

ЛЕКЦІЯ 1

МЕХАТРОНІКА ТА ЇЇ СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ

План лекції

- 1.1 Основні поняття мехатроніки та її методи
- 1.2 Об'єкти мехатроніки
- 1.3 Структурні базиси мехатроніки

1.1 Основні поняття мехатроніки та її методи

Мехатроніка – це область науки і техніки, яка заснована на синергетичному об'єднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними і комп'ютерними компонентами. Такий склад забезпечує проектування і виробництво якісно нових механізмів, машин і систем з інтелектуальним керуванням і функціональними рухами.

Термін «**синергетика**» (інтеграція) був запропонований в 70-х роках ХХ століття німецьким фізиком Г. Хакеном і позначав спільну дію і співробітництво, що спрямоване на досягнення спільної мети. Важливо підкреслити, що синергетичне об'єднання передбачає не просте з'єднання окремих частин системи, а інтелектуальних досягнень шляхом об'єднання більш високих результатів.

Для мехатроніки характерно прагнення до повної інтеграції механіки, електричних машин, силової електроніки, програмованих контролерів, мікропроцесорної техніки та програмного забезпечення.

Таким чином, перераховані складові являють собою об'єднання електромеханічних компонентів з силовою електронікою, які керуються за допомогою різних мікроконтролерів, персональних комп'ютерів або інших обчислювальних пристроїв (рис. 1.1).

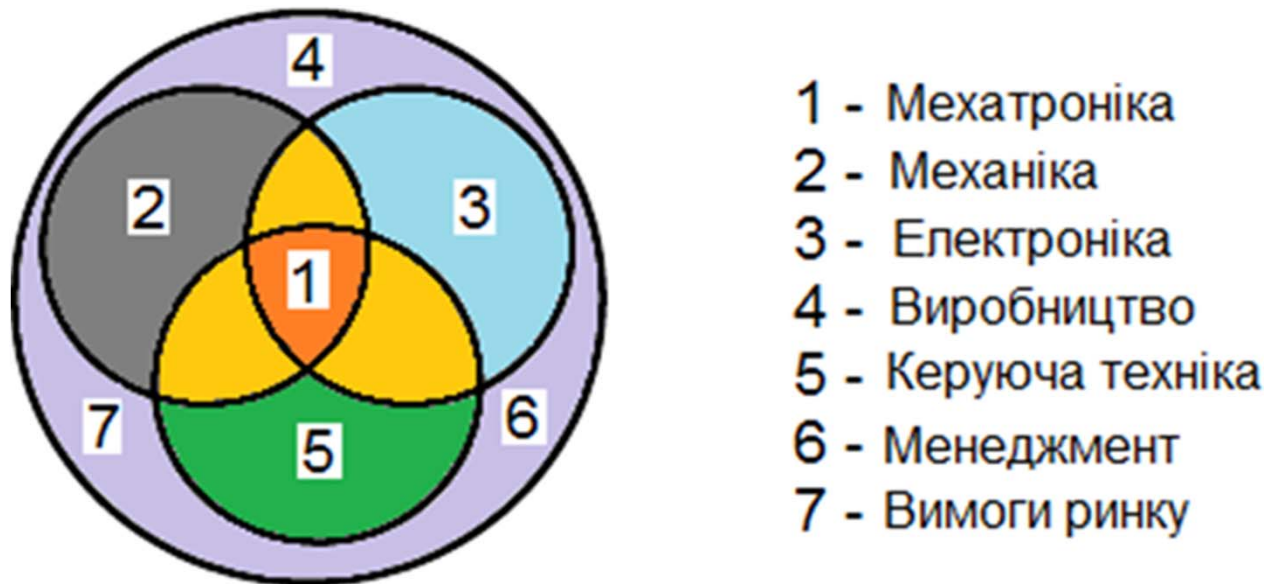


Рисунок 1.1 – Визначення мехатронних систем

В цілому мехатронні системи, незважаючи на використання стандартних компонентів, будуються як можна більш монолітно.

- Наприклад, конструктори намагаються об'єднати всі частини системи воєдино без використання зайвих інтерфейсів між модулями. Зокрема, застосовуються вбудовані безпосередньо в мікроконтролери інтелектуальні силові перетворювачі і тощо. Це зменшує масу і розміри системи, підвищує її надійність і дає деякі інші переваги. Таким чином, будь-яка система, що керує групою приводів, може вважатися мехатронною.
- Іноді система містить принципово нові з конструкторської точки зору вузли. Наприклад, такі як електромагнітні підвіси, які замінюють звичайні підшипникові вузли. Багато сучасні електромеханічні системи використовують елементи мехатроніки. Тому вони також є мехатронні.
- Таким чином, поступово мехатроніка стає «наукою про все», яка застосовується в багатьох галузях і напрямках.

- ❖ **Мета мехатроніки** складається зі створення інтелектуальних машин і технічних систем різного призначення з урахуванням фізичних процесів, що відбуваються і які призводять до створення якісно нових функцій, властивостей і характеристик.
- ❖ **Предметом мехатроніки** є методи, процеси проектування і виробництва якісно нових модулів, комплексів і машин, а на їх основі – інтелектуальних дослідних і промислових самоврядних технічних систем.
- ❖ **Метод мехатроніки** заснований на системному поєднанні відокремлених природничо-наукових і інженерних напрямках, таких як: точна механіка, електротехніка, мікроелектроніка, комп'ютерне керування та інформатика на всіх етапах життєвого циклу виробів, починаючи з маркетингу і проектування і продовжуючи на етапах реалізації (виробництва), експлуатації та утилізації .
- ❖ Таким чином, визначено, що основою методу мехатроніки є синергетична інтеграція (об'єднання) структурних елементів, технологій, енергетичних та інформаційних потоків для досягнення єдиної мети.

Синергетична інтеграція елементів при проектуванні мехатронних виробів заснована на трьох базових принципах:

- – реалізації створюваних виробів з мінімально можливим числом структурних і конструктивних елементів за рахунок об'єднання їх (двох і більше) в єдині багатофункціональні модулі (блоки);
- – вибору інтерфейсів (зв'язків між блоками) в якості локальних точок інтеграції та виключення надлишкових структурних блоків та інтерфейсів;
- – перерозподілу функцій в мехатронній системі від апаратних блоків до інтелектуальних (комп'ютерним, інформаційним, програмним) компонентів.

Ступінь інтеграції мехатронної системи є одним з основних класифікаційних ознак в мехатроніки. Серед інших класифікаційних ознак розвитку мехатронних систем виділяються інтелектуалізація і мініатюризація.

Відповідно мехатронні технології також базуються на комплексному застосуванні маркетингових, проектно-конструкторських, виробничих, технологічних, комп'ютерних та інформаційних методах і технологій, які забезпечують повний життєвий цикл мехатронних виробів.

- Метод мехатроніки і мехатронні технології носять універсальний характер і застосовані як до прикладних інженерних розробок, так і до розробки теоретичної бази побудови складних фізико-технічних систем.
- Стрімкий розвиток мехатроніки в світі – це закономірний процес, який викликаний принципово новими вимогами ринку до показників якості технологічних машин і складним фізико-технічним системам і процесам.
- У машинобудуванні метою і предметом мехатроніки є створення і виробництво якісно нових модулів руху і машин на їх основі, що необхідно для реалізації заданих функціональних дій машин і механізмів.
- Функціональний рух мехатронної системи передбачає її цілеспрямований механічний рух (переміщення), яке координується з паралельно керованими технологічними та інформаційними процесами.
- Великі можливості відкрилися перед мехатронікою в результаті її зближення з мікросистемними технологіями (наприклад, мікроелектромеханічні технології, мікроробототехніка та ін.). В результаті сформувався самостійний напрямок в мехатроніки – **мікромехатроніка**.

В останні роки намітилося проникнення мехатронних технологій в нанотехнології. В основному це виражається в створенні прецизійних пристроїв і приладів для дослідження і створення наноструктур з унікальними властивостями (наприклад, тунельний мікроскоп, атомно-силовий мікроскоп, оптичний лазерний силовий мікроскоп, наноінженерні поверхні деталей та ін.).

В даний час мехатроніка знаходить широке застосування в наступних областях:

- – електроенергетиці (в конструкціях машин і механізмів електроживлення та електроспоживання);
- – машинобудуванні (автоматизоване машинобудування, верстатобудування, електронне та енергетичне машинобудування та ін.);
- – транспортному машинобудуванні (залізничний транспорт, нетрадиційні транспортні засоби, авіакосмічна техніка, автотракторне машинобудування, та ін.);
- – робототехніці різного призначення;
- – приладобудуванні (контрольно-вимірювальні пристрої та машини, офісна техніка, навігаційні прилади, обчислювальна техніка);
- – мікроелектромеханічних системах (мікромашини, мікророботи та ін.);
- – нанотехнології (мікроскопи, зонди, машини з мікромеханічними обробками поверхонь деталей та ін.);
- – побутової техніки (автономні пилососи, швейні, пральні, посудомийні машини, холодильні установки);
- – медичному та спортивному обладнанні (біоелектричні і екзоскелетні протези для інвалідів, тренажери, масажери, вібратори та ін.);
- – фото– і відеотехніки (пристрої фокусування відеокамер, програвачі відеодисків та ін.);
- – поліграфічних машинах;
- – інтелектуальних атракціонах

1.2 Об'єкти мехатроніки

Базовими об'єктами вивчення мехатроніки і робототехніки є мехатронні модулі і комплекси різного призначення. Проектування сучасних мехатронних систем засновано на модульних принципах і технологіях.

Модуль – це уніфікована функціональна частина машини (системи), конструктивно оформлена як самостійний виріб або підсистема.

Мехатронний модуль – це функціональний і конструктивно самостійний синергетичний, апаратно і програмно інтегрований виріб (або підсистема), що складається з елементів різної фізичної природи і призначене для реалізації певних функцій системи.

Модулі можуть складатися з окремих мехатронних елементів (компонентів). За характером функцій, що виконуються модулями і за складом їх пристроїв і елементів, які входять до них умовно, вони діляться на групи:

1. Виконавчі мехатронні модулі руху:

- модулі руху (МД);
- мехатронні модулі руху (ММР);
- інтелектуальні мехатронні модулі руху (ІММР).

2. Вимірювально-інформаційні мехатронні модулі.

3. Мехатронні модулі систем керування різного рівня.

Модуль руху (МД) – конструктивно і функціонально самостійний виріб, що складається з механічної (гідравлічної, пневматичної) та електротехнічної частини, яке можна використовувати індивідуально і в деяких комбінаціях з іншими модулями. Прикладами МД є мотор-редуктори, мотор-колесо, мотор- барабан, електрошпинделі та ін (рис. 1.2).

Мехатронний модуль руху (ММР) – це конструктивно і функціонально самостійний виріб, що складається з механічної (гідравлічної, пневматичної) та електротехнічної частини, а також електронної та інформаційної частин. Такий модуль можна використовувати індивідуально і в деяких комбінаціях з іншими модулями.



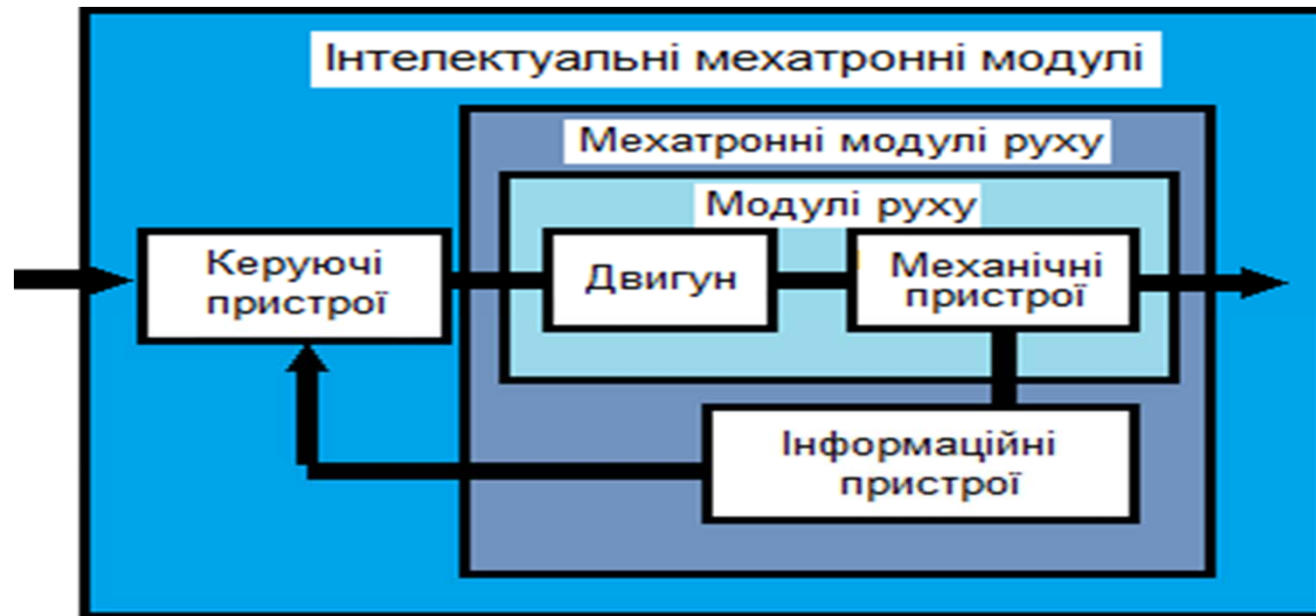
Рисунок 1.2 – Модулі руху: мотор-колесо (а), мотор-барабан (б)

На цей час існує реальна інтелектуалізація виконавчих мехатронних модулів руху на приводному рівні машин і механізмів.

Інтелектуальний мехатронний модуль руху (ІММР) являє собою конструктивне і функціонально самостійний виріб з синергетичною інтеграцією механічної (гідравлічної, пневматичної), електричної, електротехнічної, електронної та комп'ютерної (мікропроцесорної) частин, які можна використовувати індивідуально і в деяких комбінаціях з іншими модулями.

Очевидно, показані модулі, мають додаткові частини, які відрізняють їх один від одного. Але в цілому їх об'єднує можливість використання індивідуально або в деяких комбінаціях з іншими модулями.

Мехатронні модулі різного рівня наведені на рисунку 1.3.



- **Інформаційно-вимірювальні мехатронні модулі** призначені для збору, обробки, передачі, зберігання та подання достовірної інформації у зручному для обчислювальної техніки вигляді і для реалізації керування мехатронними системами.
- **Мехатронні модулі систем керування** призначені для управління складними динамічними об'єктами і припускають багаторівневу ієрархічну структуру. Вона включає стратегічний, тактичний і виконавчий рівні керування, що мають доступ до інформаційно-вимірювального мехатронного модулю. Використання такого складу сприяє вирішенню завдань керування на кожному ієрархічному рівні управління мехатронної системи.
- У загальному випадку складність завдань керування мехатронними системами обумовлює доцільність і необхідність їх вирішення з залученням методів і технологій штучного інтелекту.
- Практикується конструктивне вбудовування різнорідних мехатронних елементів в конструкцію мехатронних модулів.
- У визначенні мехатронних систем також декларується необхідність інтелектуалізації мехатронних і робототехнічних систем в першу чергу за рахунок застосування інтелектуальних систем керування.
- Синтез ІММР і мехатронного модуля керування сприяє створенню інтелектуальної мехатронної машини.

- **Інтелектуальна мехатронна машина (ІММ)** – це інтелектуальна багатовимірна система, побудована на мехатронних принципах і технологіях, яка здатна ефективно виконувати програми функціональних рухів в умовах нечіткої та неповної інформації про експлуатаційну характеристику машини і параметрах зовнішнього середовища.
- Окремим випадком такої машини є інтелектуальна робототехнічна система. Узагальнена структура мехатронної машини, в основу побудови якої покладено структура автоматичних роботів, показана на рисунку 1.4.
- Зовнішнім середовищем для машин даного класу є технологічне середовище, яке містить основне і допоміжне обладнання, технологічне оснащення та об'єкти робіт.
- Характеристики технологічних середовищ, як правило, можуть бути визначені за допомогою аналітико-експериментальних досліджень і методів комп'ютерного моделювання. При виконанні мехатронною системою заданого функціонального руху, об'єкти робіт надають впливи на робочий орган. Прикладами таких впливів можуть служити сили різання для операцій механічної обробки, контактні сили при складанні, реакція струменя рідини для гідравлічного різання та інші.

До складу мехатронної машини входять чотири основні частини (див. рис. 1.4):

- механічний пристрій, кінцевою ланкою якого є робочий орган;
- блок приводів, що складається з силових перетворювачів і виконавчих двигунів;
- пристрій комп'ютерного керування, на вхід якого надходять команди людини-оператора або ЕОМ верхнього рівня керування;
- інформаційний пристрій, призначений для отримання і передачі в пристрій комп'ютерного керування даних про реальний рух машини і про фактичний стан його підсистем.

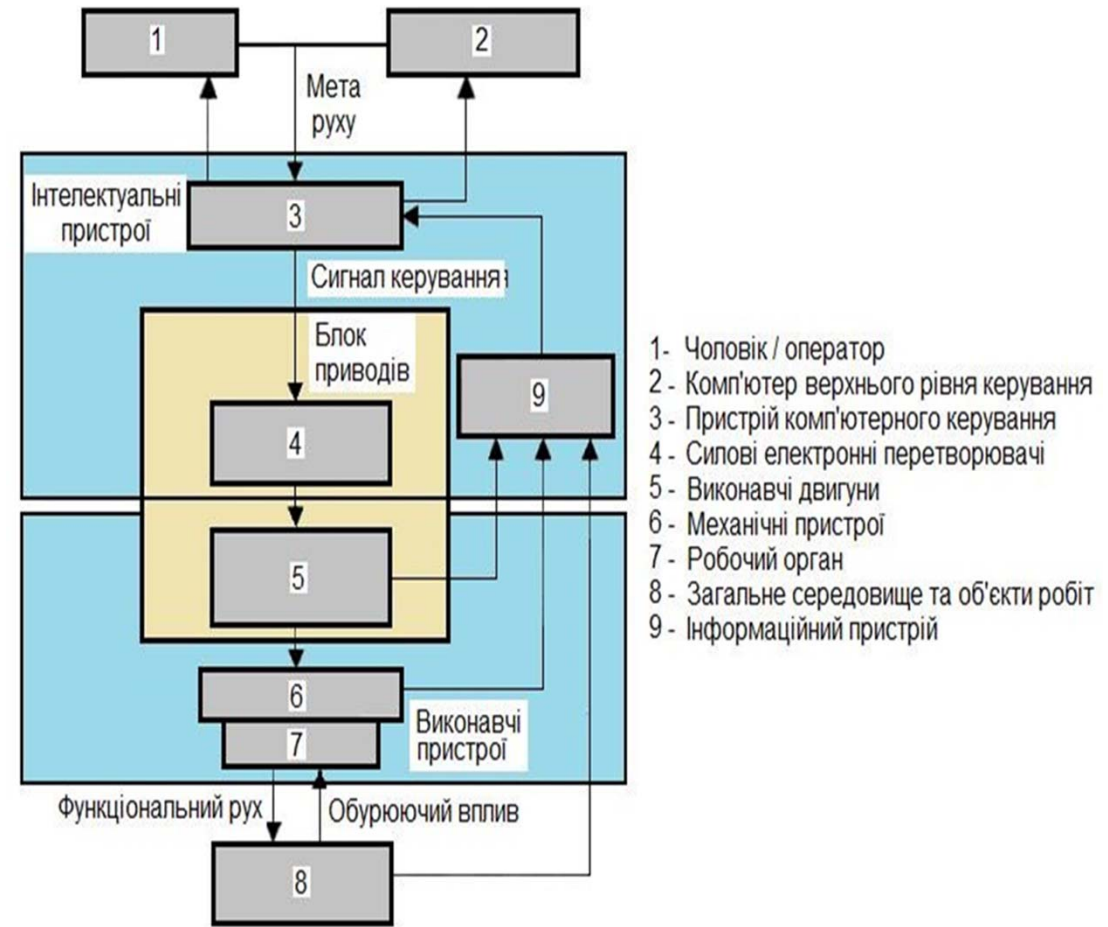


Рисунок 1.4 – Загальна структура мехатронних машин

- Механічний пристрій і двигуни об'єднані в групу виконавчих пристроїв. До складу групи інтелектуальних пристроїв включені електронна, керуюча та інформаційна частини машини.
- Механічний пристрій мехатронної машини є багатоланковим механізмом. Кінематичний ланцюг його утворюють рухомі ланки, складові кінематичні пари. Кінцевою ланкою кінематичного ланцюга є робочий орган.
- Робочий орган мехатронної машини – це складова частина механічного пристрою для безпосереднього виконання технологічних операцій та / або допоміжних переходів.
- Таким чином, робочий орган – це керований модуль, який може мати кілька ступенів рухливості і складатися з кількох елементів. Тому при його розробці також можуть використовуватися мехатронні принципи інтеграції.
- Пристроєм комп'ютерного керування є комплекс апаратних і програмних засобів, що виробляє сигнали керування для блоку приводів машини. До складу комплексу входять пристрої, що задають (наприклад, джойстики та рукоятки), пульт керування оператора, обчислювальні і перетворюючі пристрої, периферійні пристрої введення-виведення інформації.

Приклади робочих органів в робототехніці: механічні, вакуумні і електромагнітні захватні пристрої, зварювальні кліщі (для точкового зварювання), інструментальні головки для механічної обробки і лазерних операцій, фарбувальний пістолет та ін. (рис. 1.5).

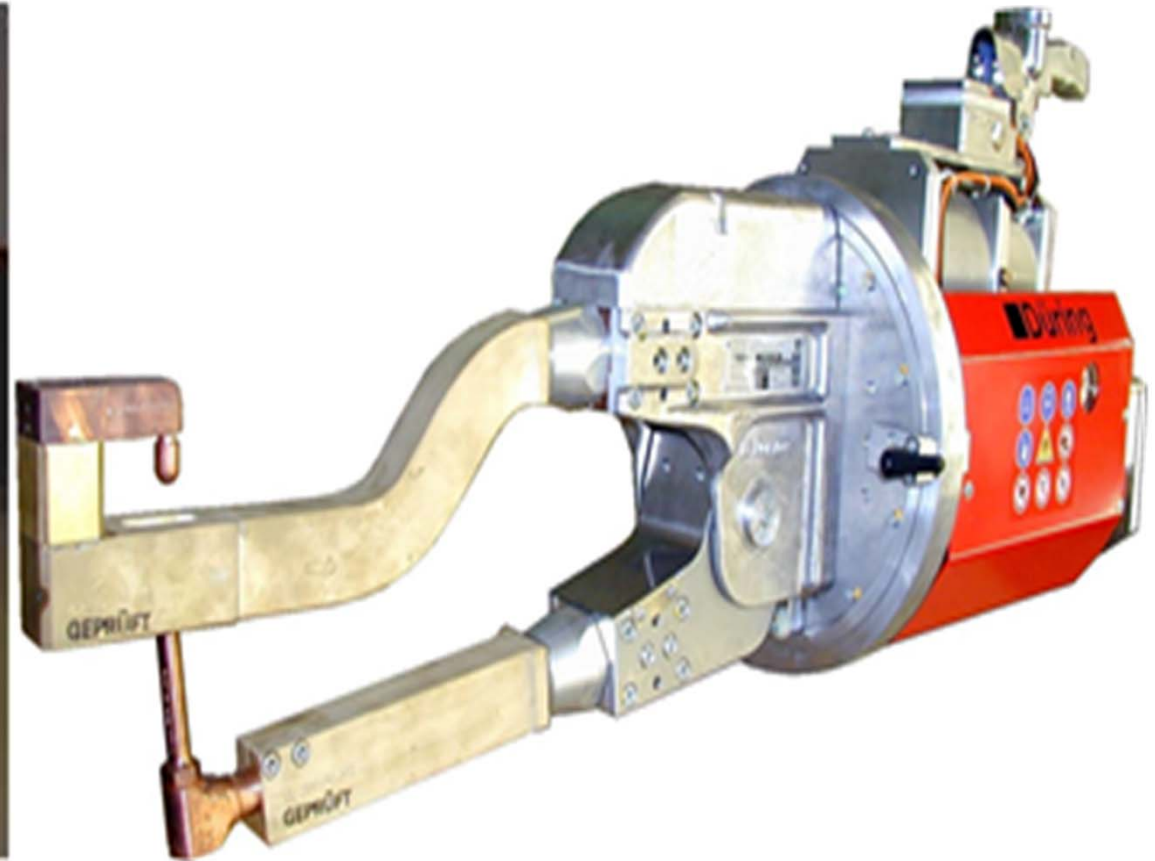


Рисунок 1.5 – Приклади робочих органів:
захватні пристрої (а), зварювальні кліщі (б)

Пристрій комп'ютерного керування виконує наступні основні функції:

- керування функціональними рухами мехатронної машини у реальному масштабі часу;
- координації керування механічним рухом з супутніми зовнішніми процесами;
- взаємодії з людиною-оператором через людино-машинний інтерфейс в режимах програмування і безпосередньо в процесі руху (режим on-line);
- обміну даними з зовнішніми пристроями (інформаційним пристроєм, блоком приводів, комп'ютером верхнього рівня, периферійними пристроями).

Інформаційний пристрій призначений для збору і передачі в пристрій керування інформації про фактичний стан зовнішнього середовища і руху мехатронної машини.

Згідно представленої блок-схеми (див. рис. 1.4) в інформаційному пристрої можна виділити три групи сенсорів:

- датчики інформації про стан зовнішнього середовища і об'єктів робіт (системи технічного зору, локаційні датчики, далекоміри і тощо);
- датчики інформації про рух механічної частини (датчики переміщень, швидкостей, прискорень, сил і моментів);
- датчики зворотного зв'язку блоку приводів (дають інформацію про поточні значення електричних струмів і напруг в силових перетворювачах).

Система інтелектуального управління машиною (комплекс верхнього рівня управління на рисунку 1.3) в умовах неповної інформації зазвичай реалізується

у вигляді комплексу програмних засобів на комп'ютері верхнього рівня керування.

При відсутності такого комплексу ІММ перетворюється в інтелектуний мехатронний модуль руху (ІММР).

1.3 Структурні базиси мехатроніки

До структурного базису мехатроніки відносяться складові частини та технології, які відображені на рисунку 1.6.

Наприклад, структурна піраміда мехатроніки (рис. 1.6, а) враховує цілісність мехатроніки які відображені на рис. 1.6, об'єкта і складається з трьох основних частин: механічної, електронної та інформаційної.

Осі координат піраміди відповідають базовим напрямкам механіки, електроніки, інформатики. На координатних осях відзначені сучасні рівні розвитку частин напрямків: прецизійна механіка, мікроелектроніка, інформаційні технології.

Попарно інтеграція базових напрямків (грані піраміди) утворюють три гібридних напрямки, до яких відносяться: електромеханіка, комп'ютерні системи керування, системи автоматизованого проектування механічних систем. На стику гібридних напрямків виникає мехатроніка.

Базові та гібридні напрямки визначають технологічний базис мехатроніки (рис. 1.6, б)

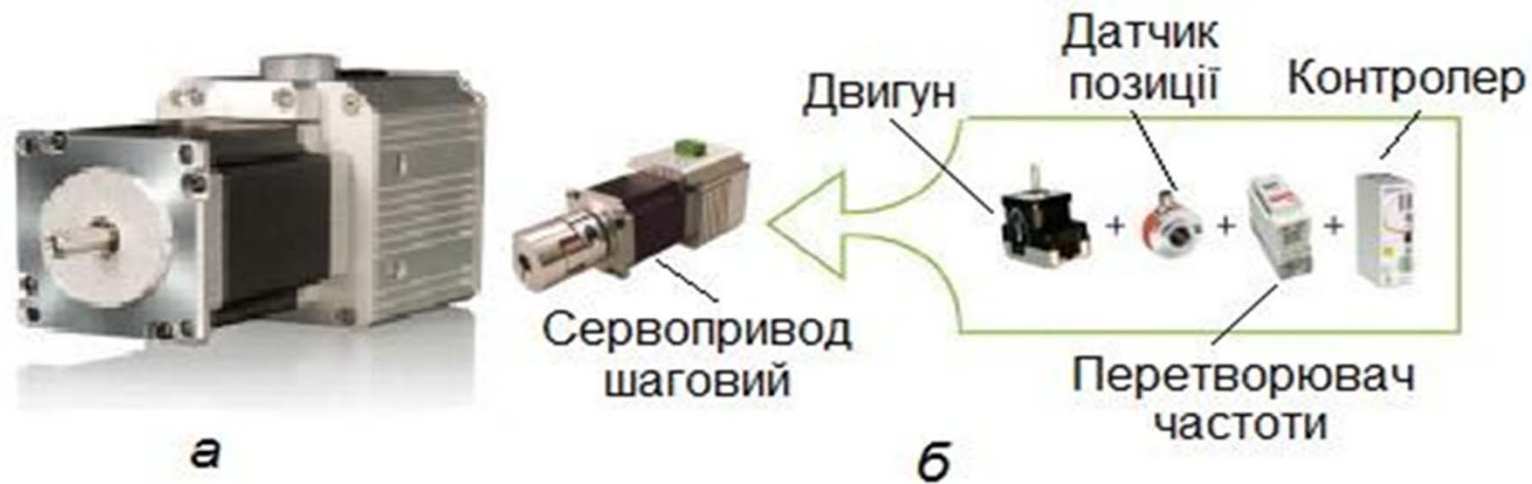


- Пірамідальна форма і склад технологічної піраміди мехатроніки повністю відповідає її структурному базису.
- Фундаментом технологічного базису мехатроніки є нові технології всіх базових напрямків: прецизійні і модульні технології механіки, мікроелектронні та інформаційні технології.
- Всі компоненти мехатронних модулів діляться на групи, що визначаються елементами:
 - виконавчі елементи, до яких віднесено механічні та електротехнічні елементи (двигуни, перетворювачі руху, направляючі, гальма і тощо);
 - інтелектуальні елементи, до яких відносяться силові електронні блоки, інформаційні та керуючі елементи.
- Гібридні технології припускають наявність двох етапів технологічної інтеграції елементів першої та другої групи елементів.

До першого етапу відносяться операції виготовлення гібридних елементів.

До другого етапу відносяться гібридне складання мехатронних модулів і машин з гібридних елементів. При цьому допускається, що елементи обох груп виготовляються незалежно і паралельно на різних технологічних лініях, або купуються у різних виробників (по заздалегідь узгодженим специфікаціям).

- Гібридне складання відповідає конструкторській ідеї об'єднання (інтеграції) різноманітних гібридних елементів в єдиному корпусі. Прикладом інтеграції виконавчих елементів через гібридну збірку є інтегрований сервопривод типу ШПШ 10 (рис. 1.7, а).
- До складу ШПШ 10 (рис. 1.7, б) входять наступні складальні одиниці: гібридний кроковий двигун, перетворювач частоти на основі високопродуктивного DSP процесора, датчик кутового переміщення, програмований логічний контролер (PLC), промисловий інтерфейс CAN.
- Сервопривод типу ШПШ 10 призначений для максимально широкого застосування в різних областях машинобудування.



Рисунк 1.5 – Зовнішній вигляд інтегрованого сервоприводу ШПШ 10 (а) і схема його гібридизації (б)

Переваги сервоприводу типу ШПШ 10:

- векторне керування на основі адаптованого для крокових двигунів алгоритму;
- високі динамічні показники за рахунок використання замкнутого контуру регулювання струму;
- замкнутий контур швидкості;
- низька вібрація за рахунок динамічно регульованого зусилля;
- простота монтажу;
- невеликі масогабаритні показники.

Гібридні технології виготовлення знайшли широке застосування у виробництві мікроелектромеханічних систем (МЕМС). Типовими представниками МЕМС є мобільні мікророботи. У лабораторії штучного інтелекту (США, Кембридж) створено декілька типів мобільних мікророботів з використанням гусеничного двигуна та ін. (рис. 1.6).

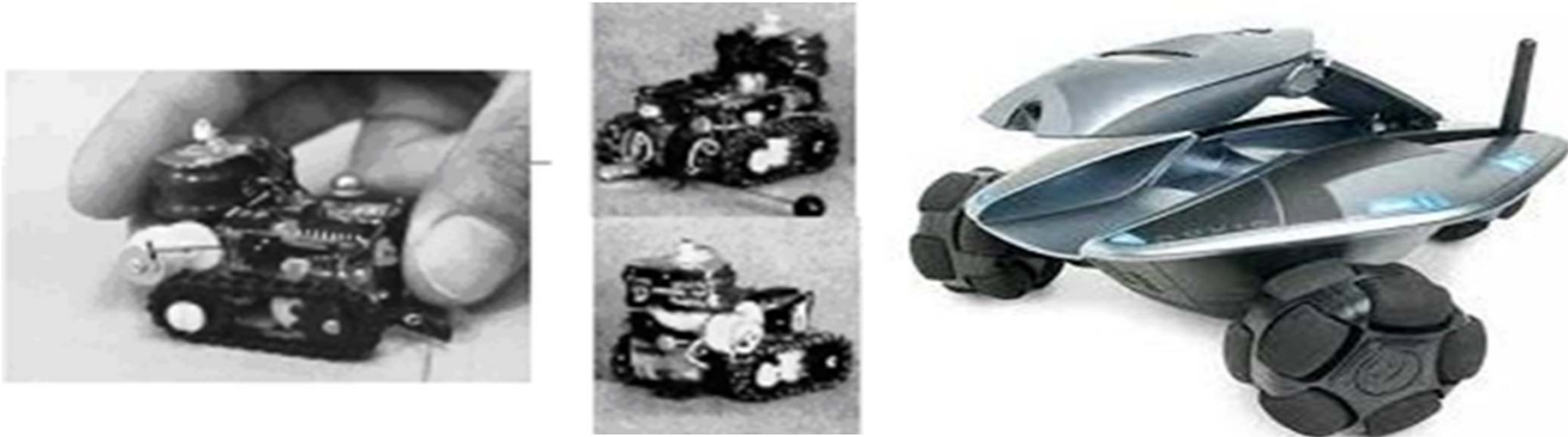


Рисунок 1.6 – Мобільні мікророботи

- Основна перевага мікророботів – повна автономність, так як використання мінідвигунів постійного струму не вимагає потужних джерел живлення (цілком достатньо застосування Ni-Cd акумулятора). До переваг також відноситься їх висока маневреність, наприклад, гусеничний привід дозволяє розвертатися практично на місці і реалізувати одночасно лінійний і обертальний руху.
- До недоліків слід віднести складну механічну систему, наявність редуктора. Це призводить до необхідності боротися з зазорами і люфтами. Зменшити їх вплив на характер і якість руху можливо шляхом ускладнення конструкції або шляхом програмного забезпечення в системі керування. Використання, наприклад, гусеничного приводу тягне за собою втрату значної частки енергії на подолання сили тертя.
- Основне призначення таких «іграшок» – це відпрацювання механізмів побудови самоорганізованих колоній таких механізмів (за основу самоорганізації взяті механізми поведінки мурах). Тому цей прототип і отримав назву Ant (англ. «Мураха»). При завершенні робіт з цієї тематики вчені сподіваються отримати групу мікророботів, здатних вибирати самостійно стратегію досягнення мети, вирішувати питання централізації або, навпаки, децентралізації керування і тощо.
- Розвиток МЕМС-технологій дозволило створити сенсори, в конструкції яких реалізовано об'єднання функцій вимірювання поточних параметрів механічного руху, їх перетворення і обробки за заданими алгоритмами в єдиному блоці. До таких конструкцій відносяться інтелектуальні сенсори, робототехнічні модулі і системи. Основним критерієм для них є ставлення ціна / якість, висока надійність і безпека функціонування, а також гнучкість і швидка реконфігурація в нових умовах, ступінь інтелектуалізації ергатичних систем керування.

Контрольні запитання

- Дати поняття мехатроніки.
- Що визначає термін «синергетика» і що для нього є характерним?
- Перелічити основні компоненти мехатронних систем. З.У чому полягає мета мехатроніки?
- Що є предметом мехатроніки?
- На чому засновані методи мехатроніки?
- В яких областях на даний час використовуються мехатронні системи?
- Що являє собою мехатронний модуль?
- Особливості мехатронного модулю руху. Навести приклади.
- Проаналізувати особливості інтелектуального мехатронного модулю руху.
- З якою метою використовуються інформаційно-вимірювальні мехатронні модулі?
- Що являє собою інтелектуальна мехатронна машина ?
- Які основні елементи входять до інтелектуальної мехатронної машини?
- Що представляє собою робочий орган мехатронної машини?
- Проаналізувати структурну та технологічну схеми піраміди мехатроніки. Навести приклади.