

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

В.М.Ніколайчук

Основи робототехніки

Навчальний посібник

Рекомендовано вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування як навчальний посібник для студентів спеціальностей „Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів ”, „Автоматизоване управління технологічними процесами”.

Рівне 2008

УДК 621.01(073)

ББК В4.4я 7-6

Рецензенти:

Костюк М.П., кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін і технологій Рівненського державного гуманітарного університету;

Бабиш Я.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри „Будівельні дорожні, меліоративні машини та обладнання” Національного університету водного господарства та природокористування

Данченков Я.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри „Електротехніки і автоматики” Національного університету водного господарства та природокористування.

Ніколайчук В.М.

Основи робототехніки:

Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2008,- 76 с

У посібнику розглянуто будову, принцип дії промислових роботів і маніпуляторів. Наведено класифікацію та технічні характеристики роботизованих комплексів, а також їх системи керування та інформаційні системи; розглянуті приклади гнучких автоматизованих виробництв та перспективи розвитку робототехніки.

Призначений для студентів спеціальностей „Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів ”, „Автоматизоване управління технологічними процесами”. Посібник також може бути корисним студентам та фахівцям, навчання і діяльність яких пов'язані з експлуатацією промислових роботів і маніпуляторів.

УДК 621.01(073)

ББК В4.4я 7-6

© Ніколайчук В.М., 2008

© НУВГП, 2008

Передмова

Знання конструкцій машин автоматичної дії, які забезпечують підвищення продуктивності праці вимагає від майбутнього інженера-механіка засвоєння курсу „Основи робототехніки”. Для успішного засвоєння цього курсу необхідно забезпечити студентів сучасною технічною літературою. Однак нині відсутні підручники та навчальні посібники з даної дисципліни.

Запропонований навчальний посібник написаний на основі багатолітнього досвіду викладацької та наукової роботи автора на кафедрі теплоенергетики і машинознавства університету і відповідає робочій програмі курсу підготовки студентів з напрямків „Машинобудування”, „ Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Посібник складається із вступу та 14 розділів. У першому розділі наведено мету та завдання курсу, основні поняття і визначення в робототехніці.

В другому розділі розглянуто класифікацію промислових роботів та їх структуру. Будову, принцип дії і класифікацію маніпуляторів викладено в третьому розділі. В четвертому розділі розглянуто конструкції промислових роботів та їх структурні схеми. У п'ятому розділі наведено будову, класифікацію, принцип роботи захватних пристроїв маніпуляторів, викладено методику розрахунку захватних пристроїв маніпуляторів. В шостому розділі розглянуто класифікацію приводів та елементи автоматики. Усьомому розділі наведені системи керування та інформаційні системи промислових роботів. В восьмому розділі розглядаються питання точності позиціонування промислового робота. Мікропроцесорні пристрої в сенсорних системах промислових роботів розглянуті в дев'ятому розділі. В десятому розділі розглянуто класифікацію гнучких автоматизованих виробництв. В одинадцятому розділі приділено увагу будові роботизованих технологічних комплексів. В дванадцятому розділі розглянуто моделювання робототехнічних систем і гнучких автоматизованих виробництв. В тринадцятому розділі розглянуто схеми роботизованих технологічних ліній. Економічна ефективність промислових роботів та перспективи розвитку робототехніки розглядаються в чотирнадцятому розділі.

Автор висловлює щиру вдячність викладачам і співробітникам кафедри теплоенергетики і машинознавства за підтримку при роботі над навчальним посібником і студентам факультету прикладної математики і комп'ютерно-інтегрованих систем спеціальності „Автоматизоване управління технологічними процесами”, а також студентам механіко-енергетичного факультету Національного університету водного господарства і природокористування за допомогу при підготовці ілюстрованого матеріалу та оформленні посібника.

1. Вступ

1.1. Сучасний стан робототехніки. Машинобудування-провідна галузь сучасної техніки і народного господарства України в цілому. Як би не називали наш технічний вік - віком космосу, електроніки та віком атому - основою технічного прогресу були і залишаються машини.

Сучасні машини відіграють важливу роль у створенні матеріально-технічної бази, підвищенні економічного і культурного рівня народу України.

Щоб вийти з економічної кризи необхідно підвищувати ефективність виробництва, тобто треба якнайширше впроваджувати в промисловість машини автоматичної дії (промислові роботи (ПР) та маніпулятори (М)).

В середині ХХ ст. виник і сформувався новий науково-технічний напрям - робототехніка. Предметом робототехніки є дослідження і конструювання роботів та створення на їх основі автоматизованих виробництв.

Розподіл парку ПР по видам виробництв:

25% - ковальсько-пресове і ливарне;

20% - обслуговування матеріало-різальних верстатів;

11% - зварювальні операції;

10% - транспортні і складські операції;

14% - фарбувальні види робіт;

8% - обслуговування термічного обладнання;

12% - інші види робіт.

Приведена інформація відноситься до виробництв США.

1.2. Можливості робототехніки. В науково-фантастичній літературі роботів описують у вигляді людей ("Термінатор"). В теперішній час поширюється застосування роботів у сфері обслуговування, а також в інших галузях промисловості.

Промислові роботи на виробництві виконують підйомно-транспортні, зварювальні і малярні операції, обслуговують верстати і склади.

Людству представляється в майбутньому продовжити освоєння надр Землі і шельфових зон морів і океанів, вивчення морських глибин, яке неможливе без широкого застосування підводних роботів, які можуть працювати на кілометрових глибинах. Підземні роботи можуть виконувати роботи в шахтах. На долю гірників з часом залишаться тільки операції по керуванню та обслуговуванню самих роботів. Використовуються роботи в атомній енергетиці, де як відомо небезпечна для здоров'я людини обстановка в радіоактивній зоні. Відомі випадки застосування роботів при гасінні пожеж, на космічних станціях, в металургії та інших сферах.

Можливості роботів значно ширші, ніж приклади, що були наведені. Можна зробити висновок про те, що в майбутньому практично не буде таких галузей народного господарства, де не використовувалися б роботи.

Але не треба робити поспішних висновків про те, що роботи вже заповнили весь світ, що всі проблеми вже розв'язані, а людина і не потрібна на виробництві.

Ні, сьогодні руки і розум людини потрібні всюди, і, перш за все, для того, щоб будувати самих роботів, і експлуатувати їх.

Що ж це таке робот? У загальному розумінні роботи - це такий клас технічних систем, який у своїх діях відтворює подібність рушійних і інтелектуальних функцій людини.

У сферах матеріального виробництва найбільшого поширення одержали промислові роботи. ПР набули найбільш ефективного застосування в умовах частой зміни об'єктів виробництва, а також для автоматизації ручної малокваліфікованої праці.

Впровадження ПР у виробництво дає можливість розв'язувати такі завдання:

1. Здійснювати автоматизацію виробництв з малосерійним та індивідуальним випуском виробів.
2. Виконувати автоматизацію основних і допоміжних операцій технічного устаткування.
3. Підвищити культуру і якість виробництва.
4. Підвищити якість продукції.

1.3. Основні поняття і визначення. Необхідність автоматизації виробничих процесів у промисловості, які неможливо виконати з допомогою типових машин привело до створення механізмів і машин, які моделюють властивості рухомих кінцівок (рук і ніг) людини і відтворюють їх рушійні функції - це маніпулятори.

Маніпулятор (від лат. manus-рука) - це механізм, який автоматично відтворює функції руки (ноги) людини при виконанні виробничих операцій шляхом переміщення об'єкту в просторі.

Промисловий робот - автоматична машина з програмним керуванням, яка відтворює рушійні і розумові функції людини при виконанні виробничих процесів.

ПР - клас машин для обслуговування технологічних процесів та автоматизації транспортних робіт.

Вони використовуються також в гнучких автоматизованих виробництвах, на конвеєрних лініях і на складських роботах, атомній енергетиці, освоєнні світового океану, космосу та планет.

Відбувається поступове впровадження роботів у всіх галузях виробництва, що пояснюється економічною ефективністю їх використання, підвищенням продуктивності праці, зменшенням термінів пуску підприємств, підвищенням якості продукції, забезпеченням великої гнучкості технічних та організаційних завдань виробництва, а також вивільненням робітників із небезпечних і шкідливих зон виробництв.

2. Структура і класифікація промислових роботів (ПР). Основні технічні показники ПР

2.1. Структура промислових роботів.

1. Механічна система (маніпулятор);
2. Система програмного керування (ЕОМ);
3. Інформаційна система.

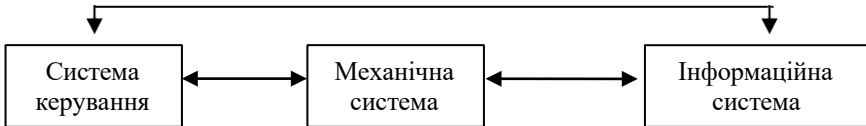


Рис. 2.1. Структура промислового робота

За ступенем досконалості і типам систем керування ПР поділяються на три покоління:

1. Перше покоління - *програмні роботи* (промислові), які працюють за жорсткими програмами і широко застосовуються в машинобудуванні.

2. Друге покоління - *адаптивні роботи*, які працюють за гнучкими програмами і змінюють характер робіт в залежності від зміни параметрів зовнішнього середовища.

3. Третє покоління - *інтелектуальні роботи* - це роботи з елементами штучного інтелекту, які повністю адаптуються, управляються від ЕОМ, розв'язують логічні задачі, самонавчаються, володіють слухом, зором, пам'яттю людини (кібернетичні машини).

2.2 Класифікація промислових роботів. Конструктивно ПР складається з таких вузлів: основа (рама), привод (двигун), передавальні механізми, виконавчий механізм і захватні пристрої.

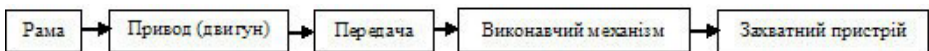


Рис. 2.2. Механічна система

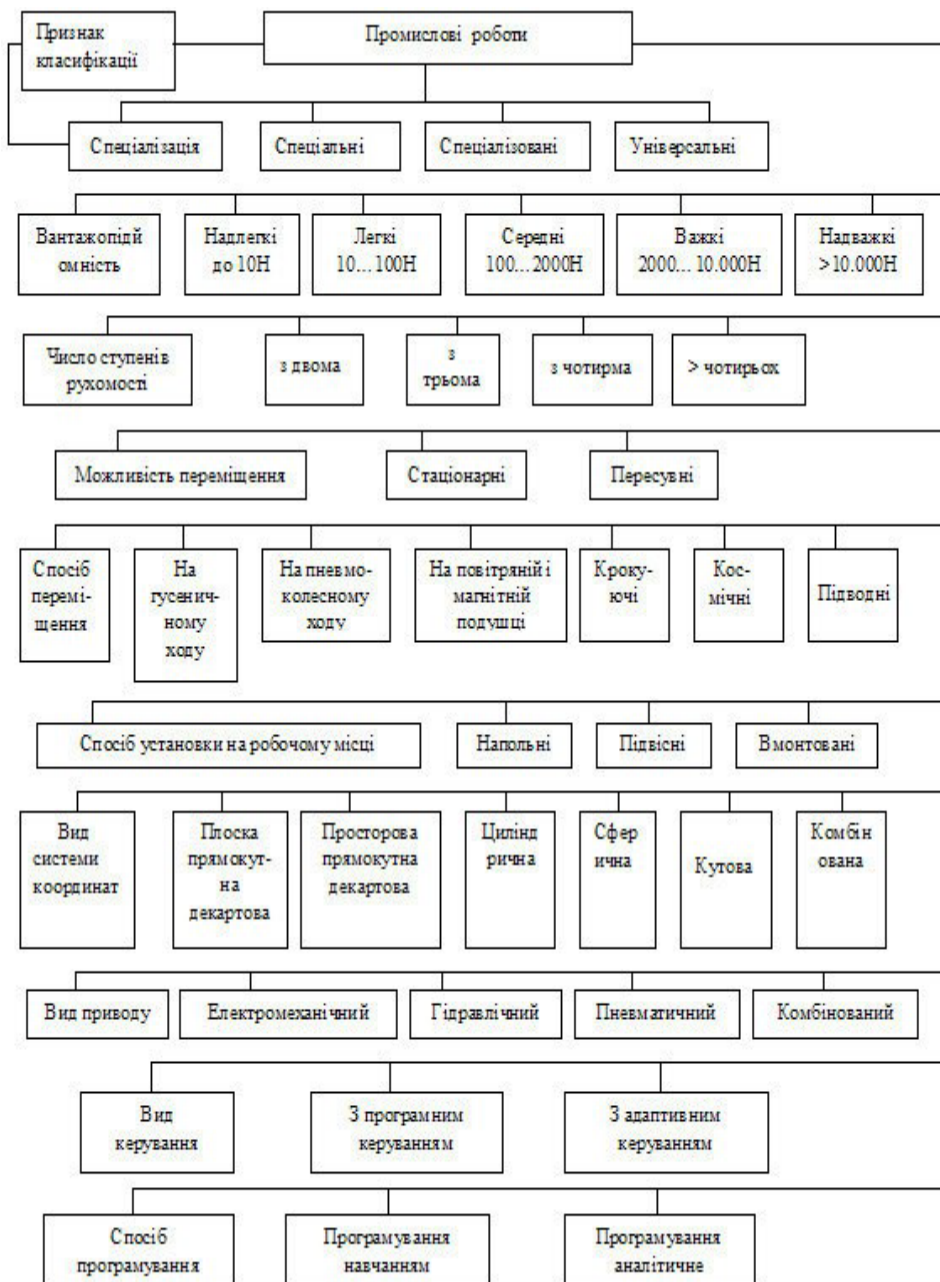


Рис. 2.3. Класифікація промислових роботів (ГОСТ 25685-83)

2.3. Основні технічні показники ПР. До технічних показників ПР відносяться: номінальна вантажопідйомність, робочий простір, зона обслуговування, число ступенів рухомості, швидкість переміщення, похибка позиціонування робочого органу і похибка траєкторії робочого органу.

Під вантажопідйомністю розуміється найбільше значення маси виробів виробництва, при якій гарантується надійна робота ПР.

Простір, в якому може знаходитися виконавчий (робочий) механізм робота при його функціонуванні називається робочим простором.

Зоною обслуговування (робоча зона) називається частина робочого простору, в якій може виконувати роботу ПР.

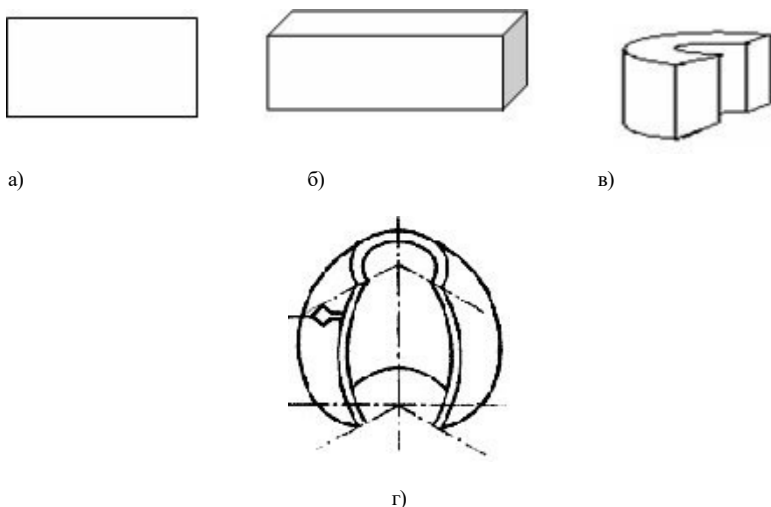


Рис. 2.4. Форми робочих зон: а) плоска; б) просторова; в) циліндрична; г) сферична

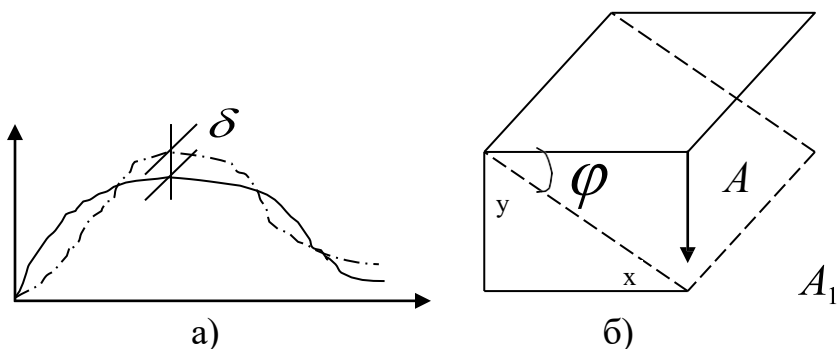


Рис. 2.5. Похибки: а) похибка траєкторії; б) похибка позиціонування

Відхилення траєкторії робочого органа від заданої програмою називається похибкою траєкторії (рис. 2.5,а).

Похибка позиціонування робочого органа ПР - відхилення реального положення робочого органа від заданого програмою (рис.2.5,б).

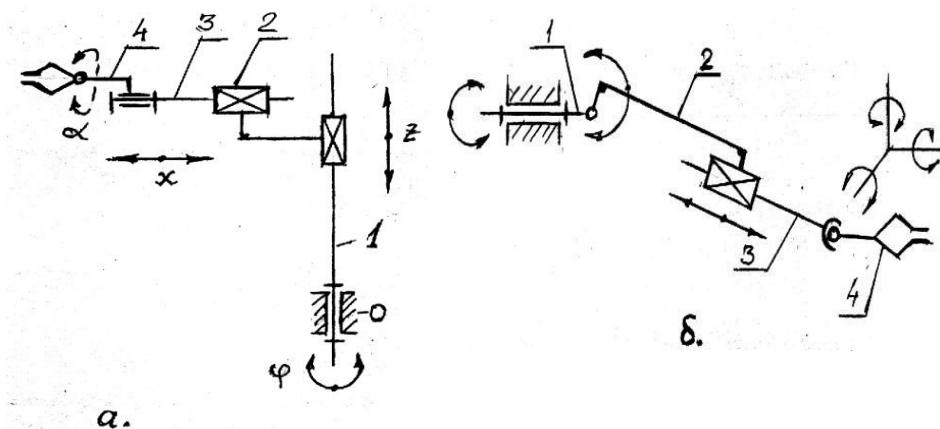


Рис. 2.6. Кінематичні схеми роботів

Число ступенів рухомості робота залежить від його конструкції ходового пристрою (від 1 до 3) і визначається по формулах:

а. $W = 6n - 5p_5 = 6 \times 4 - 5 \times 4 = 4;$

б. $W = 6n - 5p_5 - 3p_3 = 6 \times 4 - 5 \times 3 - 3 \times 1 = 6,$

де W – число ступенів рухомості;

n – число ланок;

p_5 – кількість кінематичних пар 5-го класу;

p_3 – кількість кінематичних пар 3-го класу.



3. Типи маніпуляторів

3.1. Структурні і кінематичні схеми маніпуляторів.

Механічна система ПР умовно може бути розділена на чотири структурних елементи: 1-основа (нерухома ланка); 2-корпус (портал); 3-механічна рука; 4-захватний пристрій.

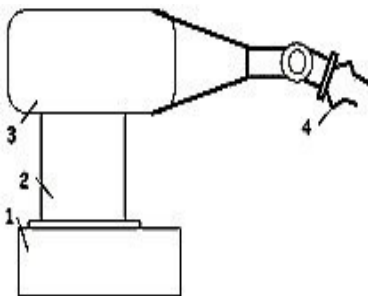


Рис.3.1. Механічна система ПР

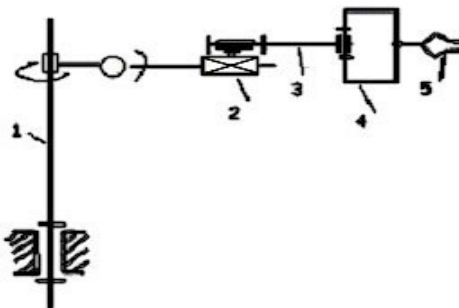


Рис.3.2. Кінематична схема маніпулятора:

- 1- плече; 4-кінцівка;
- 2- передпліччя; 5- захват.
- 3- лікоть;

Механічна рука і захватний пристрій складають маніпулятор.

Переважне застосування в маніпуляторах одержали кінематичні ланцюги з поступальними і обертовими парами; сферичні шарніри складні у виконанні і ускладнюють (заважають) передачу рухів від приводів, тому застосовуються рідко.

На рис.3.3 показані схеми маніпуляторів для одержання рухів в базовій площині:

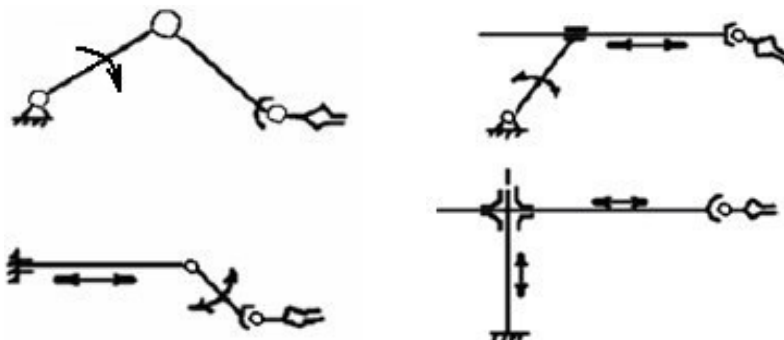


Рис.3.3. Схеми маніпуляторів

З допомогою маніпуляторів розв'язують ряд задач в різних областях науки і техніки (робота в небезпечних і шкідливих для людини зонах; трудомісткі і монотонні роботи: зварка, фарбування, збірка та інші).

3.2. Класифікація маніпуляторів.

Класифікуються маніпулятори за такими признаками:

1. По характеру виконуваних робіт:
 - а) універсальні;
 - б) спеціальні.
2. По способу керування:
 - а) з ручним (копіюючі);
 - б) з автоматичним управлінням (по програмі ЕОМ).

Універсальні М. застосовуються для виконання підйомно-транспортних робіт в машинобудуванні, а також для механізації операцій по обслуговуванню технологічного обладнання (установки і знімання деталей на металорізальних верстатах, зварювальні і свердлильні операції).

Спеціальні М. застосовуються:

- в ковальсько-пресових цехах;
- в ливарному виробництві.

3.3. Технічні показники маніпуляторів.

Працездатність маніпуляторів характеризується рядом технічних показників: робочий об'єм, маневреність М., кут і коефіцієнт сервісу, число ступенів свободи, вантажопідйомність, швидкість руху, енергетичні показники.

Незамкнутий кінематичний ланцюг маніпулятора дозволяє захвату займати різні положення в деякому об'ємі, який називається робочим, тобто об'єм обмежений поверхнею, яку огинає всі можливі положення захват. Частина робочого об'єму, в якому М. може виконувати операції з об'єктом маніпулювання, називається робочою зоною.

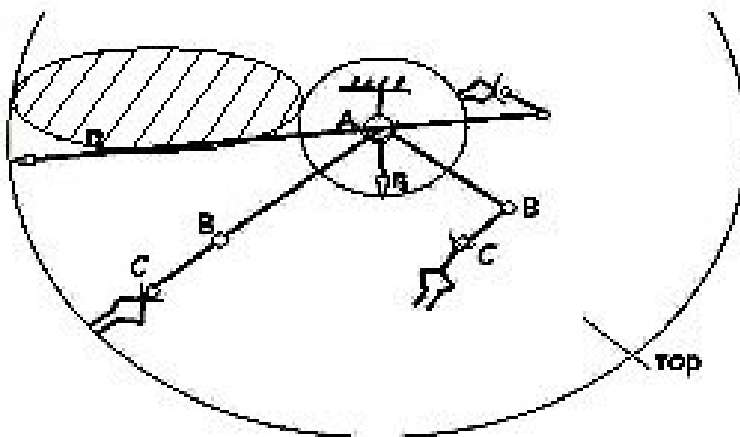


Рис. 3.4. Маніпулятор з 2-ма сферичними кінематичними парами і однією обертовою.

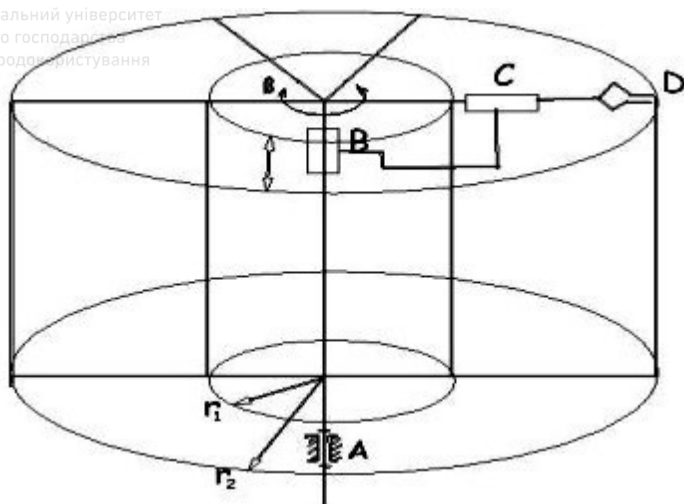


Рис. 3.5. Маніпулятор з 2-ма поступальними і 1- обертовою.

Маневреність маніпулятора - це рухомість механізму при нерухомому (фіксованому) положенні захвату. Цей показник характеризує можливість обходу рукою М. перешкод в робочому об'ємі і виконання складних операцій .

Ступінь рухомості маніпулятора визначається по формулі Сомова-Малишева

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

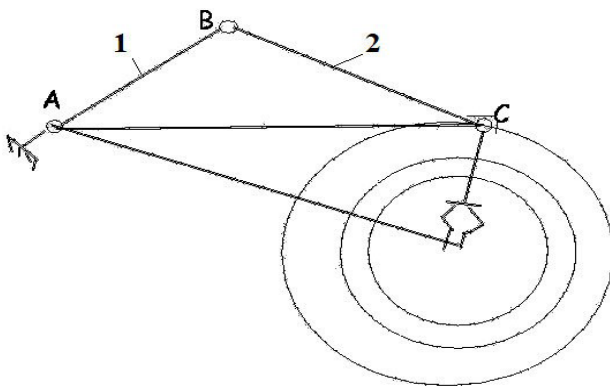
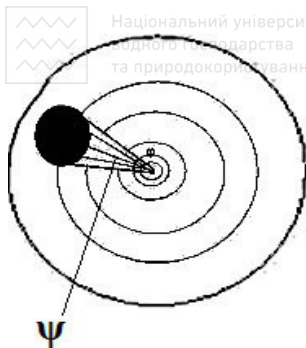


Рис. 3.6. Маневреність маніпулятора

Маневреність маніпулятора рівне одиниці, означає можливість спільного обертання ланок 1 і 2 навколо осі AC, яка проходить через центри сфер (рис.3.6).



При роботі маніпулятора захват повинен мати різні можливості переміщення відносно об'єкта, але конструктивні обмеження (форма, розміри) не дозволяють проводити захват в кожній точці робочого простору під довільними кутами.

Тілесний кут ψ - всередині якого захват може підійти до кожної точки робочої зони, називають просторовим кутом обслуговування, або кутом сервісу.

Відношення кута ψ до його найбільшого значення називають коефіцієнтом сервісу в даній

точці: $\theta = \psi / (4\pi)$, $0 \leq \theta \leq 1$.

Рис. 3.7. Тілесний кут

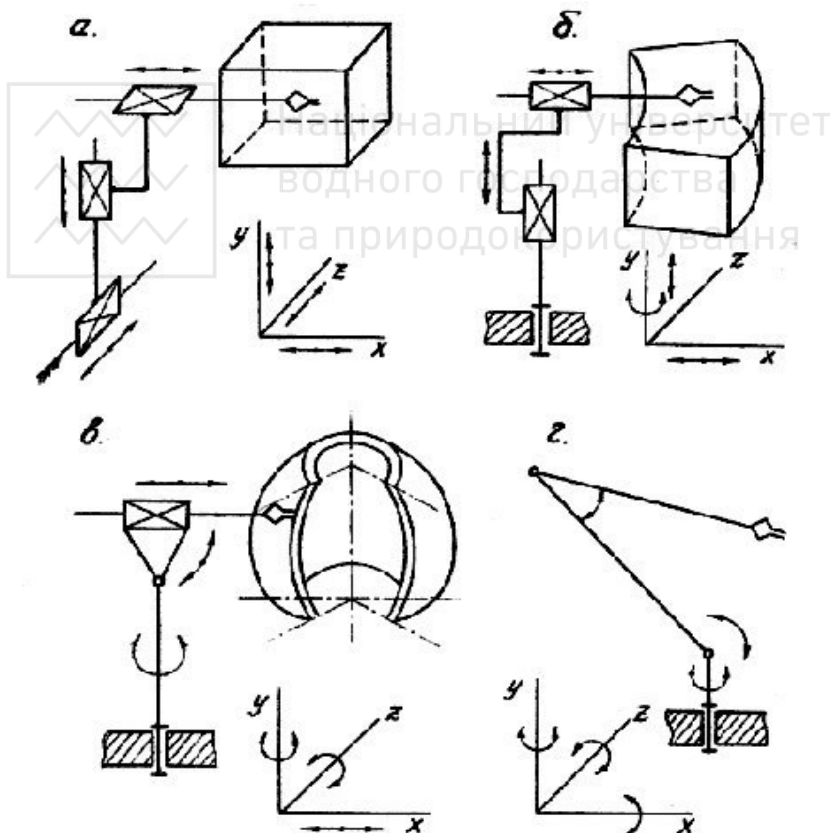


Рис. 3.8. Структурні схеми маніпуляторів і їх робочі зони в системі координат:
а) просторова; б) циліндрична; в) сферична; г) кутова.

3.4. Автооператори. АО - це маніпулятор , який застосовується в машинах-автоматах , які працюють по жорсткій програмі і оперують штучними об'єктами по загальному циклу машини.

Програмоносійми для АО служать кулачки, перфострічки, магнітні стрічки.

Області застосування АО :

1. Автооператор-заливщик для машин литва під тиском .
2. Автооператор для змазки прес-форм машин литва під тиском .
3. Автооператор для обслуговування листоштамповочних пресів .
4. Автооператор для установки і знімання деталей при обслуговуванні металорізальних верстатів .

4. Конструкції промислових роботів

4.1. Конструктивна схема ПР. Конструктивно ПР складається із ряду блоків, у склад яких входять двигуни і механізми.

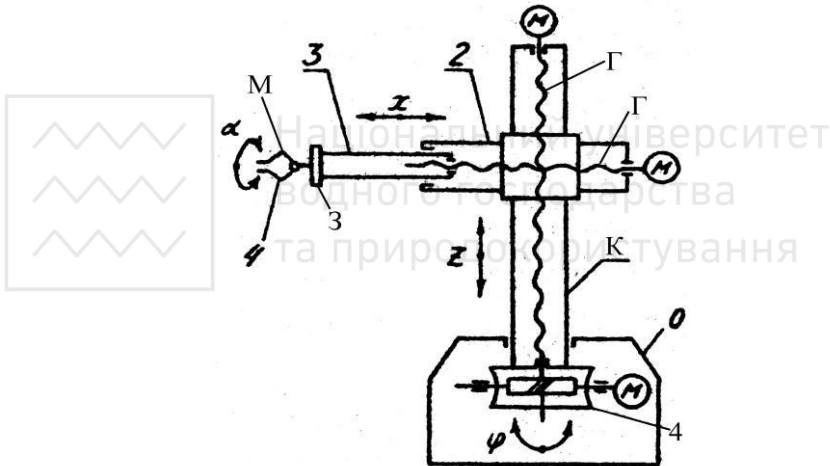


Рис. 4.1. Конструктивна схема ПР

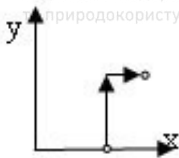
$M_1 \dots M_4$ - електродвигуни ; M_5 - пневмопривод ;

Механізми :Черв'ячна передача – Ч; Передача гвинт-гайка – Г; Зубчасті механізми – З; Основа механічної системи – О;Корпус – К; Маніпулятор – М.

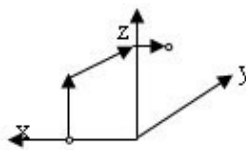
4.2. Технічні характеристики ПР:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Модель . | 7. Спосіб програмування . |
| 2. Вантажопідйомність . | 8. Помилка позиціонування . |
| 3. Число ступенів рухомості . | 9. Лінійні і кутові переміщення |
| 4. Число рук (захватних пристроїв) . | 10. Швидкість переміщення . |
| 5. Привод . | 11. Габаритні розміри . |
| 6. Тип системи керування . | 12. Маса. |

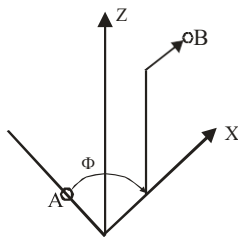
4.3. Системи координат основних рухів ПР і форми робочих зон



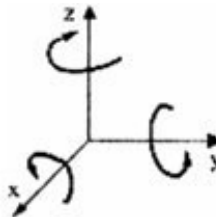
прямокутна плоска
(декартова)



прямокутна просторова
(декартова)



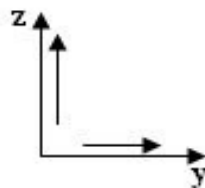
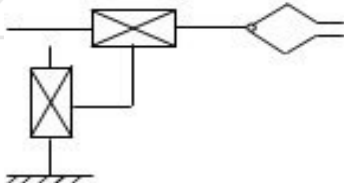
циліндрична



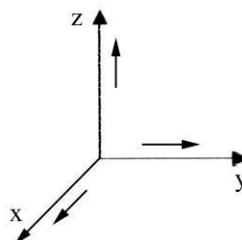
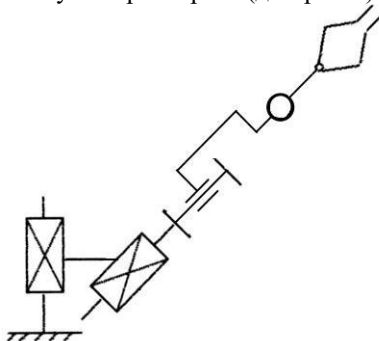
сферична

4.4. Приклади структурних кінематичних схем ПР.

1. Прямокутна плоска система координат:

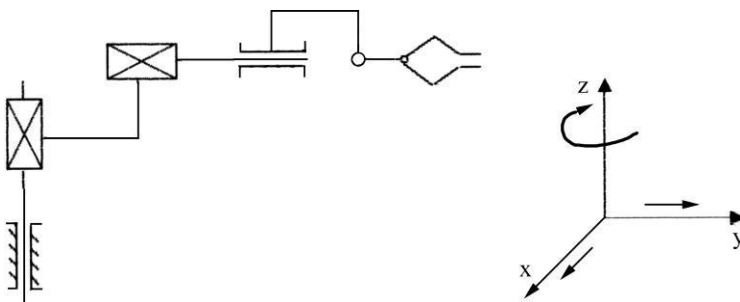


2. Прямокутна просторова (декартова):

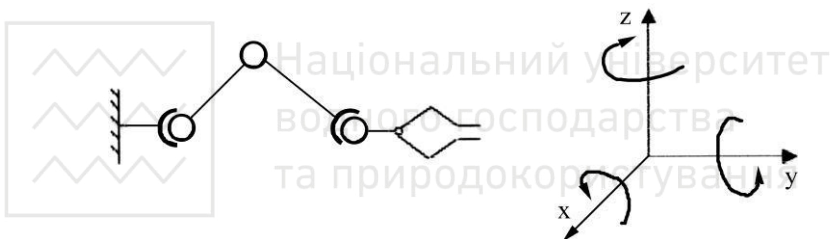




3. Полярна циліндрична:



4. Полярна сферична:



4.5. Типи ПР.

Характерні представники конструктивних груп :

1. Напольні ПР.
2. Підвісні ПР тельферного типу .
3. ПР мостового типу .
4. Спеціальні ПР: а) крокуючі; б) підводні; в) космічні.
5. ПР агрегатно-модульного типу .

Проектування нових моделей на базі уніфікованих агрегатних вузлів і блоків (модулів) забезпечує створення широкого діапазону конструкцій ПР з технічними параметрами, які відповідають вимогам конкретного споживача (виробника). Переваги методу агрегатно-модульної побудови: скорочення часу і трудомісткості проектування і можливість виготовлення ПР різних типів. При побудові конструкцій ПР застосовуються принципи уніфікації і нормалізації як при розробці механічної системи, так і системи управління. Класифікуються агрегатно-модульні конструкції ПР по таким признакам: компоновці, по можливості зміни технічних характеристик ПР, по застосуванню систем керування .

Конструкція і кінематична схема ПР показана на рис. 4.2. Робот приводиться в рух електродвигунами 2, 4, 17, 20. Поворот руки навколо вертикальної осі відбувається від мотор-редуктора 2 через хвильовий редуктор 3.

Мотор-редуктор 4 через гвинтовий механізм 6 повертає важіль 7, який із ланками 9, 10 і 12 утворює шарнірний паралелограм, забезпечуючи поворот ланки 12 навколо вісі 13. Нахил ланки 10 забезпечує мотор-редуктор 20, рух якого через гвинтовий механізм 18 передається на кривошип 19. Швидкість переміщення захватного механізму виконується мотор-редукторами 4 і 20. Для розвантаження приводів передбачений зрівноважуючий вантаж 8. Поворот захватного пристрою навколо вісі $I-I$ на кут α забезпечується системою тяг 11, 14 і кривошипів 13, 15, 19.

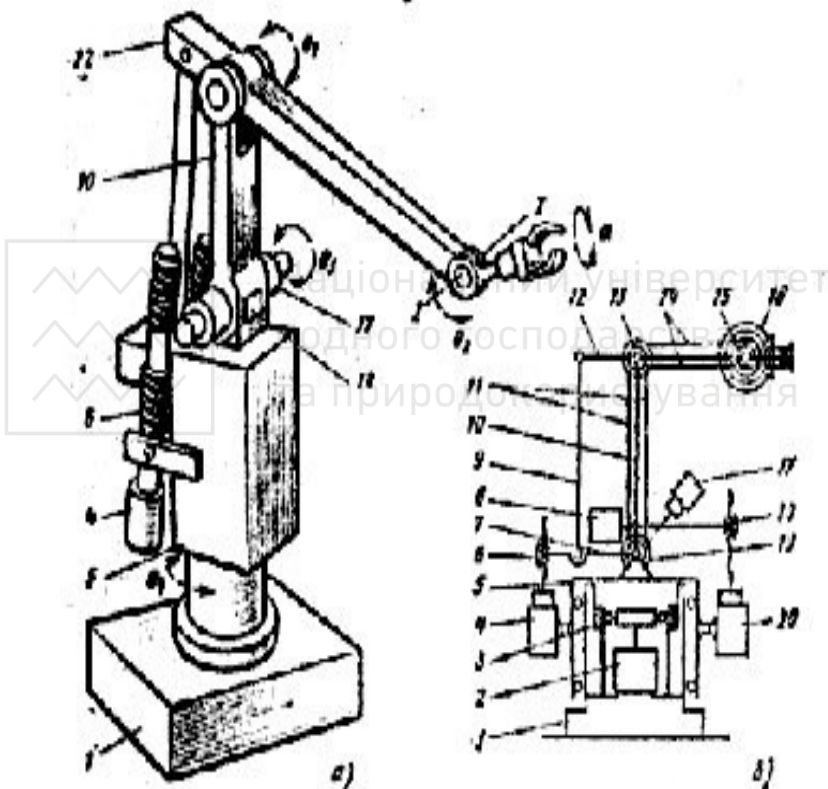


Рис. 4.2. Промисловий робот: а) компоновка; б) кінематична схема: 1-основа; 2,4,17,20-електродвигуни з редукторами; 3-хвильова передача; 6,18-кулькові гвинтові пари; 5-поворотний корпус; 7-тяга; 8-зрівноважуючий вантаж; 9,10,12-ланки руки; 11-14-тяги; 13,15,19-кривошипи; 16-кінцева передача.



Рух ланок ПР по всім степеням рухомості контролюється датчиками положення. Система керування ПР – позиційна. Програмування ПР здійснюється методом навчання.

ПР «Asea» застосовують для обслуговування металорізальних верстатів, пресів, зварки, фарбування.

Підвісний ПР тельферного типу виконує транспортування об'єктів поверху, тобто економить виробничі площі цехів, що являє перевагу його перед іншими моделями ПР.

Кінематична схема ПР приведена на рис. 4.3. По монорельсу переміщається каретка 1. Привод каретки відбувається від крокового електродвигуна ШД1 з гідропідсилювачем через зубчасті механізми 38, 39, 40.

На вісі А шарнірно закріплений корпус руки 34. Від електрогідравлічного крокового приводу ШД2 рух через редуктор передається гвинтовому механізму 7, 8. Поворот ланки 14 навколо вісі Г виконується від крокового електроприводу ШД3 через зубчастий редуктор і гвинтовий механізм (кінематичний двигун ШД3 – 32 – 33 – 36 – 35).

На вісі Д шарнірно встановлений диск 29, на якому закріплена головка 44, в корпусі якої розміщений гідроциліндр 26 приводу руху пальців 22 захватного пристрою. Передача руху проходить через тягу 23, до якої закріплена рейка, що знаходиться в зчепленні із зубчастими секторами 22.

До диску 29 закріплений лопастний гідроциліндр 20, який забезпечує ротацію корпусу 24 головки на кут 90° і 180° . Керування гідроциліндром виконується за допомогою слідкуючого розподільника 17, щуп якого контактує через важіль 19 з копіром 18. В залежності від положення штока 21 вісь важеля 19 займає одне із трьох положень, що приводить в результаті до повороту лопастного гідроциліндра. Інші механізми забезпечують збереження вертикального положення захватного пристрою при будь-якому кутовому розміщенні ланок руки.

Робот комплектується позиційною системою керування, механізмом автоматичної зміни захватних пристроїв, пристроями зовнішньої інформації та техніки безпеки.

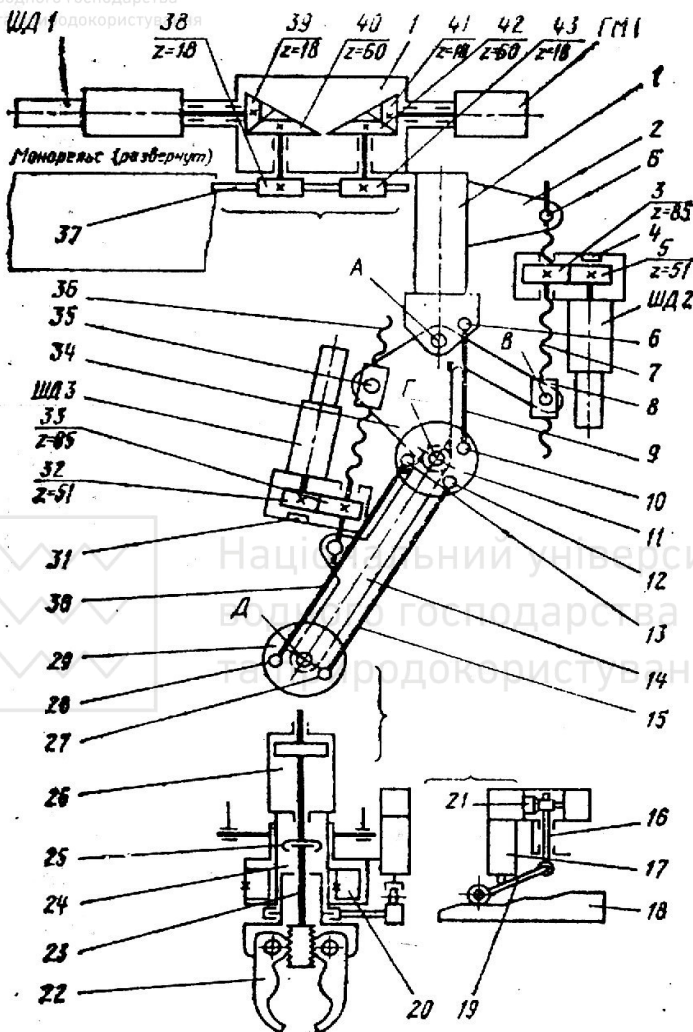


Рис.4.3. Кінематична схема робота:

1 – каретка; 2 – кронштейн; 3, 5, 32, 33, 38-43 – зубчасті колеса; 4, 31 – упори; 6, 10, 27, 28 – шарніри; 7, 36 – кулькові гвинти; 8, 35 – кулькові гайки; 9, 12, 13, 15, 16, 30 – тяги; 11 – верхній диск; 14 – ведена ланка руки робота; 17 – слідкуючий розподільник; 18 – кільцевий копір; 19 – важіль; 20 – лопастий гідроциліндр; 21 – ступінчастий шток допоміжного гідроциліндра; 22 – елементи захватного пристрою; 23 – шток привода затискача; 24 – корпус головки; 25 – шток гідроциліндра привода затискача захватного пристрою; 26 – гідроциліндр; 29 – нижній диск; 34 – ведуча ланка руки робота; 37 – рейка.



5. Захватні пристрої

5.1. Класифікація захватних пристроїв.

Захватні пристрої (ЗП) маніпуляторів служать для захвату і утримання в певному (конкретному) положенні об'єктів маніпулювання. Ці об'єкти можуть мати різні розміри, форму, масу і характеризуватися різними фізичними властивостями, тому до них ставляться певні вимоги: *загального характеру і спеціальні*, зв'язані з конкретними умовами праці.

Вимоги загального характеру: надійність захвату і утримання об'єкту, стабільність базування, недопустимість пошкоджень або руйнування об'єктів, міцність деталей ЗП.

Спеціальні вимоги: можливість захвату і базування деталей в широкому діапазоні (маси, розмірів і форми), легкість і швидкість заміни елементів ЗП, необхідність автоматичної зміни сил утримання об'єкта в залежності від його маси.

В теперішній час ведуться розробки конструкцій ЗП, які можуть захватувати і базувати не орієнтовано розміщені об'єкти.

Класифікація ЗП ведеться по ряду ознак:

1. По способу захвату і утримання об'єкта маніпулювання - механічні, пневматичні (вакуумні), електромагнітні і комбіновані.

2. По виду управління (керування) - некеровані, командні, жорстко-програмні, адаптивні (чуттєві).

3. По характеру базування: *спроможні (здатні) до перебазування* - можуть захватувати і утримувати об'єкти з широким діапазоном геометричних і фізичних параметрів; *центруючі* - пристосовані до захвату і утримання об'єктів за обмежену номенклатуру поверхонь, які відрізняються формою і розмірами; *базуючі* - спеціалізовані, пристосовані до захвату і утримання групи об'єктів, які мають однорідні конструктивно-технологічні параметри; *фіксуючі* - спеціальні - забезпечують захват і утримання одного виду об'єктів маніпулювання.

4. По числу робочих позицій: однопозиційні, багатопозиційні.

5. По характеру кріплення: незмінні, змінні, швидкозмінні, автоматизовані.

6. По робочому діапазону - *широкодіапазонні* - можуть удержувати об'єкти в широкому діапазоні розмірів поверхонь захвату; *вузькодіапазонні* - можуть удержувати об'єкти в обмеженому діапазоні розмірів поверхонь захвату.

5.2. Будова захватних пристроїв і принцип дії. Механічні некеровані ЗП.

Виконуються у вигляді пінцетів, різних пружних валиків і втулок (цанг) або тисків з одною або двома рухомими губками, які знаходяться під дією пружин.

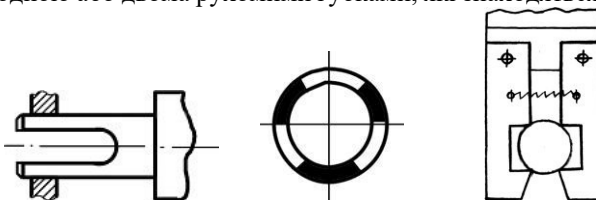


Рис.5.1. Механічні некеровані ЗП: а) пружний валик; б) цанга; в) тиски

Розтиск робочих елементів таких ЗП проходить при контакті з заготовкою, внаслідок чого можуть бути пошкоджені поверхні деталей або затиск елементів (недолік). Такі ЗП застосовують в умовах масового виробництва при маніпулюванні з об'єктами невеликих мас і габаритів.

Неприводні ЗП із стопорними механізмами забезпечують чергування циклів затиску і розтиску деталей, не потребують спеціальних команд від системи керування і додаткової енергії. Деталі утримуються силою пружин внаслідок ефекту самозатягування. Як правило, робота таких ЗП можлива тільки при їх вертикальному положенні.

Командні ЗП. Широко розповсюджені конструкції тискового типу (обценьки). Рух губок забезпечується пневмо-, гідро-, або електроприводом.

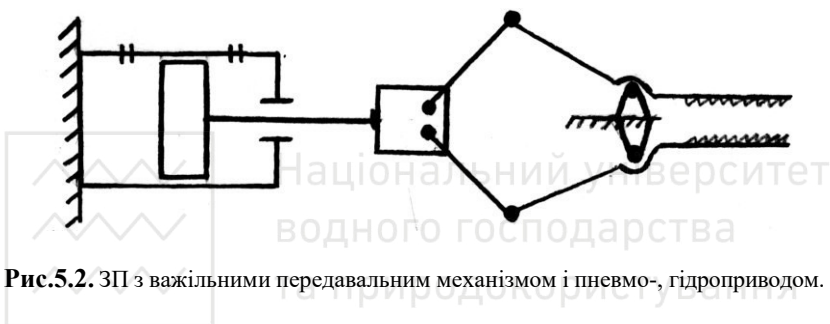


Рис.5.2. ЗП з важільними передавальним механізмом і пневмо-, гідроприводом.

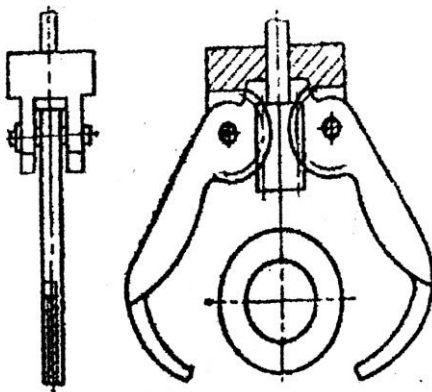


Рис.5.3. Центруючі ЗП з рейковим передавальним механізмом.

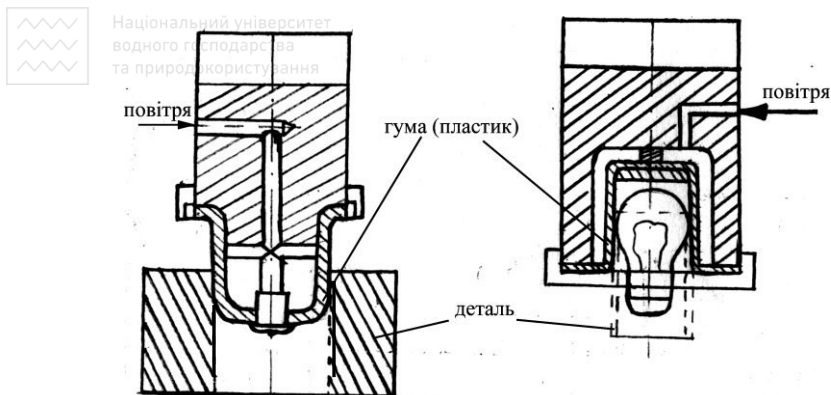


Рис.5.4. ЗП з розширюючими еластичними камерами.

Застосування таких пристроїв обумовлено крихкістю матеріалу і складною конфігурацією поверхонь багатьох деталей.

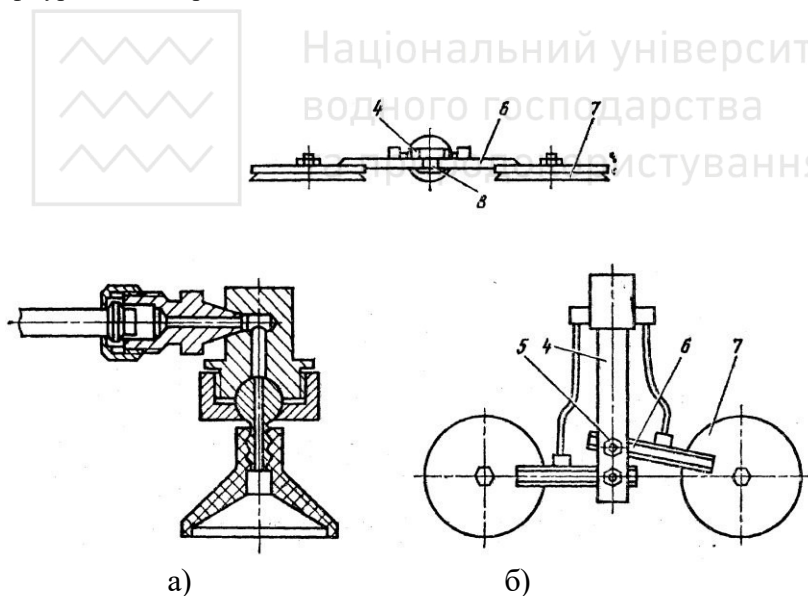


Рис.5.5. Вакуумні ЗП:
 а) пневмоприсоска з кульовою опорою б) елементи кріплення вакуумного захватного пристрою

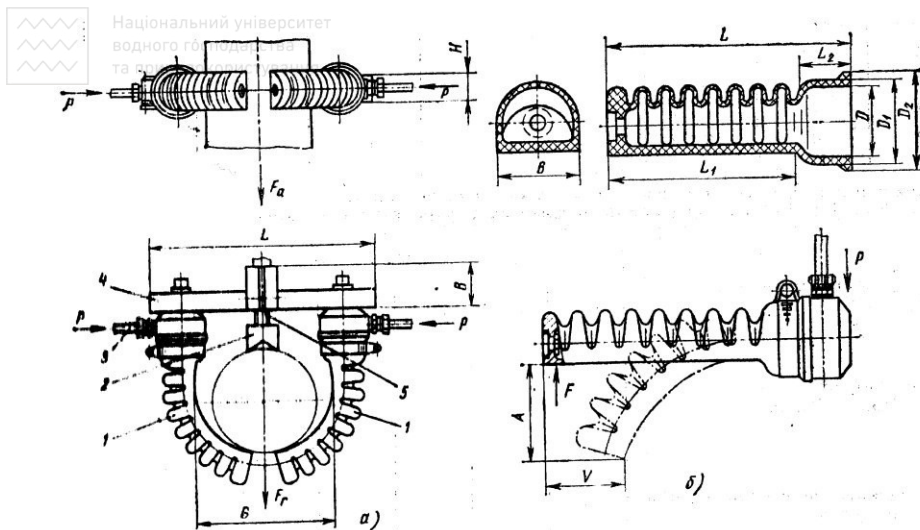


Рис.5.6. Захватний пристрій із згинаючими еластичними камерами:

1-еластичні камери; 2-базуюча
призма; 3-патрубки; 4-корпус;
5-різбовий держак

I, II - форми, які приймає камера в
залежності від тиску стиснутого
повітря

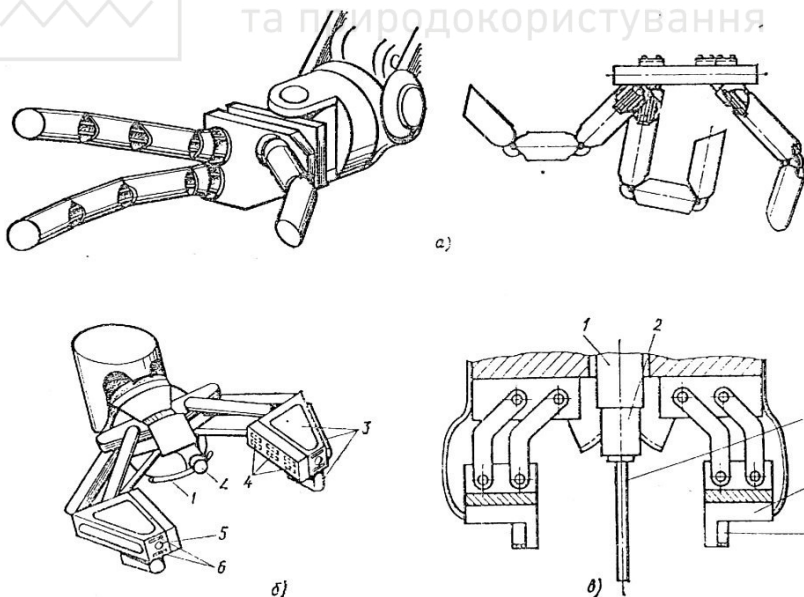


Рис.5.7. Адаптивні захватні пристрої:

а) трьохпалі з активним тросовим механізмом приводу ланок; б) адаптивний;
в) з тактильним щупом

5.3. Розрахунок захватних пристроїв.

5.3.1. Задачі розрахунку.

Механічні ЗП. Розрахунок включає:

1. Визначення сил, які діють в місцях контакту об'єкту і елементів ЗП.
2. Визначення сил привода.
3. Перевірка відсутності пошкоджень поверхні об'єкту при захваті.
4. Розрахунок на міцність деталей ЗП.

По першому випадку розрізняють такі схеми утримання об'єктів в механічних ЗП :

1. Деталь підтримується губкою елемента ЗП, сили тертя мало впливають на механізм утримання деталі.

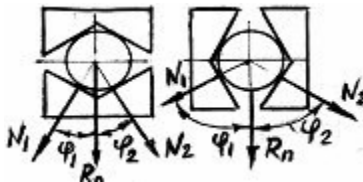


Рис. 5.8. Розрахункова схема ЗП(випадок перший).

$$N_i = R_n [\sin \varphi_j - \mu \cos \varphi_j] / [\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2\mu \cos(\varphi_1 + \varphi_2)],$$

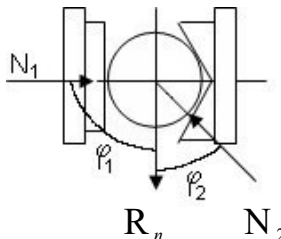
де $i, j = 1, 2, i \neq j$;

μ - коефіцієнт тертя губки захвату з об'єктом,

не гартована сталь $\mu = 0.12 \dots 0.15$ - Сталь 45, 50;

гартована сталь $\mu = 0.3 \dots 0.35$ - сталі 65Г; У10А

2. Деталь утримується завдяки закриваючій силі губок.



$$\varphi_1 = 90^\circ,$$

$$\varphi_2 = \varphi.$$

Рис.5.9. Розрахункова схема ЗП(випадок другий).

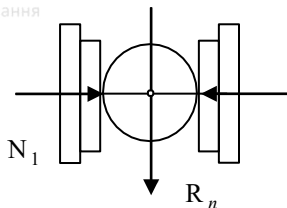
$$N_1 = R_n (\sin \varphi - \mu \cos \varphi) / (\cos \varphi + 2 \mu \sin \varphi),$$

$$N_2 = R_n / (\cos \varphi + 2 \mu \sin \varphi).$$



3. Деталь утримується силами тертя.

Національний університет
водного господарства
та природокористування



$$N_1 = N_2 = R_n / 2\mu.$$

Рис.5.10. Розрахункова схема ЗП(випадок третій).

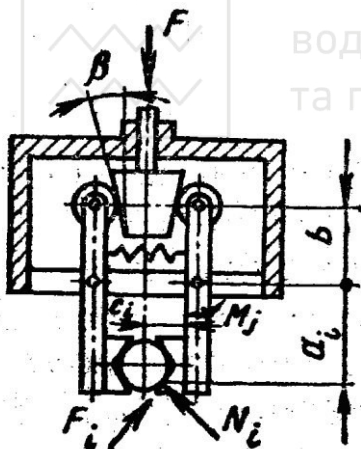
На практиці часто зустрічаються складне навантаження ЗП, при якому має місце комбінація описаних випадків.

5.3.2. Розрахунок сил приводу.

Розглянемо на прикладах клинових, важільних і рейкових передавальних механізмів визначення сили приводу.

Клиновий механізм.

Для симетричних губок :



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Сила приводу:

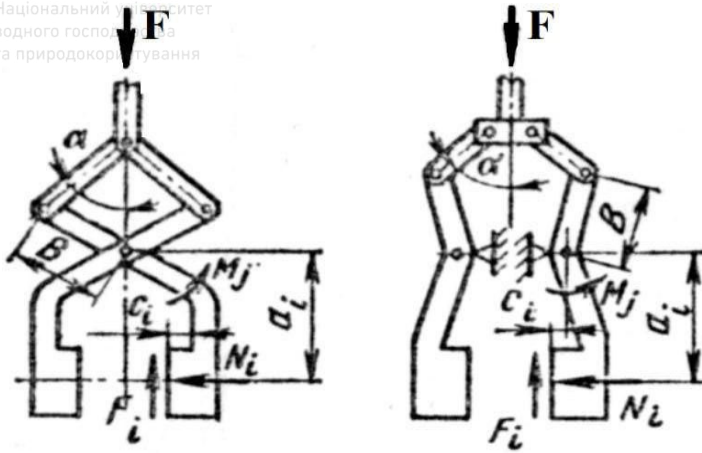
η - к.к.д. $\eta=0.9$;
 $\beta= 4...8^\circ$, $\rho= 1^\circ...3^\circ$;
 ρ - кут тертя ;
 β - кут конуса.

Рис.5.11. Розрахункова схема сил приводу(випадок перший).

Загальний випадок : $F \geq \sum_i M_i \operatorname{tg}(\beta + \rho) / b\eta.$

Важільний механізм.

Для симетричних губок: $F \geq 2M_j \cos \alpha / b\eta.$



F

Рис.5.12. Розрахункова схема сил приводу (випадок другий).

Загальний випадок :

$$F \geq \sum_{i=1}^m 2M_j \cos \alpha / b \eta,$$

M_j - момент захвату.

$$M_j = \sum N_j \cos \varphi_i [a_i \tan \varphi_i \pm C_i - \mu (a_i - C_i \tan \varphi_i)],$$

φ_i - кут контакту.

Рейковий механізм.

Загальний випадок :

$$F \geq 2 \sum_{i=1}^m M_j / (m_c z_c \eta)$$

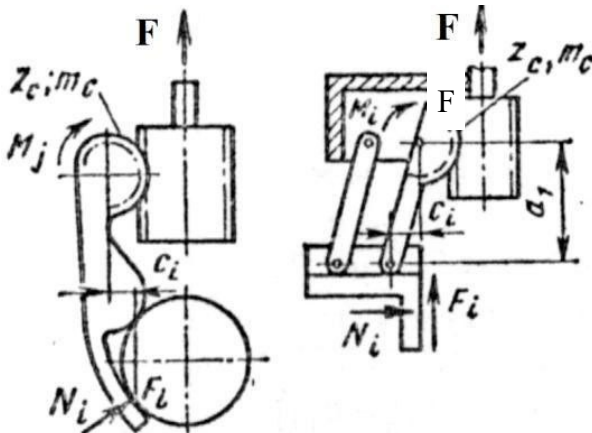


Рис. 5.13. Розрахункова схема сил приводу(випадок третій).



Для симетричних губок : $F \geq 4M_f / (m_c z_c \eta)$,

де m_c, z_c - модуль і число зубців,

η - к.к.д. $\eta = 0.94$.

Вакуумні ЗП.

$F_{\text{вн}} = k_p A_{\text{зн}} (p_a - p_{\text{в}})$, де $k_p = 0.85$ - коефіцієнт, який враховує можливість зміни атмосферного тиску і властивість ущільнення;

$A_{\text{зн}}$ - ефективна площа дії ЗП; p_a - атмосферний тиск; $p_{\text{в}}$ - залишковий тиск в камері присосів; $F_{\text{вн}}$ - сила притягання об'єкту.

Рекомендації $p_a - p_{\text{в}} = 0.03 \dots 0.035 \text{ МПа}$.

$$A_{\text{зн}} = (0.6 \dots 0.7) A_n,$$

A_n - площа поверхні контакту.

Електромагнітні ЗП.

Сила притягання електромагніта :

$$F_e = (I \cdot n)^2 / (25A(R_{\text{в}} + R_{\text{м}})^2),$$

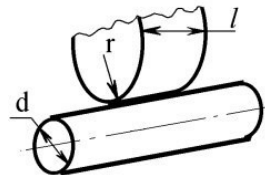
де $I \cdot n$ - число ампер-витків обмотки; A - площа поверхні контакту вантажу з полюсами електромагніту; $R_{\text{в}}, R_{\text{м}}$ - магнітний опір на ділянках шляху магнітного потоку відповідно повітряному і металічному.

5.3.3. Формули для розрахунку контактних напружень при захваті заготовки (деталі) губками ЗП.

Визначення напружень на поверхнях контакту ЗП з об'єктами маніпулювання необхідне як при розрахунку ЗП, так і для встановлення можливості пошкодження об'єкта при його захваті і утриманні. Контактні напруження σ_n мають бути менші допустимих $[\sigma]$. ($\sigma_n < [\sigma_n]$).

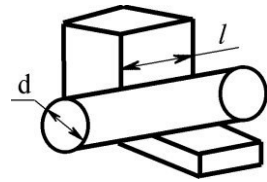
Контакти:

$$1. \text{ Лінійний } \sigma = 0.418 \sqrt{\frac{NE_{\text{нп}}}{l} \left(\frac{2}{d} + \frac{1}{r} \right)},$$

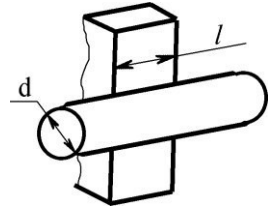




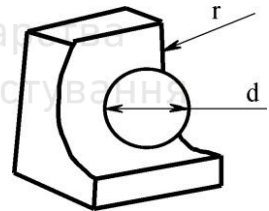
2. Лінійний $\sigma = 0.418 \sqrt{\frac{NE_{np}}{l} \left(\frac{2}{d} - \frac{1}{r} \right)}$,



3. Лінійний $\sigma = 0.418 \sqrt{\frac{2NE_{np}}{ld}}$,



4. Точковий $\sigma = 0.418 m \sqrt[3]{\frac{NE_{np}^2}{r^2}}$,



l - ширина губки захвату; N - сила, яка діє в місці контакту захвату з заготовкою; E_{np} - приведений модуль пружності матеріалів губки захвату і заготовки (деталі); d - діаметр заготовки (деталі); r - радіус губок захвату; m - коефіцієнт, який залежить від співвідношення $\frac{r}{d}$; $E = \frac{2E_{zag} E_{zn}}{E_{zag} + E_{zn}}$,

$$d \quad np \quad E_{zag} + E_{zn}$$

$\frac{2r}{d}$	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,05
m	0,39	0,42	0,47	0,54	0,72	0,97	1,98



6. Приводи і елементи автоматики ПР

6.1. Загальні відомості. Класифікація приводів.

Вибір типу приводу залежить від функціонального призначення ПР, умов експлуатації, вантажопідйомності, динамічних характеристик і виду системи керування.

До приводу пред'являються такі вимоги:

1. Мінімальні габарити.
2. Високі енергетичні показники.
3. Можливість роботи в режимі автоматичного керування (тобто забезпечення оптимальних законів розгону і гальмування при мінімальному часі перехідних процесів).
4. Швидкодія — здійснення рухів виконавчих механізмів (М) з високими швидкостями і малою похибкою позиціонування.
5. Високий ККД.
6. Забезпечення безпечних умов праці.
7. Можливість встановлення систем охолодження і терморегулювання.
8. Надійність і довговічність елементів конструкції.
9. Зручність монтажу, обслуговування, ремонту і переналадки.

Класифікація приводів:

1. В залежності від виду енергії, яка використовується для руху робочого механізму приводу: пневматичні, гідравлічні, електромеханічні і комбіновані.
2. По способу відліку координат:
 - з відносним відліком координат — по приростам (кроковий двигун);
 - з абсолютним відліком координат (електропривод зі зворотнім зв'язком).

6.2. Елементи автоматики ПР.

Елементи автоматики забезпечують роботу ПР в автоматичному режимі. Більшість елементів автоматики розміщуються в електричній шафі ПР. В склад автоматики входять давачі різних типів (шляхові вимикачі, реле і ін.). Вони забезпечують контроль робочих параметрів ПР, обмежують переміщення ланок механічної системи, фіксують вихідні положення ланок (процес захвату і тиску об'єктів захватного механізму).

Вибір типів давачів залежить від умов їх роботи. Захист від коротких замикань і перегріву електроапаратів, виконують автоматичні вимикачі, реле і запобіжники.

6.3. Електромеханічний привод.

В склад приводу входять підсилювачі потужності, електродвигуни, передавальні механізми, датчики зворотного зв'язку.

Застосовуються електродвигуни загального призначення (асинхронні, постійного струму), а також спеціальні — крокові. Кроковий двигун має дві модифікації: поворотний, лінійний.

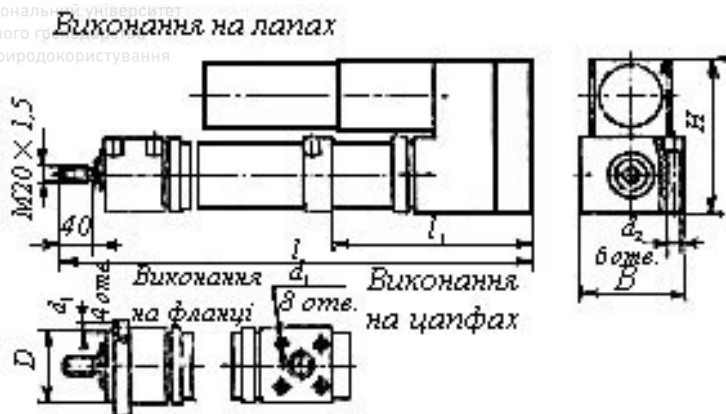


Рис. 6.1. Привід лінійний кроковий

Таблиця 6.1.

Технічні дані лінійних крокових приводів

Характеристика	50 x 23 Г28-22	63 x 32 Г28-23	70 x 32 Г28-24
Номінальний тиск, МПа	6,3	6,3	6,3
Максимальний хід, мм	710	710	710
Номінальна тягова сила, Н	7000	10 000	14 000
Ціна імпульсу, мм	0,1	0,05; 0,1	0,05; 0,1
Точність позиціонування, мм	±0,1	±0,1	±0,1
Задавочний кроковий двигун	ШД5-Д1М	ШД5-Д1М	ШД5-Д1М
Максимальна частота, Гц	8000	8 000; 4 000	8 000; 4 000
Маса при максимальному ході, кг	30,0	36,2	50,0
Розміри, мм:			
D	80	90	90
d ₁	M10	M10	M12
B	120	130	140
Δ	995	995	995
l	40	40	40
l ₁	174	174	172
H _{min}	212	218	227
d ₂	11	11	13

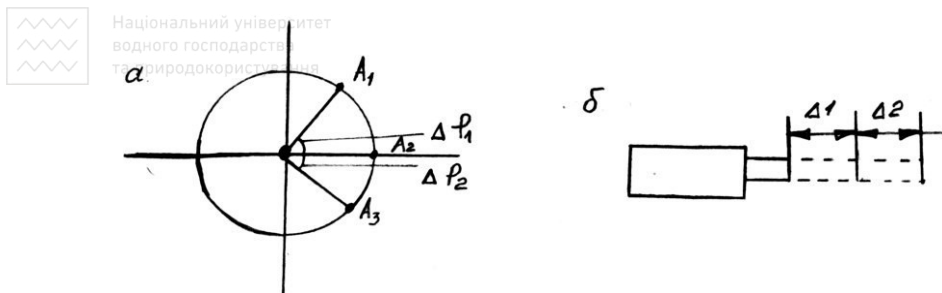


Рис. 6.1. Схеми крокових двигунів: а) поворотний; б) лінійний.

Електричні приводи класифікуються:

1. По роду передаточного пристрою: редукторні; безредукторні.
2. По степені управління: регулюючий; програмно-керуючий; слідкуючий; адаптивний.
3. По рівню автоматизації: автоматизований (оператор); автоматичний (без оператора).

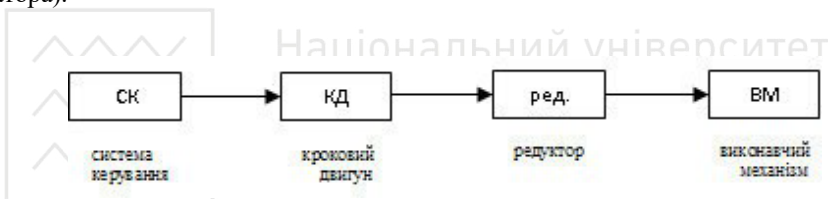


Рис. 6.2. Схема автоматизованого електромеханічного приводу.

6.4. Гідропривод.

Широке запровадження гідропривода в робототехніці визвано такими його перевагами:

1. Швидкодія.
2. Можливість безступінчастого регулювання швидкості вихідної ланки в автоматичному режимі.
3. Великий коефіцієнт підсилення по потужності (великі сили може передавати гідропривод).

4. Простота конструкції, висока надійність.

Недоліки:

1. Можливість витоку робочої рідини через ущільнення приводу.
2. Необхідність застосування пристроїв для охолодження (підігріву) робочої рідини.

В гідроприводі застосовуються такі основні типи гідродвигунів:

- Лінійні гідроциліндри;
- Поворотні гідродвигуни (гідромотори).



П — діаметр поршня; Ш — діаметр штока; x — хід поршня, мм.

Типи гідродвигунів: ДДТ-16, ДПГ-63, ДПГ-125.

Типи гідромоторів : Г15-21Н.

Привод поворотний кроковий: 32Г18-22 .

Привод лінійний кроковий: Г28-22.

6.5. Пневмопривод.

Одержав широке застосування в конструкціях ПР вантажопідйомністю до 20 кг. Це зумовлено такими перевагами:

1. Простота і надійність конструкції.
2. Висока швидкість вихідної ланки.
3. Можливість використання енергії стиснутого повітря із заводської системи (повітряної магістралі).
4. Можливість використання в агресивних і пожежонебезпечних середовищах.

5. Високий ККД.

6. Невисока вартість конструкції і малі витрати на обслуговування .

Недоліки :

- Необхідність застосування спеціальних конструкцій позиційних пристроїв.
- Низька питома потужність (висока ступінь стиску повітря).
- Шум при роботі.

В склад пневмоприводу входять:

1. Циліндри пневматичні типу ЦРГП.
2. Поворотні пневмодвигуни типу ПДП.
3. Цифрові багатопозиційні лінійні пневмоприводи.
4. Цифрові багатосекційні ротаційні пневмоприводи.

6.6 Комбіновані приводи.

Електрогідравлічний привод:

- Привод позиційного типу;
- Кроковий привод.



Рис. 6.3. Схема електрогідравлічного приводу.



7. Системи керування ПР та інформаційні системи

7.1. Класифікація СК ПР.

Системи керування класифікують за такими признаками:

1. По способу позиціювання:
 - позиційні (малоточкові, багатоточкові);
 - контурні;
 - комбіновані
2. По виду енергоносія:
 - механічні;
 - гідропневматичні;
 - електричні.
3. По способу представлення (подання) інформації:
 - електромеханічні;
 - числові;
 - гібридні
 - циклові;
 - аналогові;
4. По типу програмоносія:
 - з перфострічкою;
 - з магнітним барабаном;
 - з магнітною стрічкою; - з магнітним диском (дискета);
5. По об'єму інформації в управляючій програмі:
 - жорстко програмні;
 - адаптивні.
6. По способу програмування:
 - методом розрахунку (складання програм);
 - методом навчання;
 - самонавчаючі.

У позиційних СК задаються початкові і кінцеві положення робочих органів.

В малоточкових - число точок позиціювання - до 10. Багатоточкових - до 100.

7.2. Види систем керування:

- автономна;
- комплексна;
- багаторівнева.

Найбільше застосування для керування ПР знайшли автономні системи СК спеціального призначення. Випускаються серійно - уніфіковані системи управління ПР: УЦМ - пристрій уніфікований цикловий модульний, УПМ - пристрій уніфікований позиційний модульний, УКМ - пристрій уніфікований контурний модульний.

1. Малоточкові циклові системи позиційного управління - УЦМ.
2. Числові системи позиційного управління - УПМ.
3. Системи контурного управління серії УКМ.

Система керування (тип 1) призначені для ПР, які обслуговують ковальсько-пресове обладнання, ливарне виробництво, лінії гальванічні та металорізальні верстати в умовах багатосерійного виробництва.

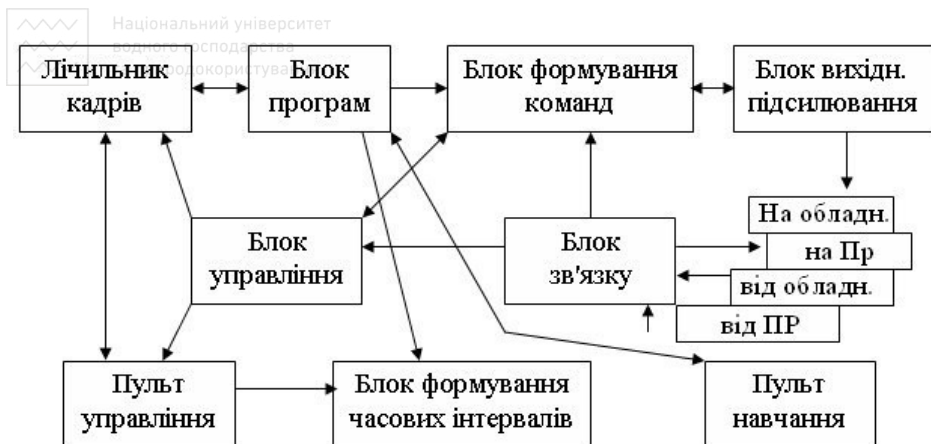


Рис. 7.1. Структурна схема УЦМ.

Система позиційного керування (тип 2) призначені для управління (керування) ПР із значним (більше 10) числом точок позиціонування. Застосування - обслуговування підйомно-транспортних операцій, нескладних складальних робіт і операцій контактної точкової зварки.



Рис. 7.2. Структурна схема УПМ.

Системи контурного керування (тип 3) призначені для керування ПР, які вимагають складного просторового переміщення виконавчого механізму по заданій траєкторії. Застосування - дугова зварка, складні складальні операції.

Комплексні СК призначені для управління комплексами обладнання - робот. Використовуються в системах металорізальних верстатів (ЧПУ) - числове програмне управління.

Багаторівневі системи числового керування роботами застосовуються при обслуговуванні верстатів автоматизованих ділянок цехів. (економічно не завжди доцільно).

7.3 Класифікація інформаційних систем.

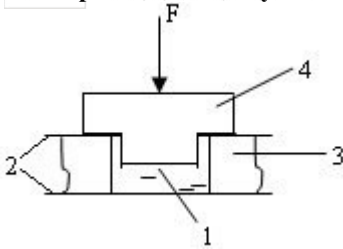
Інформаційні системи в значній мірі визначають функціональні можливості ПР; складність задач, експлуатаційну надійність і ефективне використання їх у виробничих умовах, являються важливими ланками в забезпеченні безпеки обслуговуючого персоналу.

Класифікація інформаційних систем приведена нижче:

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. В залежності від функціонального призначення, інформаційні системи класифікуються: | 3.3 Візуальні. |
| 1.1. Система сприймання і контролю інформації про зовнішнє середовище. | 3.4 Локаційні. |
| 1.2 Система забезпечення техніки безпеки. | 4. По характеру датчиків. Системи: |
| 1.3 Система контролю технічного стану ПР. | 4.1 З телекамерами. |
| 2. По характеру завдань, які розв'язуються ПР. Системи: | 4.2 З фотодатчиками |
| 2.1 Пошуку об'єкта. | 4.3 Ультразвукові. |
| 2.2 Контролю наявності об'єкта в захваті (ЗП). | 4.4 Світлолокаційні. |
| 2.3 Виявлення форми і орієнтації об'єкту. | 4.5 Індукційні. |
| 2.4 Надійного тримання об'єкту. | 4.6 Магнітні. |
| 2.5 Визначення фізичних параметрів. | 4.7 Струменеві. |
| 2.6 Виконання виробничих операцій. | 4.8 Лазерні. |
| 2.7 Самонавчання. | 4.9 З датчиками сил. |
| 2.8 Діагностики ПР. | 4.10 З датчиками моментів. |
| 2.9 Аварійного блокування. | 4.11 З датчиками переміщень. |
| 2.10 Оцінки положення і швидкості об'єкту. | 4.12 З датчиками тисків. |
| 3 По способу взаємодії із зовнішнім середовищем: | 4.13 З датчиками температури. |
| 3.1 Дистанційні. | 4.14 З потенціометрами. |
| 3.2 Контактні. | 4.15 З імпульсними генераторами. |
| | 4.16 З кодовими датчиками. |
| | 4.17 З шляховими вимикачами. |
| | 4.18 З тахогенераторами. |



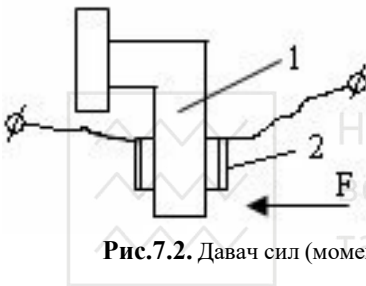
7.4. Приклади застосування давачів в інформаційних системах:



- 1- електропровідник;
- 2- виводи електрода;
- 3- пружна оболонка;
- 4- поршень.

Рис.7.1. Давач тиску.

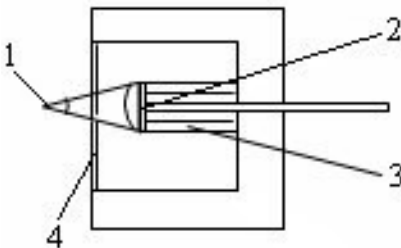
Зміна в тілі тиску приводить до зміни опору струмопровідного полімеру.



- 1- тензобалка;
- 2- електротензотри опорів.

Рис.7.2. Давач сил (моментів).

Зовнішня сила F приводить до деформації (згину) балки, яка реєструється електротензотри опорів.



- 1- сапфіровий сердечник;
- 2- п'єзокерамічний давач;
- 3- амортизатор;
- 4- металічний корпус.

Рис.7.3. Давач переміщення.

Принцип дії - мікронерівності поверхні предмета при його переміщенні викликають появу електричного сигналу на виході п'єзоелектрика.

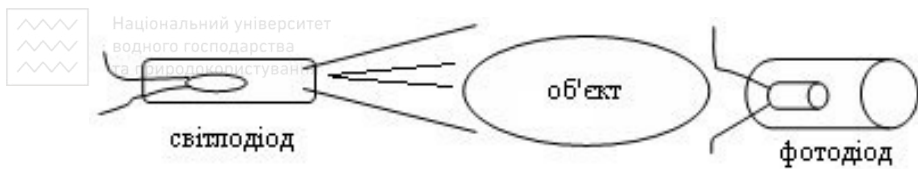


Рис.7.4. Світлолокаційний давач.

Принцип дії - перекриття світлового потоку об'єктом.



Рис.7.5. Ультразвуковий давач.

Принцип дії – реєстрація ультразвукових імпульсів мембрани.

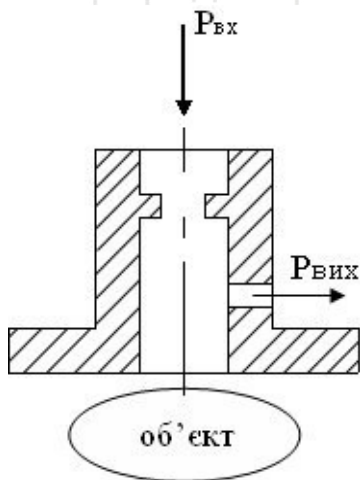
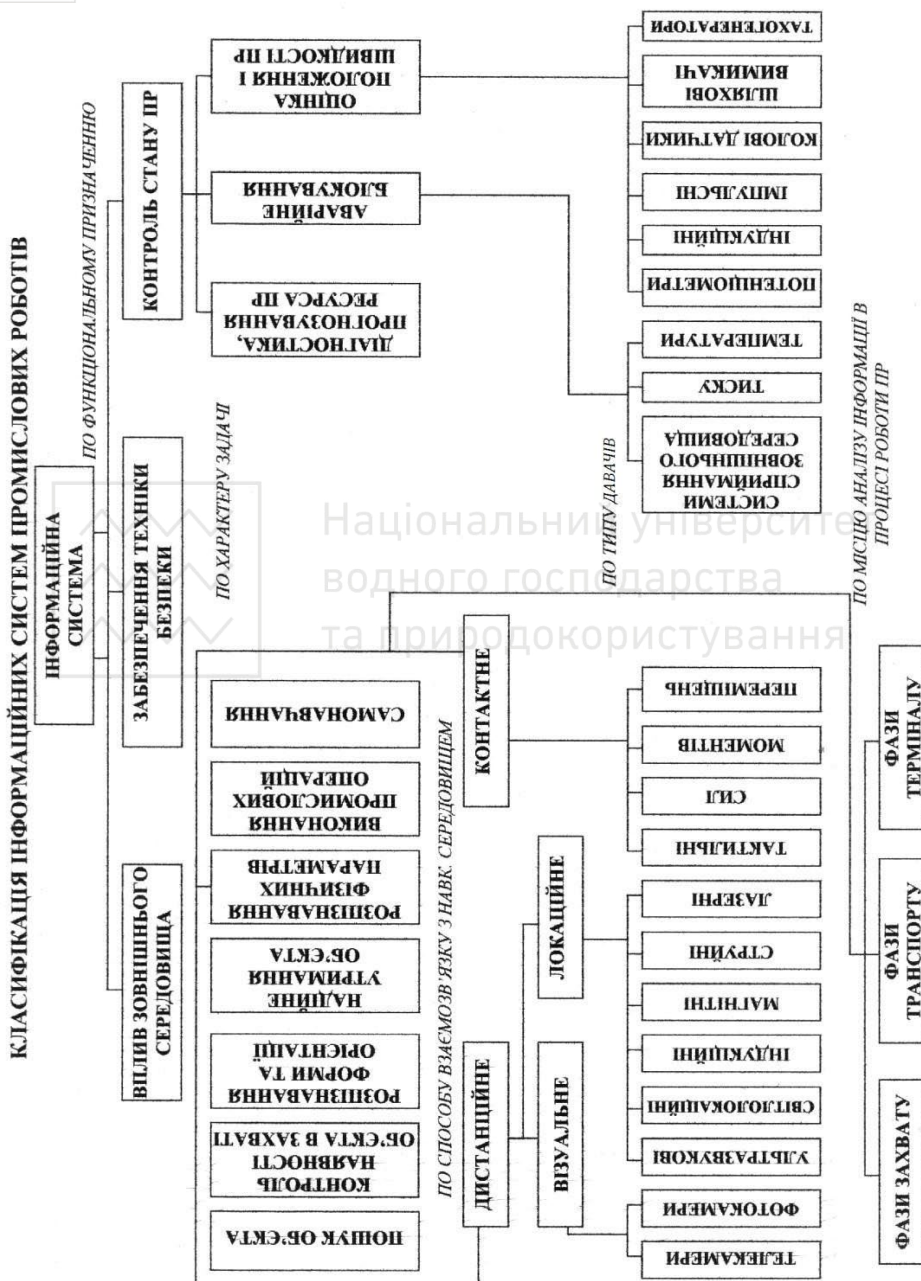


Рис.7.6. Струменевий давач.

Принцип дії оснований на взаємодії потоку повітря з сопла з предметом, або на перериві потоку повітря з предметом.





8. Точність позиціонування промислового робота. Основні положення.

8.1 Види помилок. Точність позиціонування промислового робота – одна з найважливіших його характеристик, яка в значній ступені визначає можливість його використання для автоматизації конкретного виробничого процесу і область використання.

Кількісним показником, який визначає точність позиціонування промислового робота, являється помилка (неточність) позиціонування, під якою будемо розуміти різницю між фактичним положенням умовної точки робочого органу і точкою, заданою програмою.

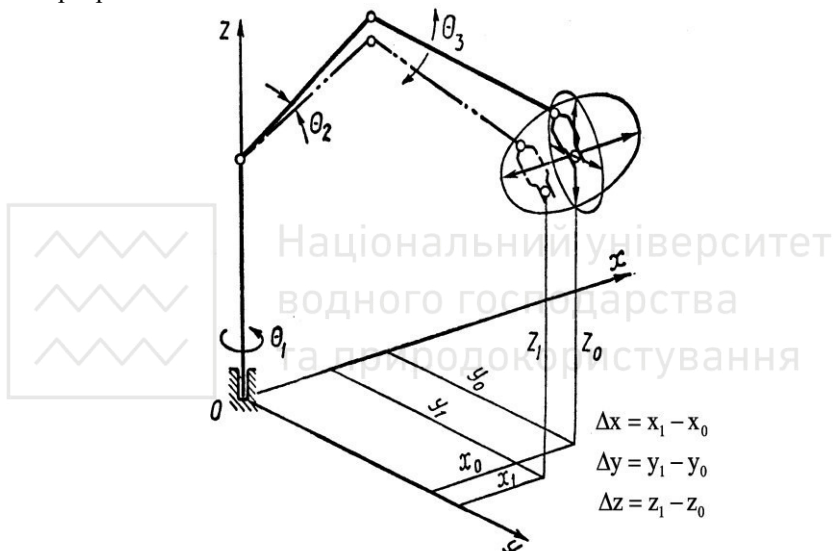


Рис 8.1 Точність позиціонування маніпулятора

Помилки позиціонування маніпулятора будь-якого компонування можуть виражатися лінійними величинами $\Delta x, \Delta y$ і Δz (рис. 8.1). В залежності від

компоновки маніпулятора помилки позиціонування можна представити як кутові ($\Delta \theta$) в тому випадку, якщо рука робота повертається на певний кут θ .

Крім помилок позиціонування можуть виникати помилки орієнтування робочого органу у просторі.

Розглянемо основні причини помилок позиціонування робочого органу ПР.

8.1.1 Помилки за рахунок приладів керування. Рух робочого органу ПР в загальному випадку визначається роботою приладів керування, відповідно, помилки керування однозначно призведуть до помилок положення робочого органу в просторі. Існуючі стандарти містять недостатню кількість інформації про

очікувані первинні неточності, через які виникають помилки керування. Ця задача вимагає серйозного вивчення і узагальнення.

В літературі висловлюються пропозиції, що ці помилки дуже малі і ними можна знехтувати. Цього не слід робити, так як надійність роботи електронних схем на сьогодні ще недостатньо велика. Можливо розділити помилки приладів керування і помилки механічної системи і рахувати їх окремо, але виключати перші не варто.

8.1.2 Помилки за рахунок приводів. Джерелом помилок позиціонування промислового робота може виступати привод. Це положення дійсне в тому випадку, якщо прилад керування працює ідеально, без помилок. Помилки приводу виникають в результаті неточної зупинки частини, яка рухається (наприклад, поршня пневматичного або гідравлічного циліндра), неточності роботи електромеханічних кінцевих вимикачів, дискретності покрокових механізмів, і на кінець, неточності зупинки в заданому положенні якоря електродвигуна. Помилки такого типу легше можуть бути виміряні, опрацьовані методами математичної статистики і узагальнені. В загальному випадку методика вимірювання помилок привода заключається в наступному: на вхід привода подається строго стабілізований сигнал, а на вихідному елементі вимірюються помилка.

8.1.3 Помилки за рахунок технологічних недопрацьовок при виготовленні елементів і вузлів маніпулятора залежать від технології виготовлення механічних частин маніпулятора і устаткування. В результаті різного роду неточностей фактичні розміри ланок, які визначають положення робочого органу в просторі, будуть різнитися від ідеальних (розрахункових). Реальні розміри можуть бути визначені шляхом виміру виготовленої конструкції і враховані в розрахунках. Однак цей шлях доцільний лише в рідких випадках, коли мова йде про унікальні, високоточні роботи. Найчастіше ж визначення очікуваної точності розробляючої конструкції проводиться, спираючись на ту ж інформацію, котра міститься в робочих кресленнях.

Як відомо технологічні неточності нормуються спеціальними стандартами, які обмежують їх максимальне значення.

Ефект впливу кожної з первинних помилок можна визначати незалежно від впливу інших помилок, а їх сумарна дія на точність позиціонування вимірюється згідно існуючих теорій точності. Що стосується методів сумування і визначення результуючої неточності, то в теорії точності вони ретельно розглянуті головним чином для плоских замкнутих механізмів. Визначення помилки положення робочого органу, як ланки просторового, розімкнутого багатоланкового механізму – специфічна задача теорії маніпуляційних систем.

8.1.4 Помилки, обумовлені пружними властивостями кінематичних ланок маніпулятора. Ця група помилок позиціонування робота визначається тим, що в процесі роботи маніпулятор являється розімкнутою системою, утворює пружно з'єднану з декількох ланок консоль з великим вильотом.

Треба відмітити, що ця група причин в ряді випадків, має велику питому вагу в загальному балансі вихідної помилки позиціювання.

Вивчаючи вплив цих факторів на точність позиціювання ПР, слід розглядати окремо задачі статичної і динамічної точності. До першої з них приходять у тих випадках, коли прикладені до маніпулятора зовнішні сили можна рахувати постійними. Друга задача – визначення динамічної точності – значно складніше.

8.1.5 Помилки за рахунок люфтів і зазорів в кінематичних парах істотно впливають на точність позиціювання промислового робота. Люфти і зазори вносять додаткову «малу» рухливість в систему.

Якщо по умовах навантаження допустимий статичний підхід і якщо крім того, можна знехтувати тертям в кінематичних парах, рахуючи накладені ними зв'язки ідеальними, тоді знаючи характеристики зазорів, можна визначити дійсне положення робочого органа. В усіх інших випадках, коли необхідно розглядати динамічну картину і враховувати тертя, задачу динамічної точності можливо розглядати лише при ряді припущень. Головна проблема заключається в тому, що при декількох кінематичних парах рух системи супроводжується її «розривами» і наступними співударями в різних кінематичних парах. В результаті цього руху система не піддається якому-небудь впорядкуванню.

Слід відмітити, що вплив люфтів і зазорів можна за відомих умов знизити до нуля, якщо система рухається в одному напрямку.

8.1.6 Помилка позиціювання, яка залежить від умов експлуатації ПР. Дану помилку можна розділити на декілька типів.

1. Помилка, викликана нестабільністю умов змазування поверхонь тертя. В механізмах і машинах залежить від конкретного типу змазки, температури навколишнього середовища, ступеня забруднення поверхонь тертя, зміни в'язкості змазки з часом і т.д.

2. Помилки, викликані зміною лінійного і кругового переміщення робота, в першому наближенні прямо пропорціональні значенню основного переміщення, але для точного розрахунку необхідне введення відповідних коефіцієнтів. Це легко можна проілюструвати на прикладі обертового руху руки робота. Цілком зрозуміло, що при збільшенні радіуса R повороту руки і при постійній кутовій помилці $\Delta\alpha$, помилка Δl буде збільшуватись прямопропорційно збільшенню радіуса.

3. Помилки викликані зміною маси вантажу який утримується, істотно впливає на точність позиціювання. Номінальною вантажопідйомністю промислового робота рахується така вантажопідйомність, при котрій забезпечується встановлення значення експлуатаційних характеристик. При зменшенні маси переносного виробу, особливо якщо вона вище номінальної, помилка позиціювання різко збільшується, а точність позиціювання відповідно зменшується. Це пояснюється зміною динамічних характеристик системи, перехідних процесів, збільшенням вібрації і т.д.



8.2 Точність позиціювання

8.2.1 Деякі теоретичні положення точності позиціювання ПР. Помилки позиціювання, викликані помилками роботи пристроїв керування, приводів, технологічними неточностями і пружними властивостями кінематичних ланок, будемо рахувати незалежними випадковими величинами з відомим законом розподілу.

В науці, техніці і масовому виробництві виробів часто доводиться зустрічатися з дослідами, операціями чи явищами, які багаторазово повторюються за незмінних умов. При цьому недивлячись на постійність основних умов, які ретельно зберігаються в кожному досліді, їхні результати завжди в тій чи іншій мірі відрізняються, тобто вони відчувають випадкове розсіювання і підпорядковуються йому.

Класичним прикладом може бути відхилення розмірів валів або отворів деталей, які виготовлені в машинобудуванні. Ці деталі, які випускаються мільйонами примірників, ніколи не можуть бути зроблені абсолютно однаковими. Крім того, виміри одного й того ж об'єкту, виконані з допомогою одного й того ж вимірювального інструмента з однаковою ретельністю не дають однакових результатів. Хоча результат кожного окремого виміру або фактичний розмір деталі, отриманий в процесі обробки, неможливо передбачити завчасно, це ще не означає, що повторні виміри не визначають ніякої закономірності. Ця закономірність добре вивчена і описується кривою, яка називається нормальна крива розподілу.

Особливе місце займають помилки, які виникають в результаті люфтів і зазорів. В першому наближенні їх можна віднести до детермінованих, відомим помилкам, які піддаються прогнозуванню і розрахунку.

Нормальному закону розподілу випадкових величин буде, як правило, відповідати будь-яка випадково змінна величина, яка представляє суму великого числа незалежних випадкових величин. Це положення визначається і підтверджується центральною крайовою теоремою.

На практиці досить часто зустрічаються випадкові процеси, які протікають у вірогіднісному відношенні однорідно при зміні якого-небудь параметра, наприклад часу. Такі випадкові процеси називають стаціонарними.

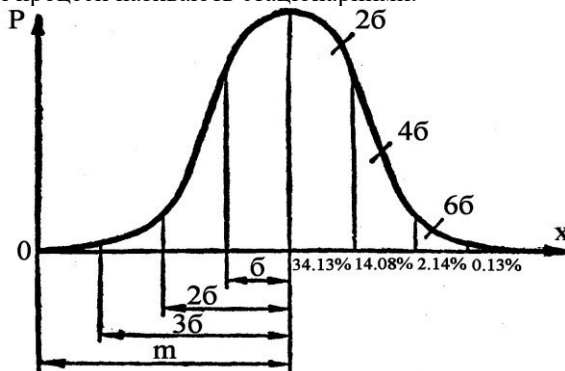


Рис 8.2. Нормальний закон розподілу випадкових величин

Нормальний закон розподілу випадкових величин показаний графіком рис.8.2. Величина m називається центральним середнім значенням (математичним сподіванням), якому відповідає невідома «істинна» величина вимірюваного об'єкта, а величина σ - середнім квадратичним відхиленням помилки. Ці величини m і σ називаються параметрами нормальної кривої розподілу, або кривої Гауса.

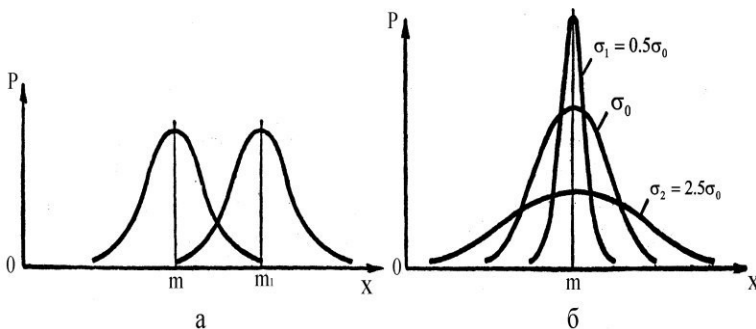


Рис 8.3. Зміна кривої розподілу при різних значеннях m і σ

Якщо в тих же умовах, тим самим приладом і з тією ж точністю багаторазово вимірювати інший об'єкт зі значенням m_1 , більшим m , то математичне сподівання результатів повторних вимірювань зміститься вправо в точку з абсцисою m_1 (рис.8.3 а), причому форма кривої не зміниться.

Якщо зміниться характеристика об'єкта або метод вимірювань, то розсіювання результатів вимірювань буде проходити біля центру з тою самою абсцисою m , але форма нормальної кривої зміниться, так як середньоквадратичне відхилення σ , яке залежить від характеристик об'єкта або точності вимірювань, буде мати інше значення.

Якщо новий метод вимірювань буде більш точним, то нове значення параметра σ буде меншим. Іншими словами, середньоквадратичне відхилення характеризує розмах випадкових коливань вимірюваної величини, який характерний даному методу вимірювань (рис 8.3, б)

Нормальна густина ймовірності для будь-якого значення випадкової величини $x (-\infty < x < \infty)$ визначається рівністю

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (8.1)$$

де m і σ - довільні числа (параметри розподілу), причому σ додатне.

Вірогідність знаходження випадкової величини x , підпорядкованої нормальному закону розподілу з параметрами m і σ , в інтервалі (x_1, x_2)

$$P(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} P(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{x_1-m}{\sigma}}^{\frac{x_2-m}{\sigma}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$x_1$$

$$x_1$$

$$\frac{x_1 - m}{\sigma}$$



де $z = \frac{x-m}{\sigma}$ допоміжна лінійна функція, для якої

$$P(Z < z) = P\left(\frac{x-m}{\sigma} < z\right) = P(x < m + z\sigma), \quad (8.2)$$

де Z – складна подія $z = x + y$

Однак невизначений інтеграл виду $\int e^{-\frac{z^2}{2}} dz$ не виражається через відомі елементарні функції, але в певних межах може бути тим чи іншим прийомом вирахований з яким завгодно ступенем точності.

Визначений інтервал зі змінною верхньою межею виду

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{v^2}{2}} dv \quad (8.3)$$

виражає площу під кривою $P(z)$ в проміжку від 0 до z (рис. 8.4), називається функцією Лапласа.

Відмітимо, що $\Phi_0(0) = 0$, $\Phi_0(-\infty) = -\frac{1}{2}$, $\Phi_0(+\infty) = \frac{1}{2}$, $\Phi_0(-z) = -\Phi_0(z)$ – площа в проміжку $(0; -z)$ рівна площі в проміжку $(0; z)$, проте рахується від'ємною.

Інтегральну функцію нормального розподілу можна виразити через функцію Лапласа наступним чином:

$$N(z; 0; 1) = \int_{-\infty}^0 n(z; 0; 1) dz + \int_0^z n(z; 0; 1) dz = 0.5 + \Phi_0(z). \quad (8.4)$$

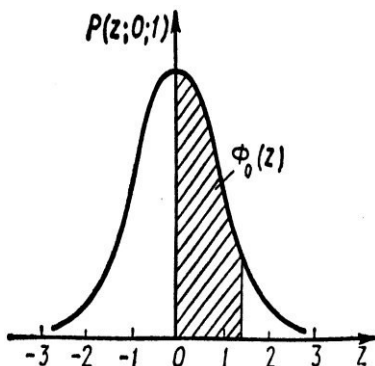


Рис. 8.4. Геометрична інтерпретація функції Лапласа $\Phi_0(z)$



Рис. 8.5. Схема збірки пари «циліндр- отвір» (а) і графік ймовірності збірки в функції зазору (б)



Якщо тепер скористатися функцією Лапласа, ця формула прийме вигляд

$$P(x_1 < x < x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{x_2-m}{\sigma}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{x_1-m}{\sigma}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = \Phi\left(\frac{x_2-m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_1-m}{\sigma}\right). \quad (8.5)$$

Використовуючи співвідношення (8.5) і відповідну таблицю додатків, можна легко визначити вірогідність попадання нормально розподіленої величини в інтервали $(m-\sigma, m+\sigma)$, $(m-2\sigma, m+2\sigma)$ і $(m-3\sigma, m+3\sigma)$.

Вірогідність знаходження випадкової величини в інтервалі $(m-3\sigma, m+3\sigma)$ близька до одиниці (0,9973). Тому «трьохсигмові» межі приймають за межі практично гранично можливих значень нормально розподіленої випадкової величини. Інакше кажучи,

$$P(m-3\sigma < x < m+3\sigma) \approx 1$$

Знаючи $x_{\max}$ і $x_{\min}$ можна наближено визначити середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{6}$$

Розглянемо на простому прикладі (рис. 8.5) залежність вірогідності збірки від бокового зазору

$$\delta_{б.з} = \frac{d_2 - d_1}{2},$$

де d_1 – діаметр вала; d_2 – діаметр отвору.

Крива (рис. 8.5б) залежність вірогідності збірки від зазору. Для зменшення зазору використовують спеціальні присадки.

8.2.2 Помилки позиціонування за рахунок неточності виготовлення і збірки. Припущення про те, що точність позиціонування промислового робота визначається тільки помилкою його позиціонування, а виріб виготовлено і встановлено абсолютно точно, являється частковим випадком системи «робот – інструмент – деталь» (РІД). В дійсності існують і інші помилки, які суттєво впливають на точність позиціонування.

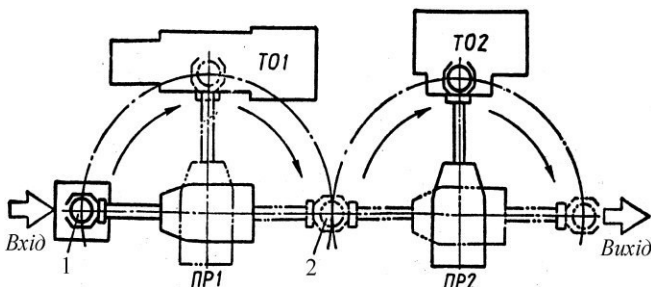


Рис 8.6. Рух робота по схемі «взяти-перемістити-покласти»

Для пояснення написаного приведемо наступні приклади. Нехай, промисловий робот повинен взяти заготовку 1, яка знаходиться в пристосуванні, і перенести її в друге положення, наприклад, в прес (рис 8.6). Це класична задача роботизації виробничих процесів, яка іноді називається «взяти – перенести – покласти». Заготовка розміщена в пристосуванні не абсолютно точно. В залежності від конкретної конструкції пристосування помилка установки заготовки може коливатися в великому діапазоні – від 0,01 мм до декількох міліметрів. Якщо заготовка знаходиться на періодично рухомому конвеєрі або столі який обертається, то точність її позиціонування буде визначатися і точністю транспортної одиниці.

Якщо робот підбирає заготовку з того місця, де її поклав її попередній робот 2, а спеціальні міри по підвищенню точності її позиціонування не прийняті, то неточність установки заготовки можна рахувати рівною неточності роботи першого робота.

В виробничій практиці підприємств машинобудівного напрямку часто мають місце помилки виготовлення заготовки. Припустимо, що необхідно змістити деталь, котру подає робот, з отвором, який передбачений в корпусній деталі. В загальному випадку слід враховувати допуск на відхилення центра отвору, котрий встановлений кресленням і залежить від точності обробки отвору на конкретному верстаті. Вірогідність того, що центр отвору точно співпадає з даним дуже мала.

Найбільш яскравий приклад можна привести з автомобілебудування, де промисловий робот все ширше використовується для контактної точкової зварки кузовів легкових автомобілів і кабін вантажних автомобілів. З допомогою спеціальної методики і досить складного вимірювального приладу встановлено, що одна кабіна може відрізнитися від іншої досить суттєво. Це пояснюється неточністю заготовок, зносом штампів і прес-форм, неточністю складаючих пристроїв.

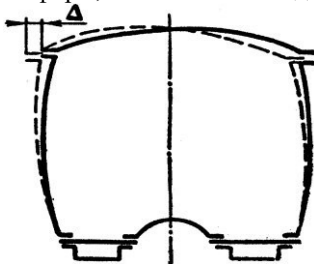


Рис 8.7. Схематичний розріз автомобільної кабіни і можливі помилки збірки

Сказане прояснюється рис 8.7. Як би точно не була встановлена основа кабіни на платформі вимірювально пристрою, верхні і нижні частини кожної кабіни мають відхилення в вертикальній і горизонтальній площині, які іноді досягають $\Delta = \pm 0,5 \text{ мм}$. Відповідно значне відхилення кромки від вертикалі і горизонталі не забезпечує нормальну роботу промислового робота, який проводить контактну точкову зварку, і вимагає застосування спеціальних захватних пристроїв або адаптивного робота.

8.2.3 Помилки позиціювання за рахунок люфтів в кінематичній схемі маніпулятора. В достатньо складних механізмах, як правило, присутні люфти, котрі з'являються за рахунок зазорів, якщо не були прийняті спеціальні заходи по їх усуненню. Ці люфти в кінематичних парах сумуються і суттєво погіршують точність роботи механізму. Задача виявлення, вимірювання і усунення люфтів дуже добре вивчена і опублікована в багатьох виданнях.

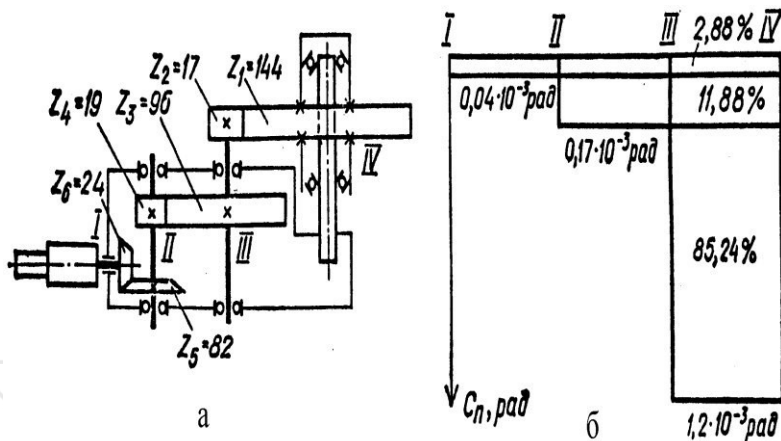


Рис 8.8. Кінематична схема приводу промислового робота ІЕС-690 (а) і діаграма люфтів до модернізації (б)

Звернемо увагу на ті специфічні особливості, котрі властиві промисловим роботам. Для цього розглянемо конкретні механізми азимутального повороту маніпулятора промислового робота ІЕС-690 (рис 8.8а). На схемі вказано кількість зубців на шестірнях, що дозволяє порахувати передаточне число. Розрахунок, виконаний для конкретних умов виготовлення конічних і циліндричних шестірень, дає наступний сумарний люфт, приведений до кінця невидвинутої руки:

$$\delta \Sigma |_{R=1150} = 1,682 \text{ мм}$$

а відповідний сумарний люфт при повністю висунутій руці

$$\delta' \Sigma |_{R=2150} = 3,145 \text{ мм}$$

Перед тим, як приймати рішення про використання тих чи інших заходів по зменшення або усуненню люфтів, доцільно визначити складові сумарного люфта в окремих ланках механізму.

На рис 8.8б представлена діаграма люфта C_n , приведеного до кінця руки робота, яка наглядно ілюструє складові сумарного люфта в трьох зубчатих передачах, приведених до вихідного валу редуктора азимутального повороту (вказані в радіанах і процентах). З діаграми слідує, що максимальний люфт спостерігається в останній ланці (85,24%). Точність позиціювання впливає на якість роботи ПР.



9. Мікропроцесорні пристрої в сенсорних системах роботів

всесвітньо відомий факультет
та природокористування

9.1. Задачі відеоаналізу у робототехніці. Задачі в робототехніці можна поділити на двомірні (плоскі) і трьохмірні (об'ємні), одно і багатопредметні, статичні і динамічні.

При багатопредметній задачі на відміну від однопредметної в полі зору відеосенсора одночасно знаходиться декілька об'єктів. Мета відеоаналізу полягає в отриманні стислого опису зображення, яке інваріантне в заданому відношенні і відповідає на ті чи інші питання відносно зображуваних об'єктів. Ці питання торкаються геометричних та якісних характеристик, взаємного положення об'єктів.

Розглянемо коротко основні групи задач відеоаналізу.

Аналіз довільного одиничного об'єкта в кадрі.

Метою аналізу являється:

- Розпізнання типу об'єкта незалежно від його кутової орієнтації, просторового розміщення і в заданих межах масштабування;
- Визначення просторових та кутових координат об'єкту;
- Визначення геометричних параметрів об'єкту і контроль якості.

Такими об'єктами можуть бути деталі, частини маніпуляторів, інтегральні схеми і т.д.

Аналіз декількох об'єктів, які одночасно знаходяться в кадрі. Мета аналізу в даній групі така, як і в попередній. Разом з тим для групи, яка розглядається додатково потрібно встановити місце знаходження кожного об'єкту і визначити взаємозв'язок зображуваних об'єктів.

Розглянемо ряд типових прикладів. Так, наприклад, вимагається взяти з подаючого пристрою чи з автоматизованого складу конкретну деталь. Однак в полі зору відеосенсора знаходиться також частини подаючого пристрою та іншого виробничого обладнання, яке необхідно відрізнити від необхідної деталі. До цієї групи задач відносять монтаж бункера і розпізнавання штампованих текстів.

Широку групу складають задачі контролю, так як статично кожна п'ята операція в промисловості – це операція контролю. До них відносяться і візуальний контроль дисплею, який складається з декількох компонентів, у цьому випадку встановлюється положення одних компонентів виробу по відношенню до інших. Великий об'єм контрольних задач складає візуальне визначення якості штампованих плат і інтегральних мікросхем. Електричне тестування не дозволяє локалізувати велику кількість дефектів, тому його доповнює візуальний контроль. При виготовленні інтегральних схем візуальний контроль використовується як в процесі нанесення провідників, так і перед кінцевим розміщенням кристала в корпус. При цьому потрібно відрізнити металізовані точки від фонових, виділяти із цілісного зображення схеми, контактні площадки, визначати їх координати, ступінь відхилення форми від заданої та ін. Кристал може досліджуватись на забруднення, тріщини, відносно великі області металізації, дефекти форми в цілому і окремих контактних площадок, а також на значне відхилення рівнів кольору.

 **Аналіз схематичного зображення.** Робототехнічні системи являються компонентами ГАВ. Створення ГАВ зв'язане з роботами в області автоматизації проектування. Роль аналізу зображення в даному випадку полягає у вводі креслень, схем, рисунків, виконаних від руки, топографічним способом або світловим пером на дисплеї. В розглянутій групі задач розпізнавання прямих і кривих ліній, умовних позначень електричних елементів та ін. являється необхідним етапом. При вводі креслень, виконаних топографічним способом, механічне переведення зображення в пам'ять без розпізнавання вимагає надмірні вимоги до об'єму пам'яті ЕОМ. Креслення вводяться для наступного аналізу, наприклад для перевірки правильності схеми у відношенні з заданим еталоном. Це вимагає логічного кодування схеми.

Трьохмірний зір. Задачі, розглянуті вище, являються двомірними. Для робототехнічних систем дуже важливі і трьохмірні задачі. Інформація відносно дальності необхідна по ряду причин. Робочий простір по суті трьохмірний, хоча спеціальні засоби і обмеження можуть зменшити потребу в третьому вимірі, така інформація все ж необхідна. Штамповані плати і інтегральні схеми мають важливі вертикальні компоненти. Маніпулювання в робочому просторі в основному трьохмірне, це відноситься і до задачі монтажу, де необхідно користуватися інформацією відносно глибини. Інформація відносно дальності важлива також і в тому відношенні, що це може часто спростити розпізнавання форми, орієнтацію, а також складність і габарити роботів.

Розпізнавання являється одним з етапів рішення трьохмірних задач. Наприклад, в триангуляційній схемі необхідно ідентифікувати одні і ті ж точки предметів в різних ракурсах. При розпізнаванні сцен інформація по дальності дозволяє проводити просторову сегментацію і тим самим виділяти окремі предмети в робочому просторі, відновлювати просторову форму об'єктів, для цього необхідна калібраційна процедура відповідності координатної системи відеодавача з координатною системою робота.

Одним з шляхів підвищення точності маніпуляторів являється збільшення їх механічної складності, що зв'язане із збільшенням маси і габаритів. Більш легкі і дешеві маніпулятори при збереженні точності позиціонування можна отримати за допомогою зворотнього відеозв'язку. Такий відеозв'язок дозволяє корегувати рух захватного механізму по траєкторії, оперативно виробляючи команди корекції, що забезпечує задану точність без використання прецизійних механізмів.

9.2. Програмування обчислювальних пристроїв робототехнічних систем.

В даному розділі розглядатимуться роботоорієнтовні мови програмування. Поряд з традиційними методами програмування увага приділяється також програмуванню робототехнічних систем з використанням графічних засобів.

Методи і мови в програмуванні роботів.

Методи програмування роботів можна розділити на наступні:

- пряме навчання;
- роботоорієнтоване програмування;
- задачно-орієнтоване програмування.

 **Пряме навчання** – це простий метод програмування роботів, який одержав найбільше поширення. Він передбачає ручне переміщення робота у всі потрібні положення і запис відповідних їм координат з'єднання. Крім того, для деяких положень вказується необхідність виконання таких операцій, як змикання захватного пристрою та ін. Виконання програми полягає в переміщенні робота у відповідності з заданою послідовністю положень. Пряме навчання – простий і легкий в реалізації метод програмування, однак для нього характерні суттєві обмеження. Цей метод не потребує застосування універсальних обчислювальних машин, тому він був широко розповсюджений на протязі ряду років, доки введення обчислювальних засобів в промислові роботи не стало економічно оправданим. Обмеження цього методу пов'язані з неможливістю використання давачів. Користувач визначає послідовність дій роботів, яка не може містити умовних переходів, обчислювальних і циклічних операцій. Цей метод в основному ефективний в деяких областях, зв'язаних з точковим зварюванням, фарбуванні і при простих завантажувально – розвантажувальних роботах. В більш складних технологічних процесах, таких, як механічне складання чи контроль якості, послідовність дій робота необхідно визначати в залежності від сигналів давача, а також від інформації, яка отримується з баз даних або яка отримується в результаті тих чи інших вимірів.

Метод роботоорієнтованого програмування. Перевага цього методу заключається в можливості використання сенсорної інформації від давачів сил, тактильних давачів та інших для корекції руху роботів. Завдяки використанню давачів робот може функціонувати в ситуації, коли для даних про зовнішні об'єкти властива деяка ступінь невизначеності, що розширює область застосування робототехніки. До недоліків роботоорієнтованих мов відноситься те, що користувач повинен мати високу кваліфікацію в області програмування. Спростити процедуру програмування можна використанням в роботоорієнтованих мовах програмування методів машинної графіки. Цей шлях пов'язаний з заміною методу прямого вивчення моделюванням робочого простору роботів.

В методі задачно – орієнтованого програмування визначається не рух роботів, а бажане розміщення об'єктів. Задачно – орієнтоване програмування дозволяє абстрагуватися від особливостей конкретного робота, і при цьому користувачу не приходится визначати траєкторії руху і положення, які залежать від геометрії і кінематики робота. Вихідною інформацією для задачно – орієнтованого програмування являється геометрична модель робочого простору і робота. Задачно – орієнтовані системи програмування називаються також системами моделювання робочої обстановки.

На даний момент розроблено велике число систем програмування роботів на основі методів прямого навчання і роботоорієнтованого програмування. В той же час методи задачно – орієнтованого програмування знаходиться на стадії експериментального дослідження.



Роботоорієнтовані мови програмування

Розглянемо декілька роботоорієнтованих мов.

1. MHI Ця роботоорієнтована мова програмування, створена для одного з перших роботів, керованих за допомогою ЕОМ, який був розроблений в Массачусетському технологічному інституті(США). Основні прийоми програмування в системі MHI базується на концепції обмеженого руху, тобто руху, який здійснюється доти, поки не буде отриманий певний сигнал від давача . За допомогою MHI неможна виконати арифметичні та інші дії, які виходять за рамки опитування давачів.

2. WAVE Мова створена в Стенфордському університеті(США). Основні допуски закладені в цій мові полягають в тому, що параметри руху можуть бути розраховані наперед і в процесі виконання руху необхідні лиш деякі відхилення від заданої траєкторії.

3. MINI Мова MINI отримана шляхом введення в мову LISP деякого числа додаткових функцій, які забезпечують сумісність з спеціалізованою обчислювальною машиною, на якій виконується програма в реальному масштабі часу. Мова використовується для програмування роботів, виконавчий орган яких переміщається в декартовій системі координат

4. В мові AL об'єднуються специфічні робототехнічні функції і можливості мов програмування високого рівня, таких як ALGOL і PASCAL .В цій системі програма виконується на двох ЕОМ. На першій – компіляція програми, на другій – отримана програма низького рівня виконується в реальному часі на керуючій ЕОМ.

5. VAL Ця система програмування представляє собою інтерпритатор, вдосконалені методи розрахунку траєкторії дозволяють виключити етап попередніх розрахунків. Система VAL допускає сумісність з системою технічного зору роботів і може визначати систему координат деталей, потрапивших в поле зору телекамери.

6. AML За допомогою цієї мови можна запрограмувати алгоритм взаємодії з системою технічного зору, також можна виконувати операції над векторами і матрицями повороту, а також програмувати алгоритми планування траєкторії при обмеженнях по швидкості та положенню робота.

7. TEACH У цій мові вирішуються дві проблеми, яких не торкалися в інших мовах програмування: паралельне виконання декількох задач і написання роботонезалежних програм. Однак навіть засобів такої спеціально розробленої мови, як TEACH не завжди достатньо для розрахунку складних задач групового управління.

Трансляцію завдання в області автоматизованих систем проектування можна розділити на три етапи: моделювання робочої установки, вказання задачі і синтез програми управління роботом.



Моделювання робочої установки

Модель містить наступну інформацію:

- геометричний опис об'єктів і роботів в робочому просторі, фізичний опис всіх об'єктів зі вказанням моментів інерції і значень мас;
- кінематичний опис всіх зв'язків;
- описання характеристик роботів – з'єднань, меж рухомості, допустимих прискорень, типів інформації, яка отримується від давачів, і т.д.

Завдання представляється для транслятора як послідовність моделей робочої установки, відповідних визначеним етапам виконання завдання.

Синтез програми управління роботом. На основі специфікації завдання здійснюється синтез роботоорієнтованої програми. Вона в основному ділиться на етапи планування захоплення предметів, планування руху і перевірки виконання плану. Для надійного виконання задачі необхідні алгоритми, які об'єднують метод обмеженого руху з методом аналізу сенсорної інформації.





10. Гнучкі автоматизовані виробництва.

10.1. Класифікація, загальні положення.

ГAB - нова форма автоматизації малосерійного і серійного виробництва.

ГAB - це сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПУ, РТК, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, яка має властивість автоматичної дії при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених границях значень їх характеристик.

По організаційним ознакам ГAB розділяються на: гнучкі автоматизовані лінії (ГAL), гнучкі автоматизовані дільниці ГАД і гнучкі автоматизовані цехи ГАЦ.

ГAL - це ГAB, в якому технологічне обладнання розміщено в прийнятій послідовності технологічних операцій.

ГАД - це ГAB, функціонуюче по технологічному маршруту, в якому передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного обладнання.

ГАЦ - це ГAB, яке являє собою сукупність ГAL, роботизованих технологічних ліній, ГАД.

В склад ГAB входять:

- *гнучкий виробничий модуль (ГВМ)* - одиниця технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури в деяких межах значень їх характеристик з програмним керуванням, автономно функціонуюча, яка автоматично виконує всі функції при виготовленні продукції.

- *роботизований технологічний комплекс (РТК)* – сукупність одиниць технологічного обладнання, промислового робота і засобів забезпечення, яка автономно функціонує і виконує багатократні цикли.

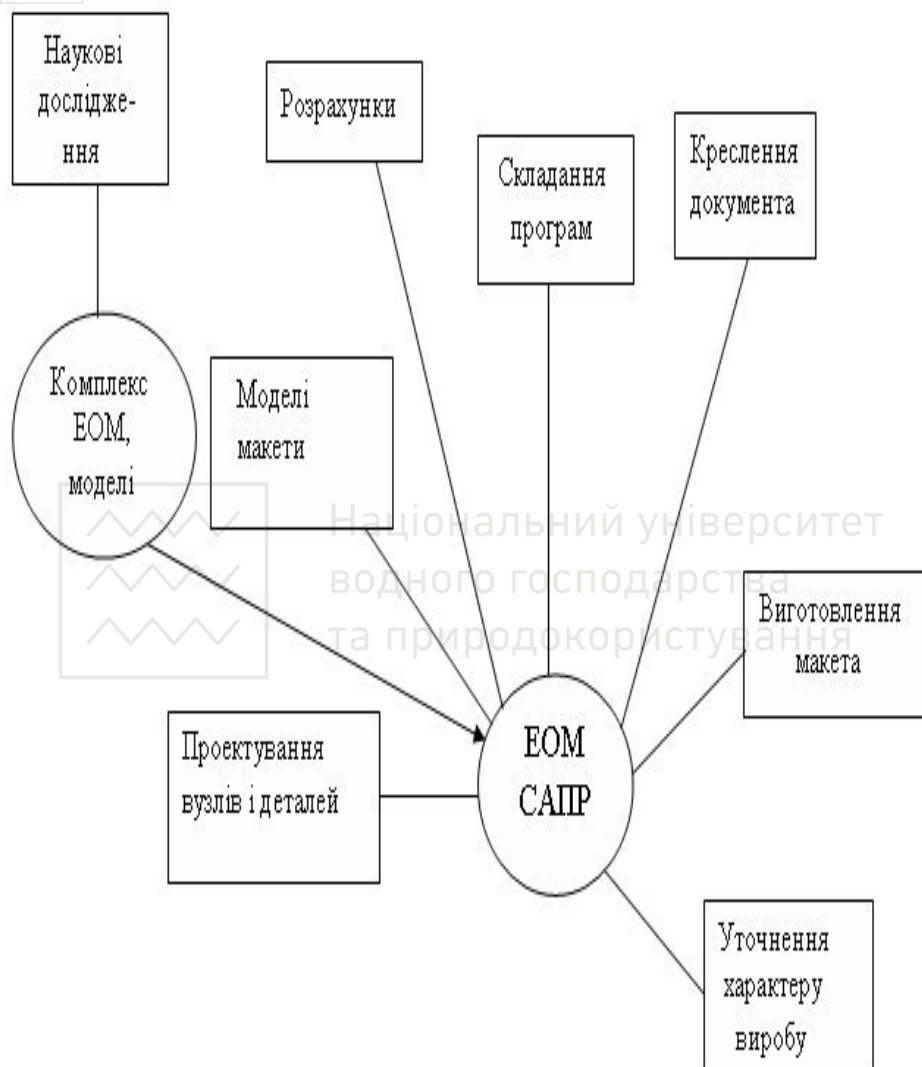
- *система забезпечення функціонування ГAB* - сукупність автоматизованих систем, які забезпечують проектування виробів, технологічну підготовку їх виробництва, керування виробництвом і автоматичне переміщення предметів виробництва.

В систему забезпечення функціонування ГAB входять такі складові:

- автоматизована транспортно-складська система (ATCC);
- автоматизована система інструментального забезпечення (ACIЗ);
- автоматизована система прибирання відходів (АСПВ);
- автоматизована система керування технологічними процесами (АСКТП);
- автоматизована система наукових досліджень (АСНД);
- система автоматичного проектування (САПР);
- автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ);
- автоматизована система керування (АСУ).

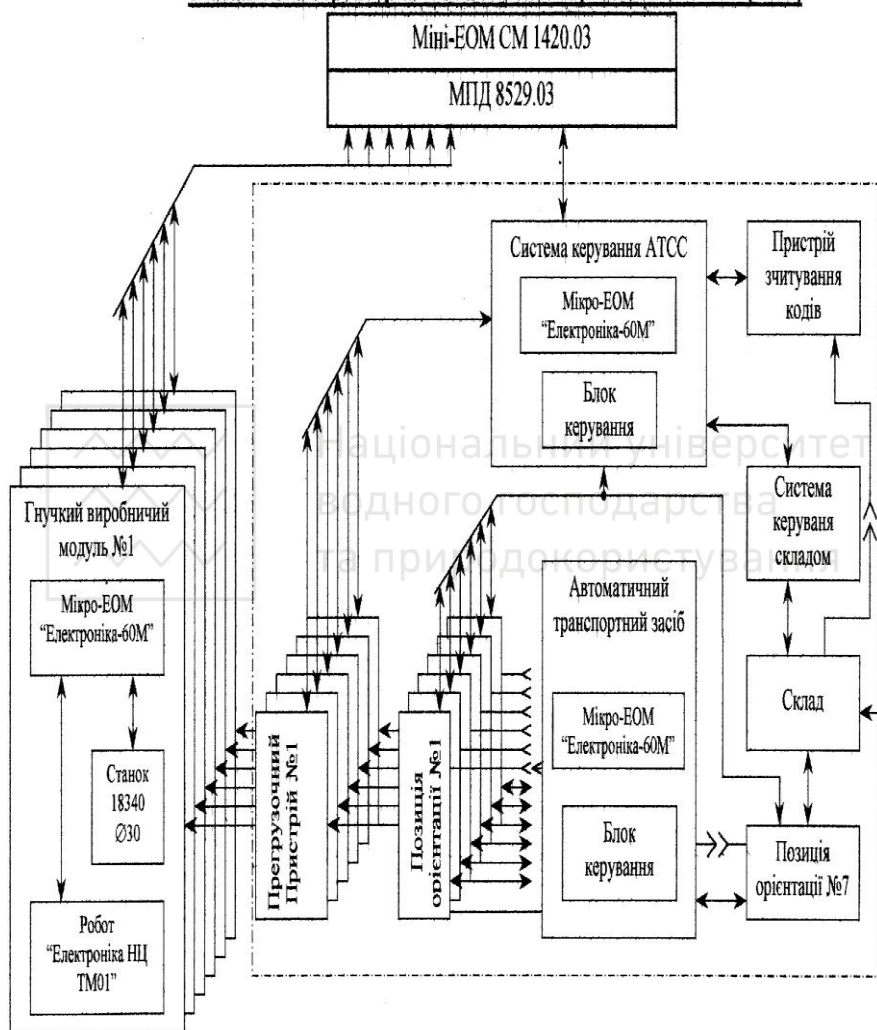


10.2 Структурна схема циклу ГАВ





Узагальнена структурна схема гнучкої виробничої системи (ГВС)





11. Роботизовані технологічні комплекси (РТК)

11.1. Структура і призначення РТК.

Головна ідея роботизації заключається в тому, щоб ПР використовувався спільно з основним технологічним обладнанням, наприклад із пресом, металорізальним верстатом, зварною установкою і ін., якими виконуються одна або декілька технологічних операцій. Термін РТК визначено ГОСТом 26228-85.

РТК - це сукупність одиниць технологічного обладнання, промислових роботів і засобів оснастки, яка автономно функціонує і виконує багатократні цикли.

Роботизована технологічна ділянка - це сукупність РТК, зв'язаних між собою транспортними засобами і системою керування.

Існують такі п'ять рівнів автоматизації:

- *перший рівень* - автоматизація циклу обробки, характеризується тим, що виконується керування послідовністю і характером рухів робочого інструменту з метою одержання даної форми деталі. Такий рівень автоматизації одержав в верстатах з ЧПУ.

- *другий рівень* - автоматизація вантажних операцій (установка і знімання деталі з верстата), дозволяє обслуговувати декілька одиниць технологічного обладнання, тобто перейти до багатоверстатного обслуговування. Автоматизація транспортних операцій і допоміжних (складання, розрізання матеріалів і ін.)

- *третій рівень* - автоматизація контролю якості продукції, яка виробляється технологічним обладнанням; стану інструменту, технологічного обладнання. Третій рівень автоматизації забезпечується створенням адаптивних РТК, а також гнучких виробничих модулів (ГВМ).

ГВМ - одиниця технологічного обладнання для виробництва виробів певної номенклатури з програмним керуванням, автономно функціонуюча, автоматично виконує всі функції зв'язані з їх виготовленням, і має можливість входити в ГАС.

- *четвертий рівень* - автоматизація переналадки обладнання (приспосіблень, інструментів і оснастки), зміна циклів і режимів обробки.

- *п'ятий рівень* - ГВМ гнучкі виробничі системи.

Приведена класифікація автоматизації відноситься до машинобудівного виробництва.



Розглянемо на прикладі структуру РТК

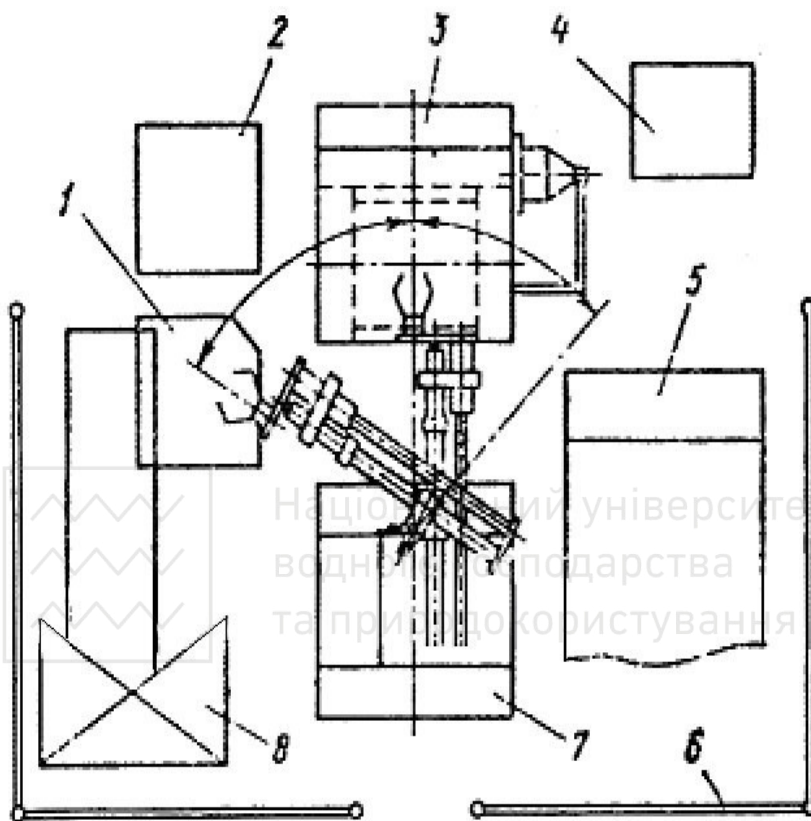


Рис.11.1 Роботизований технологічний комплекс на базі карбованого пресу

- 1-направляючий пристрій
- 2- система управління
- 3- прес
- 4-БУБ
- 5- магазин для готових виробів
- 6- огорожа комплексу
- 7- промисловий робот
- 8- бункер для вибору заготовок із навалу і їх поштучної видачі до направляючого пристрою



11.2. Технологічне і допоміжне обладнання.

У склад РТК входять:

1. Технологічне обладнання (ТО) (прес, металорізальний верстат, установка для термообробки і ін.);

2. Промисловий робот (маніпулятор);

3. Допоміжне (ДО), транспортне обладнання.

РТК бувають: однопозиційні (ТО, ПР, ДО), групові, багатопозиційні.

Технологічне обладнання використовуються різне по конструкції, експлуатації, параметрам і ступені автоматизації.

Допоміжне обладнання призначене для

1. Нагромадження певної кількості орієнтованих заготовок, виробів на початковій позиції комплексу.

2. Поштучна видача заготовок у визначену точку простору (місце) для захвату її маніпулятором.

3. Транспортування заготовок і виробів між послідовно розміщеним обладнанням усереднені комплексу із збереженням орієнтації.

4. Переорієнтація заготовок і виробів.

5. Збереження міжопераційного запасу і запасу між комплексами.

В якості допоміжного обладнання, яке входить в склад транспортної системи в РТК застосовуються лотки, скати, склзи, крокові конвеєри, ланцюгові конвеєри, кругові накопичувальні пристрої, тупикові накопичувачі, роликові конвеєри і багатомісна тара.

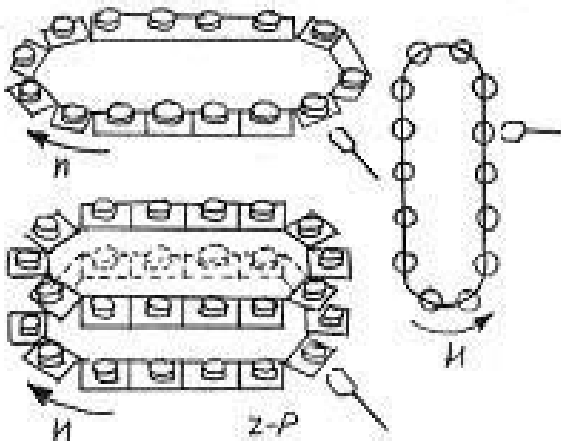


Рис.11.2. Транспортні накопичувачі (конвеєри) РТК

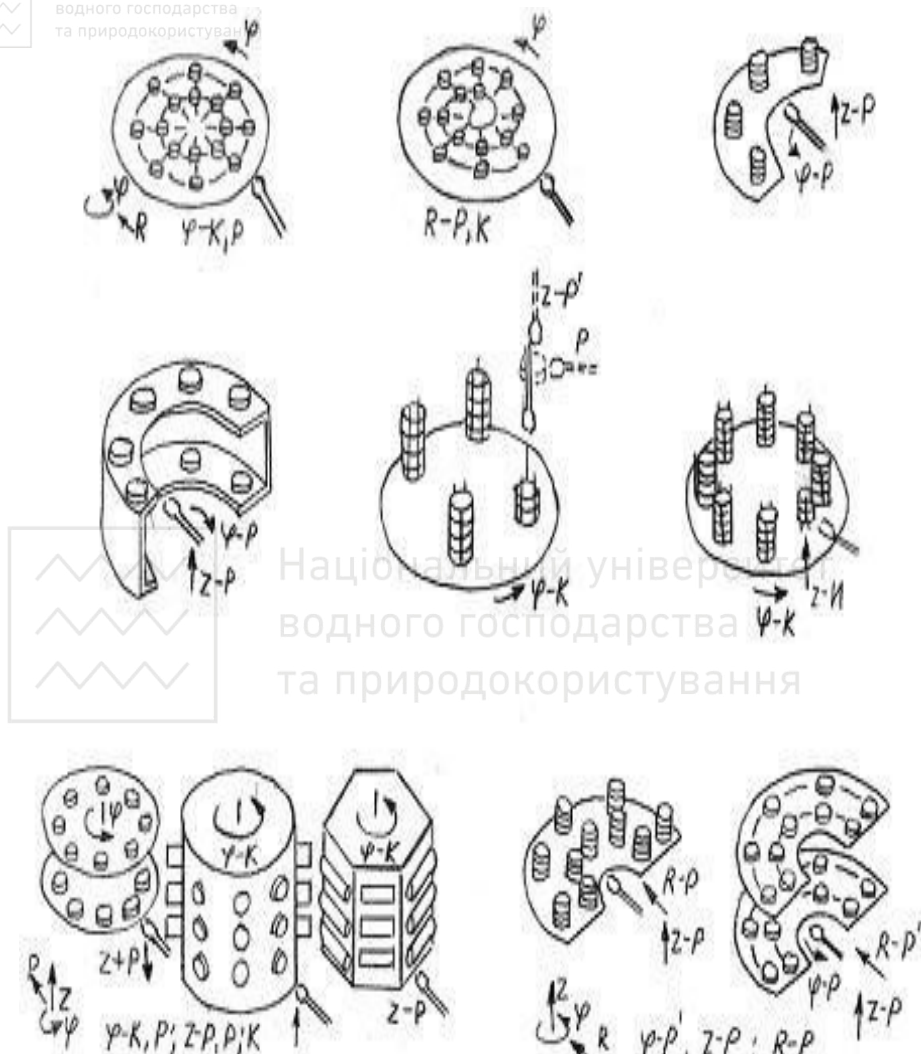


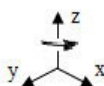
Рис. 11.3 Обертові накопичувачі

Умовні позначення:



маніпулятор ,

P- робот,
K- контейнер



осі розкладки виробів,

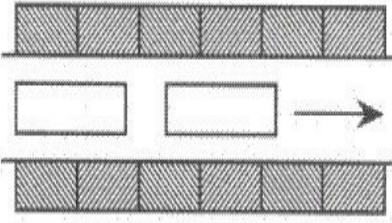
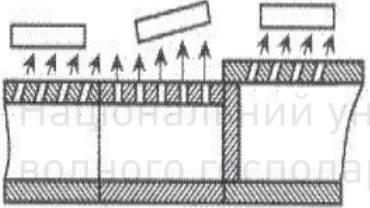
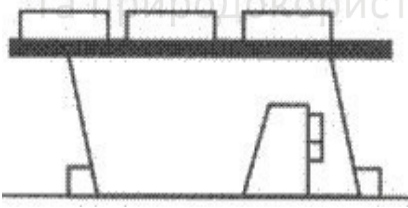
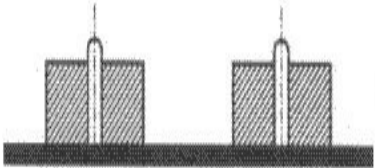


**Технічні характеристики магазинних і бункерно-магазинних
завантажувальних пристроїв**

№ з/п	Тип	Схема	Область застосування
Магазинні і бункерно-магазинні завантажувальні пристрої			
1	Трубчасті		Для подачі деталей у вигляді тонких кругів та циліндрів
2	Бункерні		Для накопичення великої кількості деталей, викладених в орієнтованому положенні рядами
3	Бункерно-касетні		Для швидкого завантаження магазину деталями
4	Спіральні		Для подачі конічних та циліндричних деталей, які мають буртики, а також, коли під час руху деталі необхідно змінити її положення



Технічні характеристики транспортерів

№ з/п	Тип	Схема	Область застосування
Транспортери			
1	Електромагнітні		Для переміщення деталей з магнітного матеріалу
2	Пневматичні		Для переміщення крихких та легких деталей
3	Вібраційні		Для переміщення деталей тільки в горизонтальній площині чи під невеликим кутом
4	Фрикційні		Для переміщення різноманітних деталей
5	Штирьові		Для переміщення деталей в чітко орієнтованому положенні



Технічні характеристики касетуючих пристроїв

№ з/п	Тип	Схема	Область застосування
Касетуючі пристрої			
1	Гніздові		Для завантаження пластинчастих та стержневих деталей
2	Штирьові		Для трубчастих деталей із захватом по внутрішнім поверхням
3	Клемові		Для стержневих деталей із захватом по зовнішнім поверхням



12. Моделювання робототехнічних систем і гнучких автоматизованих виробництв.

12.1. Принципи та апарат моделювання гнучких автоматизованих виробництв.

Математичне моделювання є одним із основних інструментів рішення задач аналізу, проектування і управління гнучкими автоматизованими виробництвами та робототехнічними комплексами. Зростання ролі моделювання пояснюється, перш за все тим, що інженерні методи вибору технічних рішень та розрахунку технічно-економічних показників, які придатні для традиційних виробництв, виявляються або занадто грубими, або неприйнятними для високоавтоматизованих виробництв, в силу специфіки останніх.

В даному розділі розглянуті принципи та математичний апарат, які найбільш часто використовуються для моделювання технологічної та керуючої підсистем ГАВ.

12.2 Гнучкі автоматизовані виробництва – як об'єкт моделювання.

Моделювання ГАВ, як і будь-якої виробничої системи, передбачає визначення складу та характеристик її підсистем, елементів і зв'язків між ними. Технологічну систему ГАВ можна розділити на основне технологічне обладнання, транспортну підсистему, підсистему складування. В кожній з цих підсистем, в свою чергу, можна виділити сукупність взаємозв'язаних елементів. Так, основне технологічне обладнання складається з окремих одиниць обладнання, кожна з яких характеризується певними параметрами, наприклад: часом виконання технологічних операцій, надійністю, ємністю магазину інструментів і т.д. елементами підсистеми складування є склади, оперативні накопичувачі і персональні (суміщені з основним обладнанням) накопичувачі. Найбільш важливі їх характеристики – ємність, час обміну виробами, порядок доступу до виробів в накопичувачі.

Всі елементи (як і підсистеми) абстрактно можливо описати трьома категоріями: входи, процес, виходи (рис.12.1).

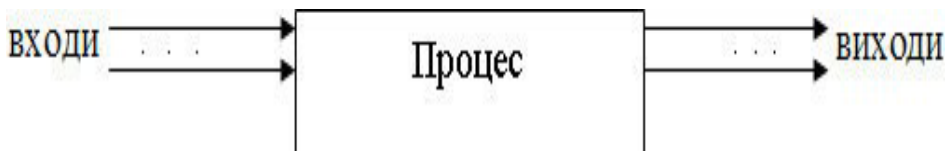


Рис. 12.1. Елемент технологічного процесу

Входи і виходи представляють собою потоки матеріалів, виробів, енергії, інформації. Вони можуть мати як неперервний, так і дискретний характер. Процес

– це зміна стану елементів в часі. Стан можна представити вектором параметрів, які характеризують процес. В залежності від типу елементу і ступені деталізації процесу стан може змінюватися дискретно (компоненти вектора стану змінюються в деякі моменти часу миттєво) або неперервно.

Найбільш часто використовують наступні типові елементи моделей виробничих систем:

1. *Елемент з одним входом і одним виходом.* Такими елементами описуються обробляюче обладнання, накопичувачі, транспортні системи. Стан накопичувача визначається числом виробів, які знаходяться в ньому в даний момент часу; стан транспортної системи – такими характеристиками як завантаження, переміщення чи неробочий стан. Можуть також враховуватися швидкість і прискорення переміщення, час фіксації і розфіксації і т.д.

2. *Елемент з двома і більше входами та одним виходом.* Такими елементами описуються збірні автомати, в яких відбувається з'єднання деяких виробів в один вузол.

3. *Елемент з одним входом і декількома виходами.* В деяких випадках таким елементом є автоматизований склад виробів, який має одну завантажуючу і декілька вивантажуючих площадок.

Структуру виробничої системи можна представити взаємозв'язаною сукупністю її елементів, при цьому існують різні способи зв'язку елементів.

Розглянемо найбільш поширені:

При *послідовному з'єднанні* вихід попереднього елемента є входом наступного. Видно, що при такому з'єднанні елементів обробляючого типу бажано, щоб ресурси їх продуктивностей були однакові. В іншому випадку виникає “вузьке місце” і елементи з більшим ресурсом продуктивності будуть працювати з недозавантаженням. Структури з послідовно з'єднаними елементами характерні для збірних технологічних процесів з синхронним конвеєром. Кожний елемент є збірним автоматом. Ресурси продуктивності всіх збірних автоматів повинні бути однакові і вибрані так, щоб забезпечити заданий темп випуску виробів.

У випадку, коли продуктивності елементів обробки або збірних елементів змінюються в процесі функціонування, наприклад, із-за простоїв, зв'язаних із збоями або профілактикою, між послідовно з'єднаними елементами доцільно встановити буферний накопичувач із змінним запасом продуктів. При нормальному функціонуванні в накопичувачі підтримується деякий постійний запас продукту. При виході із роботи першого (протягом технологічного процесу) елемента другий не припинить роботу, при цьому запас в накопичувачі буде зменшуватися.

Час роботи другого елемента при непрацюючому першому визначається величиною запасу в накопичувачі. При відмові другого елемента запас продукту в накопичувачі буде збільшуватися, а час роботи першого елемента при непрацюючому другому визначається різницею між максимальною ємністю накопичувача і величиною запасу в момент відмови другого елемента.

При **паралельному з'єднанні** об'єднані входи і виходи елементів. Таке з'єднання зазвичай використовується для збільшення інтенсивності обробки продуктового потоку, так як продуктивності елементів, з'єднаних паралельно, складаються.

Структура із зворотнім зв'язком, при якій частина вихідного потоку елемента S_1 подається на вхід елемента S_2 , приведена на рис. 12.2. На практиці структури із зворотними зв'язками використовуються, наприклад, якщо в елементі S_1 відбувається контроль виробу, а в елементі S_2 – виправлення браку.

Реальні виробничі системи, як правило, мають комплексну структуру, тобто структуру, яка об'єднує всі три розглянутих типи з'єднання елементів.

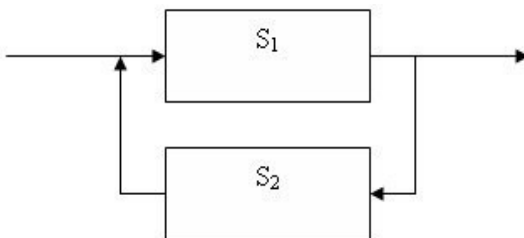


Рис. 12.2. Структура із зворотнім зв'язком.

Побудова структури нових високоавтоматизованих виробництв є, як правило, важко формалізованим процесом. Аналіз запропонованої проєктувальником структури і технічних рішень в значній мірі базується на математичному моделюванні. При цьому можна рішити наступні задачі:

1. Визначити продуктивність всієї системи і завантаження її окремих елементів при відомих характеристиках виробів, технології, ресурсах продуктивності всіх елементів і ємностей накопичувачів;

2. Визначити необхідні ресурси продуктивності всіх елементів системи і ємності накопичувачів при відомих характеристиках виробів, технології і плановому завданні;

3. Визначити необхідну продуктивність транспортної системи і ємності накопичувачів при відомих характеристиках виробів, технологій, плановому завданні, ресурсах продуктивності та елементів обробки (зборки) ;

4. Визначити втрату продуктивності системи при відмові певних елементів при відомих характеристиках виробів, технології, плановому завданні, ресурсах продуктивності і ємностей накопичувачів.

Перераховані задачі є найбільш характерними при аналізі проєктів ГАВ, але не вичерпують список можливих постановок задач.

Для моделювання ГАВ використовуються різноманітні методи, які можна розділити на два широкі типи: *аналітичні, імітаційні*

Аналітичне моделювання ґрунтується на поверхневому описі об'єкта, який моделюється за допомогою набору математичних формул. Мова аналітичного опису містить наступні основні групи семантичних елементів:



- критерій;
- невідомі;
- дані;
- математичні операції;
- обмеження.

Найбільш суттєва характеристика математичних моделей полягає в тому, що модель не є структурно подібна об'єкту моделювання. Під структурною подібністю тут розуміють однозначну відповідність елементів і зв'язків моделі елементам і зв'язкам об'єкта моделювання. До аналітичних відносяться моделі, які побудовані на основі апарату математичного програмування, кореляційного, регресивного аналізу. Аналітична модель завжди являє собою формальну конструкцію, яку можна проаналізувати і рішення математичними засобами. Так, якщо використовується апарат математичного програмування, то модель складається із цільової функції і системи обмежень на змінні. Цільова функція, як правило, виражає ту характеристику системи, яку потрібно обчислити чи оптимізувати. Наприклад, це може бути продуктивність системи. Змінні виражають варіативні технічні характеристики системи, обмеження – їх допустимі граничні значення. Процес, який відбувається на об'єкті, не має прямого аналогу в аналітичній моделі. Аналітичні моделі є ефективним інструментом для рішення задач оптимізації або обчислення характеристик виробничих систем. Але в ряді практичних задач застосування аналітичних моделей є проблематичним, в зв'язку з їх великою розмірністю. Для збільшення обчислювальної ефективності використовують різні прийоми. Один з них зв'язаний із розбиттям задачі великої розмірності на підзадачі меншої розмірності так, щоб автономні рішення підзадач в певній послідовності давали рішення основної задачі. При цьому виникають організації взаємодії від задач, які не завжди виявляються простими. Інший приклад розуміє під собою зменшення точності обчислень, за рахунок чого вдається скоротити час рішення задачі.

Імітаційне моделювання ґрунтується на прямому описі об'єкту моделювання. Значимою характеристикою таких моделей є структурна подібність об'єкту і моделі. Це значить, кожному значимому з точки зору задачі, яка обчислюється, елементу об'єкту ставиться і відповідність елементу моделі. При побудові імітаційної моделі описуються закони функціонування кожного елемента об'єкту і зв'язку між ними. Робота з імітаційною моделлю полягає в проведенні імітаційного експерименту. Процес, який протікає в моделі в ході експерименту, подібний до процесу в реальному об'єкті. Тому дослідження об'єкту на його імітаційній моделі зводиться до вивчення характеристик процесу, який протікає в ході експерименту.

Для формального представлення виробничої системи при імітаційному моделюванні зазвичай використовується схема з дискретними подіями. При цьому процес функціонування системи в часі ототожнюється з послідовністю подій, які виникли в системі у відповідності із закономірностями її функціонування. В формальне поняття “подія” вкладають конкретний смисловий зміст, який визначається цілями моделювання. Важливою властивістю імітації є можливість

керувати масштабом часу. Динамічний процес в імітаційній моделі протікає в так званому системному часі. Системний час імітує реальний час, при цьому перерахунок системного часу в моделі можна виконувати двома способами:

1. *Перший* полягає в “русі” по часі з деяким постійним кроком Δt ;
2. *Другий* – в “русі” по часі від події до події.

Вважають, що в періодах часу між подіями в моделі не відбувається ніяких змін.

Крім реального і системного часу існує ще один тип часу – машинний, тобто час, за який реалізується імітаційний експеримент. При імітаційному моделюванні виробничих систем, як правило, намагаються “стиснути” реальний час, тобто протяжність процесів в моделі, яка вимірюється машинним часом, значно менше протяжності тих же процесів в реальному об’єкті. Це дає змогу вивчати функціонування виробничої системи на досить довгих інтервалах часу.

Таким чином основне призначення імітаційного моделювання полягає в наступному:

- виділити найбільш суттєві змінні, оцінити ступінь впливу їх зміни на параметри системи, які досліджуються, а також визначити “вузькі місця”, тобто технологічні, організаційні або керуючі фактори, які найбільш суттєво впливають на показники функціонування системи;
- вивчити дію різних організаційних, керуючих та техніко-економічних змін на показники функціонування системи;
- оцінити різні варіанти технічних рішень і стратегій керування при пошуку оптимальної структури ГАВ.

Ясно, що аналітичні задачі можна розв’язувати з допомогою аналітичних методів, але імітація дозволяє працювати з моделями більшої розмірності, враховувати обмеження і умови, які важко або неможливо включити в аналітичну модель, а також представляти результати моделювання в наглядній, легко інтерпретуючій формі. Однак, це не значить що імітаційне моделювання може замінити аналітичне. Проведення імітаційного експерименту часто виявляється трудомісною і довгою процедурою. Тому, на практиці, при рішенні задач аналізу та синтезу ГАВ аналітичне і імітаційне моделювання об’єднують в комплексну процедуру. Аналітичне моделювання в такій процедурі використовують для швидкого, але приблизного оцінювання основних характеристик ГАВ, що дозволяє усунути найбільш суттєві неточності програмування, збалансувати продуктивність окремих елементів, вибрати ємність накопичувачів і сформулювати вимоги до системи керування. Імітаційне моделювання займає більше часу і дозволяє визначити вказані характеристики та інші характеристики з більш високим ступенем точності.



13. Роботизовані технологічні лінії (РТЛ)

13.1. Загальні відомості.

ПР широко застосовуються в автоматичних лініях. Перш за все це відноситься до контактної точкової зварки кузовів автомобілів (легкових і вантажних), а також процесів гальванопокриття, фарбування і зварки.

Створення і застосування роботизованих технологічних ліній - важливе напрямлення робототехніки, яке відкриває широкі перспективи в виробничому і економічному відношеннях.

13.2. Схеми РТЛ.

Автоматичні роботизовані лінії можна розділити на три групи:

1. Роботизована лінія, яка складається із пульсуючого конвеєра і послідовно розміщених біля нього роботів, кожний із яких виконує свою технологічну операцію.

Особливість цієї схеми заключається в тому, що вироби з конвеєра не знімаються.

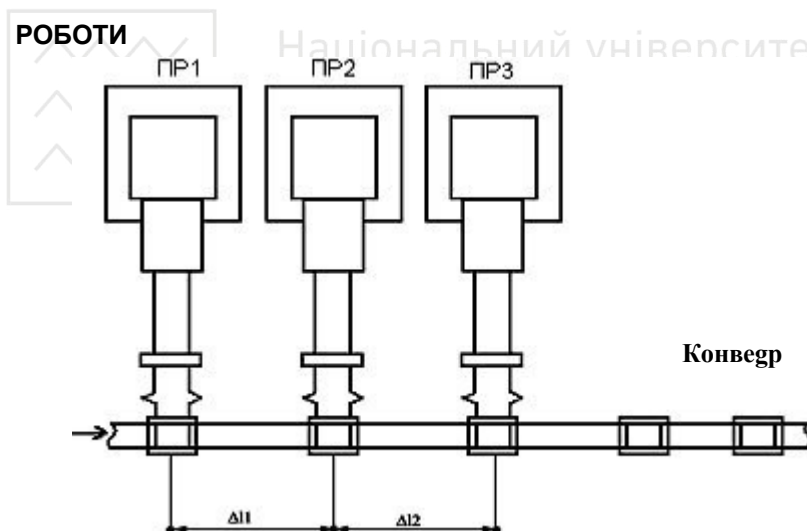


Рис.13.1 Роботизована технологічна лінія

2. Роботизована лінія складається із пульсуючого конвеєра, послідовно розміщених роботів і технологічного обладнання. При такій компоновці вироби з конвеєра знімаються роботом і переносяться на технологічне обладнання. Така компоновка вимагає дуже чітких і узгоджених дій конвеєра, роботів і технологічного обладнання.

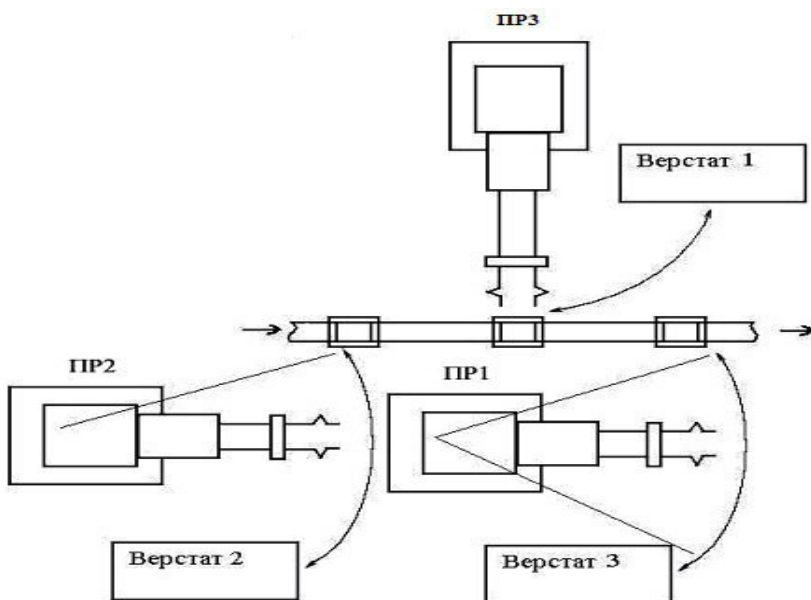


Рис.13.2. Роботизована технологічна лінія

3.Роботизована лінія, яка не має конвеєра, складається із послідовно розміщеного технологічного обладнання і промислових роботів.

Така схема близька до схеми роботизованого технологічного комплексу.

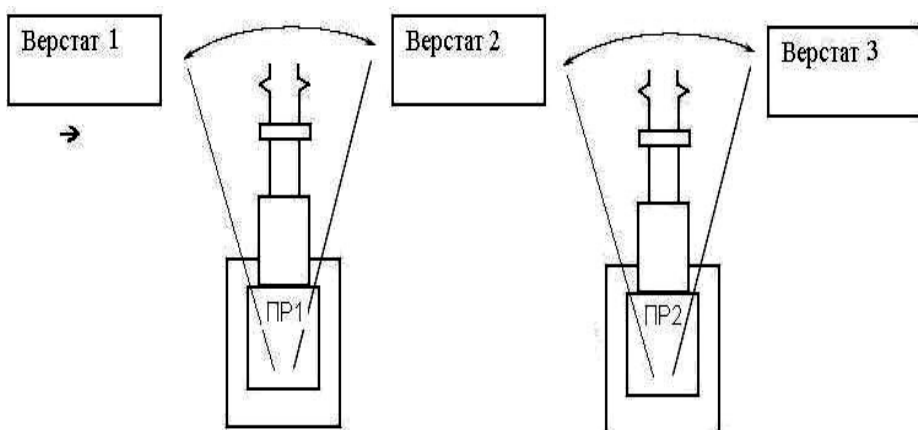


Рис. 13.3. Роботизована технологічна лінія

4. Роботизована лінія, яка складається з конвеєра, промислових роботів, технологічного обладнання і позиціонерів.

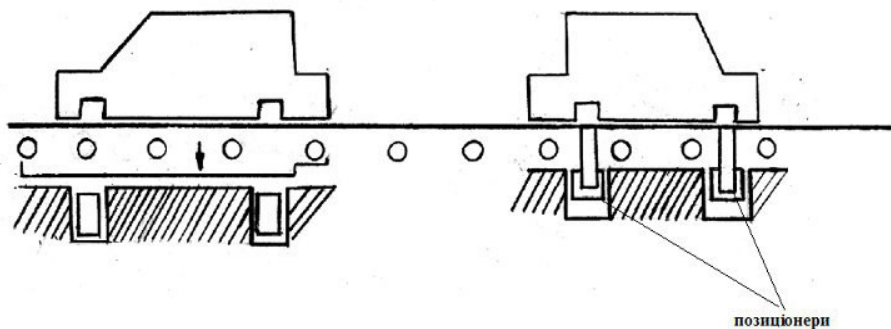


Рис. 13.4 Роботизована технологічна лінія

5. Роботизована лінія з напольними і підвісними роботами.



Рис.13.5. Роботизована технологічна лінія

Такі РТЛ застосовують в хімікотехнологічному виробництві. Тип схеми вибирають в залежності від технологій виготовлення.

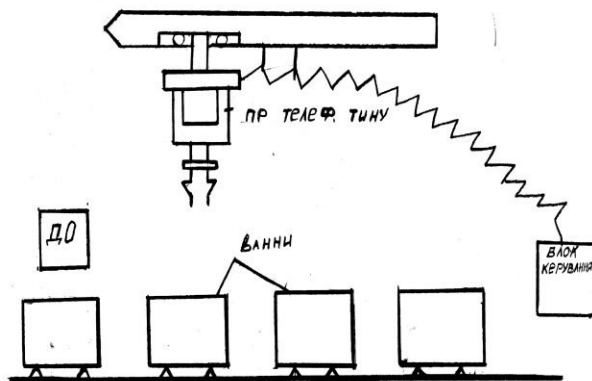


Рис.13.6. Роботизована технологічна лінія

14. Економічна ефективність застосування РТК

14.1. Основні завдання.

Впровадження ПР в промисловості вимагає виконання певних технічних і організаційних міроприємств; до них відносяться:

1. Попередня технологічна підготовка (аналіз виробів, технологічних процесів і обладнання);
 2. Модернізація основного технологічного обладнання з метою підготовки його до застосування ПР;
 3. Створення спеціального або спеціалізованого обладнання для орієнтації і транспортування виробів;
 4. Створення спеціальної або спеціалізованої оснастки та інструментів;
 5. Перепланівка виробничих цехів (ділянок).
- При розрахунку економічної ефективності ставляться такі завдання:
1. Підвищення продуктивності обладнання, тобто об'єму виробленої продукції з основного технологічного обладнання, яке обслуговується ПР.
 2. Підвищення продуктивності праці в результаті заміни ручної праці на допоміжних, транспортних, збірних операціях.
 3. Підвищення ритмічності виробництва.
 4. Підвищення коефіцієнта змінності обладнання без збільшення чисельності робітників.
 5. Зменшення витрат, зв'язаних з суб'єктивними особливостями людини.
 6. Зниження проценту браку і підвищення якості продукції (виробів).

Застосування ПР дозволяє розв'язати народному господарстві ряд спеціальних завдань:

1. Змінити характер праці і створити кращі умови праці.
2. Зменшити травматизм і знизити можливість виникнення професійних захворювань.
3. Полегшити загальну демографічну проблему недостатку робочої сили у народному господарстві.
4. Зменшити затрати на житлове будівництво.

14.2. Етапи розрахунків.

При створенні РТК розрахунок економічної ефективності проводять на таких етапах:

1. Розробка техніко-економічного обґрунтування створення РТК
2. Розробка технічного завдання (ТЗ).
3. Розробка технічного проекту (ТП).
4. Розробка робочої документації (ТД).
5. Прийомка дослідного зразка.

14.3. Методика розрахунку економічної ефективності

При розрахунку економічної ефективності приймається базовий варіант який порівнюється з рядом інших варіантів (при застосуванні того чи іншого ТО і ПР) і вибирається оптимальний на основі розрахунків на ЕОМ.

Економічну ефективність впровадження РТК розраховують для таких етапів:

1-й етап. Визначення доцільності впровадження.

2-й етап. Визначення фактичного економічного ефекту від впровадження.

На всіх етапах впровадження РТК річний економічний ефект визначають по формулі:

$$E=(3_1-3_2)=(C_1+E_H \cdot K_1)-(C_2+E_H \cdot K_2),$$

де E – економічний ефект від використання РТК за один рік експлуатації;

3_1 – витрати виробника по базовому варіанту ;

3_2 – витрати виробника при запровадженні РТК;

C_1 – вартість річного випуску продукції по базовому варіанту;

C_2 – вартість річного випуску продукції, які виробленні на РТК;

K_1 – капітальні вклади виробника по базовому варіанту;

K_2 – капітальні вклади виробника при використанні РТК;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності (0,15).

Ефективність впровадження РТК буде мати місце при $3_1 > 3_2$ і при терміні окупності рівному 6...7 років.

Термін (строк) визначають по формулі (додаткових капітальних вкладень).

$$T_{ok} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} < 6 \text{ років}$$

В практиці при розрахунку економічної ефективності користуються спеціальними „Інструкціями по оцінці економічної ефективності створення і використання автоматичних машин” і економічною літературою напрямку серії „Міжгалузева економіка”, та іншими.

14.4 Перспективи розвитку робототехніки.

В майбутньому очевидні принципіальні можливості робототехніки в завершені комплексної автоматизації виробництва. Необхідно вважати перспективним створення нових типів ПР агрегатного типу (модульний принцип побудови ПР), адаптивних роботів, більш досконалих ніж ті, які випускаються тепер, роботів з штучним інтелектом (III покоління).

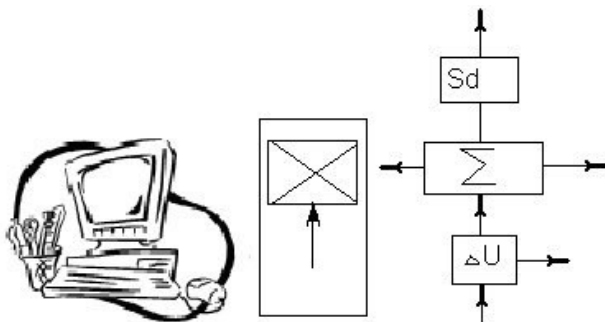
Автори технічної літератури по питанням майбутніх роботів вважають, що в найближчі роки будуть одержані добрі результати по: розпізнаванню образів, розпізнаванню природньої мови людини, проектно-конструкторські роботи і інші види діяльності робота. Будуть розширенні області застосування ПР: космос і море, гірнична справа (видобуток корисних копалин, підземних вод на планетах сонячної системи), с/г виробництво, охорона приміщень, обладнання, машин та інші.

Майбутнє роботів. Можна визначити проблеми, які будуть вирішувати в майбутньому роботи: створення штучного інтелекта високого рівня; створення рухомих роботів; створення самонавчаючих роботів. Одним із важливих факторів, які будуть вирішувати розвиток робототехніки в майбутньому – це мініатюризація (зменшення масштабів ЕОМ) засобів обчислювальної техніки, збільшення швидкодії і підвищення надійності їх роботи.

Немалі проблеми визиває задача створення компактних і потужних приводів, які були б швидкодійні, високоточні і малогабаритні.

Великий вплив на проблему створення роботів нових поколінь має біоніка, так як вивчення принципів побудови і функціонування біологічних систем з метою створення нових конструкцій ПР роботів дуже важлива.

Очевидно, що в майбутньому роботи коріним чином змінять характер трудової діяльності людини, повисять культуру праці, тобто зроблять наше життя **кращим!**



Розподіл функцій мозку людини з штучним роботом.

- Математичні обчислення.
- Проектно-конструкторські роботи.
- Переміщення в просторі.
- Дія на зовнішнє середовище.

Література

1. Вильман Ю.А. Основы роботизации в строительстве. – М.: Высш.шк, 1989. – 271с.
2. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 376с.
3. Механика промышленных роботов. Под ред. К.В. Фролова – М.: Высш.шк.1988.
4. Промышленные роботы. Г.А. Спыту – К.: Вища школа.1991. – 311с.
5. Промышленные роботы /В.И. Костюк, А.П. Гавриш, Л.С. Ямпольский, А.Г.Карлов. – К.: Высш.шк.1985. – 359с.
6. Робототехника /Ю.Д. Андрианов, Э.П. Бобриков, В.Н. Гончаренко и др.; Под ред. Е.П. Попова, Е.И. Юревича. – М.: Машиностроение, 1984. – 288с.
7. Промышленные роботы в сборочном производстве / В. И. Костюк, Л. С. Ямпольский, И. Б. Иваненко. – К. : Техніка, 1983. – 183 с.
8. Жавнер В. Л., Крамской Э. И. Погрузочные манипуляторы. – Л.: Машиностроение, 1975, 160 с.
9. Андреев С. Н., Ворошилов М. С., Петров Б. А. Проектирование приводов манипуляторов. – Л.: Машиностроение. 1975. – 312 с.
10. Промышленная робототехника. / А. В. Бабич, А. Г. Баранов, И. В. Калабин и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 415 с.

Зміст

1. ВСТУП	4
1.1. Сучасний стан робототехніки	4
1.2. Можливості робототехніки	4
1.3. Основні поняття і визначення	5
2. Структура і класифікація промислових роботів (ПР). Основні технічні показники ПР	6
2.1. Структура промислових роботів	6
2.2. Класифікація промислових роботів	6
2.3. Основні технічні показники ПР	8
3. Типи маніпуляторів	10
3.1. Структурні і кінематичні схеми маніпуляторів	10
3.2. Класифікація маніпуляторів	10
3.3. Технічні показники маніпуляторів	11
3.4. Автооператори	13
4. Конструкції промислових роботів	14
4.1. Конструктивна схема ПР	14
4.2. Технічні характеристики ПР	14
4.3. Системи координат	15
4.4. Приклади структурних кінематичних схем ПР	15
4.5. Типи ПР	16
5. Захватні пристрої	20
5.1. Класифікація хватних пристроїв	20
5.2. Будова хватних пристроїв і принцип дії. Механічні ЗП некеровані	20
5.3. Розрахунок хватних пристроїв	24
5.3.1. Задачі розрахунку	24
5.3.2. Розрахунок зусиль привода	25
5.3.3. Формули для розрахунку контактних напружень при хваті заготовки (деталі) губками ЗП	27
6. Приводи і елементи автоматики ПР	29
6.1. Загальні відомості. Класифікація приводів	29
6.2. Елементи автоматики ПР	29
6.3. Електромеханічний привод	30
6.4. Гідропривід	31
6.5. Пневмопривід	32
6.6. Комбіновані приводи	32
7. Системи керування ПР та інформаційні системи	33
7.1. Класифікація СК ПР	33
7.2. Види систем керування	33
7.3. Класифікація інформаційних систем	35
7.4. Приклади застосування датчиків в інформаційних системах	36
8. Точність позиціонування промислового робота. Основні положення	39
8.1. Види помилок	39
8.1.1. Помилки за рахунок приладів керування	40
8.1.2. Помилки за рахунок приводів	40
8.1.3. Помилки за рахунок технологічних недопрацювань при виготовленні елементів і	

вузлів маніпулятора.....	40
8.1.4 Помилки, обумовлені пружними властивостями кінематичних ланок маніпулятора	40
8.1.5 Помилки за рахунок люфтів і зазорів в кінематичних парах.....	41
8.1.6 Погрішність позиціонування, яка залежить від умов експлуатації ПР	41
8.2 Точність позиціонування	41
8.2.1 Деякі теоретичні положення точності позиціонування ПР.....	41
8.2.2 Помилки позиціонування за рахунок неточності виготовлення і зборки.....	45
8.2.3 Помилки позиціонування за рахунок люфтів в кінематичній схемі маніпулятора	47
9. Мікропроцесорні пристрої в сенсорних системах роботів.....	48
9.1. Задачі відеоаналізу у робототехніці.....	48
9.2. Програмування обчислювальних пристроїв робототехнічних систем	49
10. Гнучкі автоматизовані виробництва.....	53
10.1. Класифікація, загальні положення	53
10.2 Структурна схема циклу ГАВ.....	54
11. Роботизовані технологічні комплекси (РТК).....	56
11.1. Структура і призначення РТК.....	56
11.2. Технологічне і допоміжне обладнання.....	58
12. Моделювання робототехнічних систем і гнучких автоматизованих виробництв	63
12.1. Принципи та апарат моделювання гнучких автоматизованих виробництв	63
12.2. Гнучкі автоматизовані виробництва – як об'єкт моделювання	63
13. Роботизовано технологічні лінії (РТЛ)	68
13.1 Загальні відомості.....	68
13.2. Схеми РТЛ.....	68
14. Економічна ефективність застосування РТК.....	71
14.1. Основні завдання	71
14.2 Етапи розрахунків.....	71
14.3 Методика розрахунку економічної ефективності.....	72
14.4 Перспективи розвитку робототехніки. . .	72
Література	74