

Кафедра механічної та біомедичної  
інженерії



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

---

**Тема 3: Проектування біотехнічних систем.  
Медичні біотехнічні системи**

Викладачі: Онищенко С.В., Чечель Т.О.  
[btpm.nmu.org.ua](http://btpm.nmu.org.ua)  
Email: [onyshchenko.s.v@nmu.one](mailto:onyshchenko.s.v@nmu.one)



# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



Завдання синтезу медичних біотехнічних систем виникає, перш за все, при створенні нової медичної техніки. В основі розробки медичної техніки лежить формування медико-технічних вимог, що містять фізіологічно обґрунтовані вимоги до побудови апаратури, що забезпечують її ефективне функціонування.

Для терапевтичної апаратури ці вимоги визначають вибір адекватного виду лікувального впливу, встановлення умов передачі впливу від технічних засобів до біологічних тканин, а також вибір форми, інтенсивності та інших параметрів впливу, які забезпечують високу лікувальну ефективність [2].



# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



При розробці діагностичної апаратури медико-технічні вимоги стосуються вибору найбільш інформативних фізіологічних параметрів організму і діагностичних показників, що реалізуються за допомогою доступних вимірювальних засобів та відображають патологічні зміни в організмі або схильність до них.

Такі питання, які потребують спільного вивчення технічних засобів і фізіологічних систем організму, вирішуються в межах медичних БТС.

Найбільш важливим етапом побудови медичних БТС є адекватний, умовам розглянутої задачі, опис процесів функціонування фізіологічної системи, що входить до складу БТС в якості біологічної ланки.



# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



У сучасних методах вивчення біологічних об'єктів як ланок БТС можна виділити три основні напрямки:

– ієрархічний підхід, відповідно до якого процеси, що відбуваються у живих організмах, досліджують в міру ускладнення їх будови і організації (від клітини до тканини, від тканини до органу, від органу до фізіологічної системи);

– вивчення об'єктів і явищ з позицій загальної теорії функціональних систем, що дозволяє зв'язати в єдине ціле структури живого організму відповідальні за аферентний синтез, ухвалення рішення, ефекторні реакції і корисний пристосувальний результат;

– кібернетичний системний підхід, який вивчає біологічні об'єкти методами сучасної теорії управління з використанням ідентифікації біологічних об'єктів у класі певних математичних моделей і обчислювальних алгоритмів.

# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



Ці напрямки в дослідженні біологічних об'єктів розвивалися в міру вдосконалення уявлень про будову живого організму і накопичення природничих і технічних знань. Кібернетичний системний підхід у вивченні живого виник на основі двох перших традиційних якісних «біологічних» методів дослідження. Цей підхід зручний для використання при побудові БТС, так як залучення сучасного математичного апарату призводить до моделей, найбільш близьких до опису процесів в технічних ланках.



# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



У розгляді біологічних об'єктів з точки зору ієрархічного підходу важливий еволюційний аспект, що дозволяє простежити за зміною структури і функції окремих фізіологічних систем від «простих» до вищих тварин і людини, тим більше, що в біологічному світі, для дослідження, представлені організми будь-якої складності. Порівняльні еволюційні дослідження дозволяють виявити певну етапність у розвитку живих організмів:

- формування внутрішнього середовища організмів; при переході від «простих» до більш складних форм життя;
- формування фізіологічних систем, що включають спеціалізований рецепторний апарат та поява спеціалізованих систем регулювання параметрів;
- формування нервової системи і відокремлення сприйняття, обробки інформації та рухової діяльності;
- виникнення більш ефективних способів управління внутрішнім середовищем організму і утворення декількох рівнів управління;
- ускладнення нервової системи, високий ступінь спеціалізації і розвитку сенсорних систем, еволюція мозку у ссавців.



# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



У процесі еволюції виявляється однотипність організації, структурна подібність, взаємозамінність елементів в окремих підсистемах, наявність багаторазового запасу елементів. Ці фактори дозволяють, зокрема, проводити вивчення властивостей живого організму на більш низьких рівнях біологічної ієрархії і поширювати отримані дані на організм людини.

Так, в екологічному моніторингу використовуються методи біоіндикації, що дозволяють виробляти кількісну оцінку стану системи «організм – навколишнє середовище». В якості вимірювального об'єкта використовується біологічний «посередник», який веде реєстрацію параметрів життєдіяльності.



# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



Розгляд біологічних процесів у межах функціональних систем дозволяє зв'язати воедино кібернетичні та метаболічні функції організму. Будь-яка функціональна система (ФС) [1] має принципово однотипну організацію і включає загальні, та при тому універсальні для різних ФС, периферичні та центральні вузлові механізми:

- корисний пристосувальний результат як провідна ланка;
- рецептори результату;
- зворотню аферентацію, що йде від рецепторів результату до центральних відділів ФС;
- центральну архітектуру, що являє собою виборче об'єднання нервових елементів різних рівнів;
- ефекторні компоненти вегетативної, ендокринної, нейром'язової дії, включаючи організовану цілеспрямовану поведінку.







# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи

Об'єднання всіх вузлових механізмів у ФС визначає корисний для метаболізму організму в цілому результат її діяльності.

Будь-яка зміна результату сприймається відповідними рецепторами. Сигнали, що виникають у рецепторах, поступають у нервові центри центральної архітектури та вибірково втягують у дію елементи різного рівня для здійснення виконавчої діяльності, спрямованої на відновлення потрібного для метаболізму результату.

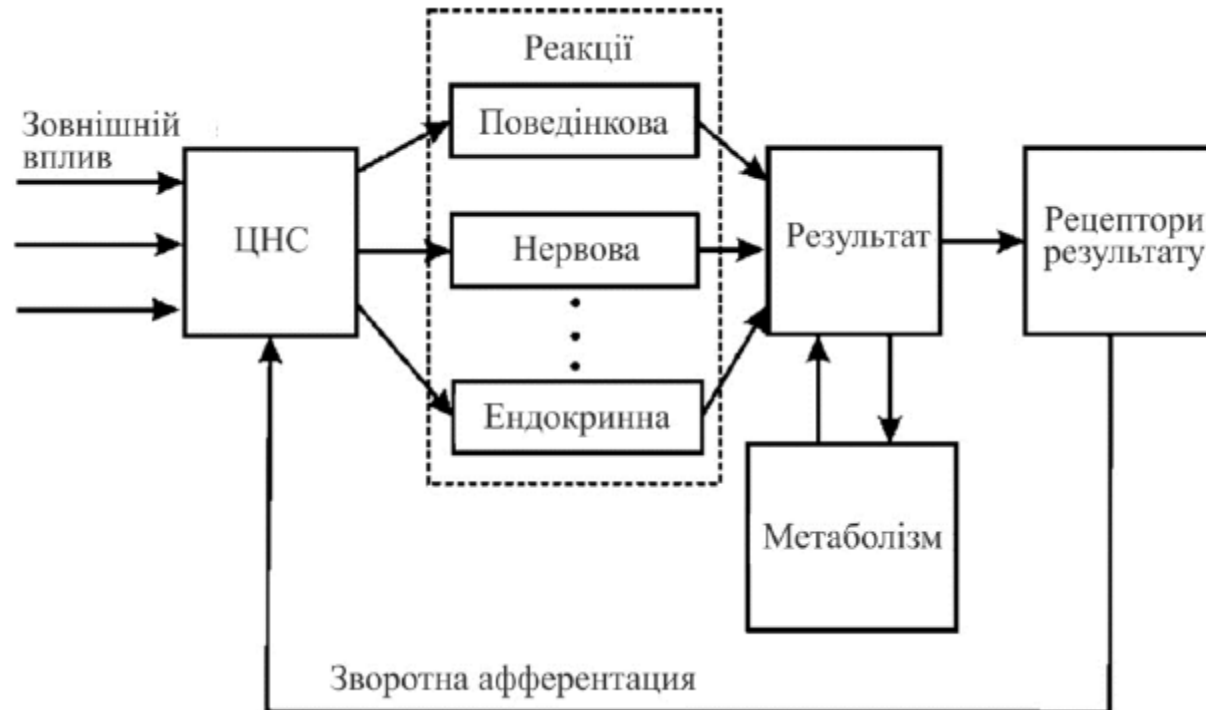
Підтримання на необхідному для метаболізму рівні корисного пристосувального результату визначає функціональний стан організму.





# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



Структура функціональної системи організму людини





# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи

Першою ланкою формування функціонального стану організму є аферентний синтез. Це процес обробки багатьох одночасно діючих подразників, частина яких відображає стан зовнішнього середовища, інша частина внутрішнього. У результаті приймається рішення, що реалізує відповідну реакцію організму за допомогою еферентного синтезу. Слід зазначити, що ця реакція має велику індивідуальну варіабельність, оскільки кожен організм вирішує одну й ту саму задачу еферентних реакцій по-різному, залежно від стану вегетативних і соматичних функцій.





# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи

Якісний аналіз основних елементів ФС дає можливість подальших кількісних досліджень на основі кібернетичного підходу, заснованого на методах теорії управління.

Вивчення біологічних об'єктів методами теорії управління вимагає віднесення їх до певного класу систем. З цією метою треба виділити два класи динамічних систем [3]:

- гомеостатичні, тобто системи, які можна віднести до систем автоматичного регулювання зі зворотним зв'язком;
- адаптивні системи.





# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи

У гомеостатичних системах стабілізації внутрішнього середовища організму може бути промодельовано на двох рівнях.

Перший рівень – стабілізація функцій, що забезпечує наявність фізіологічних констант, що вимагають підтримання на основі регулювання, при розладах або втратою рівноваги системою. Цей шлях вимагає стабілізації всіх параметрів фізіологічних функцій.

Другий – стабілізація внутрішнього середовища, здійснювана на основі багатозв'язного регулювання. Дійсно, якщо організм вимагає посилення забезпечення тканин киснем, то не ставиться обмежень на зміну окремих фізіологічних параметрів, наприклад, ЧД або ЧСС. При послабленій системі кровообігу може компенсаторно напружуватися дихальна система, а в іншому випадку – серцево-судинна система.

# Проектування біотехнічних систем

## Медичні біотехнічні системи



Наприклад, у спортсменів при фізичному навантаженні для кисневого забезпечення тканин в першу чергу збільшується величина серцевого викиду, а тільки потім відбувається збільшення ЧСС. У нетренованих людей резерв серцевого викиду малий, тому більш ймовірним виявляється збільшення ЧСС.

Вивчення систем регуляції методами класичної теорії управління ведеться шляхом моделювання систем за допомогою функцій передачі та подальшого подання у вигляді диференціальних рівнянь у просторі станів.





## Список літератури



1. Мармареліс П. Аналіз фізіологічних систем / П. Мармареліс, В. Мармареліс. – М. : Світ, 1983. – 400 с.
2. Мустецов Т.М. Теорія біотехнічних систем: навчальний посібник / Т.М. Мустецов, А.С. Нечипоренко. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – 188 с.
3. Ейкхофф П. Сучасні методи ідентифікації систем: монографія / П. Ейкхофф, А. Ванечек, Е. Саварагі. – М. : Світ, 1983. – 400 с.



# Кафедра механічної та біомедичної інженерії



## Дякую за увагу!

---

Викладач: Онищенко С.В.

[btpm.nmu.org.ua](http://btpm.nmu.org.ua)

Email: [onyshchenko.s.v@nmu.one](mailto:onyshchenko.s.v@nmu.one)

