Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра біомедичної інженерії

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Перший проректор з науково-педагогічної роботи по організації навчального процесу та його науково-методичного забезпечення

_____ Васілевський О. М.

"19" 09 2020 року

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**1.32 Вимірювальні перетворювачі і датчики для медико-технічних систем**
(шифр і назва навчальної дисципліни)

**підготовки** _____бакалавра_____
(назва рівня вищої освіти)
**галузь знань** 16 – Хімічна та біоінженерія
(шифр і найменування галузі знань)
**спеціальність** 163 – Біомедична інженерія
(код і найменування спеціальності)
**освітня програма** Біомедична інженерія

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Розроблено в рамках проекту "Erasmus+ (CBHE) BioArt "Інноваційна мультидисциплінарна освітня програма зі штучних імплантів для біоінженерії для бакалаврів та магістрів"

Developed in the frame of project "Erasmus+ (CBHE) BioArt "Innovative Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc / MSc Degrees" (586114-EPP- 1-2017- 1-ES- EPPKA2-CBHE- JP).

Вінниця – 2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Вимірювальні перетворювачі і датчики для медико-технічних систем»
для здобувачів освітнього ступеня бакалавра
галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія
спеціальності 163 – Біомедична інженерія

освітня програма Біомедична інженерія, 2020. – 15 с.

Розробник:
Коваль Леонід Григорович, зав. кафедри БМІ, канд. техн. наук, доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри біомедичної інженерії

Протокол від «9» 06 2020 року № 19

Завідувач кафедри _____ доц. Коваль Л. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено Методичною комісією ФІРЕН

Протокол від «10» 06 2020 року № 10

Голова Методичної комісії ФІРЕН _____ проф. Кичак В. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено Методичною радою ВНТУ

Протокол від «17» 09 2020 року № 1

Голова _____ проф. Васілевський О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

© Л. Г. Коваль, 2020 рік.
© ВНТУ, 2020 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5,5</td><td>Галузь знань<br>16 – Хімічна та біоінженерія<br>(шифр і найменування)</td><td colspan="2">Нормативна</td></tr>
<tr><td>Модулів – 2</td><td rowspan="6">спеціальність 163 – Біомедична інженерія<br>освітня програма Біомедична інженерія</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>3б</td><td>3б</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне науково-дослідне завдання (реферати, розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи, контрольні роботи, що виконуються під час СРС (домашні контрольні роботи), курсові роботи, дипломні проекти (роботи) та ін. визначаються робочим навчальним планом чи рішенням кафедри)</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 165</td><td>5-й</td><td>5-й</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4.5 самостійної та індивідуальної роботи студента – 4,7</td><td rowspan="9">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</td><td>45 год.</td><td>15 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>18 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>18 год.</td><td>7 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Курсова робота</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>84 год.</td><td>135 год.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю: іспит</td><td>Вид контролю: іспит</td></tr>
</table>

**Примітка**.
Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:
для денної форми навчання – 49 % / 51 %,
для заочної форми навчання – 18 % / 72 %

Мова навчання – українська.

## 2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна « Вимірювальні перетворювачі та датчики для медико-технічних систем» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін «Фізика», «Анатомія та фізіологія людини», «Електроніка Ч.1. Основи теорії кіл та сигналів», «Математичне моделювання в біології та медицині», «Електроніка Ч.3. Аналогова схемотехніка». Ця дисципліна безпосередньо пов'язана і передує вивченню дисциплін « Методи та засоби обробки біомедичних сигналів, даних та зображень» та «Основи побудови та застосування біотехнічних та медичних систем».

## 3. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення дисципліни.** Вивчення студентами принципів вимірювання біологічних сигналів закономірностей будови та функціонування сенсорів, датчиків та перетворювачів біомедичних сигналів та проектування систем контролю інтелектуальних імплантів із зворотнім зв'язком.

**Програмні результати вивчення дисципліни**

Згідно з **вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:**

***вміти:***

- застосовувати знання вивченої дисципліни у біомедичній галузі;
- проводити діагностику різних біологічних систем за допомогою біомедичних сенсорів;
- визначати та вимірювати параметри біологічних об'єктів;
- моделювати процеси, що відбуваються в біомедичних сенсорах під час вимірювань;
- правильно використовувати медичні пристрої для діагностики та лікування;
- робити якісні, науково-обгрунтовані висновки та давати рекомендації щодо впровадження отриманих оптимальних рішень у практичній діяльності.
- правильно обирати біомедичні сенсори для контролю якості та умов експлуатації штучних органів, імплантів та протезів;

***знати:***

- характеристики параметри та принцип дії біомедичних сенсорів різних типів;
- методи вимірювання з використанням біомедичних сенсорів;
- фізичні процеси, що відбуваються у медичних сенсорах та датчиках ;
- результати впливу артефактів та зовнішніх факторів на біомедичні сенсори;
- принципи застосування біомедичних сенсорів для задач протезування та імплантології.

**Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни.**

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях..

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

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

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

Здатність організовувати технологічні процеси виробництва, діагностування, технічного обслуговування й ремонту пристроїв електронної техніки та систем автоматизації, їх підсистем та елементів.

Поточний контроль знань здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час виконання і захисту лабораторних, практичних робіт, курсової роботи; інших видів самостійної роботи; підсумковий контроль – тестування, колоквіум, опитування, контрольна робота (для студентів заочної форми навчання), іспит.

На самостійну роботу виноситься вивчення окремих питань курсу та опрацювання проблемних завдань, виконання курсової роботи, написання есеїв, розробка презентацій та виголошення доповідей, написання контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання), підготовка до лабораторних робіт і практичних занять, колоквіумів, тестування, іспиту, виконання окремих індивідуальних науково-дослідних робіт.

## 4. Програма навчальної дисципліни

***Змістовий модуль 1. Основи вимірювань біосигналів***

**Тема 1. Генезис біосигналів в організмі людини**

Внутрішні органи, тканини, шкіра як електричні генератори. Електричний опір живих тканин. Спрощена модель генерації ЕРС клітинами та органами. Поняття “усередненого” спільного електрода та його значення при реєстрації біоелектричних сигналів. Схеми відведень з усередненим електродом. Електричний опір живих тканин. Його залежність від різних факторів.

**Тема 2. Види електродів та перетворювачів біосигналів**

Електроди, пасти, провідники, перемикачі електродів. Електроди. Призначення та основні характеристики. Вимоги до електродів. Пасти та вимоги до них. Електродні провідники і перемикачі електродів.

**Тема 3. Сенсори та фізичні явища перетворення енергій і фізичних**

**величин**

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.

**Тема 4. особливості вимірів під час шкірно-електродного контакту**

Класифікація надшкірних і підшкірних електродів. Артефакти електродних систем. Типові конструкції електродів для електрофізіологічних досліджень.

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

**Тема 5 . Сенсори для біохімічних досліджень**

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.

**Тема 6. Датчики клінічних досліджень**

Основні показники газів крові. Спектрофотометрична оксиметрія. Фотоплєтізмографія. Капнометрія. Анестезіологічний моніторинг та мультигазовий аналізатор. Датчики параметрів дихання. Контактні, резистивні, пневматичні та термісторні датчики. Спірометричний датчик турбінного типу. Датчик ПШВ. Термомагнітний газоаналізатор.

**Тема 7. Датчики для діагностичної апаратури**

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.

**Тема 8 Теплові біомедичні сенсори**

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

**Тема 9 Інтелектуальні сенсори та наносенсорні системи**

Загальні поняття про інтелектуальні датчики. Інтегральні датчики. Інтерфейси датчиків. Сенсори на основі оптичних хвильоводів із фотонно- кристалічною структурою. Сенсори на основі вуглецевих нанотрубках. Нанобіосенсори для діагностики імплантів. Мультисенсорні електронні детектори запаху і смаку. Тенденції розвитку датчиків фізичнихвеличин і способів вимірів в біометрії.

## 5. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | денна форма | | | | | | Заочна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб | інд | с.р. | | л | п | лаб | інд | с.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| ***Змістовий модуль 1. Основи вимірювань біосигналів*** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Генезис біосигналів в організмі людини | 16 | 5 | 2 | 2 | | 7 | 19 | 2 | | 1 | - | 16 |
| Тема 2. Види електродів та перетворювачів біосигналів | 20 | 5 | 2 | 2 | | 11 | 17 | 1 | 1 | 1 | - | 14 |
| Тема 3. Сенсори та фізичні явища перетворення енергій і фізичних величин | 16 | 5 | 2 | 2 | | 7 | 20 | 2 | 1 | 1 | - | 16 |
| Тема 4. Особливості вимірів під час шкірно-електродного контакту | 20 | 5 | 2 | 2 | | 11 | 18 | 2 | 1 | 1 | - | 14 |
| **Разом за змістовим модулем 1** | 72 | 20 | 8 | 8 | | 36 | 74 | 7 | 3 | 4 | - | 60 |
| ***Змістовий модуль 2. Датчики та сенсори для вимірювання біомедичних сигналів та діагностики імплантів*** | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Тема 5 . Сенсори для біохімічних досліджень | 20 | 5 | 2 | 2 | | 11 | 18 | 2 | 1 | 1 | - | 14 |
| Тема 6. Датчики клінічних досліджень | 16 | 5 | 2 | 2 | | 7 | 19 | 1 | 1 | | - | 17 |
| Тема 7. Датчики для діагностичної апаратури | 20 | 5 | 2 | 2 | | 11 | 17 | 2 | | 1 | - | 14 |
| Тема 8 Теплові біомедичні сенсори | 16 | 5 | 2 | 2 | | 7 | 19 | 1 | 1 | 1 | | 16 |
| Тема 9 Інтелектуальні сенсори та наносенсорні системи | 21 | 5 | 2 | 2 | | 12 | 18 | 2 | 1 | 1 | | 14 |
| ***Разом за змістовим модулем 2*** | 93 | 25 | 10 | 10 | | 48 | 91 | 8 | 4 | 4 | - | 75 |
| ***Усього годин*** | 165 | 45 | 18 | 18 | | 84 | 165 | 15 | 7 | 8 | | 135 |

## 6. Теми семінарських занять – *навчальним планом не передбачені*

## 7. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Елементи електричної безпеки медичної апаратури | 2 |
| 2 | Різновиди і особливості фізичних величин | 2 |
| 3 | Електромагнітні сенсори | 2 |
| 4 | Сенсорний датчик електронного керування | 2 |
| 5 | Сенсорна інформація в системі координації живих організмів | 2 |
| 6 | Одномірні багатоступінчасті датчики | 2 |
| 7 | Узгодження первинних перетворювачів фізичних величин з ЕОМ. | 2 |
| 8 | Вимірювальні перетворювачі електричних параметрів | 2 |
| 9 | Методи обробки інформації від наносенсорів | 2 |
| | Разом | 18 |

## 8. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Дослідження елктричних властивостей біологічних тканин | 2 |
| 2 | Дослідження датчиків для електрокардіографії | 2 |
| 3 | Дослідження біохімічних перетворювачів | 2 |
| 4 | Дослідження датчиків та сенсорів для вимірювання температури | 2 |
| 5 | Дослідження та повірка перетворювачів ПСА-02, ПАК-02 та ППВ-02 | 2 |
| 6 | Дослідження тензодатчиків для механічної діагностики імплантів | 2 |
| 7 | Дослідження дачиків вимірювання складу повітря | 2 |
| 8 | Дослідження датчиків для неруйнівного контролю імплантів | 2 |
| 9 | Дослідження інтелектуальних сенсорів | 2 |
| | Разом | 18 |

## 9. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 6 |
| 1 | Поняття про сенсор і його функціонування | 5 |
| 2 | Фізичні явища і перетворювання енергії, які використовуються в сенсорах | 6 |
| 3 | Похибки при вимірюваннях | 5 |
| 4 | Матеріали для біомедичних датчиків | 6 |
| 5 | Інвазивні сенсори | 6 |
| 6 | Датчики температури. Терморезистори | 6 |
| 7 | Застосування термісторів з негативним ТКО | 6 |
| 8 | Гальваномагнітні сенсори. Сенсори Холла. | 7 |
| 9 | Оптоелектронні сенсори | 6 |

| | | |
|---|---|---|
| 10 | Датчики для отримання біомедичних зображень | 6 |
| 11 | Тенденції розвитку давачів фізичних величин | 6 |
| 12 | Надвисокочастотні електромагнітні сенсори | 6 |
| 13 | Мультисенсорні електронні детектори запаху і смаку | 6 |
| 14 | Методи контролю якості імплантів | 7 |
| | Усього | 84 |

## 10. Індивідуальні завдання

Робочим навчальним планом передбачено 1 контрольну роботу для студентів заочної форми навчання. Під час вивчення дисципліни студенти 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.

Згідно робочого навчального плану за індивідуальними завданнями студентами виконується курсова робота, яка присвячена питанням біомеханічного аналізу рухів людини. Курсова робота присвячена теоретичному опрацюванню відповідної теми за індивідуальним завданням, яке присвячене біомеханічному аналізу певного руху людини та розрахунку відповідного протезу суглоба. Зразки тем для теоретичного опрацювання: стрибок в довжину; стрибок з жердиною; стрільба з луку; спринтерський біг. Практична частина курсової роботи містить розроблення моделі обраного суглоба та проектування його протеза. Ілюстративна частина роботи включає результати моделювання руху, модель протезу, а також може включати схеми, зображення, діаграми, гістограми, узагальнюючі таблиці та графіки, які ілюструють тему роботи. Теми курсових робіт затверджуються на засіданні кафедри БМІ.

На виконання курсової роботи відводиться 45 годин, 1,5 кредити ECTS.

## 11. Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, фасилітація, тренінг, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, практичні заняття (під час проведення практичних робіт використовується відповідне комп’ютерне устаткування, розташоване в лабораторіях кафедри, презентації, електронні матеріали та програмні засоби), консультації, підготовка статей і доповідей науково-дослідного характеру.

## 12. Засоби діагностування результатів навчання

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час виконання і захисту практичних робіт та індивідуальної роботи; підсумковий контроль – тестування, колоквіум, опитування, контрольна робота (для студентів заочної форми навчання), іспит.

## 13. Розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 13.1 – Вид контролю – іспит

<table>
<tr><td colspan="8">Поточне тестування та самостійна робота</td><td>Підсумковий тест (іспит)</td><td>Сума</td></tr>
<tr><td colspan="5">Модуль 1</td><td colspan="3">Модуль 2</td><td rowspan="3">25</td><td rowspan="3">100</td></tr>
<tr><td colspan="5">Змістовий модуль № 1</td><td colspan="3">Змістовий модуль № 2</td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td><td>Т7</td><td>Т8</td></tr>
<tr><td colspan="5">38</td><td colspan="3">37</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Т1, Т2 ... Т8 – теми змістових модулів.

Таблиця 13.2 – Оцінювання знань, умінь та навичок студентів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

| Вид робіт | Модуль | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| 1. Виконання лабораторних робіт / 1 робота | 15 / 3 | 12 / 3 |
| 2. Виконання практичних завдань / 1 завдання | 10 / 2 | 9 / 3 |
| 2. Колоквіум | 12 / 12 | 11 / 11 |
| 3. Виконання завдань з СРС | 2 | 2 |
| 4. Активна робота на лекційних, лабораторних, практичних заняттях | 1 | 1 |
| Всього | 40 | 35 |

Таблиця 13.3 – Розподіл балів за курсову роботу

| Пояснювальна записка (оцінюються результати проектування та їх оформлення) | Ілюстративна частина | Захист роботи | Сума |
|---|---|---|---|
| 50 | 10 | 40 | 100 |

Таблиця 13.4 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

<table>
<tr><th>Сума балів за всі види навчальної діяльності</th><th>Оцінка ECTS</th><th>Оцінка за національною шкалою<br>(для екзамену, диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики)</th></tr>
<tr><td>90 – 100</td><td>A</td><td>відмінно</td></tr>
<tr><td>82 – 89</td><td>B</td><td rowspan="2">добре</td></tr>
<tr><td>75 – 81</td><td>C</td></tr>
<tr><td>64 – 74</td><td>D</td><td rowspan="2">задовільно</td></tr>
<tr><td>60 – 63</td><td>E</td></tr>
<tr><td>35 – 59</td><td>FX</td><td>незадовільно з можливістю повторного складання</td></tr>
<tr><td>0 – 34</td><td>F</td><td>незадовільно з обов’язковим повторним вивченням</td></tr>
</table>

## 14. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

| Рівень компетентності | Національна шкала | Шкала ECTS | Критерії оцінювання |
|---|---|---|---|
| IV Високий (творчий) «5» | відмінно | A | Виставляється, якщо при відповіді на питання виявлено всебічні, систематизовані, глибокі знання матеріалу, який виноситься на контроль, уміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, знання основної і додаткової літератури, передбаченої програмою на творчому рівні. |
| III Достатній (конструк-тивний) «4» | добре «4+» | B | Повні знання з питань і задач, що стоять перед студентом. Уміння викладати основні ідеї. Вміння професійно відстоювати свою точку зору. Припускаються несуттєві неточності у викладенні матеріалу та у відповідях. |
| | добре «4» | C | Достатньо повні знання з поставлених питань і задач. Вміння викладати основні ідеї. Здатність самостійно застосовувати вивчений матеріал на рівні стандартних ситуацій, наводити окремі власні приклади на підтвердження власних тверджень. Вміння доводити правильність своїх рішень. Несуттєві неточності у відповідях та деякі нераціональності при програмуванні задач. |
| II Середній (репро-дуктив-ний) «3» | задовільно «3+» | D | Студент може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати матеріал, робити висновки та розробляти програмні блоки. Пояснення неповні, нелаконічні, не завжди точні. Відповіді на питання неповні, містять неточності, при вирішенні задач застосовуються не найраціональніші рішення. |
| | задовільно «3» | E | Задовільні знання програмного матеріалу на рівні вищому за початковий. Здатність за допомогою викладача логічно відтворювати значну частину матеріалу. При відповіді на запитання виникають труднощі у деяких положеннях, відповіді не повні, програми пишуться нераціонально, не використовуються всі ефективні засоби програмування. |
| I Низький «2» | «незадо-вільно з можливістю повторного складання» | FX | Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обгрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (40-60%), пояснення не до ладу. Самостійно, без допомоги викладача, не може сформувати алгоритм рішення задачі. Програми не раціональні та неефективні, при програмуванні використовуються лише прості конструкції. |
| | «незадо-вільно з обо-в'язковим повторним вивченням дисципліни» | F | Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обгрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (60-100%). Самостійно, без допомоги викладача, не може сформувати алгоритм рішення задачі. |

## 15. Рекомендована література

### Базова


1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – 4-е изд., перераб и доп. – М.: Дрофа, 2003. – 560 с.

2. Ивантер, Э. В., Коросов, А. В. Элементарная биометрия : учеб. пособие / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 104 с.

3. Кухарев, Г. А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека. – СПб.: Политехника, 2001 . – 240 с.

4. Традиционные методы биометрической аутентификации и идентификации [Электронный ресурс] : [учебно-методическое пособие по дисциплине "Информатика человека и биосистем" / Воробей Е. А., Азизов П. М., Худницкий А. А., Снигирев С. А.; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Интеллектуальные системы" . - Электрон. дан. - БНТУ, 2009.

5. Кореневский Н.А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий: монография / Н.А. Кореневский, Е.П. Попечителев, С.А. Филист. – Курск: Курская городская типография, 1999. – 537 с.

6. Biological and Medical Sensor Technologies CRC Press / Published March 29, 2017, Reference - 412 Pages - 186 B/W Illustrations ISBN 9781138073210 - CAT# K33884

7. Chemical Sensors and Biosensors for Medical and Biological Applications / Wiley-VCH; 1 edition ISBN-10: 3527288554

8. Smart Sensors and Systems / Innovations for Medical, Environmental, and IoT Applications/ Kyung, C.-M., Yasuura, H., Liu, Y., Lin, Y.-L. (Eds.), 2017 ISBN 978-3-319-33201-7


### Допоміжна


1. Nordin, Margareta, and Victor Hirsch Frankel, eds. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

2. Huynh, K. T., Gibson, I., Jagdish, B. N., & Lu, W. F. (2015). Development and validation of a discretised multi-body spine model in LifeMOD for biodynamic behaviour simulation. Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 18(2), 175-184.

3. Филимонов В.И., Бражников А.Н. Физиология с основами анатомии человека.-Запорожье, 2000. – 411 с.

4. Рашмер Р. Динамика сердечно-сосудистой системы. – М.: Медицина, 1995. – 600 с.

5. Березовский В.А., Пожаров В.П., Сушко Б.С. Методика бескровного измерения парциального давления кислорода артериальной крови. – Физиолог. журн., 1981, 27, No 6, – С. 834 – 837.

6. Микулин Л.Е., Трифонов М.М. Диагностические приборы для внутрижелудочной pH-метрии. Биомедицинская радиоэлектроника. – 2000. – С. 37 – 47.

7. Sensors for Health Monitoring 1st Edition / Nilanjan Dey Jyotismita Chaki Rajesh Kumar / Academic Press/ ISBN: 9780128193617

8. Handbook of Humidity Measurement, Volume 2: Electronic and Electrical Humidity Sensors / CRC Press Published February 5, 2019 Reference - 386 Pages - 378 B/W Illustrations ISBN 9781138300224 - CAT# K35698

9. Smart Biosensor Technology CRC Press Published December 3, 2018 Reference - 577 Pages - 323 B/W Illustrations ISBN 9781498774482 - CAT# K29618

## 16. Інформаційні ресурси

1. Free Online Courses in Biomechanics / Class central. – Access mode : https://www.classcentral.com/tag/biomechanics

2. Medical Sensor Applications & Solutions / – Access mode :https://www.te.com/usa-en/industries/sensor-solutions/applications/sensor-solutions-for-medical-applications.html

3. MEDICAL MONITORING / – Access mode: https://www.te.com/usa-en/trends/connected-life-health-tech/medical-sensor-technology-and-applications.html

4. Medical Sensor / Learn more about Medical Sensor – Access mode: sciencedirect.com/topics/materials-science/medical-sensor

This project has been funded with support from the European Commission. This publication / communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsibility for any use which may be made of the information contained therein.