


2

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
 Анна ТРУНОВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«31» серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ПРОЄКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ БІОМЕДИЧНОЇ
ІНЖЕНЕРІЇ**
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 16 Хімічна інженерія та біоінженерія
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 163 Біомедична інженерія
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Біомедична інформатика та радіоелектроніка
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Розробники: професор каф. № 502, к.т.н., доц. Михайло БАБАКОВ 
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище) (підпис)

професор каф. № 502, к.т.н., доц. Сергій КУЛПШ 
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище) (підпис)

професор каф. № 502, к.т.н., доц. Володимир ОЛІЙНИК 
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище) (підпис)

доцент каф. № 502, к.т.н., доц. Вячеслав ОЛІЙНИК 
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище) (підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни «Проектування засобів та технологій біомедичної інженерії» розглянуто на засіданні кафедри (№ 502) радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «31» серпня 2024 р.

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


(підпис)

Олена ВИСОЦЬКА
(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</u> <small>(шифр і найменування)</small> Спеціальність <u>163 Біомедична інженерія</u> <small>(код і найменування)</small> Освітня програма <u>Біомедична інформатика та радіоелектроніка</u> <small>(найменування)</small> Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання _____ - <small>(назва)</small>		Семестр
Загальна кількість годин – 64/150		1-ий
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 5,375		Лекції*
		32
		Практичні, семінарські*
		32
		Лабораторні*
	-	
	Самостійна робота	
	86 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

64/86

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: застосування новітніх наукових досягнень для проектування, розроблення медичних технічних засобів і технологій їх проектування, виробництва, контролю біомедичної радіоелектронної апаратури.

Завдання - формування у здобувачів вищої освіти стійких знань з проектування, розробки, технологій виробництва та контролю характеристик біомедичної радіоелектронної апаратури.

Компетентності, які набуваються:

- здатність розв'язувати складні задачі та проблеми в галузі біомедичної інформатики та радіоелектроніки, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог. (ІК);

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1);

- здатність вирішувати комплексні проблеми біомедичної інженерії із застосуванням методів математики, природничих та інженерних наук (ФК1);

- здатність розробляти робочу гіпотезу, планувати і ставити експерименти для перевірки гіпотези і досягнення інженерної мети за допомогою відповідних технологій, технічних засобів та інструментів (ФК2);

- здатність аналізувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми та здійснювати їх формалізацію для знаходження кількісних рішень із застосуванням сучасних математичних методів та інформаційних технологій (ФК3);

- здатність створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медикотехнічного призначення (ФК4);

- здатність розробляти технічні завдання на створення, а також, проектувати і конструювати складні біоінженерні та медико-інженерні системи і технології (ФК5);

- здатність досліджувати біологічні та технічні аспекти функціонування та взаємодії штучних біологічних і біотехнічних систем (ФК6);

- здатність застосовувати знання методів та засобів отримання, обробки, інтерпретації та аналізу біомедичних даних, створювати складні медичні інформаційні системи та біомедичні радіоелектронні засоби (ФК8).

Очікувані результати навчання:

- проектувати, конструювати вдосконалювати та застосовувати медикотехнічні та біоінженерні вироби, прилади, апарати і системи з дотриманням технічних вимог, а також супроводжувати їх експлуатацію. (ПРН1);

- аналізувати і вирішувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми із застосуванням математичних методів та інформаційних технологій. (ПРН2);

- створювати і вдосконалювати засоби біомедичної інженерії для всебічного дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення. (ПРН3);

- розробляти, планувати, виконувати та обґрунтовувати інноваційні проекти біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення з урахуванням інженерних та медичних аспектів. (ПРН4) ;

- оцінювати біологічні і технічні аспекти та наслідки взаємодії інженерно-технічних і біоінженерних об'єктів з біологічними системами, передбачувати їх взаємний вплив. (ПРН5);

- обробляти, інтерпретувати та аналізувати біомедичні дані, створювати та удосконалювати складні медичні інформаційні системи та біомедичні радіоелектронні засоби. (ПРН8).

Пререквізити: «Основи проектування радіоелектронних біомедичних засобів», «Діагностичні і терапевтичні апарати та системи».

Кореквізити: «Методи експериментальних досліджень радіоелектронних біомедичних засобів», «Біозахист та біобезпека медичних апаратних досліджень».

Постреквізити: «Медичні інформаційні системи», «Науково-дослідна робота магістра (КР)», «Переддипломна практика», «Кваліфікаційна робота магістра».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Проектування радіоелектронних засобів біомедичної інженерії.

Тема 1. Базові засади проектування та конструювання складних радіоелектронних засобів біомедичної інженерії.

Узагальнений аналіз властивостей, особливостей і характеристик складних радіоелектронних біомедичних засобів як об'єктів проектування. Розроблення і ставлення на виробництво медичних виробів. Медико-технічні вимоги до медичних виробів. Базова класифікація медичних виробів.

Характеристика процесу проектування. Еволюція конструкторських рішень. Методи конструювання складних радіоелектронних біомедичних засобів. Система стандартизації у техніці. Загальна характеристика проектної та конструкторської документації.

Програма забезпечення надійності складних біомедичних засобів при проектуванні.

Тема 2. Структура і схемотехніка радіоелектронної медичної апаратури.

Загальна структура засобів біомедичної електроніки. Специфіка проектування діагностичних медичних засобів. Терапевтична електронна

апаратура. Поширені зразки радіоелектронних біомедичних засобів серійного виробництва. Елементна база для проектування складних радіоелектронних біомедичних засобів. Особливості розроблення медичної радіоелектронної апаратури для аерокосмічної галузі. Особливості розроблення апаратів та систем заміщення втрачених органів і функцій людини. Оцінювання біологічних і технічних аспектів та наслідків взаємодії інженерно-технічних і біоінженерних об'єктів з біологічними системами, їх взаємний вплив.

Модульний контроль 1.

Змістовний модуль 2. Конструювання і технології виробництва технічних засобів біомедичної інженерії

Тема 1. Експлуатаційні параметри.

Умови експлуатації складних радіоелектронних біомедичних засобів. Маркування кліматичного виготовлення та категорії розміщення електрообладнання. Забезпечення тепло- і холодостійкості складної біомедичної радіоелектронної апаратури. Захист складної біомедичної апаратури від шкідливих впливів навколишнього середовища. Захист від впливу вібрацій та ударних навантажень.

Тема 2. Електромагнітна сумісність та завадостійкість радіоелектронних засобів біомедичної інженерії.

Захист конструкції від впливу завад. Захист від завад ліній зв'язку та мережі живлення. Захист сигнальних ліній від завад. Запобігання завадам у системі електроживлення. Проектування вузлів на друкованих платах з урахуванням вимог електромагнітної сумісності. Характеристики монтажних проводів та коаксіальних кабелів.

Тема 3. Методи моделювання, оптимізації технологічних процесів у виробництві радіоелектронних медичних засобів.

Поняття про моделі складних процесів. Математичні моделі технологічних процесів. Методи оптимізації. Дисперсійний і регресійний аналіз технологічних процесів. Планування екстремальних експериментів. Виявлення найбільш суттєвих технологічних факторів

Тема 4. Технологія виробництва радіоелектронних медичних засобів як складна система.

Загальна характеристика, Структура й особливості організації технологічних систем. Оцінка надійності функціонування технологічних систем за параметрами продуктивності. Надійність технологічних систем за параметрами якості. Оцінка надійності технологічних систем за параметрами точності.

Тема 5. Фізико хімічні та організаційні технології складально-монтажних робіт, регулювальних і контрольно-випробувальних процесів під час виробництва складних радіоелектронних медичних засобів.

Організаційні основи складання. Механічне складання. Складально-монтажні роботи. Особливості побудови і дослідження просторово-тимчасової структури складання і монтажу радіоелектронних засобів. Умови, що визначають необхідність введення в електричну схему (конструкцію) регулювальних елементів, автоматизація регулювання. Процеси регулювання і настроювання радіоелектронних засобів. Технічний контроль та випробування при виробництві радіоелектронних засобів.

Тема 6. Автоматизація і механізація технологічних процесів виробництва радіоелектронних засобів підвищеної складності

Поняття і визначення. Стратегія автоматизації виробництва. Базові передумови автоматизації. Тенденції розвитку засобів автоматизації серійного і масового виробництва.

Модульний контроль 2.

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
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Проектування радіоелектронних засобів біомедичної інженерії.					
Тема 1. Базові засади проектування та конструювання складних радіоелектронних засобів біомедичної інженерії.	24	6	2	-	16
Тема 2. Структура і схемотехніка радіоелектронної медичної апаратури.	36	10	8	-	18
Модульний контроль 1	4	-	2	-	2
Разом за змістовним модулем 1	64	16	12	-	36

Змістовний модуль 2. Конструювання і технології виробництва технічних засобів біомедичної інженерії					
Тема 1. Експлуатаційні параметри.	16	4	4		8
Тема 2. Електромагнітна сумісність та завадостійкість радіоелектронних засобів біомедичної інженерії.	12	2	2		8
Тема 3. Методи моделювання, оптимізації технологічних процесів у виробництві радіоелектронних медичних засобів.	12	2	2	-	8
Тема 4. Технологія виробництва радіоелектронних медичних засобів як складна система.	14	2	4	-	8
Тема 5. Фізико хімічні та організаційні технології складально-монтажних робіт, регулювальних і контрольних-випробувальних процесів під час виробництва радіоелектронних медичних засобів.	16	4	4	-	8
Тема 6. Автоматизація і механізація технологічних процесів виробництва радіоелектронних засобів підвищеної складності.	12	2	2	-	8
Модульний контроль 2	4	-	2	-	2
Разом за змістовним модулем 2	86	16	20	-	50
Усього годин	150	32	32	-	86

5. Теми семінарських занять
Не передбачені

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз вихідних медико-технічних вимог на проектування БМЗ. Вивчення програми забезпечення надійності БМЗ при проектуванні.	2

2	Особливості використання мережевих джерел живлення при конструюванні/проектуванні біомедичних радіоелектронних засобів.	2
3	Моделювання впливу синфазних завад на інформаційний сигнал підсилювачів електричних біопотенціалів.	2
4	Аналіз вибору робочих частот при проектуванні електроімпедансних реографів та вимоги до генераторів тестувальних струмів.	2
5	Вимоги взаємодії інженерно-технічних і біоінженерних об'єктів з біологічними системами на прикладі на прикладі апарата «Штучне серце».	2
6	Модульний контроль 1	2
7	Визначення експлуатаційних вимог для радіоелектронних медичних засобів. Дослідження заходів по забезпеченню теплового режиму конструкцій при проектуванні радіоелектронних БМЗ.	2
8	Дослідження заходів по забезпеченню механічної міцності конструкцій при проектуванні радіоелектронних БМЗ.	2
9	Визначення умов електромагнітної сумісності при проектуванні засобів ЕКГ і ЕЕГ-діагностики.	2
10	Дослідження станів формування біотехнічних систем. Розрахунок ефективності технічної організації виробничого процесу при створенні радіоелектронних БМЗ.	2
11	Розрахункові аспекти наукової організації праці. Розрахунок показників радіоелектронних біомедичних приладів як об'єктів виробництва.	2
12	Розрахунок показників технологічності біомедичних електронних засобів.	2
13	Розрахунок показників обладнання та засобів автоматизації сучасних виробництв біомедичних засобів. Розрахунок показників надійності технічних систем біомедичного призначення за параметрами якості.	2
14	Розрахунок показників якості складальних процесів для роботизованих технічних комплексів. Вивчення впливу конструкторсько –технологічних чинників на якісні показники біомедичних засобів.	2
15	Розрахунок точності позиціонування складального промислового робота. Дослідження варіантів складання електронного блоку біомедичних засобів у відповідності з нормами часу і визначення способу організації процесу складання.	2
16	Модульний контроль 2	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

Не передбачені

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення конспекту лекцій.	16
2	Підготовка до практичних занять.	28
3	Підготовка до модульних контролів	4
4	Вивчення додаткових тем за літературними джерелами: Еволюція конструкторських рішень. Методи конструювання радіоелектронних засобів. Захист сигнальних ліній від завад. Умови, що визначають необхідність введення в електричну схему (конструкцію) регулювальних елементів, автоматизація регулювання.	38
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

Не передбачені

10. Методи навчання

Студентоцентроване навчання. Практичні методи – практичні заняття, інженерно-конструкторські методи; наочні методи - метод ілюстрацій і метод демонстрацій; словесні методи - лекція, проблемна лекція, робота з навчально-методичною літературою - конспектування, відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання - мультимедійні методи; робота з навчально-методичною літературою (самостійне опрацювання заданих розділів). А також наступні методи за призначенням: набуття знань; формування умінь і навичок, застосування знань; творча діяльність; закріплення знань; перевірка знань, умінь і навичок. Технологія змішаного та дистанційного навчання.

11. Методи контролю

Такі методи контролю, як: усне опитування, захист практичних робіт, Також поточне оцінювання виконаного завдання, модульний контроль. Іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	0...4	5	0...20
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...4	9	0...36
Модульний контроль	0...22	1	0...22
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного модульно-рейтингового контролю й за наявності допуску до іспиту.

Білет для іспиту складається з трьох питань: двох теоретичних та задачі.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки.

1. Узагальнені властивості, особливості і характеристики радіоелектронних біомедичних засобів як об'єктів проектування..

2. Елементна база та схемотехнічні рішення для проектування радіоелектронних медичних засобів.

3. Експлуатаційні параметри для радіоелектронних медичних засобів..

4. Умови електромагнітної сумісності та завадостійкості радіоелектронних засобів біомедичної інженерії.

5. Поняття про моделі складних процесів. Математичні моделі технологічних процесів виробництва радіоелектронних медичних засобів.

6. Структура й особливості організації технологічних систем.

7. Фізико хімічні та організаційні технології виробництва радіоелектронних медичних засобів.

8. Стратегія автоматизації виробництва радіоелектронних медичних засобів.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки.

1. Використовувати основні положення процесу проєктування для розв'язання наукових та інженерних задач в галузі біомедичної інженерії.
2. Застосовувати принципи систематизації та стандартизації проєктування радіоелектронних біомедичних засобів.
3. Проєктувати та впроваджувати радіоелектронні біомедичні засоби дотриманням технічних вимог.
4. Використовувати схемотехнічні рішення для проєктування біомедичних засобів з урахуванням розвитку елементної бази радіоелектроніки.
5. Забезпечувати електричні, надійнісні, механічні, теплові характеристики радіоелектронних біомедичних засобів при їх проєктуванні.
6. Обирати технологію виробництва радіоелектронних медичних засобів.
7. Розробляти заходи з технічного контролю та випробувань при виробництві радіоелектронних засобів
8. Обирати стратегію автоматизації серійного і масового виробництва.

12.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно, D, E (60-74). Виставляється, якщо здобувач відпрацював та захистив всі практичні заняття, 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 та захистив всі практичні заняття, 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 та захистив всі практичні заняття, 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.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

Навчальні посібники

1. Бабаков, М. Ф. Моделі надійності радіоелектронної апаратури: навч. посібн. / М. Ф. Бабаков – Х.: Нац. аерокосм.ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2016. -100 с.

2. Васілевський, О. М. Нормування показників надійності технічних засобів: навчальний посібник /О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 160 с.

3. Олійник, В. П. Апаратні методи досліджень в біології та медицині [Текст] : навч. посіб. / В. П. Олійник. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 112 с.

4. Олійник, В. П. Терапевтичні апарати і системи [Текст] : навч. посіб. / В. П. Олійник, Д. В. Теличко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 88 с.

5. Лазебний, В.С. Електромагнітна сумісність електронних засобів: навчальний посібник / В.С. Лазебний, В.В. Пілінський, В.Б. Швайченко. Електронне мережне видання. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 343 с.

6. Конструювання і технологія радіоелектронних засобів : навч. посібник / Р. Ф. Лободзінська, О. А. Костюк, О. І. Нікольській та ін. - Вінниця: ВНТУ, 2007. – 90 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Конструювання та технологія виробництва техніки реєстрації інформації: У 3-х кн. Кн. 2. Основи конструювання: Навчальний посібник / Є. М. Травніков, В. С. Лазебний, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський, В. М. Співак, В. Б. Швайченко. За загальною редакцією В. С. Лазебного – К.: «КАФЕДРА», 2015. – с.

2. Кулик А.Я., Нікольський О.І., Ревенок В.І. Кулик Я.А. Схемотехніка медичної електронної апаратури: Монографія / А. Я. Кулик, О. І. Нікольський, В. І. Ревенок, Я. А. Кулик. – Вінниця: ВНМУ, 2020. – 167 с.

3. Невлюдов, І. Ш. Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва технічних засобів автоматизації. Частина 1: Підручник / І. Ш. Невлюдов. – Харків: ФОП Панов А.М., 2021., 604 с.

4. Невлюдов, І. Ш. Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва технічних засобів автоматизації. Частина 2: Підручник / І. Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг: видавець Чернявський Д.О., 2022 – 424 с.

Допоміжна

1. Невлюдов, І. Ш. Основи виробництва електронних апаратів: Підручник / І. Ш. Невлюдов. – Харків: Компанія СМІТ, 2005.— 592 с.

2. Мустецов Т.М. Теорія біотехнічних систем: навчальний посібник [Текст] / Т.М. Мустецов, А.С. Нечипоренко. Х.: ХНУ імені Каразіна, 2015. -188 с.

3. ДСТУ 3627:2005 «Вироби медичні. Розроблення і ставлення на виробництво.основні положення».

4. ДСТУ 4388:2005 «Вироби медичні. Класифікування залежно від потенційного ризику застосування. Загальні вимоги».

5. ГОСТ 2790-93 «Прилади, апарати та устаткування медичні. Загальні технічні умови.»

6. ДСТУ 2863-94 «Надійність техніки. Програма забезпечення надійності».

7. ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».

8. ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання».

9. Бабічева О. Ф. Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів : навч. посібник / О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 355 с.

10. Основи автоматизації проектування радіоелектронної апаратури : конспект лекцій / І.Г. Прокопенко, В.С. Козлов, Е.А. Корнільєв. - К.: НАУ, 2002. – 95 с.

11. M. Szermer, A. Napieralski, C. Maj, L. STARZAK, W. Zabierowski, P. Zajac, M. Lobur, O. Matviyukiv, M. Melnyk, J. Dziuban, G. De Mey, P. PONS, A. PETRENKO. MEMS fundamentals with ANSYS simulation of basics sensors and actuators: навчальний посібник – Łódź: Lodz University of Technology Press, 2020. 168 с.

12. Addington, D. M., & Schodek, D. (2005). Smart material and new technologies: for the architecture and design profession . Elsevier.

13. King PH, Fries RC, Johnson AT. Design of biomedical devices and systems. Crc Press; 2019.

14. ISO. Medical devices - Application of risk management to medical devices. Standard ISO 14971. 2019.

15. Інформаційні ресурси

1. Основи побудови біомедичних електронних систем. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Електронні мікро- і наносистеми та технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Н.Г. Іванушкіна, К.О. Іванько, А.О. Попов, Є.С. Карплюк. – Електронні текстові данні (1 файл: 14 663 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 222 с.

2. DICOM. Digital Imaging and Communications in Medicine. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://medical.nema.org/>

3. Unified Medical Language System Fact Sheet [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/umls.html>

4. <https://studfile.net/preview/1902522/page:131/>