

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра Фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних
технологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи



Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

25” *ср* 20 21 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

«СИСТЕМИ ЗАМІЩЕННЯ ОРГАНІВ І ФУНКЦІЙ»

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування

спеціальність 153 Мікро - та наносистемна техніка

освітня програма фізична і біомедична електроніка

спеціалізація _____

вид дисципліни за вибором

факультет радіофізики, біомедичної електроніки і комп'ютерних систем

2020/2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету
Радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № 1 від «22» січня 2021 року,

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: Кожешкурт Валентин Олександрович, викладач кафедри
Фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій

Програму схвалено на засіданні кафедри Фізичної і біомедичної електроніки та
комплексних інформаційних технологій

Протокол від «19» січня 2021 року № 1

Завідувач кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних
інформаційних технологій

Сергій БЕРДНИК

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми “Фізична та
біомедична електроніка”

Гарант освітньо-професійної програми “Фізична та біомедична електроніка”

Микола МУСТЕЦОВ

Програму погоджено методичною комісією
Радіофізики, біомедичної електроніки і комп'ютерних систем
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна
дисципліна

Протокол від «20» січня 2021 року № 1

Голова методичної комісії факультету Радіофізики, біомедичної електроніки та
комп'ютерних систем

Леонід ЧОРНОГОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Системи заміщення органів і функцій**» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки **магістра** напряму Мікро-та наносистемотехніка спеціальності Фізична та біомедична електроніка

Предметом вивчення навчальної дисципліни є сучасні методи проектування біотехнічних систем заміщення органів та функцій.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навиків з проектування біотехнічних систем заміщення органів та функцій.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є сформувані у здобувачів вищої освіти наступні загальні та фахові компетентності.

Загальні компетентності:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК-1)
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. (ЗК-2)
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК-4)
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК-5)
- здатність працювати в команді. (ЗК-7)

Фахові компетентності

- здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірювальне, технологічне та дослідницьке обладнання при проектуванні систем перевірки та метрологічного забезпечення біотехнічних систем. (СК-1)
- здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів з урахуванням особливостей біотехнічних та медико-інженерних систем. (СК-2)
- здатність аналізувати та синтезувати системи різного призначення. (СК-3)
- здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в окремих ланках систем та системах в цілому. (СК-4)
- здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем при проектуванні систем та критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення. (СК-5)
- здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності. (СК-6)
- здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти. (СК-7)
- здатність аналізувати отримані результати біомедичних досліджень, презентувати їх фахівцям, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти. (СК-8)

Основними завданнями вивчення дисципліни є **отримання знань** про наступне:

- методи моделювання біофізичних процесів, що протікають в організмі, та ідентифікації заміщуваних біологічних ланок;
- фізичні засади та принципи заміщення біологічного об'єкту технічною ланкою біотехнічної системи;
- методи синтезу структур біотехнічних систем заміщення органів та функцій;
- особливості взаємодії та узгодження біотехнічних систем з біологічним об'єктом.

1.3. Кількість кредитів – 5.

1.4. Загальна кількість годин – 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
24 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
24 год.	год.
Лабораторні заняття	
0 год.	год.
Самостійна робота	
102 - год.	год.
Індивідуальні завдання (курсний проект)	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти повинні досягти таких результатів навчання:

1. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, біофізики та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень, розв'язання виробничих задач та педагогічних завдань у середній та вищій школі. (P-1)
2. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів. (P-2)
3. Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення. (P-3)
4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та нанoeлектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності. (P-4)
5. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері мікро- та нанoeлектроніки, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів. (P-5)
6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування. (P-6)
7. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки (P-7)
8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її. (P-8)
9. Забезпечувати професійний розвиток членів колективу з урахуванням світового досвіду і вимог до персоналу в сфері розробки та експлуатації мікро- та нанoeлектронних систем (P-10)

10. Забезпечувати захист інтелектуальної власності, комерціалізацію результатів науково-дослідної, винахідницької та проєктної діяльності (P-15)
11. Коректно подавати результати біомедичних досліджень, апробувати їх та доносити до аудиторії різного фахового рівня (P-16)

Після вивчення навчальної дисципліни студент отримати результати:

- ідентифікація організму людини з позицій системного аналізу;
- синтез структури біотехнічних систем заміщення органів та функцій;
- знання методів адаптації біологічних та технічних ланок при проєктуванні систем заміщення органів та функцій;
- складання та аналіз інформаційних моделей біотехнічних систем;
- проєктування електронних вузлів медичних систем;

2. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розділ 1. Системні аспекти створення систем заміщення органів і функцій.

Тема 1. Основні засади системного аналізу.

Принципи системного підходу до вивчення біологічних об'єктів. Етапи системного аналізу. Способи опису систем. Характеристики систем та їх оцінка. Види зв'язків і відношень в системах. Емерджентність.

Тема 2. Живий організм з позицій системного аналізу.

Еволюційний аспект розвитку біосистем. Особливості структурної організації та функціонування біосистем. Зовнішній і внутрішній контури адаптації. Функціональні системи організму.

Розділ 2. Ідентифікація ланок біотехнічних систем.

Тема 3. Основні положення теорії ідентифікації.

Принципи ідентифікації. Особливість моделювання біологічних об'єктів. Функціональний і структурний підхід до ідентифікації складних систем. Методи оцінки параметрів моделі. Регресійний аналіз статичних систем. Аналіз динамічних систем за допомогою диференціальних рівнянь.

Тема 4. Загальний підхід до функціональної ідентифікації систем.

Ідентифікація лінійних систем. Принцип суперпозиції стимулів і вихідних результатів у лінійних системах. Порушення принципу суперпозиції в нелінійних системах.

Тема 5. Ідентифікація систем терапії.

Синтез біотехнічних систем терапевтичного типу. Оцінка стану організму та формування лікувального впливу. Речовинний, енергетичний та інформаційний типи терапевтичного впливу. Зворотній зв'язок у терапевтичних системах.

Тема 6. Компартментальне моделювання біологічної ланки біотехнічної системи.

Поняття компартмента. Взаємодія компонентів у камерній моделі. Фармакокінетичні процеси в живому організмі. Однокомпартментна модель інфузії лікарського препарату у кров'яне русло. Двохкомпартментна модель зміни концентрації лікарського препарату в організмі.

Розділ 3. Проєктування систем заміщення органів і функцій.

Тема 7. Моделювання систем гомеостазу.

Поняття гомеостазу. Біотехнічні системи підтримки гомеостазу відкритого та замкненого типу. Основні підсистеми.

Тема 8. Особливості системи регулювання рівня глюкози в крові.

Медичні аспекти регулювання рівня глюкози в крові. Анатомія та фізіологія підшлункової залози. Етіологія та патогенез цукрового діабету.

Тема 9. Системи підтримки рівня глюкози в крові.

Розрахунок параметрів інсулінотерапії. Автоматизовані засоби терапії цукрового діабету. Алгоритми регулювання рівня глюкози в крові. Система регуляції рівня цукру в крові, що адаптується.

Тема 10. Особливості функціонування нирок.

Фізіологічні аспекти функціонування нирок. Будова нефрону. Поняття кліренсу.

Тема 11. Різновиди систем «Штучна нирка».

Методи штучного очищення крові. Гемодіаліз як технологічний процес екстракорпорального заміщення. Основні цілі проведення гемодіалізу та їх математичне моделювання. Кліренс діалізатора й ефективність видалення токсичних речовин. Різновиди систем гемодіалізу та принципи їх побудови. Апарат «Штучна нирка».

Тема 12. Системи штучного кровообігу.

Фізіологічні особливості та функції системи кровообігу. Загальний підхід до побудови апаратури штучного кровообігу. Моделювання системи гемодинаміки. Апарати допоміжного та повного кровообігу. Апарат штучного кровообігу «AUTOTRANS BT 795/P». Апарати «Штучне серце».

Тема 13. Системи заміщення функції печінки.

Печінка та перфузійні методи лікування гострої печінкової недостатності. Екстракорпоральна допоміжна штучна печінка. Методи виділення ізольованих гепатоцитів і спроби їх утримання в екстракорпоральній «Допоміжній печінці». Існуючі технічні рішення апаратів допоміжної штучної печінки.

Тема 14. Особливості системи дихання людини.

Основні відомості про роботу та параметри легенів. Біомеханіка дихальних рухів. Механізми нервової регуляції дихальних рухів. Математичне моделювання процесу дихання та його регуляції.

Тема 15. Системи штучної вентиляції легенів.

Методи штучної вентиляції легенів. Структурні схеми апаратів штучної вентиляції легенів. Ідентифікація дихальної активності пацієнта.

Тема 16. Основи протезування органів опорно-рухового апарату.

Анатомія опорно-рухового апарату. Фізіологічні та біомеханічні основи протезування. Протези верхніх та нижніх кінцівок. Принципи побудови активних протезів.

Тема 17. Особливості функціонування сенсорних систем людини.

Загальні особливості сенсорних систем людини. Будова слухової системи людини та її функції. Анатомічні та фізіологічні особливості функціонування органів зору.

Тема 18. Пристрої слухопротезування.

Кондуктивна, сенсоневральна та змішана приглухуватість. Принципи та способи слухопротезування. Види слухових апаратів. Аналогові та цифрові слухові апарати.

Тема 19. Проектування системи заміщення органів зору.

Порушення зору та способи їх корекції. Принципи побудови систем заміщення зорової функції. Біонічне штучне око.

Тема 20. Біоінженерні технології в системах заміщення органів і функцій.

Фізіологічні основи вирощування живої тканини. Використання ембріональних стовбурових клітин для отримання спеціалізованої тканини. Сучасний стан технології вирощування тканин. Біоінженерний м'яз.

3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб	ср
Розділ 1. Системні аспекти створення систем заміщення органів та функцій					
Тема 1. Основні засади системного аналізу	7	1	1		5
Тема 2. Живий організм з позицій системного аналізу	8	1	1		6
Разом за розділом 1	15	2	2		11
Розділ 2. Ідентифікація ланок біотехнічних систем					
Тема 3. Основні положення теорії ідентифікації.	5	1			4
Тема 4. Ідентифікація систем терапії.	6	1	2		3
Тема 5. Загальний підхід до функціональної ідентифікації систем.	10	1		2	7
Тема 6. Компаратментальне моделювання біологічної ланки біотехнічної системи.	13	2		2	9
Разом за розділом 2	34	5	2	4	23
Розділ 3. Проектування систем заміщення органів та функцій					
Тема 7. Моделювання систем гомеостазу.	3	2			1
Тема 8. Особливості системи регулювання рівня глюкози в крові.	7	1			6
Тема 9. Системи підтримки рівня глюкози в крові.	6	1		2	3
Тема 10. Особливості функціонування нирок.	2	1			1
Тема 11. Особливості систем «Штучна нирка».	11	1		2	7
Тема 12. Системи штучного кровообігу.	11	2	2		7
Тема 13. Системи заміщення функції печінки.	12	2	2		8
Тема 14. Особливості системи дихання людини.	2	1			1
Тема 15. Системи штучної вентиляції легенів.	11	1		2	8
Тема 16. Основи протезування органів опорно-рухового апарату.	11	1	2		8
Тема 17. Особливості функціонування сенсорних систем людини.	3	2			1
Тема 18. Пристрої слухопротезування.	11	1		2	8
Тема 19. Проектування системи заміщення органів зору.	5	1			4
Тема 20. Біоінженерні технології в системах заміщення органів та функцій.	10	2	2		6
Разом за розділом 3	101	17	8	8	68
Усього годин за семестр	150	24	12	12	102

4. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Теми занять	Обсяг, год.
1	Двокомпонентна структура біологічної системи	1
2	Характеристика системи метаболізму людини	1
3	Однофакторний аналіз моделі зв'язку максимальної ЧСС під час проби зі зростаючим навантаженням від віку	2
4	Електрична модель прямої аналогії системи гемодинаміки	2
5	Способи побудови апаратів допоміжної штучної печінки	2
6	Модель взаємодії та адаптації пацієнта з активним протезом	2
7	Огляд сучасних біотехнічних рішень заміщення органів та функцій	2
Разом		12

5. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Теми занять	Обсяг, год.
1	Розрахунок моделі імпульсного режиму роботи інфузійного дозатора	2
2	Розрахунок атрибутів однокомпартментної моделі інфузійного введення лікарського препарату	2
3	Розрахунок оптимального режиму інфузії інсуліну	2
4	Розрахунок дози гемодіалізу в однокомпартментній моделі розподілу рідини в організмі людини	2
5	Електрична аналогія системи «Апарат штучної вентиляції легенів – легені пацієнта»	2
6	Перетворення звукового сигналу в слуховому апараті	2
Разом		12

6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№	Теми самостійної роботи	Кількість годин
1	Структурно-функціональна схема скринінгової медичної діагностичної біотехнічної системи	4
2	Система забезпечення гомеостазу організму людини	4
3	Метод простору станів. Ідентифікація моделі в просторі станів	4
4	Ідентифікація нелінійних систем.	4
5	Компартментальне моделювання системи на основі опису в просторі станів	6
6	Системи неінвазивної експрес-діагностики концентрації цукру в крові	6
7	Математична модель визначення ефективності гемодіалізу.	4
8	Апарати допоміжного і штучного кровообігу «Гібридне штучне серце».	4
9	Апарат «Допоміжна штучна печінка з біодіалізатором В.Є.Рябініна».	4
10	Особливості конструкції існуючих апаратів штучної вентиляції легенів	6
11	Технологія виготовлення протезів.	6
12	Особливості конструкції існуючих слухових апаратів	6
13	Адаптивна металіза.	4
14	Технології «біопренту»	4
15	Підготовка до лекцій	12
16	Підготовка до практичних занять	24
Разом		102

7. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

8. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

По кожному змістовному розділу проводиться коротка (до 20 хв.) письмова контрольна робота, яка оцінюється в відповідних балах. Крім того перед виконанням кожного практичного заняття студент повинен пред'явити робочий зошит з конспектом самостійної роботи

9. СХЕМА НАРАХУВАННЯ БАЛІВ

Розділ 1		Розділ 2				Розділ 3														зал	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	40 (20)	100 (500)
4	4	3	3	3	3	4	3	3	2	3	4	4	2	3	4	3	3	3	3		
8(4)		12(6)				40(20)															

T1, T2 ... T20 – теми розділів

Розділ	Опрацьоване питання	Кількість балів
Розділ 1	Накреслено та пояснено схему двокомпонентної структури біологічної системи	4
	Загальну схему формування медичного показника застосовано до конкретного показника на вибір.	4
Розділ 2	Розв'язання задачі отримання рівняння прямої методом лінійної регресії за чотирма точками (метод найменших квадратів)	12
Розділ 3	Опис та пояснення математичної моделі регуляції рівня глюкози в крові	7
	Структурна схема системи «допоміжна печінка» на донорських гепатоцитах з центрифужним або капсульним (на вибір) способом утримання гепатоцитів	7
	Застосування електричної моделі системи гемодинаміки для опису заданої ділянки системи кровообігу людини	6
	Обговорення зі студентом теми одного (вибірково) з завдань для самостійної роботи	20
Залік	Відповіді на питання відповідно до білетів	40
	Сума	100

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70 – 89	добре	
50 – 69	задовільно	
1 – 49	незадовільно	не зараховано

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Мустецов М.П., Висоцька О.В., Порван А.П. Апарати і системи заміщення втрачених органів та функцій організму людини: Навч. Посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – 248 с.
2. Мустецов Н.П., Белецкий Н.И., Катрич В.А. Медицинские электронные системы: Учебное пособие. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2008. – 248 с.
3. Мустецов Т.М. Теорія біотехнічних систем : навчальний посібник / Т.М. Мустецов, А.С. Нечипоренко. – Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. – 188 с.
4. Основи протезування: Навч. посібник / Г.В. Красюк, М.Т. Ковалько, П.М. Підпружников, В.В. Семенець, Л.Л. Цимбал. В.П. Чернишев, Є.А. Ярович. За ред. проф. Г.В. Красюка, проф. В.В. Семенця. – Харків: ХТУРЕ, 2000. – 300 с. рос. мовою.
5. Поспелов Г.С. Системный анализ и искусственный интеллект. -М.:1987. -148с.

Допоміжна література

1. Мустецов Н.П. Биотехнические электронные системы: Учебн. пособие. – Харьков: ХТУРЭ, 2001. – 168 с.
2. Ахутин В.М. Биотехнические системы, - Л.: Изд – во ЛГУ, 1981. -220с.

Програмне забезпечення ЕОМ з дисципліни

1. Операційне середовище Windows.
2. Microsoft Excel 2000.
3. Пакет MatLab.