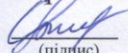


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих
засобів і технологій (№ 502)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи


(підпис)

В.П.Олійник
(ініціали та прізвище)

«29» серпня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

СЕНСОРИ ТА ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 16 Хімічна та біоінженерія
(шифр і найменування галузі знань)
Спеціальність: 163 Біомедична інженерія
(код і найменування спеціальності)
Освітня програма: Біомедична інженерія
(найменування освітньої програми)

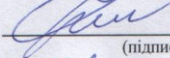
Форма навчання: денна

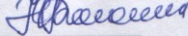
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Робоча програма Сенсори та вимірювальні перетворювачі
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю 163 Біомедична інженерія
освітньою програмою Біомедична інженерія

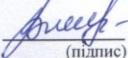
«29» серпня 2023 р., – 12 с.

Розробник: Куліш С.М., професор каф. 502, к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)  (підпис)

Волошин Ю.А., доцент каф.502
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)  (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій (№ 502)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «29» серпня 2023 р.

Завідувачка кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)  (підпис) О.В. Висоцька
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 6,5	<p>Галузь знань <u>16 Хімічна та біоінженерія</u> <small>(шифр і найменування)</small></p> <p>Спеціальність <u>163 Біомедична інженерія</u> <small>(код і найменування)</small></p> <p>Освітня програма <u>Біомедична інженерія,</u> <small>(найменування)</small></p> <p>Рівень вищої освіти: перший бакалаврський</p>	Цикл професійної підготовки (за вільним вибором студента)
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2023/2024
Індивідуальне завдання – РГР		Семестр
Загальна кількість годин – 88/195		4-ий
		Лекції*
		40
		Практичні, семінарські*
		48
		Лабораторні*
	Самостійна робота	
	107	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 88/107

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння знань по використанню сенсорів та вимірювальних перетворювачів.

Завдання: навчитися використовувати сенсори та вимірювальні перетворювачі при проектуванні складних біомедичних засобів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких компетенцій:

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні задачі та проблеми в галузі радіотехніки та телекомунікації, а також біомедичної інженерії, що передбачає застосування певних теорій та методів з радіотехніки та телекомунікацій і біомедичної інженерії, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК)

1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1).

Фахові компетентності спеціальності (ФК)

1. Здатність використовувати набуті знання в експериментальній і теоретичній діяльності при розробці сенсорів та вимірюючих перетворювачів апаратури медичного та радіоелектронного призначення. (ФК6)

2. Здатність забезпечувати інженерно-технічну експертизу в процесі планування, розробки, оцінки та специфікації медичного обладнання. (ФК7)

3. Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації) і радіоелектронного призначення (ФК9)

4. Здатність надавати інжинірингові послуги та забезпечувати техніко-інформаційний супровід біотехнічних та медичних апаратів, приладів та систем на всіх етапах їх життєвого циклу (ФК11)

5. Здатність застосовувати базові знання методів та засобів отримання, обробки, інтерпретації, візуалізації та аналізу біосигналів, біомедичних даних та зображень біологічних об'єктів при розробці та модернізації біотехнічних та медичних апаратів, приладів та систем. (ФК12)

Програмні результати навчання:

1. Здатність застосовувати знання основ математики, фізики, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, основи рідин, електроніки, інформатики, аналізу сигналів, при розробці сенсорів та перетворювачів (ПРН 1)

2. Здатність формулювати висновки щодо отриманих даних. (ПРН 2)

3. Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою (ПРН 8).

4. Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об'єктів та матеріалів медичного призначення (ПРН 9.)

5. Вміти аналізувати сигнали, які передаються від органів на прилади, та проводити обробку діагностичної інформації. (ПРН 13.)

6. Вміти застосовувати знання принципів побудови сучасних сенсорів та мікропроцесорної техніки, засобів автоматизації медичного обладнання, методів та засобів отримання та обробки сигналів та зображень, принципів ергономіки при проектуванні, експертизі та сертифікації біотехнічних та медичних апаратів, приладів та систем (ПРН19).

Міждисциплінарні зв'язки: фізика, основи радіоелектроніки, матеріалознавство та фізико-хімічні основи РЕА, біофізичні основи побудови біомедичної апаратури.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Системні засади отримання інформації. Реєстрація електричних біопотенціалів.
2. Вимірювальні перетворювачі.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Основи вимірювань біосигналів

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни, основні терміни та визначення.

Структурна схема узагальненого вимірювального каналу для збору, передачі та реєстрації інформації, та визначення функцій вимірювального перетворювача. Класифікація вимірювальних перетворювачів за принципом дії: електроди, генераторні Сенсори, параметричні Сенсори. Основні характеристики перетворювачів. Типові похибки перетворення інформації.

ТЕМА 2 Поняття про сенсори і особливості їхнього функціонування
Фізичні явища і перетворення енергії. Різновиди та особливості фізичних величин, їх вимірювання та перетворення. Класифікація сенсорів

ТЕМА 3. Електроди для відведення біопотенціалів.

Границя розділу між електродом і електролітом. Явище поляризації, електроди що поляризуються і не поляризуються. Еквівалентні схеми біомедичних електродів. Поверхневі на шкірні електроди. Внутрішньотканинні електроди. Електродні матриці. Мікроелектроди. Електроди для електростимуляції. Рекомендації по застосуванню електродів.

ТЕМА 4. Сенсори та фізичні явища перетворення енергій і фізичних величин.

Визначення сенсора. Складові сенсорів. Властивості сенсорів. Фізична сутність перетворення: зміна фізичних властивостей, тепла енергія, ефект Зеебека і піроелектричний ефект, ефект Пельтьє, фотогальванічний ефект, ефект

фотопровідності, ефект Зеємана, ефект Фарадея, ефект Холла, магнітострикція, п'єзоелектричний ефект

Змістовий модуль 2. Датчики та сенсори для вимірювання біомедичних сигналів та діагностики імплантів

Тема 5. Сенсори для біохімічних досліджень

Поняття біохімічного сенсора. Біохімічна сенсорика. Кисневий електрод Кларка та електрохімічні сенсори на його основі. Властивості біосенсорів. Біосенсори органів чуття. Сенсорні системи. Динамічний діапазон. Морфологія сенсорної клітини. Механізми сенсорної трансдукції.

Тема 6. Датчики клінічних досліджень

Основні показники газів крові. Спектрофотометрична оксиметрія. Фотоплетизмографія. Капнометрія. Анестезіологічний моніторинг та мультигазовий аналізатор. Датчики параметрів дихання. Контактні, резистивні, пневматичні та термісторні датчики. Спірометричний датчик турбінного типу. Датчик ПШВ. Термомагнітний газоаналізатор.

Тема 7. Датчики для діагностичної апаратури

Методи та датчики рентгенології. Комп'ютерна томографія. Методи та датчики МРТ. Конвенціональна МРТ. МР- дифузія. МР- перфузія. МР- спектроскопія. МР- ангиографія. Функціональна МРТ. Вимірювання температур за допомогою МРТ. Методи та датчики електроенцефалографії. Нейронні процеси у мозку людини. Електроенцефалографічні датчики. Поняття каналу. Види відведень. Індксація розташування електродів. Методика дослідження електроенцефалограм.

Тема 8 Теплові біомедичні сенсори

Датчики та сенсори температури тіла, внутрішніх органів людини та штучних імплантів. Контактні теплові сенсори. Ртутні термометри. Цифрові медичні термометри. Медичні терморезистори. Медичні термопари. Безконтактні теплові сенсори. Пірометричні датчики. Медичні термографи

Тема 9 Інтелектуальні сенсори та наносенсорні системи

Загальні поняття про інтелектуальні датчики. Інтегральні датчики. Інтерфейси датчиків. Сенсори на основі оптичних хвильоводів із фотонно-кристалічною структурою. Сенсори на основі вуглецевих нанотрубок. Нанобіосенсори для діагностики імплантів. Мультисенсорні електронні детектори запаху і смаку. Тенденції розвитку датчиків фізичних величин і способів вимірів в біометрії.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Основи вимірювань біосигналів.					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни, основні терміни та визначення.	12	4	4	-	4
ТЕМА 2 Поняття про сенсори і особливості їхнього функціонування	16	4	4	-	8
Тема 3. Електроди для відведення біопотенціалів.	22	4	6	-	12
Тема 4. Сенсори та фізичні явища перетворення енергій і фізичних величин	20	4	4	-	12
Модульний контроль	2		2		
Змістовий модуль 2. Датчики та сенсори для вимірювання біомедичних сигналів та діагностики імплантів.					
Тема 5 . Сенсори для біохімічних досліджень	24	6	6	-	12
Тема 6. Датчики клінічних досліджень	22	4	6	-	12
Тема 7. Датчики для діагностичної апаратури.	22	4	6	-	12
Тема 8 Теплові біомедичні сенсори.	20	4	4	-	12
Тема 9 Інтелектуальні сенсори та наносенсорні системи	22	6	4	-	12
Модульний контроль	2		2	-	-
Розрахункова робота			-	-	11-
Усього годин	195	40	48	-	107

5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Потенціометричний перетворювач лінійних та кутових переміщень	2
2.	Функціональний потенціометричний перетворювач	2
3.	Тензометричний перетворювач	2
4.	Ємнісний перетворювач	2
5.	П'єзоелектричний перетворювач	2
6.	Електрохімічний перетворювач	2
7.	Волоконно-оптичний газоаналізатор крові	2
8.	Вивчення електричних властивостей біологічних тканин	2
9.	Датчики для електрокардіографії, конструкції і матеріали	2
10.	Біохімічні перетворювачі	2
11.	Датчики та сенсори для вимірювання температури	2
12.	Дачики вимірювання складу повітря	2
13.	Датчики для неруйнівного контролю імплантів	2
14.	Інтелектуальні сенсори	2
15.	Методи обробки інформації від наносенсорів	2
16.	Сенсорна інформація в системі координації живих організмів	2
17.	Оптичні біосенсори на основі гібридних наноструктур і метаматеріалів	2
18.	Сенсори глюкози крові	2
19.	Вивчення фізіологічної вимірювальної системи апарату штучного дихання та сенсорів які входять до складу	2
20.	Сенсори для вимірювання швидкості кровотоку і об'єму крові	2
21.	Фотоплегізмографія, фізична суть джерела світла і фотодатчики та принципи їх вибору	2
22.	Вимірювальні параметри дихання. Сенсори які використовуються для вимірювання (датчики тиску)	2
23.	Вивчення конструкцій електродів для відведення біопотенціалів. Матеріали і умови їх вибору	2
24.	Вивчення конструкцій мікроелектродів їх електричні властивості і застосування	2
	Разом	48

7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Типові похибки перетворення інформації	11
2	Різновиди та особливості фізичних величин, їх вимірювання та перетворення.	12
3	Мікроелектроди. Електроди для електростимуляції. Рекомендації по застосуванню електродів	12
4	Сенсори та фізичні явища перетворення енергій і фізичних величин	12
5	Морфологія сенсорної клітини. Механізми сенсорної трансдукції	12
6	Датчики параметрів дихання	12
7	Методика дослідження електроенцефалограм.	12
8	Пірометричні датчики. Медичні термографи	12
9	Тенденції розвитку датчиків фізичних величин і способів вимірів в біометрії.	12
	Разом	107

9. Індивідуальні завдання

Теми для розрахункової роботи:

1. Оптичні вимірювальні перетворювачі;
2. П'єзоелектричні вимірювальні перетворювачі;
3. Індуктивні вимірювальні перетворювачі;
4. Мікрохвильові вимірювальні перетворювачі;
5. Ультрафіолетові вимірювальні перетворювачі;
6. Кулонометричні вимірювальні перетворювачі;
7. Сонячна панель як вимірювальні перетворювачі;
8. Вітрогенератор як вимірювальні перетворювачі;
9. Іонізаційні вимірювальні перетворювачі;
10. Акселерометричні вимірювальні перетворювачі;
11. Волоконно-оптичні вимірювальні перетворювачі;
12. Вимірювальні перетворювачі на основі ефекту Хола;
13. Електричні вимірювальні перетворювачі;
14. Вимірювальні перетворювачі рівня речовини;
15. Вимірювальні перетворювачі параметрів радіації;
16. Резистивні вимірювальні перетворювачі;
17. Ємнісні вимірювальні перетворювачі;
18. Тензорезистивні вимірювальні перетворювачі;
19. Термоелектричні вимірювальні перетворювачі;
20. Фотоелектричні вимірювальні перетворювачі;
21. Ультразвукові вимірювальні перетворювачі;
22. Струнні вимірювальні перетворювачі;
23. Вимірювальні перетворювачі на основі ефекту Пельт'є.

10. Методи навчання

Практичні методи – лабораторні роботи; наочні методи - метод ілюстрацій і метод демонстрацій; словесні методи - лекція, дискусія; робота з навчально-методичною літературою - конспектування, тезування; відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання - мультимедійний метод. А також наступні методи за призначенням: набуття знань; формування умінь і навичок, застосування знань; творча діяльність; закріплення знань; перевірка знань, умінь і навичок.

11. Методи контролю

Такі методи контролю, як: усне опитування, тестування, оцінювання виконання творчих завдань та розв'язування ситуаційних задач, самооцінювання, взаємооцінювання тощо. Також поточне оцінювання виконаного завдання, модульний контроль. Іспит комплексний.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	10	0...5
Виконання і захист практичних робіт	0...1,5	12	0...18
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	10	0...5
Виконання і захист практичних робіт	0...1,5	12	0...18
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Розрахункова робота	0...14		0...14
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль залік проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до заліку. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з 3 питань (33, 33, 34 балів відповідно за кожне).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.

Задовільно, D, E (60-74). Виставляється, якщо студент відпрацював всі лабораторні завдання, засвоїв основні поняттями навчального матеріалу, може самостійно відтворити значну частину навчального матеріалу і робити певні

узагальнення, ознайомився з основною літературою, рекомендованою програмою, вміє виконувати навчальні завдання, передбачені програмою.

Добре, С (75-89). Виставляється, якщо студент відпрацював всі лабораторні завдання, вільно володіє навчальним матеріалом, вміє застосовувати вивчений матеріал у стандартних ситуаціях, узагальнювати та систематизувати навчальну інформацію, самостійно виконує передбачені програмою навчальні знання, самостійно знаходить і виправляє допущені помилки, може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання навчального завдання.

Відмінно, А, В (90-100). Виставляється, якщо студент відпрацював всі лабораторні завдання, його знання, вміння і навички повністю відповідають вимогам програми, володіє глибокими, міцними знаннями, самостійно визначає проміжні цілі і вміє планувати особисту навчальну діяльність, оцінювати результати власної практичної роботи, вміє знаходити додаткову інформацію та самостійно використовує її для реалізації поставлених перед ним навчальних цілей, судження його логічні і достатньо обґрунтовані, засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності, вміє вільно використовувати сучасні програмні засоби для поповнення власних знань та розв'язування задач.

Критерії оцінювання знань та вмінь студента на комбінованому іспиті.

Задовільно, D, E (60-74). Студент має необхідний мінімум теоретичних знань та може обрати метод розв'язання задачі.

Добре, С (75-89). Студент твердо знає головні теми теоретичного матеріалу та правильно розв'язує задачу.

Відмінно, А, В (90-100). Студент дає вичерпну відповідь на обидва теоретичні питання екзаменаційного білету, безпомилково розв'язує задачу та обґрунтовує обраний метод розв'язання.

Шкала оцінювання:

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Сенсори та вимірювальні перетворювачі». / Упорядники: С.М.Куліш, Ю.А.Волошин-Харків: ХАІ. 2022-50с.

Навчальні посібники:

1. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець та ін. ; за ред. Є. С. Поліщука ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 584 с. : іл. — Режим доступу: . - Тит. арк. парал. англ. - Бібліогр.: с. 577-580 (88 назв). - ISBN 978-617-607-777-0

14. Рекомендована література

Базова

1. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець та ін. ; за ред. Є. С. Поліщука ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 584 с. : іл. — Режим доступу: . - Тит. арк. парал. англ. - Бібліогр.: с. 577-580 (88 назв). - ISBN 978-617-607-777-0

2. Бурштинський М.В., Хай М.В., Харчишин Б.М. Давачі / М.В. Бурштинський, М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн. – Львів: ТзОВ „Простір М”, 2014. – 202 с.

3. Електронні методи і засоби біомедичних вимірювань / С. К. Мещанінов, В. М. Співак, А. Т. Орлов. – К.: Кафедра, 2016. – 211 с.

Допоміжна

1. Олейник В.П. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине: учеб. пособие [Текст] / В.П. Олейник, С.Н. Кулиш – Х.: Нац. аэрокосм ун-т «Харьк. авиац. ин-т.», 2004. – 110 с.

2. Бурштинський М.В., Хай М.В., Харчишин Б.М. Давачі / М.В. Бурштинський, М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн. – Львів: ТзОВ „Простір М”, 2014. – 202 с.

3. Бойко В.І. Цифрова електроніка електронних систем: [підручник] / В.І. Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі, В.В. Багрій, А.В. Богдан, В.М. Співак, Т.О. Терещенко. – К.: Вища школа, 2010. – 426 с.

4. Матвійків М.Д., Когут В.М., Матвійків О.М. Елементна база електронних апаратів: Підручник /. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2007. – 428 с.

5. Біологічні та хімічні сенсорні ситеми : навч. посібник / І. А. Бєлих, М.Ф. Клещев. – Харків : НТУ «ХП», 2011. – 144 с.

6. Електронні методи і засоби біомедичних вимірювань: навчальний посібник / С.К. Мещанінов, В.М. Співак, А.Т. Орлов . – К.; Кафедра, 2015. – 211 с.

7. Технологічні вимірювання: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2005.– 198 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k502.khai.edu>