

ЛЕКЦІЯ 4

# ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК МОДУЛІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

## ПЛАН

- 4.1 Етапи і закони процесу еволюційного розвитку модулів  
технічних систем
  - 4.2 Тенденції розвитку технічних модульних систем
  - 4.3 Принципи побудови мехатронних модулів робототехнічних  
систем
  - 4.4 Принципи робототехніки та розвиток пріоритетних напрямків  
технічних модульних систем
- Контрольні запитання

## **4.1 Етапи і закони процесу еволюційного розвитку модулів технічних систем**

Підготовка і проведення перспективних системних заходів по розробці і створенню мехатронних модулів вимагає всебічного аналізу тенденцій еволюції автоматичних машин і їх компонентів. Це відповідає потребам галузей, орієнтованих на використання модульних технічних систем, як закінчених виробів, так і складових компонентів обладнання і продукції.

Після винаходу машин одним з постійних напрямків людської діяльності стала розробка автоматичних механізмів, а в подальшому і робототехнічних систем. На рубежі ХХІ століття в процесі створення складних машин виникла стійка тенденція інтелектуалізації алгоритмики керування, яка супроводжується мініатюризацією модулів і компонентів технічних засобів. Це тісно взаємопов'язані, як форма і зміст, складові загального процесу розвитку техніки.

Технічна модульна система складається із сукупності взаємопов'язаних елементів, що утворюють конструкції, призначені для виконання однієї або кількох функцій, які необхідні людині або іншим технічним пристроям.

Технічна модульна система є матеріальною. Її можна вивчати, вдосконалювати, спрямовано видозмінюючи складові елементи.

Найважливішими складовими елементами будь-якої технічної модульної системи є: робочий орган (виконавчий механізм), джерело енергії (привід), трансмісія (передавальний механізм) і орган керування. Очевидно також, що виконують одну і ту ж функцію технічні модульні системи можуть відрізнятися один від одного принципом своєї дії, а, значить, і складовими елементами.

Таким чином, спрямоване створення нової технічної модульної системи проходить наступні етапи: потреба людини (суспільства) – виникнення ідеї – пошук відповідних знань визначення принципу дії системи – вибір робочого органу – підбір інших елементів системи. Система буде працездатною, якщо мінімально працездатними будуть всі чотири органи.

Підвищення працездатності системи відбувається за рахунок вдосконалення всіх її органів. Це вдосконалення відбувається нерівномірно - то один, то інший елемент в своєму розвитку виривається вперед і змушує вдосконалюватися інших.

Незважаючи на зменшення характерного розміру, технічні системи в загальному випадку як і раніше володіють всіма функціональними підсистемами, що є властивими для «великих» машин. Етапи процесу еволюційного розвитку технічних модульних систем завершуються переходом на якісно нові види техніки (рис. 4.1).

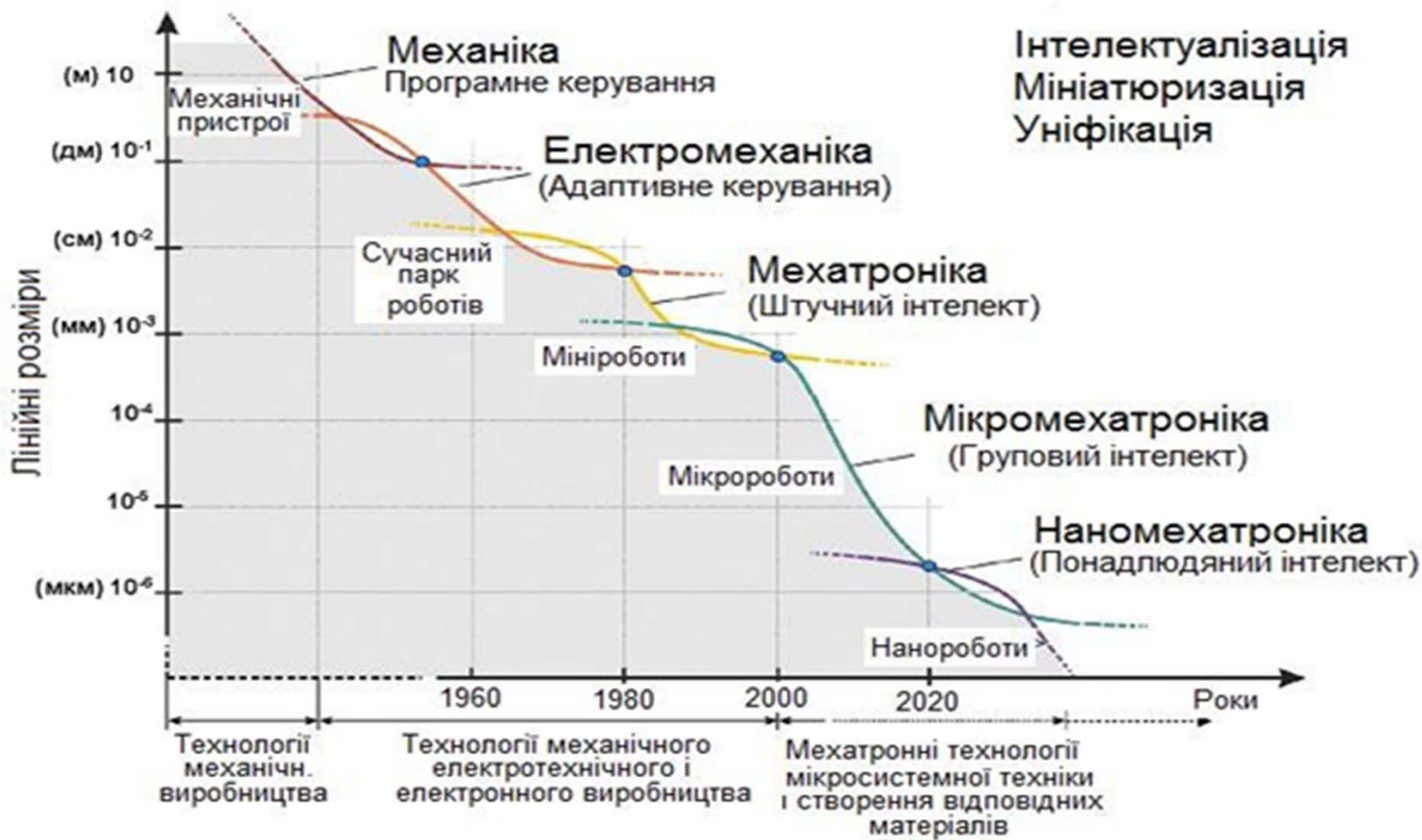


Рисунок 4.1 – Етапи процесу еволюційного розвитку технічних модульних систем

Над S-образними еволюційними кривими наведено назви етапів, а під ними – приклади відповідних типів техніки.

У даний час сформульовані наступні закони розвитку техніки будь-якої галузі:

### 1. Закон прогресивної еволюції техніки.

Дія закону прогресивної еволюції в світі техніки аналогічно дії закону природного відбору Дарвіна в живій природі. Його суть полягає в тому, що в технічному об'єкті з однаковою функцією кожен перехід від покоління до покоління викликаний усуненням головного дефекту (дефектів), пов'язаних з поліпшенням будь-якого критерію (показника) розвитку при наявності певних техніко-економічних умов. Якщо ж розглядати всі переходи і всю історію конструктивної еволюції певного класу техніки, то можна спостерігати закономірності вичерпання можливостей конструкторсько-технологічних рішень на трьох рівнях.

У законі прогресивної еволюції вичерпання функціональності і ефективності конструкції не просто формальність: поки не будуть досягнуті оптимальні параметри, не може відбутися перехід до нового технічного рішення або до нового принципу дії.

### 1. Закон стадійного розвитку технічних модульних систем.

Будь-яка технічна модульна система в своєму розвитку проходить чотири основні стадії:

- реалізує тільки функцію обробки предмета праці (технологічна функція);
- реалізує функцію забезпечення процесу енергією (енергетична функція) поряд з технологічною;
- реалізує функцію керування процесом крім технологічної та енергетичної;
- реалізує функцію планування, виключаючи людину з технологічного процесу і крім всіх попередніх функцій.

#### 1. Закон розширення потреб-функцій.

При наявності потрібного потенціалу та соціально-економічної доцільності виникла нова потреба, яка задовольняється за допомогою вперше створених технічних модульних систем. При цьому виникає нова функція, яка існує до тих пір, поки її реалізація буде забезпечувати поліпшення життя людей.

#### 2. Закон зростання різноманітності технічних модульних систем.

Різноманітність прогресивного розвитку техніки з часом монотонно і прискорено зростає. Це приводить до повного задоволення людських потреб, забезпечення високих темпів продуктивності праці і поліпшення інших критеріїв.

#### 3. Закон зростання складності технічних модульних об'єктів.

Складність технічних об'єктів з однаковою функцією в силу дії факторів стадійного розвитку техніки і прогресивної конструктивної еволюції технічних систем від покоління до покоління монотонно і прискорено також зростає.

## 4.1 Тенденції розвитку технічних модульних систем

В основі процесу мініатюризації лежить реалізація цієї тенденції в основних компонентах будь-якої техніки – сенсорних, інформаційно-керуючих, виконавчих (силових), енергоживлення (рис. 4.2).

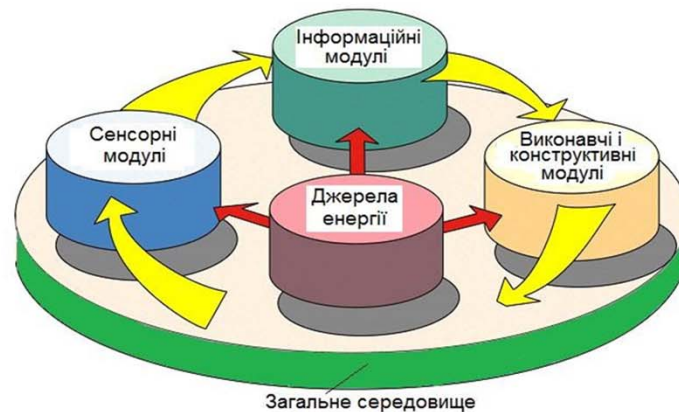


Рисунок 4.2 – Функціональна взаємодія складових технічної системи

Класичні рішення в області проектування і побудови технічних модульних систем засновані на можливості декомпозиції (конвергенції) загальних технічних вимог щодо системи на етапі проектування технічного завдання (ТЗ), що широко використовується для машин і комплексів на макрорівні.

Прикладом конвергенції в різному розумінні (процес зближення, сходження компромісів) або є МЕМС-пристрої, в яких на єдиній мікроплатформі розміщені сенсорні, інформаційно-керуючі і виконавчі компоненти. При цьому, наприклад, фотодатчики інтегровані з мікропроцесорами, а п'єзоелементи одночасно є виконавчими пристроями.

Прискорення процесу конвергенції диктується не тільки потребами в мініатюризації, а й тими широкими можливостями, які відкриваються з кожним новим рівнем взаємопроникнення підсистем. На певних стадіях інтеграції з'являються реальні можливості для здійснення процесів самоорганізації та самовідтворення (рис. 4.3).



Рисунок 4.3. – Виникнення необхідності переходу до мехатронних технологій у процесі розвитку технічних систем



Переваги мехатронного підходу дозволяють реалізувати синергетичний ефект функціонального інтегрування у вигляді поліпшення технічних і експлуатаційних параметрів пристроїв, таких як надійність, ефективність, питоме енергоспоживання і тощо, а також створювати унікальні компоненти і системи, які в цілому не реалізуються без використання подібних технологій розробки і виготовлення.

Прикладами вже стали новітні комплексні компоненти:

- енергетичні – це мініатюрні хімічні джерела струму (ХДС), в яких полімерні мембрани з нанопористою структурою використовуються в якості ефективних наповнювачів електроліту;
- інформаційно-керуючі – радіаційно-стійкі мікроаналогі електронних ламп, а також мікромеханотрони, в яких холодний катод формується з вуглецевих нанотрубок;
- сенсорні – це хімічні сенсори на основі транзисторних структур з заздалегідь сформованими хемосорбційними центрами;
- розподілені тактильні сенсори, чутливі елементи яких виготовлені з нанокомпозитних матеріалів;
- датчики кутових швидкостей і лінійних прискорень для систем орієнтації і навігації, в яких рухливі елементи виготовляються методами вирощування в процесі створення компонента модуля в цілому.

## **4.1 Принципи побудови мехатронних модулів робототехнічних систем**

Робототехніка та мехатроніка нерозривно пов'язані. Якщо прогрес в сучасній робототехніці визначається переважно успіхами мехатроніки, що забезпечує мініатюризацію і інтеграцію функціональних компонентів, то процес роботизації технічних засобів є одним з найважливіших стимуляторів і каталізаторів розвитку мехатронних технологій. Роботизація передбачає неухильне підвищення вимог в галузі інтелектуалізації та комплексної автоматизації складних систем. Мехатронні технології забезпечують цей процес шляхом створення проектно-технологічного базису.

Технології роботобудування базуються на тих же принципах, що і мехатронні технології. Крім інтелектуалізації та мініатюризації до них відноситься ряд технологій макрорівня: уніфікація компонентів і їх інтерфейсного взаємозв'язку, інтеграція функцій і взаємне проникнення (конвергенція) різнорідних функціональних підсистем.

Функціональний склад модуля і деталізація етапів їх історичного розвитку представлені на рисунку 4.4.

## ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СКЛАД



## ЕТАПИ РОЗВИТКУ

№	Етапи	Модулі	
		провідні	стримуючі
I	Механіка (з початку XIX в.)	Вик	I-K
II	Електромеханіка і електроніка (до 1980 р.)	Вик	С
III	Мехатроніка (2D технології до 2020 р.)	I-K	Вик
IV	Мікро-мехатроніка (3D-технології до 2020 р.)	С	Вик
V	Нано-мехатроніка (після 2020 р.)	С	Вик

## Компоненти

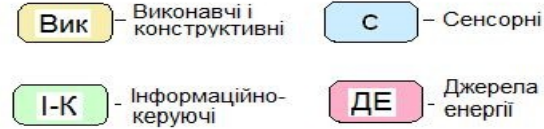


Рисунок 4.4 – Функціональні компоненти у розвитку

*Сенсорна підсистема* представлена датчиками, що реалізують функції слуху, дотику, технічного зору, визначення орієнтації і геометричних параметрів об'єкта керування, його положення в просторі з метою навігації тощо.

*Виконавча підсистема* дозволяє здійснювати переміщення платформи (локомоцію), а також функціональні рухи – закріплення, захоплення, збірку, позиціонування і тощо. Маніпуляції систем відбувається за рахунок застосування приводів, механічних передач, схопив і інших елементів впливу.

*Інформаційно-керуюча підсистема* забезпечує збір, обробку та зберігання інформації, вироблення сигналів керування, статичний і динамічний зворотній зв'язок, а також взаємодію з оператором або зовнішньою системою керування більш високого рівня за допомогою прийому-передачі інформації засобами зв'язку.

*Енергетична підсистема* регулює подачу і розподіл енергії іншим підсистем, акумулювання енергії від зовнішніх джерел і її зберігання під час функціонування машини. Внутрішні енергокомпоненти можуть бути представлені хімічними, електричними, ядерними, мікробибуховими, пневматичними та іншими подібними джерелами енергії.

Критичними, з точки зору необхідності принципово нових підходів до розробки, є виконавчі і енергетичні компоненти, що вимагає в цих областях організації умов для проведення базових інновацій.



Рисунок 4.5 – Перелік базових технічних вимог до мехатронних модулів

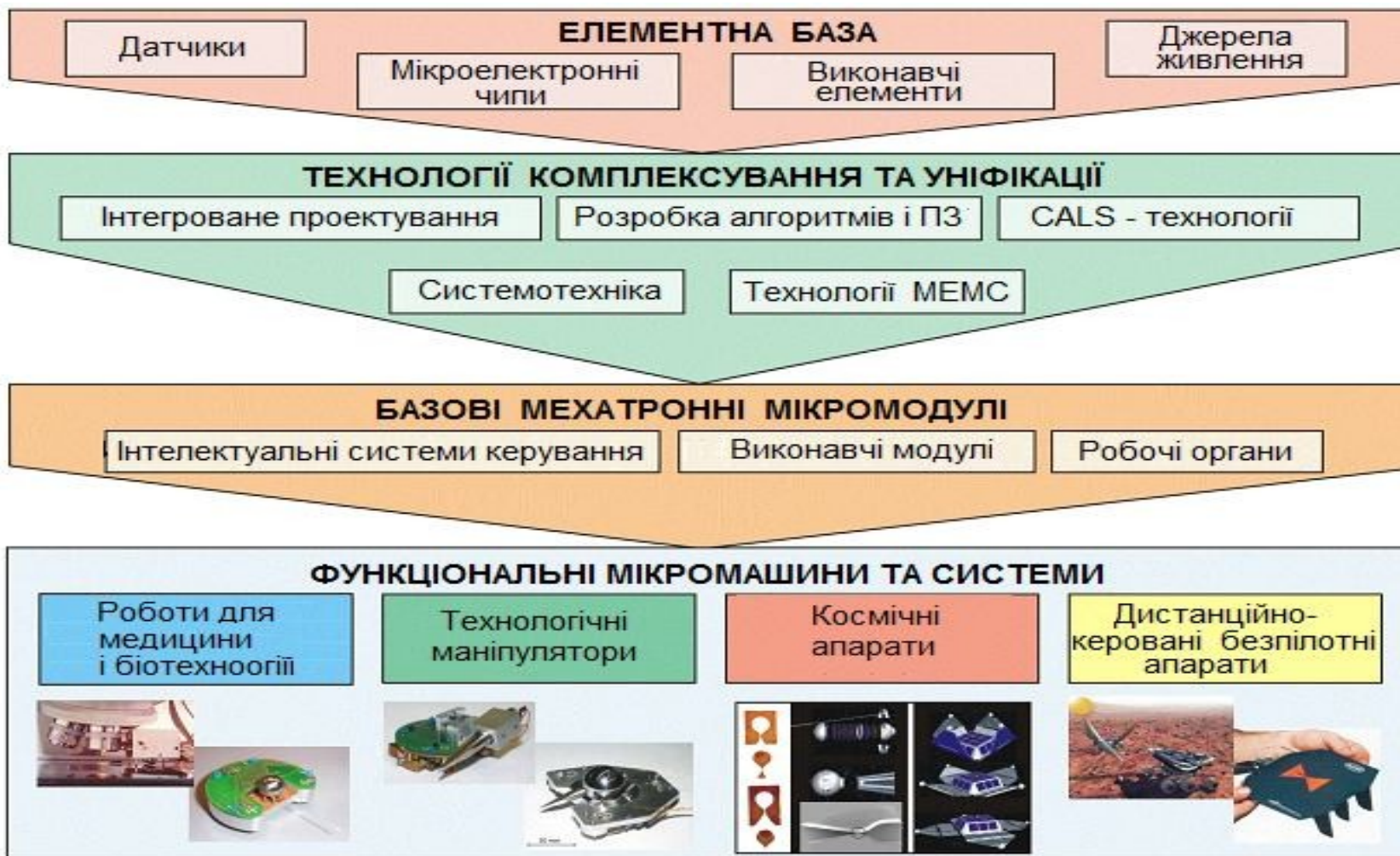


Рисунок 4.6 – Процес створення функціональних мехатронних мікромашин і систем

#### **4.1 Принципи робототехніки та розвиток пріоритетних напрямків технічних модульних систем**

Всі розглянуті в Л.2 шість принципів є спільними і для робототехніки.

Істотну специфіку має тільки принцип уніфікації. Пов'язано це з наступними особливостями застосування робототехніки:

- широкою номенклатурою;
- складністю технічних вимог щодо засобів робототехніки, яка часто перебуває на межі можливостей сучасної техніки;
- одиничного характеру потреб у окремих типах робототехнічних систем.

Ці особливості є підставою для вирішення завдання уніфікації засобів робототехніки шляхом їх побудови з функціонально і конструктивно уніфікованих компонентів – мехатронних модулів у вигляді їх типорозмірних рядів з модульною системою програмного забезпечення.

Переваги модульного принципу побудови полягають в наступному:

- скороченні термінів створення, освоєння у виробництві і в експлуатації технічних модульних систем;
- проектуванні систем, що зводиться до компонування зі стандартних компонентів, а їх виробництво – до збірки з них, яке може бути організовано практично на будь-якому машинобудівному підприємстві;
- можливості практично необмеженого розширення номенклатури технічних систем, включаючи оперативну компоновку різних їх модифікацій для конкретних разових застосувань;
- скороченні у кілька разів собівартості систем завдяки здешевленню їх частин при переході до уніфікованих серійних модулів і зменшенні структурної та параметричної надмірності;
- скороченні витрат на розробку, експлуатацію та ремонт технічних модульних систем;
- зростанні їх технічного рівня, включаючи надійність, застосування відпрацьованих стандартних модулів.



Ефективність модульного принципу не виключає застосування в робототехніці інших принципів побудови техніки. Наприклад, досвід промислової робототехніки показує, що при проектуванні транспортних і вантажно-розвантажувальних роботів оптимальним принципом їх побудови є створення гами таких систем на основі попередньо відпрацьованих базових конструкцій. При створенні технологічних роботів для виконання таких операцій, як зварювання, різання, складання, часто виявляється найбільш ефективним агрегатний принцип проектування.

Необхідно також враховувати, що модульна побудова техніки має і свої недоліки, які пов'язані з неминучим деяким завищенням вагогабаритних характеристик і кількості проміжних механічних і електричних з'єднань.

*Організаційні принципи.* Розвиток мехатроніки і робототехніки як комплексного міжгалузевого науково-технічного напрямку вимагає адекватної державної організації. Саме так починався розвиток робототехніки.

Наприклад, в Японії, яка визнана лідером в цій області все досягнення отримані саме завдяки тому, що випереджальний розвиток робототехніки було визнано стратегічним державним завданням. Аналогічний підхід був реалізований і у ряді європейських країн.

## Контрольні запитання

1. Проаналізувати етапи процесу еволюційного розвитку модулів технічних систем
2. Проаналізувати закони процесу еволюційного розвитку модулів технічних систем.
3. Проаналізувати тенденції розвитку технічних модульних систем.
4. У чому полягає конвергенція технічних модульних систем? Навести приклади.
5. Що являє собою сенсорна підсистема?
6. Що дозволяє здійснювати виконавча підсистема?
7. Що забезпечує інформаційно-керуюча підсистема?
8. Які функції виконує енергетична підсистема?
9. Перелічити базові технічні вимоги до мехатронних модулів.
10. Проаналізувати процес створення функціональних мехатронних мікромашин і систем.
11. Перелічити проаналізувати принципи робототехніки.
12. Проаналізувати розвиток пріоритетних напрямків технічних модульних систем.