғув машинаси.**

Одатда содда роботлар қўлланилади ва улар мураккаб бўлмаган йиғув операциялари (позиционирлаш, деталларни ўтказиш ва шунга ўхшаш) ни бажарадилар.

3. Йиғув маркази - кичкина серияли ишлаб чиқаришда деталларни йиғиш учун қўлланилади. Бундай йиғув маркази деталларни операциялараро ташиш вазифасини бажармайди.

Мураккаб операциялар бир жойда иккита ёки ундан ортиқ саноат роботлари томонидан бажарилади. Бундай роботлар қисқични ва асбобни автоматик тарзда алмаштира оладилар.

4. Роботли мослашувчан йиғув линиялари. Улар ўрта серияли буюмлар модификацияси сони талайгина бўлган ишлаб чиқаришдаги йиғув ишларини (масалан, печат платаларини йиғиш, магнитофон, электроустара ва бошқа шунга ўхшашларни йиғиш) автоматлаштириш учун қўлланилади.

Фойдаланиладиган турли йиғув роботлари қўзғалувчан ва қўзғалмас ва шунга ўхшаш турларига бўлинади. Уларга Тур - 10, Тур - 2,5 (Россия), УЭМ - 5 (Россия), IBMRSI (АҚШ), DEA PRAGMA (Италия) ва бошқалар қиради.

### 5.5. Йиғув операцияларини автоматлаштиришда мослашувчан роботларнинг қўлланиши.

РТКларнинг синфланишига кўра уларнинг қуйидаги турлари фарқланади:

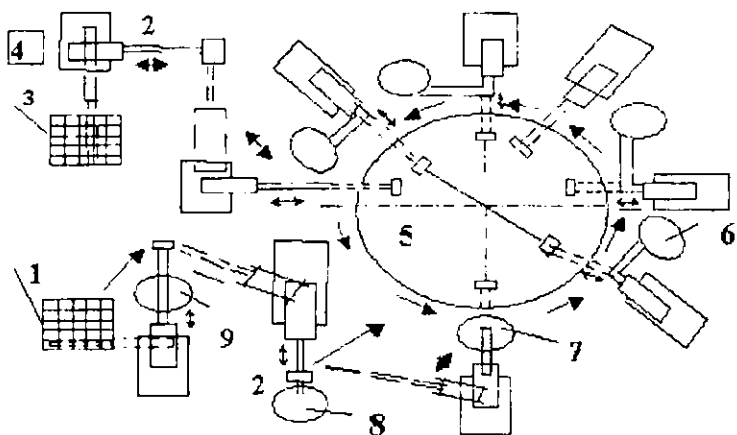
1. Таркибидаги саноат роботлари (СР) ёрдамчи технологик операцияларни бажарадиган РТКлар.

2. Таркибидаги СР ёрдамчи операцияларни ҳамда асосий технологик жиҳоз-ускуналарга хизмат кўрсатиш бўйича операцияларни бажарадиган РТКлар.

Биринчи турдаги РТКларга йиғув, пайвандлаш, бўёқлаш, жилвирлаш, тозалаш, назорат қилиш, транспортлаш РТКлари ва ҳоказолар киради.

Иккинчи турдаги РТКларга тоғ - кончилик ишларида қўлланиладиган бурғулаш РТКлари, металлургияда қўлланиладиган ёнгинбардош таянчларни монтаж қилувчи РТКлар, енгил ва озиқ - овқат саноатида донали маҳсулотни қадоқлаш РТКлари, тиббиётда қўлланиладиган микрожарроҳлик РТКлари ва ҳоказолар киради.

Мослашувчан роботларнинг программавий роботлар ўрнида қўлланилиши йиғув РТКларининг функционал имкониятларини кенгайтиради. Шундай РТКларнинг намунаси сифатида радиоприёмникларнинг ғалтакларини йиғувчи РТКларни келтирамиз (5.17 расм).



5.17 - расм. Мослашувчан роботли РТК.

Бу ерда: 1- юкловчи қурилма, 2- оралиқ қурилма, 3- юк туширувчи қурилма, 4 - гуруҳли бошқарув қурилмаси, 5- роторли стол, 6- юклаш қурилмаси, 7- тозалаш ваннаси, 8- пайвандлаш ваннаси, 9- флюслаш ваннаси.

Бу РТК таркибидаги СР қуйидаги операцияларни бажаради:

- ғалтаклар ва кассеталар каркасларини танлаш;
- чулғамлар учларини флюслаш;
- учларни пайвандлаш;
- учларни махсус эритмада ювилгандан сўнг сувда ювиш;
- каркасларни бурилувчи столга қўйиш ва ўрнатиш;
- ҳалқаларни кийдириш;
- буксаларни бураш;
- ўзакларни бураб маҳкамлаш;

- экранни кийдириш;
- галтакни маркерлаш;
- кассетага тайёр галтакни ўрнатиш-жойлаш.

РТКдаги механик мослаштириш қурилмалари сифатида вибромодуллар хизмат қилади ва улар деталларни автоматик излаш жараёнини бажарадилар.

Деталларни автоматик тарзда йуналтириш, жамлаш ва доналаб жўнатиб туриш учун вибробункерли юклаш қурилмаси хизмат қилади.

Мослашувчан гуруҳли бошқарув микроЭХМ томонидан амалга оширилади.

МикроЭХМ қуйидаги функцияларни бажаради:

1. Йиғув жиҳоз - ускунаси ишини назорат қилиб боради.
2. Ижро механизмлари ҳаракатлари программаларига тезкорлик билан тузатишлар киритади.
3. Тактил датчиклардан келган информацияни қайта ишлаб беради.
4. Йиғув позицияларида деталларнинг бор-йўқлигини ҳамда йиғув сифатини назорат қилиб боради.

Жараённинг эпчиллигини, мослашувчанлигини ва унумдорлигини ошириш учун бир nechта РТК қўлланилиши мақсадга мувофиқдир. Эта РТК базасида радиоприёмниклар галтакларини ўраш, йиғиш ва тахлаш учун эпчил-мослашувчан автоматик бошқаруви (Г'АУ - гибкое автоматическое управление) яратилган. Унинг ёрдамида эришилган унумдорлик - йилига ишлаб чиқариладиган 2,5 млн. галтак билан ўлчанади. РТКларда оптик ва тактил (тегиниш) датчиклардан фойдаланилади. Улар бошқарув системасини зарур информация билан таъминлайдилар.

## **5.6. Механик ишлов бериш РТКлари**

Ишлаб чиқаришни автоматлаштиришни, ишлаб чиқаришдаги конструкциялар ва СРлари конструкцияларини ривожлантириш йўналишларини ўрганиб чиқиш шуни кўрсатадики, СРларининг РТКлардаги функциялари кенгайиб бормоқда. Замонавий ишчи автоматик комплекс таркибидаги станокларга кўрсатиладиган барча турдаги хизмат операцияларининг тахминан 60% ни бажаради. Яқин келажақда бажариш учун ишчиларга операцияларнинг 20%, саноат роботларига эса аввалги 20% ўрнига 50% қолади.

**РТКларда ишлов беришга мойил деталларнинг таҳлили.**

Автоматлаштирилган РТКларда механик ишлов беришга мойил деталларнинг хилма-хиллиги (номенклатураси) қуйидаги омиллар билан аниқланади:

1. Деталларнинг конструкциявий параметрлари билан.
2. Ишлов беришга келиб тушаётган хом маҳсулот (заготовка)нинг таркиби ва кўриниши ҳамда тури билан.
3. Деталга қўйилаётган техник талаблар билан.
4. Деталнинг массаси ва габаритлари билан.

РТКлар таркибидаги СРларини танлашда СРларининг юк кўтариш қobiliяти ҳамда деталларнинг массаси ҳал қилувчи омиллардан ҳисобланади.

РТКларда СРларидан фойдаланишда уларни 1кг дан 500кг гача бўлган деталлар учун қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Механик ишлов бериш РТКларини серияли ишлаб чиқариш шароитлари учун яратишда деталларни гуруҳлаб ишлов бериш, технологик жараёнларни типларга ажратиш ва технологик жихоз-ускуналарни танлаш асосида яратиш мақсадга мувофиқдир.

Механик ишлов бериш РТКларида СРлари кесувчи асбоб емирилганида ёки бошқа деталга ишлов беришга ўтилганда, айниқса махсус саноат роботларидан фойдаланиладиган сонли программий бошқаришли станокларда, шу кесувчи асбобни алмаштиришни бажариши керак.

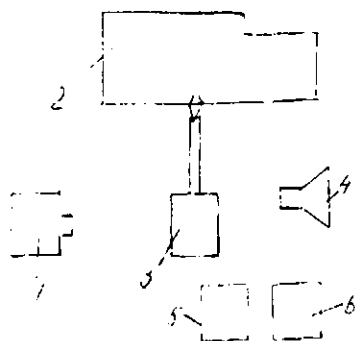
## Станоклар гуруҳига хизмат кўрсатувчи РТКлар.

Роботлаштирилган ишчи позиция схемаси 19-расмда келтирилган. Роботлаштирилган ишчи позицияси ёки мослашувчан (эпчил) ишлаб чиқариш модулининг намунавий схемаси қуйидагилардан иборат :

1- узатиб турувчи қурилма ; 2- станок ; 3- саноат роботи ; 4- олиб турувчи қурилма ; 5- СР нинг бошқариш қурилмаси; 6- ишлаб турган жиҳоз -ускунани бошқариш қурилмаси .

РТКни жойлаштиришда қуйидагиларни эътиборга олиш зарур:

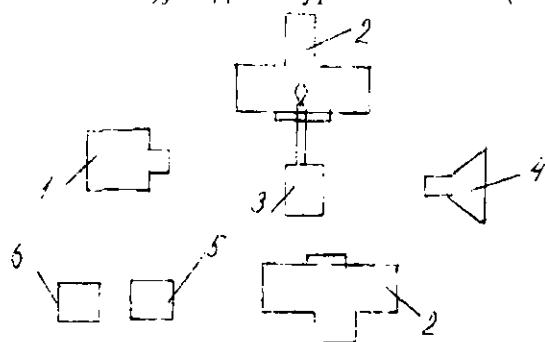
1. Саноат роботини ўқитиш жараёнида оператор меҳнатини муҳофазалаш бўйича талаблар .
2. Жиҳоз асбобини алмаштириш бўйича талаблар.
3. Жиҳозга техник хизмат кўрсатиш бўйича талаблар.
4. Жиҳозга эркин ва бемалол яқинлашишни режалаштиришдаги талаблар



5.18 - расм. Роботлаштирилган ишчи позиция схемаси.

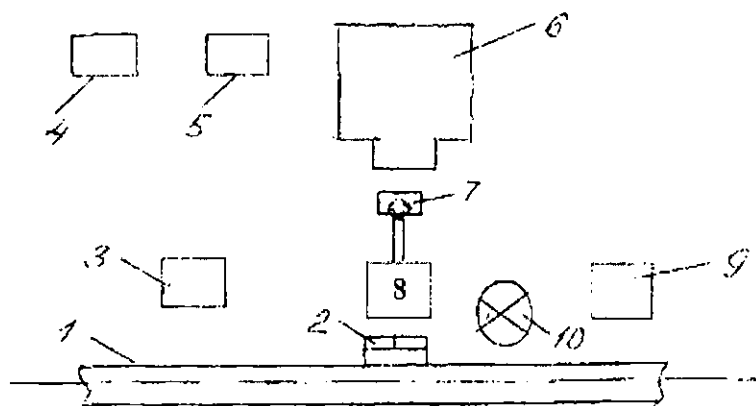
Бу ерда: 1-узатиб турувчи қурилма; 2 - станок; 3 - саноат роботи; 4-олиб турувчи қурилма; 5- СРнинг бошқариш қурилмаси; 6 - дастгоҳ (станок)ни бошқариш қурилмаси.

Робототехник бўлинмаларнинг намунавий жойлашinishи қуйидаги кўринишга эга (5.19-расм.).



5.19 -расм. Робототехник бўлинмаларнинг намунавий жойлашinishи.

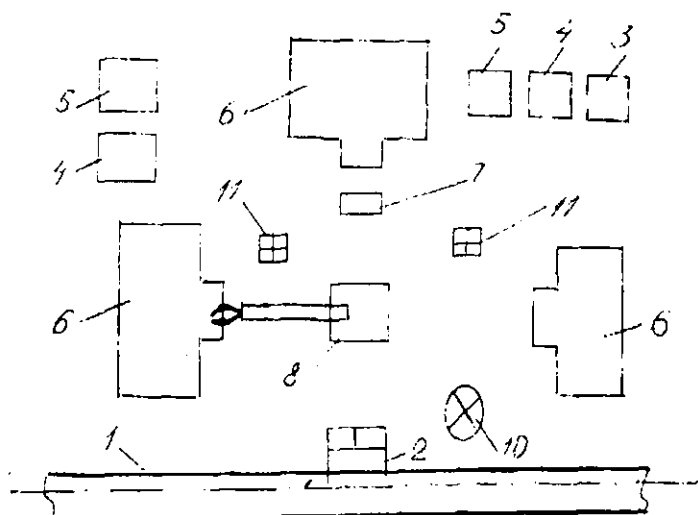
ЭХМ орқали бошқариладиган саноат роботи ва сонли программалаш бошқаруви 5.20 - расмда келтирилган.



5.20 - расм. Сонли программали бошқариладиган робототехник бўлинмаларнинг структура схемаси. Бу ерда: 1- транспортли омбор системаси; 2- қабул столи; 3- саноат роботи бошқариниш қурилмаси;

4- ёрдамчи жиҳоз-ускуна бошқариш қурилмаси;  
 5- сонли программали бошқариш қурилмаси; 6- асосий  
 жиҳоз-ускуна; 7- йўналтирувчи қурилма; 8- саноат роботи;  
 9- ювувчи машина; 10- магазин.

Пол устида жойлаштириладиган стационар турдаги  
 СРдан фойдаланадиган робототехник бўлинма схемаси  
 5.21 - расмда келтирилган.

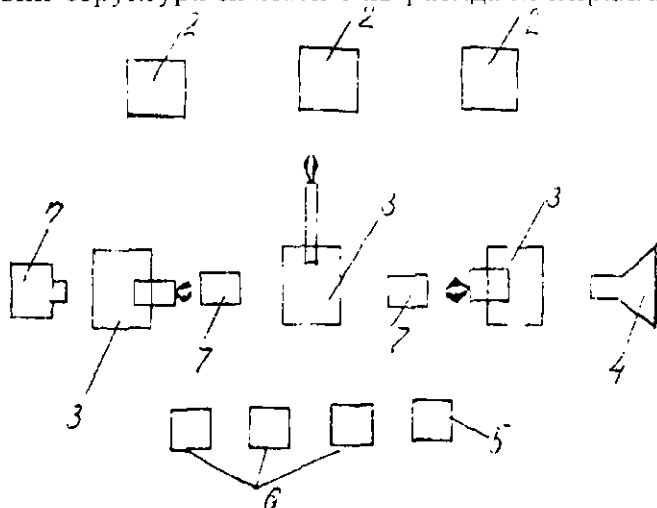


5.21 - расм. Пол устида жойлаштириладиган саноат  
 роботли бўлинма схемаси.

Бу ерда: 1- транспортли омбор системаси; 2- қабул  
 столи; 3- СР бошқарув системаси; 4- ёрдамчи жиҳоз-ускуна  
 бошқарув қурилмаси; 5- сонли программали бошқариш  
 қурилмаси; 6- станоклар; 7- йўналтирувчи қурилма;  
 8- саноат роботи; 9-, 10- магазинлар;

11- жамлагич.

Саноат роботли автоматлаштирилган линия учун намунавий структура схемаси 5.22-расмда келтирилган.



5.22 - расм. Саноат роботли автоматлаштирилган линия структура схемаси.

Бу ерда: 1- бирламчи жамлагич; 2- станоклар; 3- саноат роботи; 4- охирги жамлагич; 5- саноат роботи билан автоматлаштирилган линия орасидаги ўзаро алоқаларни таъминловчи бошқариш системаси; 6- СР бошқариш системаси.

### 5.7. ТЕМИРЧИЛИК - ПРЕССЛАШ ОПЕРАЦИЯЛАРИДА ИШЛАТИЛАДИГАН РТК лар.

Совуқ штамплани автоматлаштириш ва иссиқ штамплани прессларига хизмат кўрсатиш соҳалари темирчилик - қуюв ишлаб чиқаришида саноат роботларининг ишлатиладиган асосий соҳалари ҳисобланади.

Совуқ штампланда РТК ларда қуйидаги технологик операциялар бажарилади:

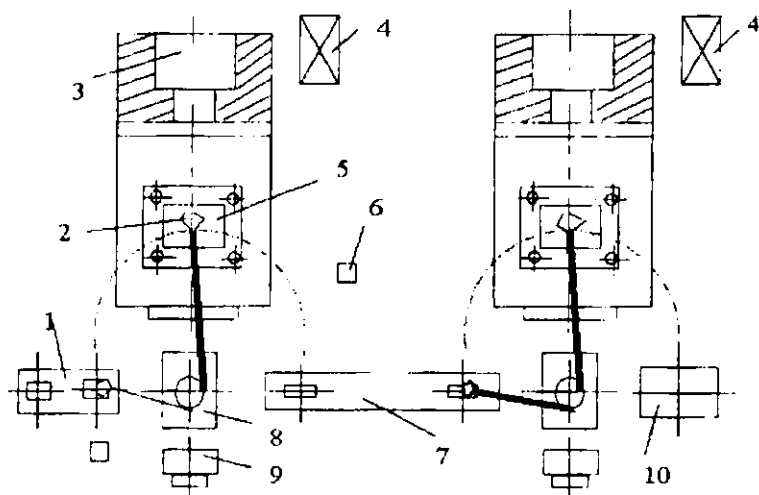
Магазинда жойлаштирилган хом маҳсулотни узатиб туриш; хом маҳсулотни дастлабки бошланғич позициядан қисқичлаб олиш ва пресснинг ишчи зонасига олиб ўтиш; штампга хом маҳсулотни жойлаш; буюмни штамплаш; штампланган буюмни пресснинг ишчи зонасидан олиб чиқиш; буюмни тарага ташлаш.

Совуқ штамплашда ишлатиладиган саноат роботлари қуйидаги хусусиятлари билан ажралиб туради: битта ёки кўпинча 2 та қўлга эга бўлади; позиционирлаш хатолиги  $+0,1 - 0,5$  мм ни ташкил этади; саноат роботини асосий ва ёрдамчи жиҳоз - ускуналар билан бирлаштириш имконияти мавжуд.

### Совуқ штамп РТК лари.

Совуқ штамплаш РТК лари сифатида 2 та роботли роботлаштирилган линияни келтирамыз.

2 та “Циклон-ЗБ” саноат роботи роботлаштирилган линия структураси 5.23-расмда келтирилган.



5.23 - расм. Роботлаштирилган совуқ штамплаш линиясининг схемаси.

Бу ерда: 1- узатиб турувчи курилма; 2- қисқич;  
3- пресс; 4- прессинг бошқариш курилмаси; 5- штамп;  
6- назорат датчиги; 7- узатувчи курилма; 8- саноат  
роботи; 9- бошқариш системаси; 10- тара.

### **Иссиқ штамплаш РТКлари. Иссиқ штамплаш РТКларига хизмат кўрсатиш. Термик ишлов бериш РТКлари.**

Иссиқ қолиплаш операцияларининг кўпчилигида  
роботларнинг татбиқ қилиниши темирчилик пресслаш  
цеҳларидаги иш шaroитлари ва маҳсулот сифатини  
назорат қилиб бориш ҳамда хавфсизликни таъминлаш  
билан боғлангандир. Темирчилик пресслаш цеҳларидаги  
иш шaroитлари энг оғирларидан ҳисобланади.

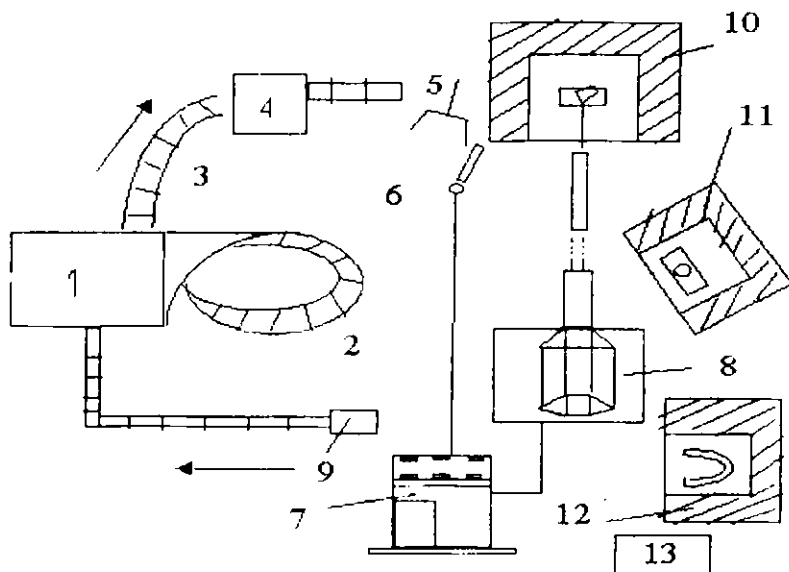
Асосан «ЦИКЛОН-5», «УНИВЕРСАЛ-1503»  
роботлари ишлатилади. 4-6 ҳаракатланиш даражалари  
сонига эга бўлган роботлар қўлланилади.

Иссиқ штамплаш РТКнинг структура схемаси  
5.24-расмда кўрсатилган. Иссиқ штамплаш РТКси  
қуйидагича ишлатилади:

Бункер 1 дан хом маҳсулотлар йўналтирувчи  
курилма 2 га узатиб турилади. Йўналтирувчи  
курилманинг вазифаси хом маҳсулотни транспорт  
конвейери 3 да олдиндан берилган ҳолатда  
жойлаштиришдан иборатдир. Конвейер бўйлаб ҳаракат  
қилган хом маҳсулотлар қизитиш печи 4 га келиб тушади.  
Сўнгги курилма 5 да фиксация қилинади. Бу ерда датчик  
6 ёрдамида хом маҳсулотнинг ҳарорати ўлчанади.  
Бошқариш курилмаси 7 да ўлчанган ҳарорат қийматини  
берилган қиймат билан таққослайди. Агар ҳароратлар  
фарқланиши рухсат этилган нормадан ошса, бошқариш  
курилмаси робот 8 га шундай программани етказди  
(хабар беради)ки, унга кўра робот детални фиксирловчи  
курилмадан олади ва хом маҳсулот бункерга жўнатилади.

Агар ҳароратлар фарқланиши рухсат этилган  
нормада бўлса, роботга бошқариш курилмаси бошқа  
программани етказди, унга кўра робот қиздирилган хом  
маҳсулотни олади ва уни навбати билан пресслар 10,11 да

ва қолиплашдаги қирраларни кесиш қурилмаси 12 да ўрнатиш ва улардан олиш операцияларини бажаради, сўнгра тайёр бўлган детални бункер 13 га отиб ташлайди.



5.24 -расм. Иссиқ шгамлаш РТКси

Бу ерда: 1-бункер, 2-узатувчи ва йўналтирувчи қурилма, 3- транспорт конвейери, 4-қиздириш печи, 5-фиксированная қурилма, 6-датчик, 7- бошқариш қурилмаси, 8- робот, 9- қайтариш транспортери, 10,11-пресслар, 12-қолиплаш қирраларини кесувчи қурилма, 13-тайёр маҳсулот бункери.

### Адабиётлар:

1. Юревич Е.И., Аветисов Б.Г. и др. Устройство промышленных роботов - Л.: Машиностроение, 1980. - 333с.
2. Зенкевич С.А. Управление роботами. М.: Изд. МГТУ, 2000. - 456 с.
3. Белянин П.Н. Промышленные роботы - М.: Машиностроение. 1985. - 180с.
4. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник - М.: Машиностроение, 1985. - 392с.
5. Шахинпур М. Курс робототехники. Пер. с англ. - М.: Мир. 1990. - 527с.
6. Ямпольский Л.С. и др. Промышленная робототехника - К.: Техника, 1984. - 264с.
7. Накано Э. Введение в робототехнику. Пер. с япон. - М.: Мир, 1988. - 384с.
8. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 624с.
9. Макаров И.М. и др. Робототехника и гибкие автоматизированные производства - М.: Высшая школа, 1986. - 159с.
10. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. В 14 - книгах. Кн. 5: Царенко В.И. Промышленные роботы / Под ред. Чернаковой Б.И. - М.: Высшая школа, 1990. - 94с.
11. Робототехника / Под ред. Попова Е.П. Серия АМ и РС. - М.: Машиностроение, 1984. - 288с.
12. Хасанов П.Ф., Назаров Х.Н. Мобильные робототехнические системы - Ташкент.: ТашПИ, 1988. - 90с.
13. Назаров Х.Н., Жўраев Р. Робототехник системалар/ Тошкент.: ТошДТУ, 2004. - 50б.
14. Хасанов П.Ф., Киселев О.Д. Адаптивные роботы и системы технического зрения: Учебн. пособие. Ташкент: ТашПИ, 1986. - 86 с.
15. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы. Л.: Машиностроение, 1988. - 332 с.
16. Юревич Е.И. Основы робототехники. Ленинград: Машиностроение. Ленингр. отд., 1985.

## МУНДАРИЖА

|                                                                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Кириш.....                                                                                                              | 3         |
| <b>1-боб. Саноат роботлари ҳақида умумий маълумотлар.....</b>                                                           | <b>4</b>  |
| 1.1. Роботлар ва манипуляторлар.....                                                                                    | 4         |
| 1.2. Саноат роботи ва унинг структураси.....                                                                            | 13        |
| 1.3. Саноат роботларининг техник характеристикалари.....                                                                | 17        |
| 1.4. Саноат роботининг модуль қурилиш принципи.....                                                                     | 18        |
| <b>2-боб. Саноат роботларининг механик системаси.....</b>                                                               | <b>22</b> |
| 2.1. Саноат роботининг кинематикаси.....                                                                                | 23        |
| 2.2. Манипуляторларнинг кинематик компоновкалари.....                                                                   | 30        |
| 2.3. Манипуляторларнинг конструктив хусусиятлари.....                                                                   | 33        |
| 2.4. Роботларнинг ишчи органлари.....                                                                                   | 34        |
| 2.5. Ҳаракатланиш қурилмалари.....                                                                                      | 37        |
| <b>3-боб. Саноат роботларининг юритмалари.....</b>                                                                      | <b>39</b> |
| 3.1. Роботнинг пневматик юритмаси.....                                                                                  | 42        |
| 3.2. Роботнинг гидравлик юритмаси.....                                                                                  | 44        |
| 3.3. Роботларнинг электрик юритмаси.....                                                                                | 46        |
| 3.4. Роботларнинг кўлkoordinатали юритмалари.....                                                                       | 49        |
| <b>4-боб. Саноат роботларини бошқариш системалари.....</b>                                                              | <b>52</b> |
| 4.1. Бошқариш системаларининг синфланиши.....                                                                           | 52        |
| 4.2. Роботларни программали бошқариш системалари.....                                                                   | 55        |
| 4.3. Роботларнинг информацион системалари.....                                                                          | 61        |
| <b>5-боб. Робототехник тизимлар ва комплекслар (РТК).....</b>                                                           | <b>64</b> |
| 5.1. Робототехник комплексларнинг синфланиши.<br>РТК ларнинг асосий турлари.....                                        | 67        |
| 5.2. Саноат роботларининг робототехник комплексларда<br>қўлланилишининг асосий схемалари.....                           | 71        |
| 5.3. Робототехник комплексларни жойлаштириш.<br>РТК ларни жойлаштиришнинг турлари.....                                  | 78        |
| 5.4. Йиғув робототехник комплекслари. Робототехник<br>комплекслар ёрдамида йиғув операцияларини<br>автоматлаштириш..... | 88        |
| 5.5. Йиғув операцияларини автоматлаштиришда<br>мოსлашувчан роботларнинг қўлланилиши.....                                | 91        |
| 5.6. Механик ишлов бериш РТКлари.....                                                                                   | 94        |
| 5.7. Темирчилик - пресслаш операцияларида<br>ишлатиладиган РТК лар.....                                                 | 98        |
| Адабиётлар.....                                                                                                         | 102       |

Назаров Хайриддин Пуритдинович

Робототехника асослари

Муҳаррир: Ботирбскова М.М

Босишга рухсат этилди 23.12.2005 й. Бичими 60x84 1/16.

Шарғли босма табағи 6,5. Нусхаси 50 дон. Буюртма № 7.

ТДТУ босмахонасида чоп этилди. Тошкент ш., Талабалар кўчаси, 54.