

4/4

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
 В.П.Олійник
(підпис) (ініціали та прізвище)

«29» серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKOBOЇ
HABЧАЛЬHOЇ ДИСЦИПЛІHИ**

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 інформатика та радіоелектроніка
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

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


(підписи)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій 50
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «29» серпня 2025 р.

Завідувачка кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Олена ВИСОЦЬКА
(ім'я та прізвище)

(назва кафедри)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

(підпис)

Дмитро ЖЕРБЕР
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача

	ПІБ	Куліш Сергій Миколайович
	Посада	Професор каф. 502
	Вчене звання	доцент
	Науковий ступінь	кандидат технічних наук
	e-mail	s.kulish@khai.edu
	Дисципліни, що викладаються викладачем	Нанотехнології в радіоелектроніці, біології та медицині, Проектування засобів і технологій біомедичної інженерії. Основи технології виробництва радіоелектронних БМЗ. Штучні органи та імпланти. Основи технології та конструювання БМЗ. Компоненти ЕБ РЕА. Сенсори та вимірювальні перетворювачі.

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	4
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	4 семестр <u>денна</u> : 5.5кредитів ЄКТС / 165 годин (72 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 40; СРЗ – 93);
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, розрахункова робота, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	Дисципліна <u>базується</u> на знаннях з вищої математики, фізики, теорії ймовірності, схемотехніки, елементної бази.
Кореквізити	«Штучні органи та імпланти», «ККП з електроніки та схемотехніки», «Діагностичні і терапевтичні апарати та системи»
Постреквізити	«Комплексний курсовий проєкт з технології та проектування біомедичних засобів»,

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

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

Фахові компетентності спеціальності .

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

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

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

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

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.

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

2. Здатність формулювати висновки щодо отриманих даних.

3. Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.

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

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

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.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. *Основи вимірювань біосигналів*

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

Лекційні заняття

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.

Практичні заняття: потенціометричний перетворювач лінійних та кутових переміщень, функціональний потенціометричний перетворювач.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

ТЕМА 2 Поняття про сенсори і особливості їхнього функціонування

Лекційні заняття

Фізичні явища і перетворення енергії. Різновиди та особливості фізичних величин, їх вимірювання та перетворення. Класифікація сенсорів
Тензометричний перетворювач

Практичні заняття: тензометричний перетворювач, ємнісний перетворювач.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

ТЕМА 3. Електроди для відведення біопотенціалів.

Лекційні заняття

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

Практичні заняття: датчики для електрокардіографії

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

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

Лекційні заняття

Визначення сенсора. Складові сенсорів. Властивості сенсорів. Фізична сутність перетворювання: зміна фізичних властивостей, теплова енергія, ефект Зеебека і піроелектричний ефект, ефект Пельтьє, фотогальванічний ефект, ефект фотопровідності, ефект Зеемана, ефект Фарадея, ефект Холла, магнітострикція, п'єзоелектричний ефект

Практичні заняття: тензометричний перетворювач.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

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

Тема 5 . Сенсори для біохімічних досліджень

Лекційні заняття

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.

Практичні заняття: електрохімічний перетворювач.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

Тема 6. Датчики клінічних досліджень

Лекційні заняття

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.

Практичні заняття: п'єзоелектричний перетворювач.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

Тема 7. Датчики для діагностичної апаратури

Лекційні заняття

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

Практичні заняття: дослідження електричних властивостей біологічних тканин

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

Тема 8 Теплові біомедичні сенсори

Лекційні заняття

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

Практичні заняття: датчики та сенсорів для вимірювання температури, волоконно-оптичний газоаналізатор

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

Тема 9 Інтелектуальні сенсори та наносенсорні системи

Лекційні заняття

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.

Практичні заняття: інтелектуальні сенсори.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

5. Індивідуальні завдання

Теми для розрахункової графічної 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 Пельтьє.

6. Методи навчання

Практичні методи – практичні, 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.

7. 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.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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			
Виконання і захист практичних робіт	0...1,5	10	10...15
Модульний контроль	0...25	1	15...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях			
Виконання і захист практичних робіт	0...1,5	10	10...15
Модульний контроль	0...20	1	15...25
Розрахункова робота	10...20	1	10...20
Усього за семестр			60...100

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

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

Якісні критерії оцінювання

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру.

Задовільно, D, E (60-74). Виставляється, якщо здобувач 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, C (75-89). Виставляється, якщо здобувач 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, A, B (90-100). Виставляється, якщо здобувач 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 здобувача на комбінованому іспиті.

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

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

*Відмінно, A, B (90-100).*Здобувач 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

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені

заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>).

Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. 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

11. 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: ТОВ „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. 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.

2. 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.

3. 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.

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

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

6. Технологічні вимірювання: Навчальний посібник. — К.: КНУБА, 2005.— 198 с.

12. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k502.khai.edu>