



СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

БІОМЕХАТРОНІКА

ID 6394

Шифр, назва спеціальності та освітній рівень	163 Біомедична інженерія (бакалавр)	Назва освітньої програми	Біоінформатика та реабілітаційна інженерія (2024)
Тип програми	Освітньо-професійна	Мова викладання	Українська
Факультет	Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (ФПТ)	Кафедра	Каф. біотехнічних систем (БТ)

Викладач/викладачі

Дозорський Василь Григорович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біотехнічних систем, профіль на порталі "Науковці TNTU"
--

Загальна інформація про дисципліну

Мета курсу

вивчення загальних принципів функціонування мехатронних систем, застосування їх в задачах медичної реабілітації, вивчення інноваційних підходів до проектування біомехатронних систем.

Формат курсу

Змішаний – курс, що передбачає лекції, лабораторні заняття та консультування для ефективного засвоєння матеріалу курсу та отримання практичних навичок з застосування отриманих знань. Для ефективної взаємодії зі здобувачами та організації самостійної роботи здобувачів розроблений електронний навчальний курс (ЕНК ID 6394) у середовищі електронного навчання університету A-Tutor . У ЕНК є інформація про курс, про систему оцінювання, є необхідний теоретичний матеріал та вбудована система тестування як для самонавчання так і для контролю усіх видів знань.

Компетентності ОП

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів компетентностей:

– інтегральна:

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.

– загальних:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК5. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК7. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

– спеціальних (фахових, предметних):

СК5. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

СК8. Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

СК9. Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов’язані з взаємодією між живими і неживими системами.

СК12. Здатність досліджувати опорно-руховий апарат, зокрема рухи, деформації, потоків і транспорту речовин живих організмів та їх штучних аналогів, а також в синтетичних біологічних середовищах на основі принципів класичної механіки.

СК14. Здатність імітувати роботу тіла людини шляхом поєднання механічних пристроїв, електроніки та біологічного організму.

За результатами вивчення дисципліни здобувач повинен продемонструвати такі результати навчання:

ПРН1. 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.

ПРН9. Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об’єктів та матеріалів

Програмні результати навчання з ОП	медичного призначення. ПРН20. Уміти досліджувати опорно-руховий апарат, зокрема рухи, деформації, потоків і транспорту речовин живих організмів та їх штучних аналогів, а також в синтетичних біологічних середовищах на основі принципів класичної механіки. ПРН21. Вміти розробляти, здійснювати підтримку, впровадження, експлуатацію та інженерний супровід реабілітаційних технологій ПРН22. Вміти поєднувати механічні пристрої, електроніку та біологічні організми для задач біопротезування
Обсяг курсу	Очна (денна) форма здобуття освіти: Кількість кредитів ECTS — 7; лекції — 36 год.; лабораторні заняття — 36 год.; самостійна робота — 138 год.; Заочна форма здобуття освіти: Кількість кредитів ECTS — 7; лекції — 10 год.; лабораторні заняття — 8 год.; самостійна робота — 192 год.;
Ознаки курсу	Рік навчання — 3; семестр — 6; Обов’язкова (для здобувачів інших ОП може бути вибірковою) дисципліна; кількість модулів — 2;
Форма контролю	Поточний контроль: тестування, захист лабораторних робіт Підсумковий контроль: екзамен
Компетентності та дисципліни, що є передумовою для вивчення	Навчальні дисципліни, що є передумовою для вивчення: ОК9. Фізика; ОК13. Анатомія, фізіологія та патологія людини; ОК27. Основи біофізики та біомеханіки. Компетеності, що є передумовою для вивчення: – інтегральна: 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: ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК5. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення. ЗК9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності). – спеціальні (фахові, предметні): СК5. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

СК12. Здатність досліджувати опорно-руховий апарат, зокрема рухи, деформації, потоків і транспорту речовин живих організмів та їх штучних аналогів, а також в синтетичних біологічних середовищах на основі принципів класичної механіки.

Матеріально-технічне та/
або інформаційне
забезпечення

Лекційні заняття: мультимедійний проектор Optima DAXSBG, екран для мультимедійних презентацій, персональний комп'ютер для мультимедійних презентацій на базі конфігурації Intel Celeron 430 / CPU 1.8 GHz/2Gb RAM (1 шт.) з доступом до мережі Інтернет.

Лабораторні заняття:

- 1) комп'ютерна техніка: моноблок на базі конфігурації Intel Core i5-12400/2.5 GHz/8 Gb RAM/SSD 250Gb (5 шт.) з доступом до мережі Інтернет, Intel Pentium Dual-Core E8500 / CPU 2.8 GHz / 3 Gb RAM (1 шт). Усі персональні комп'ютери з доступом до мережі Інтернет;
- 2) спеціалізоване матеріально-технічне забезпечення: 3D принтер ANYCUBIC I3 Mega, 3D принтер Anet A8, станок свердлильний НСП2;
- 3) програмне забезпечення: пакет програм Microsoft Office 365 (ліцензія ТНТУ, студентська ліцензія), SolidWorks (ліцензія ТНТУ), Cura 2 (безкоштовна версія).

СТРУКТУРА КУРСУ

Лекційний курс	Годин	
	ОФЗО	ЗФЗО
Тема 1. Введення в біомехатроніку		
1.1 Інженерний підхід.		
1.2 Поеднання біо- та мехатроніки.		
1.3 Маніпуляції. Пересування. Сенсорні взаємодії. Обробка та контроль. Моделювання. Варіативність. Інтеграція.	2	0,5
1.4 Анатомія дизайну. Розвиток дизайну. Енергетичні взаємодії. Філософія дизайну. Механізм взаємозв'язків.		
1.5 Загальна методологія проектування.		
Тема 2. Технології приводів		
2.1 Вступ. Цілі проектування приводів.		
2.2 Типи біомехатронних приводів.	2	0,5
2.3 Призначення біомехатронних приводів.		
Тема 3. Сенсори та перетворювачі		
3.1 Вступ. Пасивні сенсори.		
3.2 Поширені сенсори.	2	0,5
3.3 Біологічні сенсори.		
3.4 Інші перетворювачі біологічних сигналів		
Тема 4. Управління біомехатронними системами на основі моделей		
4.1 Моделі біомехатронних систем.		
4.2 Моделювання мехатронних систем.		
4.3 Біомеханічне моделювання.	2	0,5
4.4 Інтегровані біомехатронні моделі.		
4.5 Модель керування. Модель керування з відкритим контуром. Контроль із замкнутим циклом.		
4.6 Приклади проектування.		
Тема 5. Біомехатронне застосування інтерфейсів мозок-комп'ютер		
5.1 Модальності та сигнали інтерфейсів мозок-комп'ютер.		
5.2 Електроенцефалографія. Електрокортикографія та інтракортикальні електроди. Функціональна ближня інфрачервона спектроскопія. Поеднання кількох типів датчиків.		
5.3 Біомехатронні програми.		
5.4 Контроль інвалідних колясок з електроприводом. Керування мобільними роботами та віртуальними аватарами. Контроль протезів.		
5.5 Відновлення функції кінцівки після травми спинного мозку.		
5.6 Комунікаційні пристрої.	4	1

5.7 Моторна реабілітація через збудження інтерфейсів мозок-комп'ютер.
 5.8 Адаптивна автоматизація у випадках сонливості та психічного перевантаження.
 5.9 Адаптація до складності завдання на основі розумового навантаження.
 5.10 Потенціал помилок у біомехатронних системах. Виклики та перспективи.
 5.11 Покращення зручності для користувача та стійкості до умов навколишнього середовища. Міжіндивідуальні відмінності.
 5.12 Схеми навчання та переадаптація користувача інтерфейсів мозок-комп'ютер. Порівняння з іншими методами контролю.

Тема 6. Протези верхніх кінцівок

6.1 Вступ. Історія створення.
 6.2 Характеристики протезів.
 6.3 Типи. 2 0,5
 6.4 Технології, що впливають на протези верхніх кінцівок. Сучасний стан.
 6.5 LUKE Arm.
 6.6 Цільова реіннервація м'язів. Багато ступенів вільності.

Тема 7. Протези верхніх кінцівок

7.1 3D прототипування.
 7.2 Остеоінтеграція—Остеоперцепція.
 7.3 Інтеграція нейронного зворотного зв'язку.
 7.4 Оптогенетика. 2 1
 7.5 Біомехатронна розширена фізіологічна пропріоцепція.
 7.6 Тенденції майбутнього, які можуть сприяти біомехатронним протезам верхніх кінцівок.
 7.7 Персоналізація/3D-друк/Швидке створення прототипів. Багато ступенів вільності. Остеоінтеграція та остеоперцепція

Тема 8. Протезування нижніх кінцівок

8.1 Історія.
 8.2 Вимоги.
 8.3 Стабільність.
 8.4 Швидкість ходьби. 2 0,5
 8.5 Скидання тиску.
 8.6 Правильна амортизація.
 8.7 Теорія ходьби.
 8.8 Інтелектуальне проектування людських ніг.
 8.9 Досягнення комерційно доступних протезів нижніх кінцівок.

Тема 9. Протезування нижніх кінцівок

9.1 Удосконалення амортизаційних протезів ніг.

9.2 Колінні амортизатори.		
9.3 Амортизуючі пілони.		
9.4 Протези ніг.	2	0,5
9.5 Сучасні напрямки дослідження та стимулюючі тенденції.		
9.6 Osteoінтеграція.		
9.7 Недороге/легке та автоматизоване виготовлення.		
9.8 Цільова реіннервація м'язів.		
9.9 Мікромехатронні пристрої.		
9.10 Штучний інтелект—Розпізнавання образів—Машинне навчання—Синергія.		
Тема 10. Екзоскелети верхніх і нижніх кінцівок		
10.1 Концепції та основи проектування екзоскелетів.		
10.2 Визначення. Класифікація та застосування екзоскелетів.		
10.3 Роль біомехатроніки в проектуванні екзоскелетів.		
10.4 Коротка історія дослідження екзоскелетів.		
10.5 Екзоскелети верхніх кінцівок.	2	1
10.6 Екзоскелети нижніх кінцівок.		
10.7 Проектування та впровадження екзоскелетів.		
10.8 Кінематика та динаміка екзоскелетів.		
10.9 Людський фактор і біомеханіка.		
10.10 Технології екзоскелетів. Керування екзоскелетами.		
10.11 Екзоскелети: виклики та тенденції.		
Тема 11. Роботи для реабілітації верхніх кінцівок		
11.1 Вступ. Класифікація за механічною конструкцією. Класифікація за навчанням. Класифікація за формою реабілітації. Класифікація за сценаріями контролю.		
11.2 Сценарії контролю високого рівня. Сценарії контролю низького рівня.		
11.3 Планування реабілітації.	4	1
11.4 Останні розробки та можливості дослідження.		
11.5 Стратегії контролю та реабілітації на основі інтерфейсів мозок-комп'ютер.		
11.6 Стратегії контролю та реабілітації на основі функціональної електростимуляції.		
11.7 Стратегії контролю та реабілітації на основі ЕМГ.		
11.8 Модельні стратегії контролю та реабілітації.		
Тема 12. Сучасні досягнення в дизайні зорових протезів сітківки та кортикального шару		
12.1 Вступ. Сучасні технології імплантації сітківки.		
12.2 Епіретинальні імплантати.		
12.3 Субретинальні імплантати.		
12.4 Інтрасклеральні імплантати.	2	0,5
12.5 Сучасні технології імплантації зорової кори головного мозку.		

- 12.6 Технічні підходи кортикальної стимуляції та стимуляції сітківки.
- 12.7 Розміщення та фіксація ретинальних і кортикальних електродів.
- 12.8 Параметри для стимуляції сітківки та кори головного мозку.

Тема 13. Штучна підшлункова залоза

- 13.1 Вступ. Історична довідка.
- 13.2 Моніторинг рівня цукру в крові.
- 13.3 Автоматичне вимірювання концентрації глюкози за допомогою колориметричних смужок і оптичних вимірювачів.
- 13.4 Біосенсорний моніторинг рівня глюкози.
- 13.5 Обладнання глюкометра.
- 13.6 Системи безперервного моніторингу рівня глюкози.
- 13.7 Неінвазивний моніторинг рівня глюкози.
- 13.8 Майбутнє неінвазивного моніторингу рівня глюкози.
- 13.9 Введення інсуліну. Інсулінові помпи — історична перспектива. Сучасні інсулінові помпи. Імплантовані інсулінові помпи.
- 13.10 Штучна підшлункова залоза.

2 0,5

Тема 14. Біоінспірована та біоміметична мікроробототехніка для терапевтичного застосування

- 14.1 Потреба. Спостереження за бактеріями.
- 14.2 Фізика плавання в мікросфері.
- 14.3 Створення робота мікроплавання.
- 14.4 Технологія виробництва. Біологічна сумісність і функціональність. Приведення в дію та енергопостачання.
- 14.5 Моделювання робота мікроплавання як кінцевого ефектора. Еволюція рівняння руху. Стійкість і керованість.
- 14.6 Майбутні напрямки.

2 0,5

Тема 15. Штучне серце

- 15.1 Вступ. Історична довідка.
- 15.2 Серцеві насоси та двигуни. Пульсаційні насоси. Динамічні (безперервного потоку) насоси.
- 15.3 Підшипники. Шарнірні підшипники. Гідродинамічні підшипники. Електромагнітні підшипники.
- 15.4 Передача керування та потужності.
- 15.5 Перспективи розвитку.

2 0,5

Тема 16. Кардіостимулятори

- 16.1 Вступ. Історична довідка. Перші кардіостимулятори.
- 16.2 Настільні кардіостимулятори.
- 16.3 Сучасні кардіостимулятори.
- 16.4 Перший портативний кардіостимулятор. Перші імплантовані кардіостимулятори.
- 16.5 Кардіостимулятор Evolution. Темп попиту.
- 16.6 Корпуси та розмір.

2 0,5

16.10 Майбутні напрямки.

PA3OM: 36 8

PA3OM: 36 8

ІНШІ ВИДИ РОБІТ

Теми, короткий зміст

Опрацювання окремих розділів, які не виносяться на лекції:

1. Поняття мехатронної системи.
2. Принципи функціонування мехатронних систем.
3. П'єзоелектричні електроприводи в біомехатронних системах.
4. Концепції створення біонічних протезів верхніх та нижніх кінцівок.
5. Сенсори тактильних відчуттів біонічних протезів.
6. Імплантовані мікроелектромеханічні системи.
7. Технології штучних органів та імплантів.
8. Інтелектуалізовані біомехатронні системи.

Навчально-методичне забезпечення

1. Конспект опорних лекцій всіх тем курсу «Біомехатроніка» (електронний конспект лекцій).

URL: <https://dl.tntu.edu.ua/bounce.php?course=6394>.

2. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни “Біомехатроніка” для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія» / уклад.: В.Г. Дозорський. Тернопіль, 2023. 65 с.

Рекомендована література:

Базова

1. HANDBOOK OF BIOMECHATRONICS / JACOB SEGIL. Academic Press is an imprint of Elsevier. 2019, Elsevier Inc., 603 p.

2. Mechatronics : an introduction / edited by Robert H. Bishop. The University of Texas at Austin. Austin, 2006, by Taylor & Francis Group, LLC, 285 p.

3. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій : навч. посіб. для студ. спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І.Ю. Худецький, Ю.В. Антонова-Рафі, Г.В. Мельник, Є. В. Сніцар. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 184 с.

4. ISO, 2014. Robots and robotic devices—Safety requirements for personal care robots. International Standards Organization. ISO 13482:2014.

5. THE MECHATRONICS HANDBOOK / Editor-in-Chief Robert H. Bishop. The University of Texas at Austin. Austin, Texas, 2002, 1229 p.

6. Попадюха Ю. А. Сучасні роботизовані комплекси, системи та пристрої у реабілітаційних технологіях: Навч. посіб. / Ю.А.Попадюха. Київ, Центр учбової літератури, 2017. 324с.

7. Попадюха Ю.А. Сучасні комп'ютеризовані комплекси та системи у технологіях фізичної реабілітації : Навч. посібник / Ю.А. Попадюха. Київ, Центр учбової літератури, 2018. 300 с.

Допоміжна

1. Kalpakjian, S., Schmid, S.R., 2014. Manufacturing Engineering and Technology. Pearson, Upper Saddle River, NJ, p. 913

2. Alciatore, D.G., Hstand, M.B., 2003. Introduction to Mechatronics and Measurement Systems, second ed. McGraw-Hill, Boston, MA. B. S. Publication, 2016. IEC TS 60479-1 Consolidated.

3. Caputo, J.M., Collins, S.H., 2014. A universal ankle–foot prosthesis emulator for human locomotion experiments. J. Biomech. Eng. 136 (3), 35002.

4. Oksana Dozorska, Evhenia Yavorska, Vasil Dozorskyi, Vyacheslav Nykytyuk, Leonid Dediv (2020). The Method of Selection and Pre-processing of Electromyographic Signals for Bio-controlled Prosthetic of Hand. Proc. of the 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 23-26 September 2020, (pp.188–192). Lviv-Zbarazh, Ukraine.

5. Vasil Dozorskyi, Iryna Dediv, Sofiia Sverstiuk, Vyacheslav Nykytyuk, Andrii Karnaukhov. The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. Pp. 233-240.

6. Дозорський В.Г., Дозорська О.Ф., Гевко О.В. Система реєстрації біопотенціалів для електроенцефалографічних досліджень. “Перспективні технології та прилади”. Галузь науки: технічні (17.03.2020), Категорія: Б. Луцьк, 2023. Випуск 22. С. 45-54.

7. Є.Б. Яворська, В.Г. Дозорський, О.Ф. Дозорська. Конструкція ендоскелета біокерованого протеза кисті руки. III Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023” 01 – 03 червня 2023 р. Вінниця, ВНТУ. 3 с.

8. Математичне та комп’ютерне моделювання електрокардіосигналів у системах голтерівського моніторингу: наукова монографія / Л.Є. Дедів, А.С. Сверстюк, І.Ю. Дедів, М.О. Хвостівський, В.Г. Дозорський, Є.Б. Яворська. – Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. 120 с.

9. Birbara N.S., Otton J.M., Pather N. 3D Modelling and Printing Technology to Produce Patient-Specific 3D Models. Heart, Lung and Circulation. 2019. № 2 (28). P. 302–313.

Політики курсу

Політика контролю	Використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання: поточне опитування; тестування; виконання індивідуальних завдань та презентацій; оцінювання результатів виконаних самостійних робіт; бесіди та обговорення проблемних питань; дискусії; індивідуальні консультації; екзамен. Можливий ректорський контроль.
Політика щодо консультування	Консультації при вивченні дисципліни проводяться згідно затвердженого на кафедрі біотехнічних систем графіку. Консультування передбачено як очно ,так і з використанням ресурсів електронного навчального курсу у середовищі електронного навчання університету.
Політика щодо перескладання	Здобувач має право на повторне складання модульного контролю з метою підвищення рейтингу протягом тижня після складання модульного контролю за графіком. Перескладання екзамену відбувається в терміни, визначені графіком освітнього процесу. Здобувач ВО має право на зарахування результатів навчання, здобутих у неформальній чи інформальній освіті.
Політика щодо академічної доброчесності	При складанні усіх видів контролю у середовищі електронного навчання завжди активується система розпізнавання особи, що складає контроль. Усі лабораторні роботи у ЕНК перевіряються вбудованою системою Антиплагіат. При складанні усіх форм контролю забороняється списування, у тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій.
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов’язковим компонентом освітнього процесу. За наявності поважних причин (наприклад, хвороба, особливі потреби, відрядження, сімейні обставини, участь у програмах академічної мобільності тощо) навчання може здійснюватися за індивідуальним графіком, погодженим з деканом факультету.

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів, які отримують студенти за курс

Модуль 1			Модуль 2			Підсумковий контроль		Разом з дисципліни
Аудиторна та самостійна робота			Аудиторна та самостійна робота			Теоретичний курс	Практичне завдання	100
Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота		Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота				
15	20		20	20		15	10	
№ лекції	Види робіт	К-ть балів	№ лекції	Види робіт	К-ть балів			
Лекція № 1-9	Лабораторна робота №1	5	Лекція № 10-18	Лабораторна робота №5	5			
	Лабораторна робота №2	5		Лабораторна робота №6	5			
	Лабораторна робота №3	5		Лабораторна робота №7	5			
	Лабораторна робота №4	5		Лабораторна робота №8	5			

Розподіл оцінок		
Сума балів за навчальну діяльність	Шкала ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Відмінно
82-89	B	Добре
75-81	C	Добре
67-74	D	Задовільно
60-66	E	Задовільно
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	F	Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Затверджено рішенням кафедри БТ, протокол №1 від «27» серпня 2024 року.