

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**

Гарант освітньої програми



(підпис)

А.І. Трунова

(ініціали та прізвище)

«29» серпня 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ШТУЧНІ ОРГАНИ ТА ІМПЛАНТИ**

(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 2022 рік**

Робоча програма Штучні органи та імпланти

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 163 Біомедична інженерія  
освітньою програмою Біомедична інженерія


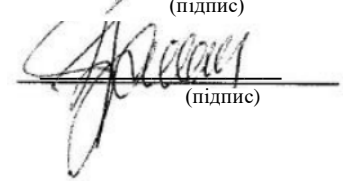
«29» серпня 2022 р., – 13 с.

Розробник: Куліш С.М., професор каф. 502, к.т.н., доцент

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

Волошин Ю.А., асистент каф 502

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)  
  
(підпис)

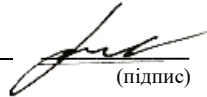
Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій (№ 502)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «29» серпня 2022 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 – 4,5	<p><b>Галузь знань</b>  <u>16 Хімічна та біоінженерія</u>  <small>(шифр і найменування)</small></p> <p><b>Спеціальність</b>  <u>163 Біомедична інженерія</u>  <small>(код і найменування)</small></p> <p><b>Освітня програма</b>  <u>Біомедична інженерія</u>  <small>(найменування)</small></p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b>  перший бакалаврський</p>	Цикл професійної підготовки Обов'язкова
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістовних модулів – 2		2022/2023
Індивідуальне завдання		<b>Семестр</b>
Розрахункова робота <small>(назва)</small>		7-ий
Загальна кількість годин – 60/135		<b>Лекції*</b>
		30
		<b>Практичні, семінарські*</b>
		30
		<b>Лабораторні*</b>
	-	
	<b>Самостійна робота</b>	
	75	
	<b>Вид контролю</b>	
	модульний контроль, залік	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5		
самостійної роботи студента – 4,5		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 60/75

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** формування у студентів здатності проектувати, конструювати вдосконалювати та застосовувати медико-технічні та біоінженерні вироби, здатні ефективно замінювати втрачені функції організму, оцінювати біологічні і технічні аспекти та наслідки взаємодії інженерно-технічних і біоінженерних об'єктів з фізіологічними системами, передбачувати їх взаємний вплив.

**Завдання:** набуття знань про специфіку біологічних систем, як об'єктів дослідження, особливості організації проведення медичних та біологічних експериментів, аспекти побудови систем заміщення органів людини, що повністю або частково втратили свою функцію, основні умови експлуатації медичних комплексів та систем, виявляти відхилення діяльності апаратів відносно їх нормального функціонування, застосовувати знання фундаментальних дисциплін, принципи, алгоритми організації.

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

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК1)
2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК2)
3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК4)
4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. (ЗК5)
5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). (ЗК7)
6. Здатність приймати обґрунтовані рішення. (ЗК8)

Фахові компетентності (ФК)

1. Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проектування медичних приладів та систем. (ФК1)

2. Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем. (ФК3)

3. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем. (ФК5)

4. Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг. (ФК6)

5. Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.). (ФК8)

6. Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами. (ФК9)

7. 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:

ПРН 1. Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН 2. Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадження біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.

ПРН 5. Вміти використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп'ютерного моделювання біотехнічних систем.

ПРН 7. Здійснювати інженерний супровід, сервісне та інше технічне обслуговування при експлуатації медичної техніки, медичних діагностичних і терапевтичних комплексів та систем, а також оформляти типову документацію за видами робіт згідно з Технічним регламентом щодо медичних виробів.

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

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

ПРН 11. Здійснювати контроль якості та умов експлуатації медичної техніки та матеріалів медичного призначення, штучних органів та протезів.

ПРН 15. Вміти складати завдання на розробку автоматизованих систем управління з урахуванням можливостей сучасних технічних і програмних засобів автоматизації медичного обладнання.

ПРН 16. Вміти вибирати та рекомендувати відповідне медичне обладнання і біоматеріали для оснащення медичних закладів та забезпечення основних стадій технологічного процесу діагностики, профілактики та лікування.

ПРН 18. Застосовувати знання з хімії та біоінженерії для створення, синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів.

ПРН 19. 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.

ПРН 20. Здійснювати надання інжинірингових послуг та забезпечення техніко-інформаційного супроводу біотехнічних та медичних апаратів, приладів та систем на всіх етапах їх життєвого циклу.

**Міждисциплінарні зв'язки:** «Анатомія, фізіологія та патологія людини», «Фізика», «Біофізика та біомеханіка», «Електроніка та схемотехніка», «Сенсори та вимірювальні перетворювачі», «

### **3. Програма навчальної дисципліни**

**Змістовний модуль 1.** Біоматеріалознавство та матеріали для штучних органів та імплантів.

**Тема 1 Біоматеріали і їх функції у живому організмі. Мета і структура курсу.**

Біоматеріали, їх функції у живому організмі та основні вимоги до застосування. Класифікація біоматеріалів за їх біологічною дією на живий організм. Вимоги до біоматеріалів. Функції біоматеріалів у організмі та їх функціональне призначення. Медичні вироби (імплантанти, трансплантанти, прилади біомедичного призначення)

**Тема 2 Матеріали медико біологічного призначення.**

Металеві матеріали. Корозія металів під впливом біосередовища. Вимоги та клінічне застосування металів. Колерові метали та сплави і їх застосування в медицині.

Біокераміка і її роль в імплантації (біоінертна та біоактивна кераміка) Полімери і їх взаємодія з біологічним середовищем організму. Природні полімери. Основні вимоги стосовно біосумісності полімерних матеріалів.

**Тема 3 Штучні органи і імпланти та матеріали для їх конструювання.**

Нирки. Легені. Очні матеріали. Вуха. Серце. Печінка. Підшлункова залоза. Органи нюху, зору. Матеріали для штучних органів і імплантів.

**Тема 4 Біоелектромеханічні системи (БІОЕМС) і матеріали для них** «Біотехнічні мікрочіпи. БІОЕМС для дослідження нейросистем.

Матеріали для БІОМЕМС. Приклади (слуховий імплант, апарати зору, кардіологічні МЕМС)

**Змістовний модуль 2.** Штучні апарати для слухопротезування, протезування верхніх та нижніх кінцівок. Штучне серце.

### **Тема 5 Сучасні аспекти слухопротезування.**

Будова слухової системи. Функції системи слуху і причини зниження слуху . Можливості сучасних слухових апаратів. Види слухових апаратів та їх конструктивні і схематичні рішення.

### **Тема 6 Екзопротезування та ортезування верхніх кінцівок.**

Схеми протезів. Функціональна анатомія і біомеханіка руки і кисті. Конструктивні складові протезів верхньої кінцівки в залежності від рівня ампутації. Системи протезів. Сучасні технології протезування верхніх кінцівок.

### **Тема 7 Екзопротезування та ортезування нижніх кінцівок.**

Схема протезів. Функціональна анатомія і біомеханіка нижніх кінцівок. Екзопротезування нижніх кінцівок. Системи протезів. Екзопротезування різних частин нижніх кінцівок та комплектуючі протезів. Сучасні технології протезування нижніх кінцівок.

**Тема 8 Сучасні аспекти розробки і втілення в практику апаратів штучне серце. Труднощі и проблеми при розробці штучного серця.**

Принципи побудови системи і алгоритми управління роботою штучного серця. Апарати допоміжного і штучного кровообігу «гібридне штучне серце».

### **Модуль 2**

Індивідуальне завдання – розрахункова робота.

#### 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
<b>Змістовий модуль 1. Електрокардіостимулятори, системи регулювання рівня глюкози в крові та штучного дихання. Системи штучного очищення крові та штучного кровообігу</b>					
Тема 1. Вступ. Мета та структура курсу.	2	2			
Тема 2. Матеріали медико біологічного призначення.	12	2	4		6
Тема 3. Штучні ограні і імпланти та матеріали для їх конструювання	16	4	4		8
Тема 4. Апарати штучного дихання.	10	2	2		6
Тема 5. Біоелектромеханічні системи (БІОМЕМС) в медицині.	12	2	2		8
Тема 6. Матеріали для БІОМЕМС.	11	2	2		7
Модульний контроль	1	1			
Разом за змістовним модулем 1	64	15	14		35
<b>Змістовий модуль 2. Екстракорпоральна допоміжна штучна печінка, штучна нирка. Основи протезування органів опорно-рухового апарату. Особливості функціонування сенсорних систем людини.</b>					
Тема 7. Сучасні аспекти слухопротезування.	14	4	4		6
Тема 8 Основи протезування органів опорно-рухового апарату.	8	2	2		4
Тема 9. Екзопротезування та ортезування верхніх кінцівок.	10	2	2		6
Тема 10. Екзопротезування та ортезування нижніх кінцівок.	10	2	2		6
Тема 11. Сучасні аспекти розробки і втілення в практику апаратів штучне серце	11	2	4		5
Тема 12 Апарати допоміжного і штучного кровообігу	10	2	2		6
Модульний контроль	1	1			
Розрахункова робота	7				7
Разом за змістовним модулем 2	71	15	16		40
Разом	135	30	30		75



**5. Теми семінарських занять**  
*не передбачено навчальним планом*

**6. Теми практичних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Сучасні проблеми застосування біополімерів та біокераміки для штучних органів та імплантів	2
2.	Металеві біоматеріали їх хімічний склад та властивості. Метали спеціального призначення (титан і його сплави, сплави з ефектом пам'яті форми)	2
3.	Біомеханічні системи (БІОМЕМС) матеріали та компоненти для них, застосування для штучних органів.	2
4.	Конструктивні та схематичні рішення слухових апаратів	2
5.	Біомеханіка руки і кисті. Технології протезування з застосуванням сучасних протезів.	2
6.	Біомеханіка нижніх кінцівок. Технології протезування з застосуванням сучасних протезів нижніх кінцівок	2
7.	Апарати допоміжного і штучного кругообігу «Штучне серце» Проблеми і перспективи створення апарату «Штучне серце»	2
8.	Фізіологічні аспекти при біоелектричному управлінні протезом верхніх і нижніх кінцівок	2
9.	Реакція організму на імплантацію матеріала і процеси взаємодії з кров'ю	2
10.	Біодеградація біоматеріалів, що застосовуються для імплантів	2
11.	Основні способи оцінки гемосумісності біологічних матеріалів при контакті з кров'ю.	2
12.	Аналогові слухові апарати	2
13.	Цифрові слухові апарати	2
14.	Кохлеарні слухові апарати	2
15.	Апарати допоміжного і штучного кровообігу	2
	<b>Разом</b>	<b>30</b>

**7. Теми лабораторних занять**

Не передбачено навчальним планом

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Електрокардіостимулятори.	7
2	Апарати регулювання рівня глюкози в крові.	7
3	Апарати штучного дихання.	6
4	Апарати штучного очищення крові.	6
5	Апарати штучного кровообігу.	6
6	Різновиди систем «Штучна нирка»	6
7	Апарати заміщення функції печінки	6
8	Екстракорпоральна допоміжна штучна печінка	6
9	Основи протезування органів опорно-рухового апарату.	6
10	Особливості функціонування сенсорних систем людини	6
11	Апарати заміщення органів зору та прилади слухопротезування	6
12	Розрахункова робота	7
	Всього	75

## 9. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання – розрахункова робота.

### Теми розрахункових робіт:

1. Розрахунок щільності потоку речовини через мембрану для апарату штучна нирка.
2. Розрахунок основних параметрів діалізаторів.
3. Розрахунок основних параметрів для приладу штучної вентиляції легень.
4. Розробка функціональної схеми та розрахунок основних параметрів аналогового слухового апарату.
5. Розрахувати основні електричні параметри електрокардіостимулятора.
6. Вибір та обґрунтування матеріалу для апарату мешотчатого типу для апарату штучного серця.
7. Розрахувати основні характеристики аналогового слухового апарату і розробити структурну схему.
8. Розрахувати основні характеристики цифрового слухового апарату і розробити структурну схему.

## 10. Методи навчання

Практичні методи – практичні роботи, виконання розрахункової 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. Індивідуальні консультації. Технологія змішаного та дистанційного навчання.

### 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, захист практичних робіт, модульний контроль. Іспит.

### 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
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист практичних робіт	0..3	7	0...21
Модульний контроль	0...15	1	0...15
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист практичних робіт	0...3	8	0...24
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...11	1	0...11
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

Семестровий контроль, залік проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку 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).* Студенту необхідно виконати та захистити індивідуальне завдання у вигляді розрахункової роботи. Виставляється, якщо студент відпрацював всі практичні роботи, 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).* ). Студенту необхідно виконати та захистити індивідуальне завдання у вигляді розрахункової роботи. Виставляється, якщо студент відпрацював всі практичні роботи, 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).* ). Студенту необхідно виконати та захистити індивідуальне завдання у вигляді розрахункової роботи. Виставляється, якщо студент відпрацював всі практичні роботи, 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 занять з дисципліни «Штучні органи і імпланти» / Упоряд.: С.М. Куліш, Ю.А. Волошин,– Харьков: ХАІ, 2022. – 90 с. [Електронний ресурс].

#### Базова література

1. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І.Ю. Худецький, Ю.В. Антонов- Рафі, Г.В. Мельник, Е.В. Спіцар – К. : КПУ імені Ігоря Сікорського, Електронні тестові данні ( 1 файл: Д1, 124 Мбайт) Київ: КПУ імені Ігоря Сікорського, 2021. – 184 с.

2. Основи протезування: навч. Посібник Г.В. Красюк, М.Т. Королько, П.М. Підпружников, В.В. Семенець, Чернишов, Е.А. Яровий. За ред. Проф. Г.В. Красюка, проф. Семенця — Х.: ХНУРЕ, 2000. - 333 с.

#### Допоміжна література

1. Sambanis, A. (2011), Artificial Organs \Pancreas. Comprehensive Biotechnology 669-711, doi: 10.1016/8978-0-08-088504-9.00418-9

2. Біосумісні матеріали для медичних виробів: навч. Посіб. /І.В. Уварова, В.Б. Махана – Київ, КІМ - 2013 – 331 с.