Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

БІОМЕДИЧНА МЕХАНІКА

обов'язковий освітній компонент
І (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність **163 Біомедична інженерія**
Викладач: **Слабкий А. В., к.т.н., доцент**
Мови викладання: **українська**
Семестр – **5**
Кредитів ЄКТС – **5**
Лекції – **36 год.**
Лабораторні роботи – **27 год.**
Практичні роботи – **9 год.**
Самостійна робота – **78 год.**
Вид контролю – **іспит**

Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Біомедична механіка» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін «Вища математика» та «Біофізика». Ця дисципліна є передумовою і передує проходженню виробничої практики та підготовці бакалаврської дипломної роботи.

Мета вивчення дисципліни.

Вивчення студентами фізико-механічних закономірностей будови та функціонування тіла людини в статичному та динамічному режимі, дослідження взаємодії природних та штучних механічних систем з метою реабілітації та підвищення якості життя людей.

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 впровадженні 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 6. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров'я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.

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

ПРН 10. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медико- технічні та біоінженерні системи і процеси.

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

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

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 17. Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.

ПРН 20. Проектувати, вибирати матеріал та розробляти технологію виготовлення біомедичних імплантів.

Компетентності

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК12. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина України.

ЗК13. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК14. Здатність дотримуватись принципів академічної доброчесності під час навчання та в подальшій професійній діяльності.

СК1. Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проектування медичних приладів та систем.

СК3. Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем.

СК4. Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації).

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

СК6. Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.

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 проектувати і визначати умови застосування біомедичних імплантів.

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.

Програма навчальної дисципліни:

Змістовий модуль 1. Основи біомеханіки.

Тема 1. Механічні властивості біологічних матеріалів.

Історія розвитку біомеханіки. Механічні властивості м'яких, твердих та рідких біоматеріалів та тканин. Деформація біотканин. В'язко-пружні властивості біоматеріалів. Біореологія. В'язкість крові. Основи біостатики. Дослідження матеріалів на стискання, розтягування, згинання, зсув, кручення. Температурні напруження (кріалогічний фактор). Міцність матеріалу. Геометричні характеристики стрижня. Напружений і деформований стан. Опір матеріалу. Стійкість рівноваги системи, що деформується. Топографія тіла людини. Біомеханічні властивості кісток. Механічні коливання.

Тема 2. Біомеханіка м'язового скорочення.

Будова м'язів та м'язових білків. Модель м'язових ниток. Біофізика м'яза. Механохімічна система м'язового волокна. Потужність скорочення м'яза. Рівняння Хіла. Сила м'яза. Дослідження м'язів у різних режимах. Моделювання м'язового скорочення. Електрохімічна та електромеханічна взаємодія в м'язі.

Тема 3. Біомеханіка кровообігу.

Механіка серцевих скорочень. Рух крові по судинах; пульсова хвиля; кров'яний тиск. Ламінарний потік. Моделювання серцево-судинної системи: історія розвитку та сучасний стан. Модель Франка. Гідродинамічний опір судинної системи, деформація судин, швидкість кровотоку. Моделювання динаміки потоку (CFD). Неоднорідності кровоносного русла. Явище

турбулентності та зміни профілю швидкості крові. Теплова модель людини і тепловий баланс. Гіпертермія та гіпотермія.

Тема 4. Біомеханіка дихання.

Дифузія газів і процес дихання. Легенева вентиляція, фази дихального циклу. Механічні властивості легень. Легеневі об'єми і ємності. Механіка вентиляції легень; робота дихання, рух повітря. Порушення і методи дослідження механіки дихання. Контактна і дистанційна спірометрія.

Тема 5. Механічні впливи на організм людини.

Сили, що діють на людину в просторі. Вплив вібрацій, прискорень та ударних навантажень на організм людини. Фізіологічні механізми захисту від механічних пошкоджень. Класифікація і характеристики вібраційних навантажень. Терапевтичний вплив вібрацій. Тискові навантаження та їх вплив на внутрішнє середовище організму. Звукові впливи на організм людини. Характеристики звуку. Механічні властивості слухового аналізатора. Біофізика та біомеханіка зору. Механічна модель тіла людини. Вплив інфразвуку та ультразвуку. Перебування людини у стані невагомості. Космічна медицина.

Змістовий модуль 2. Комп'ютерне моделювання багатотільних систем.

Тема 6. Біомеханіка опорно-рухового апарату.

Декомпозиція тіла людини. Кінематичні ланцюги. З'єднання кісток та м'язів. Біомеханічна класифікація рухового апарату людини. Біомеханічні характеристики руху. Площини. Закономірності антропометричної будови тіла людини. Аксіоми статики. Теорема трьох сил. Момент сили. Пара сил. Системи сил. Сили тертя та їх температурна залежність. Рівновага тіл. Центр мас тіла. Теоретична кінематика. Рух точки. Поздовжній і обертальний рух тіла. Плоско-паралельний рух. Складний рух точки. Інструменти для моделювання статичних навантажень.

Тема 7. Динамічне моделювання багатотільних систем.

Динаміка поведінки взаємозв'язаних тіл. Сили реакції між тілами. Формалізми Лагранжа. Методи теорії багатотільних систем. Деталі та типи з'єднань. Прості механізми. Передача руху в механізмах. Поняття ступеня свободи. Розрахунок ступенів свободи. Рівняння руху. Диференційні рівняння руху точки. Теорема про рух центра мас системи. Закон збереження руху

центру мас. Теорема про зміни кількості руху системи. Закон збереження кількості руху системи. Головний момент кількості руху системи. Теорема про зміну кінетичної енергії системи. Закон збереження механічної енергії. Принцип Даламбера. Принцип можливих переміщень. Координати системи. Загальне рівняння динаміки. Рівняння Лагранжа другого роду. Принцип Гамільтона-Остроградського. Удар. Зміна кінетичного моменту при ударі. Динаміка опорно-рухового апарату та інструменти для її моделювання.

Тема 8. Застосування біомеханіки в медицині та спорті.

Структура рухів людини і керування ними. Теорія рухової активності Бернштейна. Керування локальними рухами. Рухи на місці. Рух навколо осі. Переміщувальні рухи. Біомеханічний аналіз. Декомпозиція рухів. Контроль технічної підготовленості професійних рухів. Біомеханіка в спорті. Техніка виконання вправ. Спортивне оснащення і тренажери. Біомеханіка в медицині. Хода, її класифікація та аналіз. Реабілітація при рухових патологіях. Протезування. Методи і засоби реєстрація рухів людини. Моделювання рухів в медицині, спорті та цифровій індустрії. Застосування біомеханіки в інших професійних сферах (крім спорту і медицини).

Практичні заняття

1. Розрахунок міцності конструкції.
2. Розрахунок силових параметрів м’яза.
3. Розрахунок гідро-динамічних параметрів крові.
4. Розрахунок легеневих об’ємів та ємностей.
5. Створення динамічної моделі засобами MatLab.
6. Розрахунок моменту сили та максимального статичного навантаження.
7. Побудова біомеханічної моделі тіла людини в ANSYS Motion.
8. Біомеханічний аналіз рухів людини.

Лабораторні роботи

1. Дослідження механічних властивостей кісткової тканини.
2. Дослідження механічних властивостей м’язів.
3. Дослідження фізичної та математичної моделі системи кровообігу.
4. Дослідження процесу дихання методом спірографії та міографії.
5. Дослідження впливу вібрацій на біологічний об’єкт.

6. Визначення центру мас тіла людини.
7. Динамічне моделювання в MatLab, Simscape Multibody, Simulink.
8. Динамічне моделювання засобами LS-DYNA software.
9. Дослідження прямостояння і ходи людини.

Індивідуальні завдання

Під час вивчення дисципліни студенти розв'язують задачі, готують доповіді, презентації, есеї, виконують індивідуальні домашні завдання. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником студенти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію ВНТУ.

Засоби діагностування результатів навчання

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час виконання і захисту практичних і лабораторних робіт та індивідуальних завдань; підсумковий контроль – тестування, колоквіум, опитування, іспит.

Політика курсу

Викладач та всі учасники освітнього процесу з дисципліни зобов'язані дотримуватися тих морально-етичних норм, які викладені у Кодексі етики ВНТУ, Положення про академічну доброчесність у ВНТУ, Положення про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті і розуміють, що за порушення викладених у положеннях принципів учасники освітнього процесу несуть повну особисту відповідальність.

Оцінювання результатів навчання

Вид роботи	Модуль 1	Модуль 2
1. Виконання лабораторних робіт / 1 робота	15/3	12/3
2. Виконання практичних завдань / 1 завдання	10/2	9/3
3. Колоквіум	12/12	11/11
4. Виконання завдань з СРС	2	2
Всього	40	35

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	**A**
82 – 89	**B**
75 – 81	**C**
64 – 74	**D**
60 – 63	**E**
35 – 59	**FX** (незадовільно з можливістю повторного складання)
0 – 34	**F** (незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)

Базова рекомендована література

1. Humphrey, J. Introduction to Biomechanics / Jayd Humphrey, Sherry L. Delange. – Springer-Verlag New York, 2016.

2. Richards, J. The Comprehensive Textbook of Biomechanics-E-Book: with access to e-learning course [formerly Biomechanics in Clinic and Research] /Jim Richards. – Elsevier Health Sciences, 2018.

3. De Jalon, J. G. Kinematic and dynamic simulation of multibody systems: the real-time challenge / Javier Garcia De Jalon, Eduardo Bayo. – Springer Science & Business Media, 2012.

4. Shabana, A. A. Dynamics of multibody systems / Ahmed A. Shabana. – Cambridge university press, 2013.

5. Костюк І. В. Введення в біомеханіку : навчальний посібник / І. В. Костюк. – Львів : Львівська політехніка, 2000. – 224 с.

6. Біофізика і біомеханіка : підручник / В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В. А. Ващенко та ін. – К. : Політехніка, 2012. – 344 с.

7. Григор'єва Л. І. Основи біофізики і біомеханіки / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 298 с.

8. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навч. посібник / М. О. Носко, О. В. Бріжатий, С. В. Гаркуша, І. А. Бріжата. – К. : Леся, 2012. – 287 с.