

Кафедра механічної та біомедичної
інженерії



Дисципліна: **Розрахунки біотехнічних систем на персональних електронно-обчислювальних машинах (РБТСПЕОМ)**

Тема 1: Вступ. Загальні визначення. Основні функціональні характеристики біотехнічних систем

Викладачі: Онищенко С.В., Чечель Т.О.
btpm.nmu.org.ua
Email: onyshchenko.s.v@nmu.one

Вступ. Загальні визначення Поняття «система»



Слово «система» походить від грецького поняття «складене» і визначається в тлумачних словниках як «група різноманітних предметів», об'єднаних (природньо чи штучно) таким чином, що вони утворюють єдине ціле, діють або рухаються узгоджено і переважно підкоряються певній формі управління». В сучасній теорії систем системою називають обмежену множину елементів довільної природи (в т.ч. різнорідних), що об'єднані певними зв'язками і утворюють єдине головуюче ціле [1].

Отже, **системою** називають деяку цілісну множину взаємопов'язаних елементів, властивості якої не зводяться тільки до властивостей окремих елементів при будь-якому методі роздрібнення і не виводяться з них. Утворені довільною декомпозицією частини системи, які посідають аналогічні системні властивості, називаються **підсистемами**; об'єднання декількох систем, наділене системною властивістю, - **надсистемою** чи системою вищого порядку (рангу).

Це означає, що *система* має властивості, яких не має жоден окремий елемент системи. Так, жоден елемент системи *літак* (двигун, шасі, крило і т.д.), не має властивості *літати*. Цю властивість посідає тільки система «*літак в цілому*».

Вступ. Загальні визначення Поняття «Підсистема» та «технічна система»



Підсистеми є функціонально завершеними елементами системи, тобто підмножинами елементів системи, що виконують функціонально завершені перетворення. Будь-яка підсистема, властивості якої однозначно визначені, може розглядатися як елемент системи. Співвідношення: надсистема система підсистема елемент задається рангом об'єкта чи процесу, який ми розглядаємо як систему базову, тобто залежатиме від способу декомпозиції її точки зору. Система, до складу якої входить базова система, буде щодо неї надсистемою.

Об'єктом проектування може виступати довільна система, але переважна більшість проектів пов'язана зі створенням чи модифікацією технічних систем. Технічна система (ТС) – це система, яка має хоча б один штучний елемент.

Технічні системи можуть бути процесами і об'єктами залежно від характеру зв'язків між елементами системи. Технічна система - об'єкт – це система, що складається з матеріальних тіл, певним чином взаємопов'язаних в просторі. Технічна система – процес – це система, що складається з дій (операцій), певним чином взаємопов'язаних в часі.



Вступ. Загальні визначення Системний підхід до технічної системи



Системний підхід до технічної системи означає сприймання цієї системи як одного цілого, у всій сукупності її елементів, з врахування всіх зв'язків і системних властивостей. Системний підхід містить: компонентний підхід, який вивчає взаємне поелементний склад системи; структурний підхід, який вивчає взаємне розташування елементів в просторі і часі; функціональний підхід, який вивчає функціональну взаємодію підсистем і елементів; діагностичний підхід (комплексний аналіз ресурсів системи та витрат на реалізацію функцій); еволюційний підхід, що вивчає генезис системи.

Результати несистемного, фрагментарного підходу до аналізу різноманітних явищ демонструє старовинна давньоіндуська легенда: «Колись троє сліпих натрапили на сплячого слона і почали вгадувати, що ж це перед ними. Руки першого вперлися в бік тварини, ф йому здалося, що перед ним кам'яна стіна. Другий обхопив товстелезну ногу і вирішив, що це колона храму; третій спіймав хобот, який нагадав йому змію. «Зміюка на храмовій споруді» - так вирішили мандрівники, і чим швидше втекли від слона».

Вступ. Загальні визначення Властивості систем



Поняття «системи» належить до класу фундаментальних понять, сутність яких може бути розкрита виключно через їхні властивості. Будь яка система посідає такі властивості:

- **цілісність** – властивості системи в цілому не можна зрозуміти і оцінити без знання властивостей її частин, але властивості системи в цілому не можуть бути зведені до властивостей окремих її елементів;
- **структурність**, яка означає можливість опису структури будь-якої системи і опису системи через її структуру, тобто за допомогою мережі зв'язків між її елементами. Наявність структури є невід'ємною ознакою системи; залежно від задачі, можливо багато різних варіантів опису структури;
- **взаємозв'язок системи із зовнішнім середовищем** – властивості системи можуть проявитися тільки у взаємодії із зовнішнім середовищем. Дії середовища на систему називаються *вхідними* параметрами (для радіотехнічних систем – *сигналами, збудженнями*) системи, дії системи на середовище – *вихідними*. Щодо зовнішнього середовища система виступає як перетворювач вхідних дій у вихідні;

- **множинність опису** – можливість опису системи багатьма способами (моделями), кожна з яких відбиває її певний аспект;
- **генетичну ієрархічність** – наявність у кожній системи своїх надсистем і підсистем як в просторі, так і в часі. Наслідком з цього правила є розширення можливостей перетворення системи за рахунок модифікації її під- або надсистем;
- **складність поведінки системи** – наявність складних перехресних взаємозв'язків між параметрами елементів системи, внаслідок чого зміна одного параметра викликає зміну іншого. Оскільки впливи елементів системи і навколишнього середовища один на одного можуть бути детермінованими, так і стохастичними, то абсолютно достовірний опис поведінки системи є неможливий, можна говорити лише про імовірну поведінку системи.

Вступ. Загальні визначення Характеристики технічних систем



До головних характеристик технічної системи можна віднести:

- призначення, або головну функцію технічної системи;
- функції технічної системи;
- тип структури технічної системи;

Структуру системи описують через елементи системи і характер зв'язків між ними. Елементи системи утворюють підсистеми різного рангу, певним чином пов'язані між собою. Цей взаємозв'язок може полягати в чіткій взаємопідкореності елементів від вищого структурного рівня до нижчого. Таку структуру називають ієрархічною. Ієрархічну структуру має переважна більшість технічних систем. Можливі і інші варіанти структури, наприклад, ретикулярні (сітчасті), в яких усі підсистеми пов'язані одна з одною складними зворотними зв'язками, впливають одна на одну і неможливо виділити якусь ієрархію. Таку структуру має, наприклад, система розвитку технічних систем.

Будь яка система чи її елемент має входи та виходи. Входом називають дискретну або неперервну множину «контактів», крізь які дії (впливи) середовища передаються системі. Вихід – це множина «контактів», крізь які система діє на середовище. Будь-який елемент системи має принаймні один вхід і один вихід. Середовищем називають оточення, з яким система взаємодіє. Системи, які таку взаємодію здійснюють, називають відкритими; ті, які такої взаємодії не мають – закритими. Середовищем однієї з підсистем системи можуть виступати інші підсистеми цієї ж системи (всі або частина), а також сторонні системи, з якими вона взаємодіє. Взаємодія може полягати у передаванні речовини, енергії, інформації або комбінації цих компонентів. Відповідно говорять про речовинний, енергетичний, інформаційний обмін (метаболізм) між системою та середовищем, яке, в свою чергу, представляє собою систему.

Результатом цієї взаємодії за наявності структури системи є певний стан системи, під яким розуміють впорядковану сукупність значень внутрішніх і зовнішніх параметрів, які визначають характер процесів, що відбуваються у системі. Множина станів системи може бути кінцева, злічена або континуальна. Розгорнуту в часі послідовність реакцій системи на зовнішній дії називають поведінкою системи.

Вступ. Загальні визначення

Характеристики технічних систем

Функції та призначення системи



Отримання певного типу обміну між системою і середовищем є метою створення довільної технічної системи. Будь-яка технічна система створюється для виконання деякого комплексу *корисних функцій* (дії на середовище), досягнення певних цілей. Об'єкти функцій лежать за межами систем, тому можна говорити про те, що метою створення системи завжди є реалізація певних *зовнішніх* функцій, тобто дій системи на елементи зовнішнього середовища. Призначення системи відбивається її *головною функцією*. Побічні цілі створення системи відбиваються так званими *другорядними* функціями. Виконання зовнішніх функцій системи забезпечується її структурою і взаємодіями елементів системи між собою. Ці взаємодії називають *внутрішніми* функціями системи. Серед них можна виділити *основні*, які безпосередньо забезпечують виконання корисних функцій системи. Крім основних, у кожній системі є *допоміжні* функції, які забезпечують виконання основних.

Основні, допоміжні, головна і другорядні функції нерозривно пов'язані між собою, утворюючи розгалужену ієрархію, деяке «дерево» функцій об'єкта. При цьому будь-яку систему можна розглядати як *функціональний перетворювач*, що реалізує певний зв'язок між входом і виходом за допомогою *функціональних ланок*, що перетворюють входні параметри процесу чи об'єкта у вихідні. Ці функціональні ланки складаються з *функціональних елементів*, серед яких можна виділити *основні* і *допоміжні* (*системотворюючі* (*конструктивні*), *захисні*, *сервісні* тощо) елементи, які в сукупності забезпечують нормальну роботу системи

Найцікавішою властивістю системи є зв'язок її структури і функцій, які вона виконує. В більшості випадків одна структура системи забезпечує виконання однієї головної функції. Виявлення взаємозв'язку між структурою системи та її головною функцією становить *мінімальну*, або *міні-задачу* під час аналізу технічних систем. В той же час для виконання певної функції можна створити багато структур. Взаємозв'язок функції з множиною структур, придатних для її реалізації відповідає *максі-задачі* аналізу технічної системи.

Міні-задача при аналізі системи полягає в покращенні виконання основної функції при збереженні на незмінному рівні витрат на її реалізацію або їх зменшення в межах старої структури. В той же час інженерний, винахідницький підхід висуває вимогу покращення виконання функції при зменшенні затрат. Як правило, розв'язання такої задачі вимагає перебудови старої або синтезу нової структури технічної системи. *Джерелом* розвитку технічних систем є протиріччя, що постійно виникають під час розвитку систем між вимогами до функцій системи і можливостями існуючої структури системи реалізувати ці вимоги.



Вступ. Загальні визначення

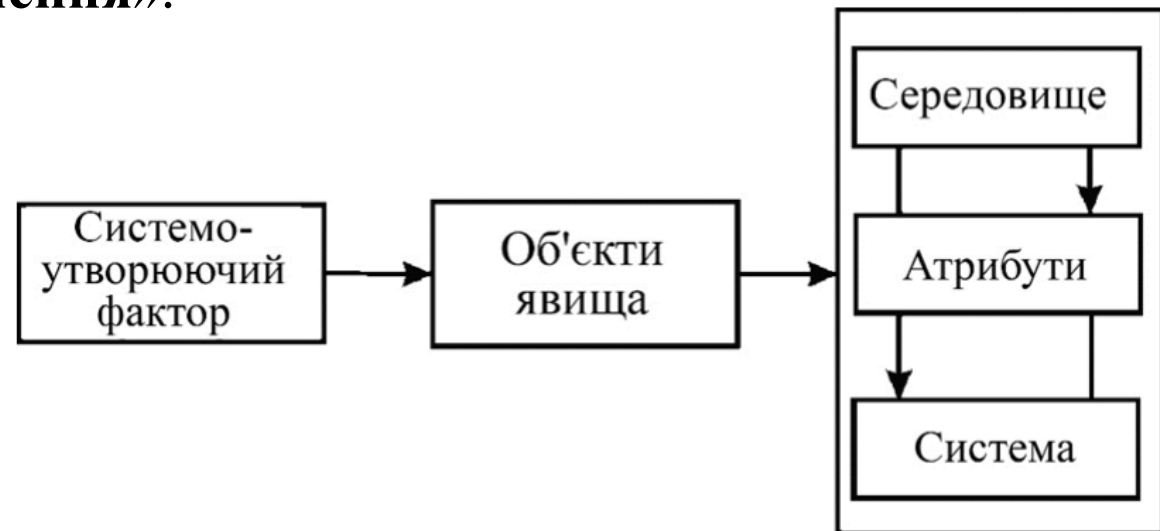
Поняття «Біотехнічна система» (БТС)



Біотехнічна система (БТС) являє собою об'єднані в єдину систему, біологічні та технічні елементи (ланки), пов'язані між собою для виконання заданої цільової функції [2].

При цьому під «**цільовою функцією**» розуміють певну (можливо, й уявну) зовнішню ситуацію, до здійснення якої прагне система. Часто поняття цільової функції поєднується з поняттям «**призначення**».

Цільову функцію можна розглядати як **системоутворюючий фактор**, що виділяє елементи в систему з усього різноманіття розглянутих **об'єктів і явищ**, тобто фактора, що здійснює умовне розмежування системи і середовища [2].



Розмежування системи і середовища



Загальні атрибути та структура біотехнічних систем

Кількісний вимір взаємодії системи і середовища характеризують **атрибути системи**.

В якості зовнішніх атрибутів системи можуть розглядатися **вхідні дії, параметри середовища, вихідні реакції системи**.

Система складається з **елементів (ланок)**, під якими слід розуміти деякі **функціонально закінчені одиниці**, що характеризуються низкою **власних атрибутів**, піддаються вимірюванню або оцінці та **характеризують взаємодію елементів системи**.

Система характеризується **структурою і поведінкою** (функціонуванням).

Під **структурою** слід розуміти **інваріантну в часі фіксацію зв'язків** між елементами **системи**, в якій виявляються співвідношення між її атрибутами.

Під **поведінкою** мається на увазі **дія системи в часі**, що характеризується **зміною в часі її атрибутів** [2].



Вступ. Загальні визначення

Властивості біотехнічних систем



❖ **Емерджентність** (англ. emergence – виникнення, поява нового), що визначає ступінь відмінності властивостей системи від властивостей її елементів. Система має властивості, не характерні окремим елементам системи.

Приклад емерджентності медичної діагностичної БТС. Ця система може бути побудована з метою раннього виявлення захворювань, обмеження поширення інфекцій, скорочення витрат на лікування хворих, тощо. Системі, завдяки взаємозв'язку елементів, притаманна властивість діагностики захворювання та реалізації цільової функції, що не властиво окремим елементам системи.

❖ **Стійкість** системи характеризується її здатністю протистояти зовнішнім впливам, що виводять з рівноваги, з метою самозбереження.

Для простих технічних систем стійкість визначається міцністю конструкції, її енергетичним балансом. У складних системах стійкість зберігається шляхом безперервної заміни елементів. Такі процеси характерні для біологічних систем. Якщо стійкість простих фізичних систем зменшується з посиленням складності, то стійкість біологічних систем збільшується [2].



Вступ. Загальні визначення

Властивості біотехнічних систем



❖ **Неідентичність** характеризується ступенем відзнаки систем одного виду. Ступінь відмінності зростає зі збільшенням складності систем.

Неідентичність популяцій перевищує відмінність фізіологічних систем організму людини в популяції, що, зокрема, відкриває можливості для трансплантації органів та тканин від одного організму до іншого.

Теорія систем, в цілому, базується на двох фундаментальних передумовах.

1. Будь-які явища, що реально відбуваються, завжди ґрунтуються на образі (моделі).
2. Формальні, інваріантні аспекти цієї моделі можна представити у вигляді математичного співвідношення її атрибутів.

Метою дослідження системи є пошук адекватного її опису, що дозволяє прогнозувати її поведінку, оптимізувати параметри ланок, структуру її елементів [2].



Основні функціональні характеристики біотехнічних систем

Класифікація біотехнічних систем за функцією



Функція БТС – це одна із ознак класифікації БТС. За цією ознакою БТС можна поділити на:

- ❖ **медичні,**
- ❖ **ергатичні,**
- ❖ **БТС управління цілісним організмом.**

Кожна з цих груп має **свої різновиди**, що відрізняються видом **цільової функції** або **областю застосування**.

До **медичних БТС** належать **системи інструментальної діагностики, лікування захворювань**, де використовують фізичні фактори і технічні засоби впливу на організм людини, **системи інформаційної підтримки лікувального процесу** – клінічні інформаційні системи документування та зберігання даних про пацієнта, **системи телемедицини, автоматизовані робочі місця лікаря-спеціаліста** [2].



Основні функціональні характеристики біотехнічних систем

Медичні біотехнічні системи



У медичних БТС діагностичного типу формується опис функціональних систем організму людини, що визначають **стан організму, засобів реєстрації фізіологічної інформації та діагностики стану**. Дослідження БТС необхідно для **формування вимог до датчиків фізіологічних параметрів, структури технічних засобів, алгоритмам обробки біосигналів та отримання діагностичних показників**.

Медичні БТС терапевтичного типу описують **функціональні системи організму людини, що є об'єктом лікувального впливу, і технічні засоби**, за допомогою яких відбувається формування впливу і оцінка лікувального ефекту. Дослідження БТС дозволяє **сформулювати вимоги до технічних засобів лікувального впливу з точки зору підвищення ефективності лікувального впливу**. У таких системах розглядається **два контури адаптації: внутрішній – ендогенний, утворений фізіологічними системами організму, і зовнішній, який визначається технічними ланками [2]**.



Основні функціональні характеристики біотехнічних систем

Ергатичні та БТС управління цілісним організмом



Ергатичні БТС (грецьк. ergates – діяч) об'єднують засоби, які забезпечують управління складними технічними об'єктами з допомогою людини-оператора. Це транспортні системи, авіаційно-космічні, системи управління енергетичними установками з високим ризиком прийняття рішень, телекомунікаційні, комп'ютерні системи та інші, де людину-оператора можна розглядати як один з елементів системи.

Дослідження ергатичних БТС необхідно для формування вимог до людини-оператора, узгодження потоків інформації, що надходять від технічних засобів до живого організму, а також управляючих впливів людини-оператора на технічні засоби.

БТС управління цілісним організмом об'єднують живі організми і засоби, що служать для формування штучного середовища перебування (космічні, глибоководні дослідження), формування спрямованої поведінки у живих організмів (поведінкові реакції у тварин, віртуальна реальність у людини) [2].



Список літератури



1. Гліненко Л.К. Основи моделювання технічних систем: Навч. Посібник. / Л.К. Гліненко, О.Г. Сухоносів. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», - 2003. – 176 с.
ISBN 966-8450-01-9

2. Мустецов Т. М. Теорія біотехнічних систем : навчальний посібник / Т. М. Мустецов, А. С. Нечипоренко. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – 188 с.
ISBN 978-966-285-254-7



Кафедра механічної та біомедичної інженерії



Дякую за увагу!

Викладач: Онищенко С.В.

btpm.nmu.org.ua

Email: onyshchenko.s.v@nmu.one

