Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» для студентів спеціальності 163 - Біомедична інженерія

Вінниця
ВНТУ
2020

Рекомендовано - кафедрою біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол засідання кафедри БМІ № 2 від 10.09.2019 р., оновлено, розглянуто зі змінами на засіданні кафедри БМІ № 2 від 09.09.2020 р)

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» для студентів спеціальності 163 - Біомедична інженерія? освітня програма Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії / Уклад. С.В. Тимчик, Д.В. Гаврілов. – Вінниця : ВНТУ, 2020.

Методичні вказівки містять рекомендації щодо підготовки студентів з дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» в позааудиторний час. Наведено перелік питань з кожної теми та відповідний список літератури для самостійної роботи студентів. Наведено відомості щодо організації вивчення дисципліни. Наведено вимоги до написання контрольної роботи для студентів заочної форми навчання.

Методичні вказівки призначені для студентів, які навчаються за рівнем магістра зі спеціальності 163 - Біомедична інженерія, освітня програма - Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії.

ЗМІСТ

ВСТУП.....
1 МЕТА Й ОРГАНІЗАЦІЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....
2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ .....
3 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ.....
3.1 Завдання для самостійної роботи студентів .....
3.2 Приклад розв’язування завдань .....
4 ВКАЗІВКИ ДО ПІДГОТОВКИ І НАПИСАННЯ РЕФЕРАТІВ.....
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....

ВСТУП

Самостійна робота студента (СРС) – це форма організації навчального процесу, при якій заплановані завдання виконуються студентом під методичним керівництвом викладача, але без його безпосередньої участі. СРС є основним засобом засвоєння навчального матеріалу під час поза аудиторної навчальної роботи. СРС спрямована на закріплення теоретичних знань, отриманих студентами за час навчання, їх поглиблення, набуття і удосконалення практичних навичок та умінь відповідно до обраного напряму підготовки.

Самостійна робота студентів включає:

– підготовку до аудиторних занять (лекцій, лабораторних);

– виконання завдань з навчальної дисципліни протягом семестру;

– роботу над окремими темами навчальних дисциплін, які згідно з робочою навчальною програмою дисципліни винесені на самостійне опрацювання студентів;

– підготовку до всіх видів контрольних випробувань, у тому числі до модульних і комплексних контрольних робіт;

– підготовку до підсумкової державної атестації, у тому числі й виконання випускної кваліфікаційної роботи відповідного освітньо-кваліфікаційного рівня.

Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу з дисципліни може виконуватися у бібліотеці, навчальних кабінетах і лабораторіях, комп’ютерних класах, а також в домашніх умовах.

У необхідних випадках ця робота проводиться згідно із заздалегідь складеним графіком, що гарантує можливість індивідуального доступу студента до потрібних дидактичних засобів.

Графік доводиться до відома студентів на початку поточного триместру. Згідно навчального плану спеціальності вивчення дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» проводиться в другому семестрі студентами магістратури.

Для полегшення самостійної роботи над підручниками та навчальними посібниками програма курсу поділена на окремі теми. До кожної теми наведені конкретні запитання для самостійної перевірки, які служать водночас для орієнтації студента на найбільш важливі питання кожної теми.

1 МЕТА Й ОРГАНІЗАЦІЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання дисципліни — вивчення загальних принципів опису, класифікації, аналізу і синтезу біотехнічних систем, що лежать в основі побудови медичного електронного обладнання; вивчення побудови, функціонування та взаємодії радіоелектронних медичних систем різного призначення; освоєння основ проектування біотехнічних систем, вивчення студентами фізичних основ будови та функціонування організму людини на різних рівнях організації, основ відновлювальних медичних технологій.

Завдання вивчення дисципліни як складової циклу дисциплін професійної та практичної підготовки полягає у формуванні уявлення про специфіку галузі та покращення навичок, пов'язаних із подальшою професійною діяльністю, у формуванні розуміння принципів функціонування, опису і побудови систем медичного призначення як складних систем.

Студент повинен ***знати*** матеріал програми курсу «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів», основні принципи системного підходу до вивчення, опису і класифікації об'єктів живої природи та біотехнічних систем, їх параметри і характеристики, принципи організації і керування, методи аналізу та синтезу, принципи побудови основних видів медичних систем.

Студент повинен ***уміти*** логічно та послідовно викласти засвоєний ним матеріал, використовувати під час відповіді схеми, діаграми та інші унаочнення, робити самостійні науково обґрунтовані висновки та узагальнення, аргументовано відстоювати свою точку зору та міркування, проводити аналіз і синтез біотехнічних систем, розуміти і реалізовувати принципи функціонування систем, визначати призначення їх складових за описом, синтезувати структури систем медичного призначення за їх цільовими функціями, проектувати біотехнічні системи медичного призначення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі освіти в результаті вивчення дисципліни здобувають такі результати.

1. Проектувати, конструювати, вдосконалювати та застосовувати медико- технічні та біоінженерні вироби, прилади, апарати і системи з дотриманням технічних вимог, а також супроводжувати їх експлуатацію (ПРН1).
2. Створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для всебічного дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення (ПРН3).
3. Розробляти, планувати, виконувати та обґрунтовувати інноваційні проекти біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення з урахуванням інженерних, медичних, правових, економічних, екологічних

та соціальних аспектів, здійснювати їх інформаційне та методичне забезпечення. (ПРН4).

4. Розробляти та застосовувати штучні інетелектуальніімпланти, використовуючи інформаційні технології цифрової обробки біомедичних зображень та реконструкції об'єктів, 3D-друку, сучасні біоматеріали та засоби медичної електроніки (ПРН9)

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисциплін:.

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

2. Здатність створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико- технічного призначення (ФК4).

3. Здатність розробляти технічні завдання на створення, а також моделювати, оцінювати, проектувати та конструювати складні біоінженерні та медико-інженерні системи і технології (ФК5).

4. Здатність розробляти і проектувати інтелектуальні штучні імпланти для біоінженерії (ФК10)

На самостійну роботу студентів (СРС) виноситься вивчення окремих питань курсу та опрацювання проблемних областей, індивідуальні завдання, виконання курсової роботи, написання контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання), підготовка до лабораторних робіт і практичних занять, колоквіумів, тестування, іспиту, виконання окремих індивідуальних науково-дослідних робіт (зокрема, підготовка доповідей на щорічну науково-технічну конференцію ВНТУ).

За рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником студенти можуть готувати доповіді на щорічну науково-технічну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ та займатись науково-дослідною діяльністю за тематикою дисципліни.

Форма підсумкового контролю – іспит, який складається лекторові за присутності асистента. Для студентів заочної форми навчання робочим навчальним планом передбачено виконання 1 контрольної роботи.

Розподіл балів з дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» поданий в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Розподіл балів, які одержують студенти, з дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів»

Поточне тестування та самостійна робота		Підсумковий тест (іспит)	Сума
Модуль 1	Модуль 2	25	100

Змістовий модуль № 1						Змістовий модуль№ 2							
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	Т12		
37						38							

Т1, Т2 ... Т12 – теми змістових модулів.

Самостійна робота оцінюється на основі написання рефератів та виконання інших індивідуальних завдань. На оцінювання індивідуальних завдань СРС робочою програмою навчальної дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» виділено 10 балів – по 5 у кожному модулі. Крім того, СРС оцінюється при проведенні поточного, модульного та підсумкового контролю.

Співвідношення підсумкової кількості балів та оцінки за міжнародною і національною шкалою наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

Таблиця 1.3 - Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Рівень компетентност	**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 вирішеннізадач 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.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ

Тема 1. Методи аналізу параметрів біосигналів

Класифікація методів та їх зміст. Гістограма, скатерограма, мода, варіаційний розмах. Статистичні показники біосигналів для клінічного аналізу. Спектральне перетворення Фур'є: пряме і зворотне. Берг-Фур'є перетворення. Спектральні характеристики біосигналів.

Тема 2. Апаратно-програмне забезпечення (АПЗ) біотехнічних та медичних апаратів та систем (БТМАС)

Апаратно-програмне забезпечення БТМАС. Загальні вимоги. Структура апаратного забезпечення. Інтерфейсне забезпечення. Програмне забезпечення. Функціональні підсистеми АПЗ.

Тема 3. Методології проектування АПЗ БТМАС

Методології проектування АПЗ БТМАС. Загальні підходи. Класифікація принципів побудови. Критерії відкритості системи. Єдиний інформаційний простір. Зовнішнє і внутрішнє проектування АПЗ БТМАС. Загальні підходи до проектування інформаційних систем

Тема 4. Життєвий цикл АПЗ БТМАС

Технології проектування АПЗ БТМАС. Стандарти проектування. Вимоги до технології проектування інформаційних систем. Життєвий цикл АПЗ БТМАС. Моделі життєвого циклу. Структура проектних робіт. Класичні і спеціалізовані методології проектування АПЗ БТМАС.

Тема 5. Автономний функціонально-завершений модуль

Поняття автономного функціонально-завершеного модуля(ФЗММ). Питання електробезпекипацієнта. Апаратний захист інформації. Структура ФЗММ. Алгоритм функціонування.

Тема 6. Універсальний вимірювальний канал

Комп'ютерний вимірювальний канал (КВК). Структура і функціональне призначення. Модульний принцип побудови. Вимоги до елементної бази КВК

Тема 7. Структурна організація інформаційного забезпечення

Структурна організація інформаційного забезпечення. Принципи і класи доказової медицини. Узагальнена структурна схема адаптивного інформаційного забезпечення. Програмний захист інформації в АПЗ БТМАС

Тема 8. Автоматизована система підтримки і забезпечення рішень лікаря

Автоматизована система підтримки і забезпечення рішень лікаря. Функціональна схема процесів прийняття рішень лікарем. Загальна структура медичної експертної системи. Інфраструктура інформаційної підтримки в медицині. Структура, організація та алгоритми функціонування автоматизованих робочих місць.

Тема 9. Вимоги до структури і склад технічної складової БТС

Узагальнена структура БТС. Визначення технічної складової. Склад технічної складової. Вимоги до конструктивних матеріалів, із яких виготовляють сенсори. Принцип мультисистемності при побудові БТС. Апаратне забезпечення БТС. Функції і структура технічної складової. Програмна складова БТС. Тренувальний пристрій. Периферійна підсистема. Усунення артефактів і перешкод методами спектральної фільтрації, стабілізації ізолінії, схемо технічними методами.

Тема 10. Визначення біологічної складової та її характеристик з позиції фізичного благополуччя особистості

Поняття фізичного благополуччя особистості. Інформаційно-структурна модель особистостіперсоналу. Визначення біологічної складової. Критерії емоційного благополуччя. Вимоги до елементної бази біомедичної апаратури.

Тема 11. Методологія проектування медичних експертних систем

Методсистемного аналізу моделювання для опису предметної області ЕС. Аналіз предметної області. Функціональна та інформаційні моделі предметної області. Поняття компетентності експертів. Методи і критерії визначення компетентності експертів.

Тема 12. МТЗ БТМАС для спортивної медицини

Вимоги до МТЗ БТМАС для спортивної медицини. Концепція створення комп’ютерних програм для МТЗ. Класифікація комп’ютерних програм. Вимоги до сенсорів. Особливості конструктивної реалізації МТЗ БТМАС для спортивної медицини.

3 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1 Завдання для самостійної роботи студентів

В процесі вивчення дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» здобувачі вищої освіти індивідуально вирішують такі завдання: опрацьовують теоретичний матеріал; здійснюють аналіз літератури за темами; складають структурні та функціональні схеми біотехнічних апаратів та систем; оцінюють ефективність біотехнічних систем.

Орієнтовні завдання для самостійної роботи студентів:

1. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність приладу для децихвильової терапії.
2. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність портативного електрокардіографа.
3. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність приладу для вимірювання насичення крові киснем.
4. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність системи для попередження засинання водія за кермом.
5. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність приладу для електротерапії високочастотним струмом.
6. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність приладу для світлодіодної терапії.
7. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність приладу для лабораторного аналізу крові.
8. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність ультразвукового ехоскопа.
9. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність цитофлуориметра.
10. Розробити функціональну схему та оцінити ефективність цифрового приладу для вимірювання артеріального тиску.

3.2 Приклад розв’язування завдань

Розроблення функціональної схеми приладу газорозрядної візуалізації

Завдання: розробити функціональну схему приладу газорозрядної візуалізації.

Особливості реалізації приладу ГРВ обумовлені фізикою процесу візуалізації. Сутністю методу ГРВ-графії є вивчення характеристик газового розряду, індукованого електронно-оптичною емісією об’єкту, що знаходиться в електромагнітному полі (ЕМП) високої напруженості. При цьому характеристики газового розряду відбивають як внутрішні

властивості самих досліджуваних об’єктів, так і властивості зовнішнього середовища та ЕМП.

Аналіз процесів розвитку лавинного газового розряду в плоскопаралельному газовому проміжку показує, що електронна лавина виникає в той момент, коли рівень зовнішньої напруги, прикладеної до цього проміжку, стає рівним потенціалу запалювання розряду.

Електронна лавина, яка виникає в якійсь точці простору, поширюється по прямій лінії до аноду; її поява супроводжується імпульсом струму у розрядному ланцюгу і світінням газу. В міру того, як напруга стає вищою, ніж потенціал запалювання розряду, збільшується амплітуда імпульсу струму і пропорційно їй – інтенсивність світіння, а також кількість розрядних актів (лавин), що приходяться на одиницю площі поверхні електроду. Параметри світіння лавини залежать від хімічного складу газового середовища, який визначає спектральний склад та інтенсивність цього світіння.

Блок візуалізації має забезпечувати можливість отримування зображення газового розряду і реєстрації його за допомогою фотоапарату або камери, а останні бути сумісними з комп’ютером для подальшого аналізу зображень.

Прилад живиться з мережі змінного струму 220 В / 50 Гц через блок живлення. Він має малий струм втрат, захист від короткого замикання, перевантаження, перенапруги. Працює на фіксованій частоті 65 кГц, має пасивну систему охолодження і забезпечує вихідну потужність до 45 Вт. Рівень вихідної напруги (24 В) може регулюватися в діапазоні –5 %...+10 %.

Блок керування виконаний на основі мікросхеми TL494, генерує прямокутні біполярні імпульси імпульсів напругою 48 В. Частота імпульсів регулюється в межах 1…200 кГц, а шпаруватість – в межах 5 % … 95 %.

Для контролю цих параметрів введений блок моніторингу.

Високовольтний блок формування високовольтної напруги являє собою підвищуючий трансформатор, вихідна напруга якого становить приблизно 15 кВ. До виходів ТВР підключаються електроди. Пристроєм реєстрації зображення служить цифровий фотоапарат чи відеокамера.

Пристрій реєстрації з’єднаний з блоком моніторингу. Отримані зображення передаються за допомогою USB кабеля до персонального комп'ютера, де відбувається їх подальша обробка та аналіз.

Встановлено, що частота імпульсів високої напруги суттєвого значення не має; газорозрядна візуалізація може відбуватися як у постійному, так і в змінному полі з частотою до сотень кілогерц. Але більш бажаною є висока частота, оскільки в цьому випадку струм протікає по поверхні об’єкту, не проникаючи вглиб.

При дослідженні біологічних об’єктів для зменшення впливу сильного електричного поля на об’єкт тривалість імпульсів повинна бути значно меншою, ніж тривалість пауз між сусідніми імпульсами.

Узагальнену функціональну схему приладу зображено на рис. 3.1.

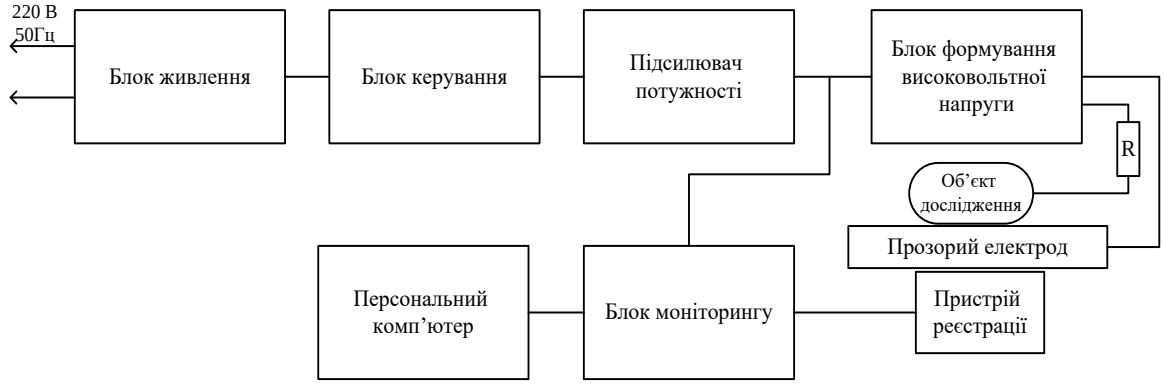


Рисунок 3.1 – Функціональна схема приладу газорозрядної візуалізації

Оцінювання ефективності біотехнічної системи

Завдання: оцінити ефективність діагностичної системи контролю зовнішнього дихання людини.

В загальному вигляді ефективність БТС E визначається за формулою:

$$E = \frac{P}{W}, \tag{3.1}$$

де P – ефект, що досягається при використанні БТС;

W – витрати на досягнення ефекту.

Під ефектом розуміють певні параметри результату функціонування БТС; в залежності від цільової функції системи це може бути продуктивність, пропускна здатність, кількість інформації, що опрацьовується або отримується, ймовірність виконання задачі тощо.

Витрати, тобто засоби досягнення результату, можуть виражатись роботою (енергією), коштами, психофізичною енергією, кількістю енергоносіїв, часу тощо, які необхідні для досягнення визначеного ефекту.

Знайдемо показник ефективності функціонування діагностичної системи контролю зовнішнього дихання людини в умовах дії фізичного навантаження. Цільова функція респіраторної системи полягає в підтримці постійного рівня насичення артеріальної крові киснем (pO_2), необхідного для життєдіяльності організму. Для вибору атрибутів системи розглянемо функціональну схему системи зовнішнього дихання.

Оцінка рівня pO_2 здійснюється тканинними рецепторами, які визначають витрати кисню на окислювальні процеси в організмі, артеріальними хеморецепторами, які оцінюють величину pO_2 в сонній артерії та аорті, і медулярними хеморецепторами. Ефект пристосування в

системі досягається за рахунок підключення різних механізмів регуляції – ефекторних підсистем.

Система рухових нервів, яка керує роботою дихальних м'язів, може впливати на результат діяльності системи шляхом вимірювання глибини і частоти дихання. Серцево-судинна система може змінювати периферичний судинний опір, ударний об'єм серця, частоту серцевих скорочень. Кровоносна система реагує на зміну pO_2 шляхом зміни біохімічних параметрів крові, рівня гемоглобіну і т. д.

Ефективність діагностичної системи тоді буде визначатись вибором фізіологічних параметрів для оцінки стану системи зовнішнього дихання.

В якості атрибутів для оцінки показника ефективності системи необхідно вибрати показники, які описують параметри результату і витрати на його досягнення. Атрибути системи повинні бути доступні для вимірювання за допомогою поширених неінвазивним методик.

Розглянемо взаємозв'язок показників функціонування ефекторних підсистем організму людини: ЧСС, ударного об'єму кровообігу (УО), периферичного судинного опору (ПСО), об'єму вентиляції (ОВ), частоти дихання (ЧД). Для характеристики затрат використовуємо показник хвилинного поглинання кисню ($ХО_2$). Характеристиками ефективності підсистем в умовах дії фізичного навантаження можуть слугувати відношення:

- для кровообігу – ΔХОК / Δ $ХО_2$;
- для судинного тонусу – ΔПСО / Δ $ХО_2$;
- для дихальних м'язів – ΔМОД / Δ $ХО_2$.

Δ(показника) визначається як відношення показника у стані спокою до величини показника при навантаженні. Середній артеріальний тиск крові АТ = f (ХОК · ПСО); хвилинний об'єм кровообігу ХОК = ЧСС · УО; хвилинний об'єм дихання ХОД = ЧД · ОВ.

Показники ефективності підсистем виражають участь кожної з підсистем у забезпеченні результату пристосування організму. Таким чином, показники ОВ, ЧД та $ХО_2$ характеризують витрати, а показники ЧСС, УО та ПСО – результат роботи системи. Тоді інтегральний показник ефективності *ІПЕ* може бути сформульований у вигляді

$$ІПЕ = \frac{\Delta AT}{\Delta O_2}. \qquad (3.2)$$

ІПЕ опосередковано відображає можливості мобілізації системи підтримання pO_2 (через кровотік, ОВ і т. п.). Однак, при вирішенні практичних задач *ІПЕ* виконує функцію оцінки діяльності системи в цілому в умовах навантаження, наприклад, при ортостатичній пробі.

ІПЕ виражає співвідношення регуляції в органах взаємодії з середовищем і в органаз транспортного забезпечення організму. В

узагальненому фізіологічному сенсі *ІПЕ* відображає співвідношення енергії, яка регулюється у внутрішньому середовищі організму, до поглинання кисню, що використовується з цією метою.

Надійність в БТС неможливо оцінити таким чином, як це роблять у техніці. Це пов'язано з тим, що біологічні об'єкти – це складні системи з ієрархічною розгалуженою структурою, надлишковістю, що підтримується неперервним самовідтворенням елементів. Щодо технічних ланок БТС, то для них застосовуються традиційні підходи. В нормальних умовах функціонування можна говорити лише про зниження ефективності системи при відмові її елементів. Як показник, що характеризує надійність БТС, може бути обрана величина відносного зниження ефективності:

$$\Delta E = \frac{(E_н - E_в)}{E_н}, \tag{3.3}$$

де $E_н$ – показник ефективності системи, коли всі її елементи функціонують нормально;

$E_в$ – показник ефективності системи при відмові елементів з заданою інтенсивністю.

Якість управління в БТС характеризує процес переходу системи з одного стану в інший під дією зовнішніх або внутрішніх факторів.

Зовнішні або внутрішні чинники виражаються за допомогою вектора керуючого впливу, який впливає на вихідні реакції системи. Показник якості управління можна визначити шляхом порівняння ефективності системи для декількох варіантів керування.

4 ВКАЗІВКИ ДО ПІДГОТОВКИ І НАПИСАННЯ РЕФЕРАТІВ

Під час вивчення дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» деяка частина самостійної роботи студентів відводиться на написання рефератів за заданою темою. Як правило, за один модуль виконується один реферат.

Реферат оформляється у формі есею – лаконічного, логічно та інженерно обґрунтованого відгуку про задану наукову статтю. Наприклад, завдання для написання реферату може бути таке:

«Виконайте реферат наукової статті [13] та дайте їй фахову оцінку».

У рефераті слід навести дані про авторів статті, викласти основні положення статті, визначити її наукову або інженерно-технічну новизну, прикладне значення. Варто зауважити, на які джерела опирались автори при написанні статті, чи достатньо широкою та сучасною літературою вони користувались.

При аналізі статті необхідно використовувати підручники, навчальні посібники, інші наукові джерела, патенти тощо. Слід використати не менше 3 джерел, на які потрібно навести посилання наприкінці реферату.

Реферат потрібно закінчити висновком щодо актуальності та наукового рівня матеріалу, наведеного в аналізованій статті, та надати рекомендації щодо подальшого використання результатів, одержаних у статті.

Обсяг реферату не повинен перевищувати двох сторінок формату А4. Вимоги до оформлення: поля аркуша – зверху і знизу по 1,5 см, зліва і справа – по 2 см; міжрядковий інтервал одиничний; кегль шрифту 14.

Вгорі аркуша вказується ім'я, прізвище та група здобувача вищої освіти, дисципліна та номер навчального модуля (вирівнювання по правому краю); нижче по центру вказується завдання на реферат. При цьому аналізована стаття повинна бути першою у переліку посилань.

Кількість балів, виділена на реферат, терміни виконання та додаткові вимоги оголошуються викладачем на аудиторних заняттях.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Krzysztof Iniewski. Biological and Medical Sensor Technologies. CRC Press. 2017. ISBN 978-1-138-07321-0.
2. Andreas Inmann, Diana Hotgins. Implantable sensor systems for medical applications. Woodhead Publishing. 2013. ISBN 9781845699871.
3. Yang, Guang-Zhong (Ed.) Implantable Sensors and Systems: From Theory to Practice. Springer. 2018. ISBN 978-3-319-69748-2.
4. Ndjountche, Tertulien Chemical Sensors and Biosensors for Medical and Biological Applications, Wiley-VCH, 2016. ISBN-10: 3527288554.
5. Ursula E. Spichiger-Keller, Digital Electronics 2:Sequential and Arithmetic Logic Circuits, John Wiley & Sons, 1998. ISBN: 978-1-848-21985-4.
6. Kyung, C.-M., Yasuura, H.,Liu, Y., Lin, Y.-L. (Eds.), Smart Sensors and Systems: Innovations for Medical, Environmental, and IoT Applications, Springer, 2017. ISBN 978-3-319-33201-7.
7. Н.А. Кореневский, Е.П. Попечителев, С.А. Филист, Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий: монография, Курск: Курская городская типография, 1999.
8. Nordin, Margareta, and Victor Hirsch Frankel, eds, Basic biomechanics of the musculoskeletal system Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
9. Nilanjan Dey Jyotismita, Chaki Rajesh Kumar, Sensors for Health Monitoring, 1st Edition, Academic Press, 2019. ISBN: 9780128193617.
10. George K.Knopf, Amarjeet S. Bassi, Smart Biosensor Technology, CRC Press Published, 2018. ISBN 9781498774482.

11. Materials for Biomedical Applications.MIT Course Number 3.051J / 20.340J. https://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-051j-materials-for-biomedical-applications-spring-2006/

12. Design of Medical Devices and Implants. MIT Course Number 2.782J / 3.961J / 20.451J / HST.524J. https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-782j-design-of-medical-devices-and-implants-spring-2006/

13. Biomaterials-Tissue Interactions. MIT Course Number 20.441J / 2.79J / 3.96J / HST.522J. https://ocw.mit.edu/courses/biological-engineering/20-441j-biomaterials-tissue-interactions-fall-2009/

14. Злепко С. М. Біотехнічні системи медичного призначення. Ч. 1. Біологічні та біотехнічні системи як об’єкти дослідження : навчальний посібник / С. М. Злепко, М. М. Данильчук, Л. В. Загоруйко. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 76 с.

15. Основи біомедичного радіоелектронного апаратобудування : навчальний посібник / С. М. Злепко, С. В. Павлов, Л. Г. Коваль, І. С. Тимчик ; МОН України. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 134 с.

16. Медична апаратура спеціального призначення : навчальний посібник / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, Н. М. Гаврілова, І. С. Тимчик ; МОН України. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 159 с.

17. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів : навчальний посібник / В. Г. Абакумов, С. М. Злепко, З. Ю. Готра та ін. ; МОН України. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 352 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» для студентів спеціальності
163 - Біомедична інженерія

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів» для студентів спеціальності 163 - Біомедична інженерія