

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 38 / 1</i>

Затверджено науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від 24.06.2024 р. №3

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання комплексного курсового проекту
«ПРОЄКТУВАННЯ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ»
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійна програма «Біомедична інженерія»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Розглянуто і рекомендовано
на засіданні кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях
протокол від 21 червня 2024 р. № 6

Розробник: к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій у медицині
та телекомунікаціях Оксана КОРЕНІВСЬКА

Житомир
2024 р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 2

ЗМІСТ

1 ТЕМАТИКА, СТРУКТУРА І ЗМІСТ КОМПЛЕКСНОГО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ.....	3
1.1 Мета та задачі комплексного курсового проєкту.....	3
1.2 Організація та тематика комплексного курсового проєкту.....	5
1.3 Структура комплексного курсового проєкту.....	7
1.4 Рекомендації до оформлення пояснювальної записки ККП.....	12
1.5 Послідовність виконання комплексного курсового проєкту.....	16
1.6 Основні поняття про біотехнічні системи.....	17
1.7 Приклад розробки біотехнічної системи лазерного впливу.....	22
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ТА ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ..	32
ДОДАТКИ	
Додаток А. Приклад оформлення титульного аркуша.....	34
Додаток Б. Індивідуальне завдання на ККП.....	35
Додаток В. Приклад оформлення бібліографічних посилань.....	36

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 3

1 ТЕМАТИКА, СТРУКТУРА І ЗМІСТ КОМПЛЕКСНОГО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1.1 Мета та задачі комплексного курсового проєкту

Комплексний курсовий проєкт (ККП) – вид самостійної навчально-наукової діяльності з елементами дослідження та технічної творчості, що виконується студентами закладів вищої освіти у вигляді письмової роботи, оформленої за відповідними правилами.

Комплексний курсовий проєкт завершує дослідно-конструкторські навички студента ставить своєю метою систематизацію, закріплення й розширення теоретичних і практичних знань отриманих під час навчання.

Мета комплексного курсового проєкту полягає в практичному освоєнні студентами знань, отриманих на лекційних і практичних заняттях за фахом, їх поглибленні та розвитку у студентів навичок самостійної роботи розрахункового і конструкторського характеру.

Виконання курсового проєкту з дисципліни є важливим етапом при підготовці кваліфікованих фахівців і може розглядатися як підготовчий етап до виконання кваліфікаційної роботи.

У процесі виконання проєкту студент повинен показати, що він вміє застосувати теоретичні й практичні знання для самостійного вирішення поставлених у проєкті інженерних завдань, спрямованих на розробку біотехнічної системи.

ККП виконується з метою:

- закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних студентами за час навчання та їх застосування до комплексного розв'язання конкретного фахового завдання;
- формування вміння аналізувати літературні джерела і самостійно знаходити відповіді на поставлені проблеми;
- закріплення вмінь опрацювання і використання наукової літератури;
- поглибленого опанування комплексів предметів, важливих для обраного фаху в певній галузі;
- виявлення студентів, схильних до наукової роботи;
- отримання студентами вмінь формулювати власні висновки, чітко аргументувати, обґрунтовувати рекомендації і пропозиції з теми роботи;
- удосконалення вмінь виступати, обґрунтовувати власний погляд;
- формування здатності до систематичної самостійної роботи;
- формування первинних умінь і навичок проведення наукових досліджень.

У результаті виконання ККП студент повинен оволодіти знаннями (знати): основні етапи проектування медико-біологічних систем; медико-технічні вимоги до електронної апаратури медичного призначення; особливості

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 4

проектування біотехнічних систем; методи моделювання складних систем і визначення критеріїв їх оцінювання; принципи адаптації технічних і біологічних вузлів у медичних системах; визначення адекватності моделі; методи синтезу структур біотехнічних систем різного призначення; принципи вибору параметрів терапевтичних систем та апаратів; методи вибору та синтезу систем відображення та обробки інформації; структури та особливості застосування інтелектуальних систем у медицині;

уміти: моделювати системи медичного призначення; синтезувати структури біотехнічних систем різного призначення (діагностичні, терапевтичні, хірургічні, системи заміщення органів і систем, системи підтримки гомеостазу); проводити дослідження обсягу інформації в системі; складати та аналізувати інформаційні моделі біотехнічних систем; проектувати вузли реєстрації медичної інформації; проектувати електронні вузли медичних систем; проектувати системи відображення та первинної обробки інформації; розробляти еталони та метрологічне забезпечення біотехнічних систем різного рівня, тощо.

Зміст освітньої компоненти направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія»:

ЗК-1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК-2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК-3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

СК-1. Здатність вирішувати комплексні проблеми біомедичної інженерії із застосуванням методів математики, природничих та інженерних наук.

СК-2. Здатність розробляти робочу гіпотезу, планувати і ставити експерименти для перевірки гіпотези і досягнення інженерної мети за допомогою відповідних технологій, технічних засобів та інструментів.

СК-3. Здатність аналізувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми та здійснювати їх формалізацію для знаходження кількісних рішень із застосуванням сучасних математичних методів та інформаційних технологій.

СК-4. Здатність створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення.

СК-5. Здатність розробляти технічні завдання на створення, а також моделювати, оцінювати, проектувати та конструювати складні біоінженерні та медико-інженерні системи і технології.

СК-6. Здатність досліджувати біологічні та технічні аспекти функціонування та взаємодії штучних біологічних і біотехнічних систем.

СК-7. Здатність працювати в багатопрофільному колективі та застосовувати психологічні методи та технології для розуміння психологічних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 5

особливостей здобувачів освіти, для викладання та/або наставництва в галузі біомедичної інженерії.

СК-8. Здатність генерувати ідеї для хардверних застосунків та проектувати їх розвиток.

СК-9. Здатність розуміти принципи роботи радіологічної, рентгенівської та томографічної апаратури.

Отримані знання стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія»:

РН-1. Проектувати, конструювати вдосконалювати та застосовувати медико-технічні та біоінженерні вироби, прилади, апарати і системи з дотриманням технічних вимог, а також супроводжувати їх експлуатацію.

РН-2. Аналізувати і вирішувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми із застосуванням математичних методів та інформаційних технологій.

РН-3. Створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для всебічного дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення.

РН-4. 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.

РН-7. Презентувати результати досліджень і розробок державною та іноземною мовами у вигляді заявок на винахід, наукових публікацій, доповідей на науково-технічних заходах. *Спілкуватись іноземною мовою, розуміти іношомовні тексти загальнонаукової та медико-інженерної тематики, письмово викладати результати власної діяльності, вести ділову переписку іноземною мовою.*

РН-8. *Уміти розвинути ідею до хардверної реалізації, організувати роботу над нею та проектувати діючі прототипи в галузі біомедичної інженерії.*

РН-9. *Вміти проектувати, експлуатувати, встановлювати та налагоджувати, технічно обслуговувати томографічну, рентгенівську та радіоізотопну апаратуру.*

1.2 Організація та тематика комплексного курсового проєкту

Комплексний курсовий проєкт «Проектування біотехнічної системи» (БТС) присвячений організації біотехнічних систем, які застосовуються у медичній практиці. Курсовий проєкт може носити як теоретичний, так і розрахунковий характер, а зміст її полягає у вивченні й узагальненні матеріалу літературних джерел за певною темою; проведення класифікації методів,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 6

приладів, систем; розробці їх структурно-функціональних схем, моделюванні роботи, автоматизованому аналізу даних або біосигналів тощо.

Тематика курсових проєктів прив'язується до конкретного типу виробів медичної техніки. Студент може сам запропонувати тему, яка його цікавить, але вона повинна бути обов'язково схвалена керівником курсової роботи і затверджена на засіданні кафедри. Захист робіт з тем, які не були затверджені, не допускається.

Приклади тем комплексних курсових проєктів для студентів спеціальності «Біомедична інженерія»:

Біотехнічна система реєстрації пульсового сигналу фотоплезмографічним методом

Біотехнічна система добового моніторингу рівня глюкози в крові

Біотехнічна система визначення рівня білірубіну

Біотехнічна система аналізу фізіологічного стану спортсменів до та після навантажень

Біотехнічна система реєстрації рівня серцебиття

Біотехнічна система добового моніторингу фізіологічних показників пацієнтів

Біотехнічна система контролю стану серцево-судинної системи

Біотехнічна система оцінювання психоемоційного стану людини

Біотехнічна система оцінювання стану кровообігу людини на основі аналізу добового серцевого ритму

Біотехнічна система оцінки стану м'язів (міостимулятор)

Біотехнічна система для низькочастотної магнітотерапії

Біотехнічна система для ультразвукової хірургії

Біотехнічна система для ультразвукової терапії

Біотехнічна система аероіонотерапії з каналом контролю концентрації легких іонів кисню

Біотехнічна система для дециметрової хвильової терапії

Біотехнічна система для вимірювання насичення крові киснем

Біотехнічна система для попередження засинання водія за кермом

Біотехнічна система для електротерапії високочастотним струмом

Біотехнічна система для світлодіодної терапії

Біотехнічна система для лабораторного аналізу крові

Завдання на курсове проєктування розробляється спільно студентом та викладачем і оформляється на бланку, форма якого затверджена навчальним закладом.

Комплексний курсовий проєкт виконується кожним студентом самостійно, у строгій відповідності з календарним планом. Проєкт складається із пояснювальної записки, графічної частини та результатів моделювання. За прийняті в проєкті технічні й економічні рішення, а також за правильність всіх обчислень і графічних робіт повністю відповідає студент – автор проєкту. При

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 7

роботі над курсовим проектом студент повинен виявити по можливості більшу самостійність.

Захист комплексного курсового проекту проходить у строки, призначені викладачами кафедри, і починається доповіддю студента по темі проекту. Захист проводиться перед комісією у складі двох-трьох викладачів. На захисті студент повинен знати зміст своєї роботи, орієнтуватися в тематиці роботи, уміти докладно викласти та за необхідності продемонструвати на матеріалах роботи суть кожного її розділу. Студент повинен освоїти принципи аналізу та синтезу біотехнічних систем та продемонструвати уміння їх практичного застосування на матеріалі своєї курсової роботи. Після доповіді студентів задаються питання й оголошується оцінка. При цьому враховується як якість проекту, так й якість доповіді й відповідей студента.

Якщо студент після захисту роботи набрав у сумі від 35 до 59 балів, йому ставиться оцінка «незадовільно», але він має право на повторний захист свого курсового проекту.

У випадку, якщо студент набрав менше 35 балів, йому виставляється оцінка «незадовільно». Для одержання позитивної оцінки він повинен повторно виконати комплексний курсовий проект за новою темою.

1.3 Структура комплексного курсового проекту та порядок його написання

Робота складається з таких обов'язкових елементів:

- 1) титульний аркуш;
- 2) індивідуальне завдання;
- 3) зміст;
- 4) анотація;
- 5) перелік умовних позначень і скорочень (за необхідності);
- 6) реферат;
- 6) вступ;
- 7) основна частина;
- 8) висновки;
- 9) перелік посилань;
- 10) додатки.

Зразки оформлення титульного аркуша та індивідуального завдання наведені у додатках А та Б, відповідно. Завдання повинне бути підписане самим студентом, викладачем і завідувачем кафедрою.

Анотація призначена для короткого і стислого ознайомлення з роботою. Головні вимоги до анотації – інформативність, лаконічність, достовірність. Вона повинна містити відомості, які найбільш повно характеризують виконану роботу. Обсяг анотації визначається як 10–12 рядків тексту, в яких викладається суть, описується структура і основні результати роботи. В разі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Аркуш 38 / 8

потреби в анотації можна навести числові дані, якими характеризуються результати роботи. Вміст анотації повинен повністю відповідати вмісту роботи та не містити даних, яких немає в основному тексті курсової роботи.

Анотація оформлюється на окремому аркуші. Слово «АНОТАЦІЯ» ставиться по центру, після нього пропускається рядок, а сам текст анотації пишеться з абзацу з вирівнюванням по ширині.

Анотація оформляється двома мовами: українською та англійською. Англійська версія анотації розміщується через 2–3 порожніх рядки нижче україномовної. Вона повинна бути дослівним перекладом україномовної, при цьому допускаються стилістичні зміни.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів включається до пояснювальної записки у випадку, коли таких скорочень є не менше п'яти і кожне з них зустрічається більше ніж на одній сторінці.

Оформляється у вигляді таблиці з невидимими межами: в лівій вузькій колонці розміщується позначення або скорочення, а у правій широкій – розкриття його змісту, перед яким ставиться тире.

Зміст – це перелік всіх структурних елементів ККП з позначенням сторінок, на яких вони розміщені. Вимоги до оформлення змісту наведено у підрозділі 2.2 цих методичних рекомендацій.

Вступ до комплексного курсового проекту призначений для загального викладення тематики роботи і питань, які розв'язуються у пояснювальній записці. У вступі необхідно окреслити коло інтересів і виокремити проблемне питання, що відповідає темі роботи, визначити актуальність теми роботи (чому ця тема важлива на сучасному етапі розвитку медицини і медичної апаратури). У вступі обов'язково зазначається мета курсового проектування – описується, що необхідно одержати в результаті його виконання. Потрібно також визначити об'єкт і предмет дослідження (об'єкт дослідження – область науки і техніки, до якої належить тема курсового проекту; предмет дослідження – частина вказаної області, яка безпосередньо розглядається або досліджується в курсовому проекті). Обсяг вступу – 1-3 сторінки.

Реферат повинен відбивати основний зміст виконаної роботи. Реферат будується за наступною схемою: відомості про обсяг текстового й графічного матеріалу, кількості ілюстрацій, таблиць і найменувань використаної літератури; сутність виконаної роботи, відмінні риси проектного пристрою. Наводяться відомості про структуру роботи – які частини містить курсовий проект. Обсяг реферату – 1-2 сторінки.

Основна частина комплексного курсового проекту подається у вигляді трьох логічно взаємопов'язаних розділів. Назви розділів необхідно формулювати з прив'язкою до теми курсового проекту. Пояснювальну записку потрібно ілюструвати рисунками і таблицями, які доповнюють основний текст. Розглянемо зміст пояснювальної записки детальніше за розділами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 9

Розділ 1 (обсяг до 10 сторінок) повинен містити огляд біологічної складової біотехнічної системи, яка розглядається в проєкті. Необхідно навести основні поняття і показники, які характеризують функціонування біологічної складової (організму людини) та дослідити їх з позиції системного аналізу. Це означає проаналізувати процеси регулювання в організмі у комплексі, вказуючи на характер взаємозв'язку між різними фізіологічними системами, що формує єдину функціональну систему цілісного організму. Кількість підрозділів – довільна.

Розділ 2 (обсяг до 10-15 сторінок) присвячується аналізу методів та методик дослідження біологічного об'єкта або впливу на нього. Предметом аналізу в даному розділі повинні бути біофізичні ефекти та їх використання для взаємодії біологічної та технічної складової БТС. Особливу увагу слід звернути на методи реєстрації біологічних потенціалів та на обробку одержаних сигналів. У випадку впливу технічної складової на організм людини необхідно розглянути питання дозиметрії та нормування цього впливу. В розділі наводиться аналіз тенденцій розвитку відповідних приладів, проблеми їх розвитку, техніко-економічне обґрунтування їх виробництва. Також в розділі проводиться моделювання процесів взаємодії елементів біологічної та технічної систем. Кількість підрозділів – довільна.

Розділ 3 (обсяг 10–15 сторінок) повинен складатись з трьох підрозділів. Перший має містити аналіз технічної складової БТС. В ньому необхідно розглянути всі частини технічної складової БТС і обґрунтувати їх технічні характеристики. Необхідно визначити та обґрунтувати типи і засоби керування у цих БТС. Слід навести і розглянути не менше двох існуючих аналогів БТС, яка досліджується.

Другий підрозділ присвячується синтезу БТС відповідно до теми комплексного курсового проєкту. При цьому слід керуватись системним підходом, який полягає у знаходженні оптимальних рішень при одночасному врахуванні максимальної кількості груп факторів і обмежень (конструктивних, технологічних, організаційних, а також пов'язаних зі специфікою біологічного об'єкта). Проводиться електричний розрахунок окремих каскадів, елементів і ланцюгів, розрахунок та моделювання роботи БТС на комп'ютері.

Основні засади створення БТС можна звести до двох принципів:

а) принцип адекватності – необхідність узгодження конструктивних параметрів та характеристик керування (сигналів різної природи) між біологічними і технічними елементами БТС;

б) принцип єдності інформаційного середовища – необхідність узгодження властивостей інформаційних потоків, якими обмінюються біологічні та технічні елементи БТС (організація прямого і зворотного зв'язку).

За можливістю рекомендується використовувати біонічну методологію [1], що визначається ієрархічністю побудови, розподілу інформації; здатністю до внутрішньої і зовнішньої адаптації; врахування психофізіологічного чинника

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 10

(психоемоційного стану людини в процесі діагностики або лікування) та забезпечення електробезпеки пацієнта і лікаря.

Детальніше про застосування принципів синтезу біотехнічних систем можна ознайомитись в [1–4]. Результатом синтезу повинні бути структурні, функціональні та принципіальні схеми відповідної БТС. Ці схеми виконуються на окремих аркушах і розміщуються в додатках.

Третій підрозділ повинен містити оцінку ефективності та надійності БТС. Ефективність – це основна функціональна характеристика БТС, це величина, яка показує ступінь спроможності системи виконувати свої цільові функції в умовах взаємодії системи з зовнішнім середовищем і за заданих умов.

Такий показник функціонування, як ефективність, дає аналітичне уявлення та кількісну міру для оцінювання властивостей БТС та використовується для порівняння різних варіантів побудови системи і різних способів її опису за критерієм оптимальності. Показник ефективності БТС характеризує ступінь пристосованості елементів системи до виконання певних задач. Формування показника побудовано на оцінюванні співвідношення результату функціонування БТС із засобами, які використовуються для досягнення зазначеного результату.

В загальному вигляді ефективність БТС E визначається за формулою:

$$P = E \cdot W,$$

де P – ефект; 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.

Таким чином, ефективність різних систем виражається різними одиницями. Студентам необхідно вибрати і обґрунтувати параметри для оцінювання ефективності БТС за темою роботи. Приклади визначення ефективності БТС наведено у [3, С. 26–34].

Методика визначення ефективності БТС розробляється особисто студентом та ухвалюється керівником ККП на консультаціях. Самостійність та аналітично-науковий підхід при розробці методики оцінювання ефективності БТС враховується при оцінюванні керівником.

Висновки. У висновках підводяться підсумки виконання студентом комплексного курсового проекту. У стислій формі подаються отримані результати по всіх розділах роботи. Положення, задекларовані у висновках, виносяться на захист курсового проекту. Тому вони мають бути чітко і однозначно сформульовані та повністю відповідати змісту основної частини роботи. У висновках зазначається, чи була досягнута мета роботи. Висновки

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 11

повинні бути підкріплені фактичним матеріалом і не носити декларативний характер.

Зразки повних і декларативних формулювань висновків наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Приклади формулювання висновків

Зразки декларативних висновків (неправильне формулювання)	Зразки повних висновків (правильне формулювання)
Було описано кровоносну систему людини та визначені основні показники функціонального стану, що визначаються на основі її аналізу	Проведений огляд кровоносної системи дозволив визначити показники, за допомогою яких можна оцінити функціональний стан людини, а саме: частота серцевих скорочень, артеріальний тиск та насичення крові киснем
В роботі розглянуто системи підтримки життєдіяльності організму людини	В результаті аналізу існуючих систем підтримки життєдіяльності організму людини визначені їх спільні характерні особливості (вказати, які), що дозволило визначити загальні вимоги до таких систем
У роботі визначено терапевтичний вплив електромагнітного поля на організм людини	На основі проаналізованих джерел у роботі визначено, що електромагнітне поле з частотою 1–10 Гц та густиною потужності 10 мВт/см ² позитивно впливає на загоєння післяопікових рубців на шкірі (тривалість реабілітації зменшується на 2 тижні)
В роботі побудована структурна схема приладу для світлодіодної терапії	На основі загальних вимог до систем світлової терапії в роботі побудована схема електрична структурна приладу для світлодіодної терапії, яка включає в себе (перерахувати блоки схеми)

Обсяг висновків 1-2 сторінки.

Список літератури. Список літератури повинен містити джерела, на які в тексті пояснювальної записки є посилання. Кожне джерело нумерується й записується з нового рядка. Відомості про джерела повинні включати прізвища й ініціали авторів, назва книги (або, статті, назва журналу), місце видання, видавництво й рік видання, кількість сторінок у книзі.

Перелік посилань на використані літературні джерела та електронні ресурси оформляється згідно з ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». Посилання оформляються мовою оригіналу джерела.

Джерела у переліку посилань проставляються у порядку появи посилань на них по тексту у квадратних дужках, наприклад, «у роботах [2]—[7]». При виконанні комплексного курсового проекту студенти повинні використовувати сучасні літературні джерела, а також достовірні Інтернет-ресурси. Достовірними вважаються ті статті, які опубліковані на наукових сторінках, сайтах наукових журналів, офіційних веб-ресурсах компаній та фірм. Вони повинні мати постійну URL-адресу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 12

Використані літературні джерела повинні бути актуальні та якомога новіші. Рекомендується використовувати статті з наукових журналів, в тому числі іншомовних. Для пошуку таких статей рекомендується користуватися наукометричними базами наукових публікацій, такими як Scopus, Web of Science, Knowledge, eLIBRARY, Google Scholar, електронний ресурс Національної бібліотеки України ім. В. І. Вернадського.

Посилаючись на структурні елементи роботи, треба використовувати такі вирази: «у розділі 2», «див. 3.1», «відповідно до 2.3.1», «(рисунк 1.2)», «відповідно до таблиці 1.2», «згідно з формулою (1.1)», «у формулах (1.2 -1.5)», «(додаток Б). Дозволяється в посиланні використовувати загальноприйняті скорочення, наприклад, «згідно з рис. 1», «див. табл. 2.3» тощо.

Додатки слід оформляти у вигляді окремої частини, розташовуючи їх після переліку посилань. Додатки містять матеріали довідкового характеру у вигляді таблиць, графіків, комп'ютерних програм і роздруківок результатів, параметрів окремих елементів і вузлів, використовуваних у проектованому пристрої. Перший аркуш додатків містить лише слово «ДОДАТКИ» по центру аркуша. Далі додатки розміщуються в порядку появи посилань на них у тексті курсового проекту. Кожен наступний додаток повинен починатись з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок (напр., «Додаток А»), надрукований в першому рядку аркуша, та назву (напр., «Схема електрична структурна») в другому рядку. Вирівнювання – по центру. Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь. Допускається розміщення додатків на аркушах альбомної орієнтації.

1.4 Рекомендації до оформлення пояснювальної записки ККП

Пояснювальну записку друкують шрифтом Times New Roman на одній сторінці аркуша білого паперу формату А4 (210 × 297 мм) через півтора міжрядкові інтервали кеглем 14. У разі потреби можна також подати таблиці та ілюстрації на аркушах формату А3. Шрифт друку повинен бути чітким, чорного кольору середньої жирності. Щільність тексту повинна бути однаковою. Параметри сторінки: зліва – не менше 25 мм, справа – не менше 10 мм, зверху та знизу – не менше 20 мм. Абзаци в тексті починаються з відступом 15 мм.

Загальний обсяг роботи – 40–60 машинописних сторінок. Не допускається використання ксерокопій або відсканованих фрагментів тексту.

Рубрикація записки. Записка розбивається на глави (розділи), підрозділи, пункти; кожний з них нумерується. Розділи й підрозділи повинні мати змістовні заголовки. Заголовки друкують з абзацного відступу великими літерами напівжирним шрифтом без крапки в кінці. Дозволено їх розміщення також симетрично до тексту. Заголовки підрозділів, пунктів та підпунктів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 14

в цьому розділі, які відокремлюють крапкою. Назву таблиці друкують з великої літери і розміщують над таблицею з абзацного відступу, наприклад: «Таблиця 1.2 — Характеристики приладу». Слово «Таблиця» подають лише один раз над першою частиною таблиці. Над іншими частинами таблиці з абзацного відступу друкують «Продовження таблиці » і вказують номер таблиці, наприклад: «Продовження таблиці 1.2».

Формули розміщують по центру сторінки, дотримуючись симетрії. Крім того, формули потрібно виділяти з тексту, залишаючи вище і нижче кожної формули один вільний рядок.

Формули, за винятком формул, наведених в додатках, потрібно нумерувати наскрізною нумерацією арабськими цифрами, які записують на рівні формули праворуч у крайньому положенні в круглих дужках. Одну формулу позначають (1). Нумерують лише ті формули, на які є посилання в тексті роботи чи додатка.

Формули, наведені в додатках, потрібно нумерувати окремою нумерацією арабськими цифрами в межах кожного додатку з додаванням перед кожною цифрою позначення додатку, наприклад; «...у формулі (В.1) ».

Допускається нумерація формул в межах розділу. В цьому випадку номер формули складається з номера розділу та порядкового номера формули в розділі, розділених крапкою.

Для позначення фізичних величин використовують міжнародні або українські їх позначення. Літерні позначення одиниць потрібно виконувати прямим шрифтом. Крапку, як знак скорочення одиниці, не ставлять.

Позначення одиниць проставляють після числового значення величини та розташовують в один рядок з ними (без перенесення на наступний рядок). Між цифрою і позначенням одиниці слід залишити проміжок в один знак (100 kW або 100 кВт). Виняток складають позначення у вигляді знаку, піднятого над рядком (20°C).

У тексті документа числа з позначенням фізичної величини слід писати цифрами, а без позначення – словами (котушку просушити два рази). При написанні величин з межами відхилення слід заключати числа в дужки (100,0 ± 0,1) Вт.

Пояснення символів і числових коефіцієнтів, які входять у формулу, потрібно навести безпосередньо під нею. Пояснення кожного символу розпочинається з нового рядка у тій послідовності, в якій вони подаються у формулі. Перший рядок починається без абзацного відступу зі слова „де” без двокрапки після нього.

Наприклад; «... розраховують за формулою

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

де ρ – густина зразка, кг/м³;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 15

m – маса зразка, кг;

V – об’єм зразка, м³».

Формули, які передують одна за одною та не розподіляються текстом, відокремлюють комою. Перенесення формули на наступний рядок допускається лише на знаках дорівнює (=), плюс (+), мінус (-), множення (x) або ділення (:), причому знак на початку наступного рядка повторюється. Наведення числового результату розрахунків без попереднього записування у формулі числових значень величин, які входять до неї, замість літерних символів, не допускається. При цьому позначення у формулі одиниць разом з числовими значеннями не наводяться.

Оформлення креслень. Креслення схем оформляються у відповідності зі стандартами, Креслення окремих каскадів приводяться в записці у вигляді рисунків. Індеси в позначень можуть бути довільними.

Побудова структурної і функціональної організації БТС повинна базуватись на загальних принципах синтезу біотехнічних систем. При розробці схем, які описують будову БТС, слід використовувати стандартні типи і види схем, які прийняті для технічних систем [5].

Назва і позначення схеми складаються з виду і типу, наприклад: схема електрична принципова (позначення E3), схема комбінована функціональна (позначення C2) і т. д.

Для побудови структурно-функціональних схем БТС використовується принцип обробки основних інформаційних потоків у спеціалізованих периферійних підсистемах. Ці підсистеми мінімізують об’єм інформації і перекодовують її у адекватну для сприйняття оператором або керуючим блоком форму, тобто здійснюють процедуру оптимальної фільтрації.

Між різними схемами повинен бути встановлений однозначний зв’язок, який забезпечує можливість швидкого пошуку одних і тих же елементів (приладів, блоків, пристроїв, функціональних груп), зв’язків або з’єднань на всіх схемах одного комплекту.

Графічна частина виконується з використанням машинних засобів проектування – векторних пакетів програм (MS Office Visio, Компас тощо).

Графічна частина роботи (рисунки, схеми, світлини) може подаватися у тексті пояснювальної записки або виноситись в додатки з обов’язковим конкретним зазначенням графічного матеріалу в індивідуальному завданні.

Оформлення змісту

Зміст розташовується після анотації та починається на новому аркуші. У першому рядку по центру зазначається слово «ЗМІСТ», після нього один рядок залишається порожнім.

До змісту включають: перелік умовних позначень і скорочень; вступ; послідовно перераховані назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо останні мають заголовки) основної частини пояснювальної записки; висновки, перелік посилань, назви додатків. Навпроти кожного з них

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 16

зазначаються номери сторінок, які містять початок відповідного матеріалу, з вирівнюванням по правому краю. У змісті можуть бути перелічені номери й назви ілюстрацій і таблиць із зазначенням сторінок, на яких вони розміщені.

Напівжирний шрифт у змісті не використовується. Але назви структурних одиниць, які в тексті пояснювальної записки пишуться прописом, теж друкуються великими літерами. Весь зміст набирається без абзацного відступу.

1.5 Послідовність виконання комплексного курсового проєкту

Робота над комплексним курсовим проєктом містить наступні етапи:

- аналіз завдання і можливих схем побудови приладу або пристрої, вибір функціональної схеми приладу або пристрою;
- виконання основних розрахунків, складання електричної, кінематичного, оптичної та ін. схем, складання переліку елементів;
- проведення ескізної компоновки приладу або пристрою;
- розробка складального креслення, складання специфікації;
- виконання креслень схем;
- виконання робочих креслень деталей;
- остаточне уточнення розрахунків; оформлення розрахунково-пояснювальної записки;
- захист проєкту.

Аналіз технічного завдання є одним з найбільш важливих етапів виконання курсового проєкту. Тут студентам необхідно ретельно з'ясувати призначення та технічні характеристики проєктованого приладу або пристрою, а також визначити реальність його створення. Тому робота на даному етапі полягає в наступному:

- вивчення характеристик об'єкта контролю та додаткових матеріалів, рекомендованих керівником проєкту;
- слід проаналізувати різні біотехнічні системи медичного призначення, для того щоб вибрати найбільш оптимальну, а також проаналізувати різні способи їх реалізації з метою вибору оптимальної схеми приладу [1, 2]. При наявності готової схеми, яку слід модернізувати, необхідно обґрунтувати застосування тих чи інших елементів.

До біотехнічних систем медичного призначення пред'являються наступні вимоги:

- можливість здійснювати ефективний медичне вплив на різних стадіях діагностування і лікування;
- можливість діагностування пацієнта по більшості заданих параметрів;
- повинна забезпечуватися висока достовірність діагностування пацієнта;
- медична апаратура повинна володіти високою надійністю в заданих умовах;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 17

– методика медичного впливу або діагностування повинна бути проста в реалізації.

Вибір варіанта схеми проєктованого приладу повинен супроводжуватися необхідними попередніми розрахунками та враховувати функціональні та технологічні вимоги.

Розрахунок здійснюється в залежності від обраного призначення проєктованої медичної апаратури. Для розрахунку і подальшого проєктування можна скористатися відповідними методичними вказівками по курсовому проєктуванню в залежності від обраного призначення проєктованого приладу «Мікроконтролери та мікропроцесори, «Моделювання сигналів та процесів в біосистемах», «Методи цифрової обробки біомедичних сигналів», «Методи математичної статистики для обробки експериментальних біомедичних досліджень».

1.6 Основні поняття про біотехнічні системи

Біотехнічні системи – це особливий клас великих систем, що представляють собою сукупність біологічних і технічних елементів, пов'язаних між собою в єдиному контурі управління. Можна сказати, що до біотехнічних систем в однаковій мірі відносяться як системи ергатичного типу, в яких людина виконує роль керуючої ланки, так і технічні системи, що управляють організмом людини (наприклад, штучне дихання, кровообіг і т. д.) і цілими популяціями живих організмів (біотехнічні системи примусового управління поведінкою тварин).

Біотехнічна система (БТС) являє собою виділені в єдину систему, біологічні і технічні елементи (ланки), пов'язані між собою для виконання заданої цільової функції. Наприклад, рання діагностика захворювань передбачає створення медичної діагностичної БТС, що об'єднує пацієнта, прилади вимірювання фізіологічних показників організму та засоби діагностики, в якості яких можуть бути розглянуті як лікар, так і технічні засоби. Кількісну міру взаємодії системи і середовища характеризують атрибути системи. В якості зовнішніх атрибутів системи можуть розглядатися вхідні впливи, параметри середовища, вихідні реакції системи.

Функції, що виконуються біологічним об'єктом у системі – одна з ознак класифікації БТС. За цією ознакою БТС можна поділити на:

медичні,

ергатичні,

БТС управління цілісним організмом.

У свою чергу, кожна група має свої різновиди, що відрізняються видом цільової функції або областю застосування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 18

До медичних БТС відносяться системи інструментальної діагностики, лікування захворювань, що використовують фізичні фактори і технічні засоби впливу на організм людини, системи інформаційної підтримки лікувального процесу – клінічні інформаційні системи документування і зберігання даних про пацієнта, системи телемедицини, автоматизовані робочі місця лікаря-фахівця. Вони поділяються на декілька підвидів:

Медичні БТС діагностичного типу

В рамках медичних БТС діагностичного типу формується опис функціональних систем організму людини, що визначають стан організму, засобів реєстрації фізіологічної інформації та діагностики стану. Дослідження БТС необхідно для вироблення вимог до датчиків фізіологічних параметрів, структури технічних засобів, алгоритмів обробки біосигналів і отримання діагностичних показників.

Медичні БТС терапевтичного типу

Медичні БТС терапевтичного типу описують функціональні системи організму людини, що є об'єктом прикладання лікувальної дії, а також до цих БТС входять: технічні засоби, за допомогою яких відбувається формування впливу; оцінка лікувального ефекту. Дослідження БТС дозволяє сформулювати вимоги до технічних засобів лікувального впливу з точки зору підвищення ефективності лікувального впливу. У таких системах розглядається два контури адаптації: внутрішній – ендогенний, утворений фізіологічними системами організму, і зовнішній, який визначається технічними ланками. Якість адаптації в системі суттєво залежить від можливостей елементів технічної ланки, наприклад, від здатності стеження за станом пацієнта і формування впливу спрямованого на зміну стану. Це визначає високу лікувальну ефективність подібних систем

Ергатичні БТС об'єднують засоби, які вирішують завдання управління складними технічними об'єктами за допомогою людини-оператора. Це авіаційно-космічні і інші транспортні системи, системи управління енергетичними установками з високим ризиком прийняття рішень, телекомунікаційні, комп'ютерні системи.

Дослідження ергатичних БТС необхідно для формування вимог до людини-оператора, вимог узгодження потоків інформації, які надходять від технічних засобів до живого організму, а також управляючих дій людини-оператора на технічні засоби.

БТС управління цілісним організмом об'єднують живі організми і засоби, що служать для формування штучного середовища проживання (космічні, глибоководні дослідження), формування спрямованої поведінки у живих організмів (поведінкові реакції у тварин, віртуальна реальність у людини).

Приклад 1. Розглянемо структуру медичної діагностичної БТС (рис.2), що має цільову функцію ранньої діагностики схильності пацієнтів до серцево-судинних захворювань.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 19

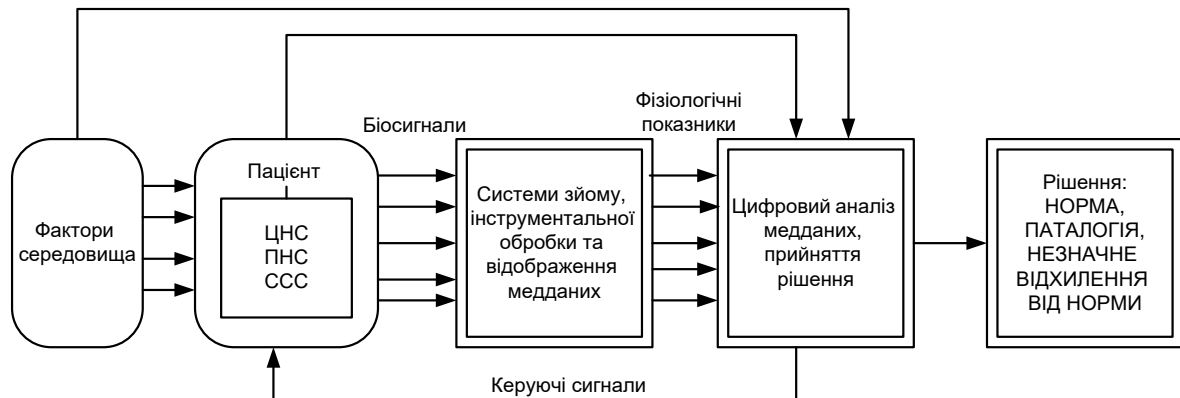


Рисунок 2 – Структурна схема медичної діагностичної БТС

Реалізація цільової функцією БТС здійснюється шляхом діагностики функціональних змін в серцево-судинній системі обстежуваних і розмежуванні обстежуваних за групами:

- «норма» (відсутність діагностуемого стану),
- «відхилення» (ймовірна наявність стану),
- «зміна» (наявність стану).

Відповідно до цільової функції, БТС повинна об'єднувати такі елементи:

- фізіологічні системи організму обстежуваного, відповідальні за формування діагностуемого стану;
- технічні засоби визначення фізіологічних показників, що відображають стан серцево-судинної системи;
- діагностичні засоби, що реалізують вирішальні правила, які визначаються цільовою функцією системи;
- засоби впливу на обстежуваного, необхідні для формування функціональної проби.

Взаємозв'язок елементів БТС визначається цільовою функцією системи. Для розмежування обстежуваних на групи необхідно реалізувати вирішальне правило діагностики на основі отримання даних про пацієнта (анамнез), визначення фізіологічних показників стану серцево-судинної системи шляхом реєстрації, вимірювання та обробки даних на тлі проведення функціональних проб.

Найбільшу складність при системному аналізі представляє дослідження біологічних об'єктів в силу їх складності і досить мізерної інформації про їх структуру та механізми поведінки. Тому важливим завданням дослідження живих систем є передбачення реакції системи на певний вплив. Рішення такого завдання призводить до проблеми ідентифікації функціонального перетворення $F \{*\}$ термінального завдання системи.

Виходячи з фундаментальних передумов теорії систем, при формуванні БТС використовуються два принципи:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 20

1. Принцип адекватності взаємодії, реалізація якого вимагає узгодження основних параметрів і характеристик біологічних і технічних ланок БТС.

2. Принцип єдності інформаційного середовища, що вимагає узгодження інформаційних потоків, що циркулюють між технічними і біологічними ланками в аферентних і еферентних напрямках.

Згідно з цими принципами, наприклад, лікувальний вплив, що формується технічними засобами повинен бути за фізико-хімічним складом властивий живому організму, а значення параметрів впливу повинні знаходитися в діапазоні прийнятності для біологічних тканин.

Прикладом реалізації принципу адекватності може служити побудова біокеруємих імплантованих електрокардіостимуляторів, в яких параметри впливу визначаються станом пацієнта (наприклад, частота слідування стимулів залежить від рівня фізичного навантаження). Величина фізичного навантаження, що керує стимулами, може визначатися в діагностичному пристрої кардіостимулятора за результатами оцінки температури крові, частоти дихання, інтенсивності механічних струсів тіла.

Реалізація принципу єдності інформаційного середовища вимагає єдиного підходу до методів реєстрації медико-біологічної інформації, стандартів представлення результатів обстежень (ЕКГ, рентгенівських знімків та ін.).

Для діагностичних БТС єдність інформаційного середовища означає виділення для відображення найбільш інформативних діагностичних показників по відношенню до оцінюваного стана пацієнта. Так, способи відображення інформації (шкали, цифрові табло, індикатори) вибираються відповідно до особливостей сприйняття людини.

Для ергатичних БТС вибір сенсорних модальностей сприйняття даних здійснюється відповідно до пропускнуої спроможності зорового, слухового, тактильного аналізатора людини.

Коректне дотримання принципів адекватності взаємодії і єдності інформаційного середовища дозволяє об'єднати біологічні та технічні ланки в БТС. Ці ланки мають високу ефективністю реалізації цільової функції.

Якість виконання цільової функції системи може бути оцінена за допомогою дослідження функціональних характеристик. Показники функціонування, визначаються на основі аналізу цих характеристик, дають кількісну міру для оцінки властивостей БТС і використовуються при порівнянні різних варіантів побудови системи і способу її опису з точки зору критеріїв найкращого досягнення мети. Важливими функціональними характеристиками БТС є: ефективність, надійність, якість управління.

Ефективність є найбільш поширеною характеристикою, яка показує якість виконання цільової функції БТС в заданих умовах. Показник ефективності БТС характеризує ступінь пристосованості елементів системи до виконання поставлених завдань. Формування показника засноване на оцінці

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 21

співвідношення параметрів результату і величини витрачених на їх досягнення засобів.

Біологічна ланка БТС включає сенсорну (зорову) систему організму, ЦНС, ефекторні системи дії, що відповідають за приведення в дію маніпулятора, технічна ланка представляє собою апаратно-програмний комплекс (АПК) з комп'ютерним терміналом і блоком маніпуляції.

Етапи формування та дослідження БТС

Перший етап формування БТС – біологічний. Відповідно до біотехнічної проблеми формується цільова функція системи, визначаються можливі біологічні та технічні ланки БТС. Складається структурно-функціональна схема БТС. Проводиться вивчення фізіологічних процесів організму в умовах його взаємодії з технічними ланками системи. В результаті, визначається завдання біологічної ланки БТС і формується її модель, в якій фігурують атрибути завдання (вхідні, вихідні змінні, показники стану, параметри управління і т.п.).

Другий етап дослідження БТС – етап узгодження. На цьому етапі формується модель технічної ланки БТС. Складається модель БТС в цілому. Досліджуються процеси взаємодії ланок на основі виконання принципів адекватності та єдності інформаційного середовища БТС. Відбувається ітераційне відпрацювання моделі з метою оптимізації параметрів за обраними критеріями ефективності.

Ведеться пошук найбільш інформативних показників, що вимагають мінімуму аферентної інформації від живого організму. На другому етапі проводиться оптимізація вирішальних правил і алгоритмів функціонування, розробляються вимоги до технічних засобів і програмного забезпечення.

Третій етап дослідження БТС – технічний. На даному етапі розробляються електричні принципові схеми, макети і експериментальні зразки технічних засобів, проводяться напівнатурні і натурні випробування. В результаті визначаються технічні характеристики елементів системи, необхідні для розробки дослідних зразків апаратних засобів, складаються медико-технічні вимоги на дослідно-конструкторські роботи (ДКР).

У разі побудови медичних БТС біологічні ланки системи представлені фізіологічними системами організму. Наприклад, в разі терапевтичних БТС організм виступає в ролі керованого об'єкта. Ефективність БТС, в цьому випадку, визначається ступенем близькості поточного стану організму або показників ефективності функціонування фізіологічних систем до норми.

Тут, в основному, проявляється метаболічний характер взаємодії біологічних і технічних ланок, однак, кібернетична взаємодія може зберігатися.

Наприклад, створення протезів сенсорних органів і ефекторних систем, приладів біологічного зворотного зв'язку для навчання управлінням вегетативними функціями, протезів кінцівок вимагає аналізу БТС з кібернетичним рівнем взаємодії ланок.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 22

Метаболічний рівень взаємодії в БТС в найбільшій мірі проявляється при створенні штучних органів (штучне серце, нирки), а також систем життєзабезпечення при роботі людини в екстремальних умовах середовища (космічні, глибок

Особливості формування біотехнічних систем різного призначення

Медичні біотехнічні системи. Завдання формування медичних біотехнічних систем виникає, перш за все, при створенні нової медичної техніки. В основі розробки медичної техніки лежить формування медико-технічних вимог, які містять фізіологічно обґрунтовані вимоги до побудови апаратури, що забезпечує її ефективне функціонування.

Для терапевтичної апаратури ці вимоги визначають вибір адекватного виду лікувального впливу, завдання умов передачі впливу від технічних засобів до біологічних тканин, а також вибір форми, інтенсивності та інших параметрів впливу, які забезпечують високу лікувальну ефективність.

При розробці діагностичної апаратури медико-технічні вимоги стосуються вибору найбільш інформативних фізіологічних параметрів організму і діагностичних показників, що реалізуються за допомогою доступних засобів вимірювальної техніки та відображають патологічні зміни в організмі або схильність до них.

Подібні питання, які потребують спільного вивчення технічних засобів і фізіологічних систем організму, вирішуються в рамках медичних БТС.

1.7 Приклад розробки біотехнічної системи лазерного впливу

Фізичні основи лазерної терапії

Щільність потоку корисної потужності P лазерного випромінювання визначається за такою залежністю [6]:

$$P = \frac{P_{имп} \cdot \tau \cdot f}{S_{кв.см}}$$

де P – щільність потоку потужності випромінювання, Вт/см²; $P_{имп}$ – паспортна потужність імпульсного лазерного ПЧ-випромінювача; Вт; τ – тривалість одного імпульсу (паспортні дані), с; f – частота імпульсів, Гц; $S_{кв.см}$ – площа опромінення (при контактній методиці дорівнює площі вихідного отвору випромінювача).

Величина P визначає вплив за 1 секунду, тобто відношення потужності випромінювання до площі поверхні, що освітлюється променем і перпендикулярній до напрямку випромінювання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 23

Найбільш часто застосовується інший параметр, який називають щільністю потоку енергії, Дж/см², або енергетичною експозицією E , яка дорівнює добутку опромінення на тривалість сеансу терапії:

$$E = P \cdot t,$$

де t – час процедури на даній частоті, с.

Значення P і E прямо пропорційні частоті повторення імпульсів f , яка встановлюється на апараті.

Ще одним параметром, часто вживаним в лазерній терапії, є доза Q , Дж. Доза Q – це повна енергія лазерного випромінювання, отримана за сеанс і дорівнює добутку середньої потужності на тривалість сеансу:

$$Q = P_{\text{ср}} \cdot \tau \cdot f \cdot t.$$

Оцінка впливу сили стимулювання лазерного випромінювання

Для біофізичної оцінки реакцій, що відбуваються в біотканині та у всьому організмі в цілому, а також для якісної оцінки впливу сили стимулювання (дозування) лазерного випромінювання на вигляд біоефектів використовується закон Арндта – Шульца [7].

Він свідчить, що в біологічних системах слабкі стимули дають сильні реакції, середні – помірні реакції, помірно сильні злегка гальмують систему, а дуже сильні повністю блокують її. На графічному зображенні закону Арндта – Шульца (рис. 3) умовно представлено стан малого обсягу клітин біотканини (1), частини органу або цілого органу (2) і всього організму в цілому (3). Стан, що відмічається при дії на біооб'єкти лазерного випромінювання, що проходить декілька послідовних стадій. Зліва йде зона нечутливості (рівні випромінювання багато менше рівня зовнішнього фону), коли ні суб'єктивними, ні об'єктивними методами не вдається вловити первинну реакцію біооб'єкту.

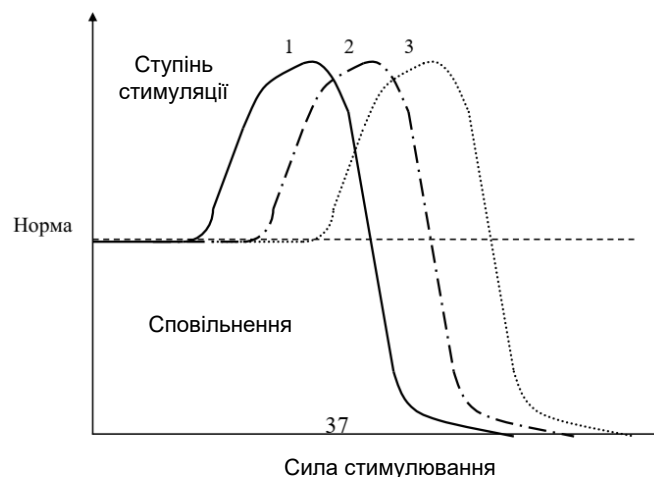


Рисунок 3 – Схематична інтерпретація закону Арндта – Шульца

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 24

Надалі при збільшенні дози (Q) відзначається підвищення температури тканин до рівня $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, яка розглядається як зона біостимуляції. Якщо припустити нагрівання тканини понад $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, починається денатурація білка і зміна ліпідів, які на перших порах можуть бути оборотними і відігравати позитивну роль у розвитку кінцевих адаптаційних процесів. При температурі понад $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігається незворотна дегенерація, а понад $63\text{ }^{\circ}\text{C}$ – коагуляція білка.

Ці явища можуть спостерігатися при високоенергетичному впливі, що застосовується в окремих видах медичної практики (онкологія та інші), і не мають ніякого відношення до низькоінтенсивних лазерних апаратів. В фізіотерапевтичній практиці лазерної терапії використовують тільки ту ділянку кривої від кінця зони нечутливості Арндта – Шульца, яка відповідає стану біостимуляції, а також початкову ділянку зони оборотної стимулюючої біодепресії, на якому не може бути необоротних змін. Реакцію системи “лазер - біотканина” визначають саме технічні параметри. Для кожного виду лазерів криві Арндта – Шульца будуть відрізнятися від інших.

Однак не представляється можливим визначити конкретні криві для кожного типу лазера, тому розглянуті графіки носять якісний, а не кількісний характер. Тривалість проведення процедури квантової терапії може бути визначена з урахуванням "терапевтичного коридору". Це той діапазон значень, в якому менший рівень впливу може дати слабо виражений ефект біостимуляції або занадто повільне зростання ефекту. В той же час більший рівень небажаний, оскільки призводить до незворотної біодепресії.

Взаємодія лазерного випромінювання з біологічними тканинами

Для точного моделювання процесу впливу лазерного випромінювання необхідно враховувати різні особливості біологічного об'єкта і властивості біотканин (рис. 4) [8].

Проникаюче в тканину лазерне випромінювання піддається багаторазовому розсіюванню, поглинанню різними біологічними структурами і частковому перетворенню у вторинне випромінювання. При впливі лазерного монохроматичного потоку з довжиною хвилі λ визначаються спектральні коефіцієнти відбиття $R(\lambda)$, пропускання $\tau(\lambda)$ і поглинання $a(\lambda)$

Дані коефіцієнти якісно і кількісно характеризують в цілому оптичні властивості біотканини при її кінцевій товщині і інших характеризуючих її параметрах на момент часу вимірювання (ступінь пігментації, характеристика кровопостачання і т.д.). Апарати низькоінтенсивної лазерної терапії відрізняються низьким рівнем інтенсивності лазерного впливу (від $0,01$ до 1 Дж/см^2), яке не впливає на оптичні властивості біотканини. Проходження низькоінтенсивного лазерного випромінювання крізь різні прошарки біотканини людини неоднакове.

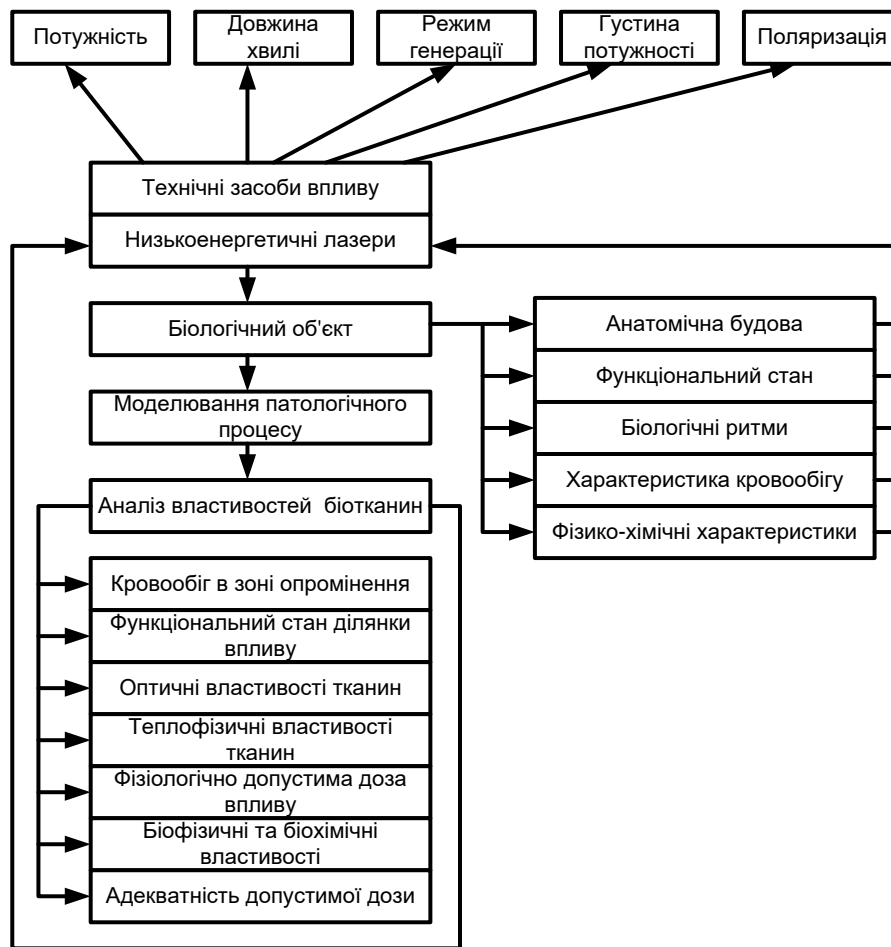


Рисунок 4 – Модель взаємодії лазерного випромінювання з біологічними тканинами

Глибина проникнення оптичного випромінювання різних довжин хвиль через прошарки шкіри людини представлена на рис.5 [6]. При лазеротерапії внутрішніх органів використовується ближнє інфрачервоне випромінювання порядку 0,74 – 3,0 мкм, оскільки воно має великий коефіцієнт пропускання в біотканинах.

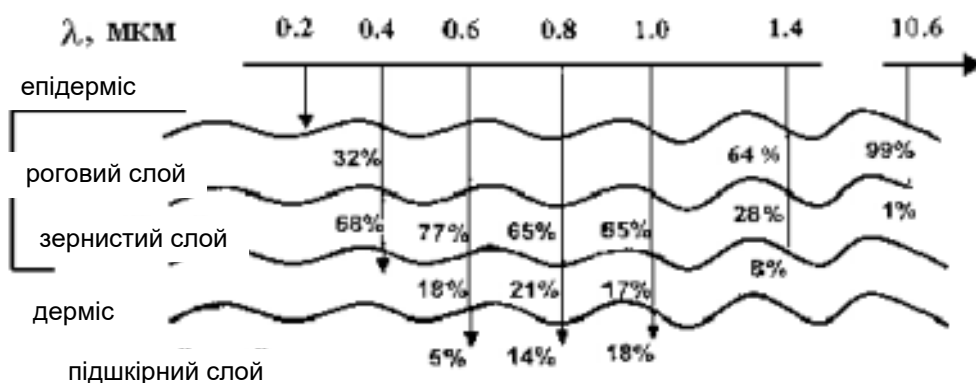


Рисунок 5 – Глибина проникнення випромінювання в біотканину

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 26

Одним з методів контролю поглиненої дози є облік коефіцієнта відбиття від біотканини, тобто біофотометричний метод контролю, який базується на сукупності двох ознак: перша – дозований лазерний вплив і одномоментна його оцінка; друга – корекція ефективності оптичних параметрів біооб'єкту (коефіцієнт відбиття, поглинання, пропускання) в реальному масштабі часу на принципах зворотного зв'язку. Для цього використовується варіювання параметрів налаштування технічних засобів впливу, що забезпечує точність, відтворюваність і високу адекватність діагностичних і лікувальних методів. Відбитий потік лазерного випромінювання відрізняється від падаючого величиною і напрямком, в ряді випадків зміною стану та ступеня поляризації, а іноді і спектрального складу.

Спектральний коефіцієнт відбиття змінюється зі зміною довжини хвилі падаючого випромінювання, а всі біологічні тканини відображають у ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектру, тобто в певному діапазоні довжин хвиль.

Вбудовані фоторегістри апаратів лазерної терапії використовується для визначення індивідуальної дози опромінення пацієнта за рахунок врахування змін співвідношення поглинання і відображення у різних пацієнтів або в одного і того ж хворого вхід лазерної терапії. Динаміка зміни оптичних параметрів шкірного покриву у людини в різних точках має індивідуальний характер в залежності від падаючого випромінювання, топографо-анатомічної ділянки, статі, віку і кольору шкіри.

Ближнє ІЧ-випромінювання поглинається в основному в дермі, але деяка частина (майже 30 %), як вже зазначалося, проникає на глибину до 40 мм, досягаючи підшкірного жирового шару і розташованих під ним органів. Тому, використовуючи ІЧ-випромінювання різного діапазону, можна регулювати глибину проникнення і досягати потрібного лікувального результату.

Однак інфрачервоне випромінювання, надаючи певну стимулюючу дію на організм, підвищує температуру тих прошарків шкіри, в які вона проникає. Поглинена енергія світла перетворюється в тепло, викликаючи в опромінену обсязі локальне підвищення температури. Оскільки при лазерному випромінюванні не відбувається фазових переходів, то температура підвищується пропорційно щільності енергії. Частина тепла відводиться в залежності від температурного градієнта шляхом теплопередачі в більш холодну навколишню ділянку. Із-за цього обмежується максимально досяжна температура опромінюваної ділянки при даній інтенсивності випромінювання. Так як частина енергії транспортується в сусідні області, то нагрівається не тільки опромінений обсяг, але і навколишні його ділянки. Тепло відводиться від опроміненої тканини так само і локальним кровотоком *in vivo*. Термічні властивості живої тканини визначаються трьома явищами:

- теплопровідність; - накопичення тепла; - відведення тепла судинною системою.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 27

Тому для контролю потужності поглинання необхідно враховувати не тільки оптичні, але і теплофізичні властивості біотканини з метою підтримки заданої інтенсивності впливу на тканину шляхом додаткової реєстрації витраченої енергії на локальний нагрів епідермісу (рис.6) [8].

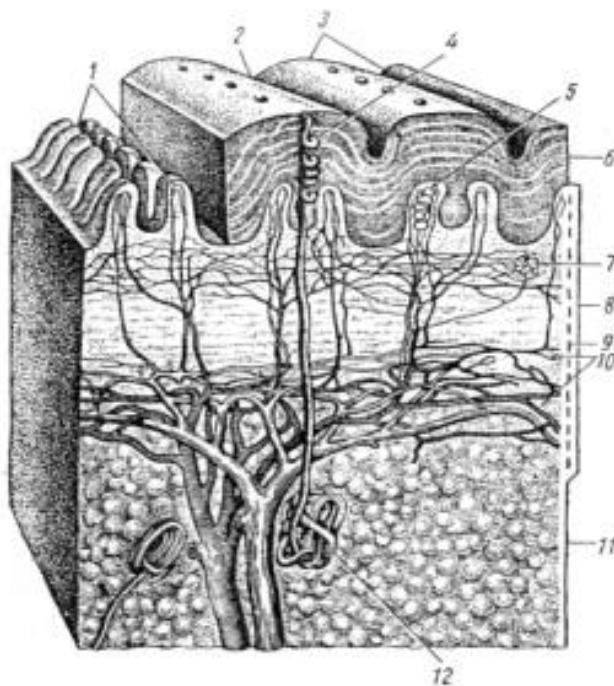


Рисунок 6 – Структурна будова шкіри

На рис. 6: 1 – сосочки дерми шкіри; 2 – борозенка шкіри; 3 – тактильні валики; 4 – вивідний проток потових залоз; 5 – чутливе тільце; 6 – епідерміс; 7 – судинні та нервові підсосочкові мережі; 8 – сполучнотканинна основа шкіри; 9 – tunica propria corii; 10 – судинна мережуа; 11 – підшкірна клітковина; 12 – потові залози.

Епідерміс покриває поверхню шкіри і є прикордонною тканиною з вираженими бар'єрними функціями, причому рельєф і товщина епідермісу різні в різних людей і на різних ділянках тіла. В епідермісі відсутні сплетіння кровоносних судин, тому при дослідженні теплових процесів в цьому прошарку відведенням тепла, що здійснюється судинною системою, можна знехтувати.

Для біотканини значення коефіцієнта теплопровідності складають 0,3 – 0,5 Вт/(м⁰С) в залежності від вмісту води, а здатність тканини приймати і накопичувати тепло описується через питому теплоємність. Наприклад, питома теплоємність жиру становить 1930 Дж/(кг⁰С). Таким чином, при дозиметрії НЛВ внутрішніх органів необхідно враховувати кількість введеної енергії (поглиненої дози) не тільки за коефіцієнтом відбиття, а також за кількістю енергії, що витрачається на нагрів верхнього шару шкіри – епідермісу. Локальний нагрів завжди присутній в більшій чи меншій мірі залежно від теплофізичних властивостей біотканини і, в першу чергу, від її теплопровідності.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 28

Алгоритм отримання і обробки інформації при низько інтенсивній лазерній терапії внутрішніх органів

Алгоритм отримання і обробки інформації при реалізації методу контролю поглиненої в епідермісі потужності випромінювання при НЛВ внутрішніх органів полягає в наступному [8]:

- реєструється відбита частина лазерного випромінювання від біотканини (визначається коефіцієнт відбиття шкірного покриву $\rho(\lambda)$);
- розраховується відображена середня потужність, яка визначається з виразу

$$P_{\text{від}} = \rho(\lambda) \cdot P_{\text{пад}},$$

де $P_{\text{пад}}$ – падаюча потужність, що задається при впливі;

- під час процедури низькоінтенсивної лазерної терапії внутрішніх органів після завершення перехідних процесів проводиться вимір значень температур (θ_1 і θ_2) локального нагріву епідермісу в двох точках, що лежать поза межами світлової плями на одному радіус-векторі і певній відстані один від одного. θ_1 – температура місця з великим нагріванням, розташованого ближче до випромінювача, а θ_2 – температура місця з меншим нагріванням, тобто розташованого далі від випромінювача;

- методом чисельного інтегрування обчислюється градієнт температури $\left(\frac{\partial \theta}{\partial r}\right)_R$ на межі світлової плями з рівняння теплового балансу епідермісу в сталому режимі:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{k_e + k_m}{k_{mn} \cdot h} \cdot \theta - \frac{k_e \theta_e + k_m \theta_m}{k_{mn} \cdot h} = 0,$$

де θ – температура епідермісу на відстані r від центру світлової плями; k_e – коефіцієнт тепловіддачі "епідерміс - повітря"; k_m – коефіцієнт тепловіддачі "епідерміс - внутрішні прошарки біотканини"; k_{mn} – коефіцієнт теплопровідності епідермісу; h – товщина епідермісу; θ_e і θ_m – температура навколишнього повітря і внутрішніх шарів біотканини відповідно;

- знаходиться потужність $P_{\text{погл}}$, що поглинається в епідермісі та витрачається на його локальний нагрів, за наступним виразом:

$$P_{\text{погл}} = k_{mn} \cdot h \cdot 2\pi \cdot R \left(\frac{\partial \theta}{\partial r}\right)_R,$$

де R – радіус світлового п'ятна.

Таким чином, для визначення втрат потужності лазерного випромінювання на локальний нагрів в епідермісі досить виміряти значення температури епідермісу в двох точках поза світлової плями, що лежать на одному радіус-векторі;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 29

- розраховується коефіцієнт теплового поглинання епідермісу ξ :

$$\xi = \frac{P_{\text{погл}}}{P_{\text{над}} - P_{\text{від}}},$$

- обчислюється коефіцієнт поглинання лазерного випромінювання внутрішніми тканинами k :

$$k = 1 - [\rho(\lambda) + \xi],$$

- згідно з обраними параметрами впливу визначається падаюча доза лазерної енергії $D_{\text{над}}$ з наступного виразу:

$$D_{\text{над}} = \frac{P_{\text{над}} \cdot t}{S_{\text{кв. см}}},$$

де $S_{\text{кв. см}}$ – площа ділянки, що опромінюється, t – час впливу;

- розраховується поглинена внутрішніми тканинами доза при їх лазерній терапії:

$$D_{\text{погл}} = D_{\text{над}} \cdot k = D_{\text{над}} \cdot (1 - [\rho(\lambda) + \xi]).$$

Отже, за допомогою вимірювання коефіцієнта відбиття лазерного випромінювання від біотканини і виділення частини потужності, витраченої на локальний нагрів епідермісу, враховуються не тільки оптичні, але і теплофізичні властивості епідермісу біологічного об'єкта, а значить, підвищується точність контролю поглинутої дози внутрішніми тканинами при низькоінтенсивній лазерній терапії внутрішніх органів.

Таким чином, внаслідок неоднозначної реакції біотканини на вплив, необхідно управління параметрами цього впливу, його корекція.

Зв'язок параметрів біотехнічних систем лазерного впливу

Зв'язок трьох груп параметрів БТС лазерного впливу в першому наближенні показано на рис. 7. Варіюючи щільність потужності P (щільність енергії E), довжину хвилі λ і тривалість лазерного імпульсу τ , враховуючи оптичні властивості конкретного середовища, можна отримати заданий температурний профіль $\Delta T(x)$, тобто коефіцієнт поглинання a . Радіус зони лазерного впливу R залежить при заданій щільності енергії E , від теплопровідності k_{mn} і радіусу проміння r . Глибина зони впливу L визначається теплоємністю c і коефіцієнтом поглинання біотканини β і змінюється при зміні щільності енергії і довжини хвилі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 30

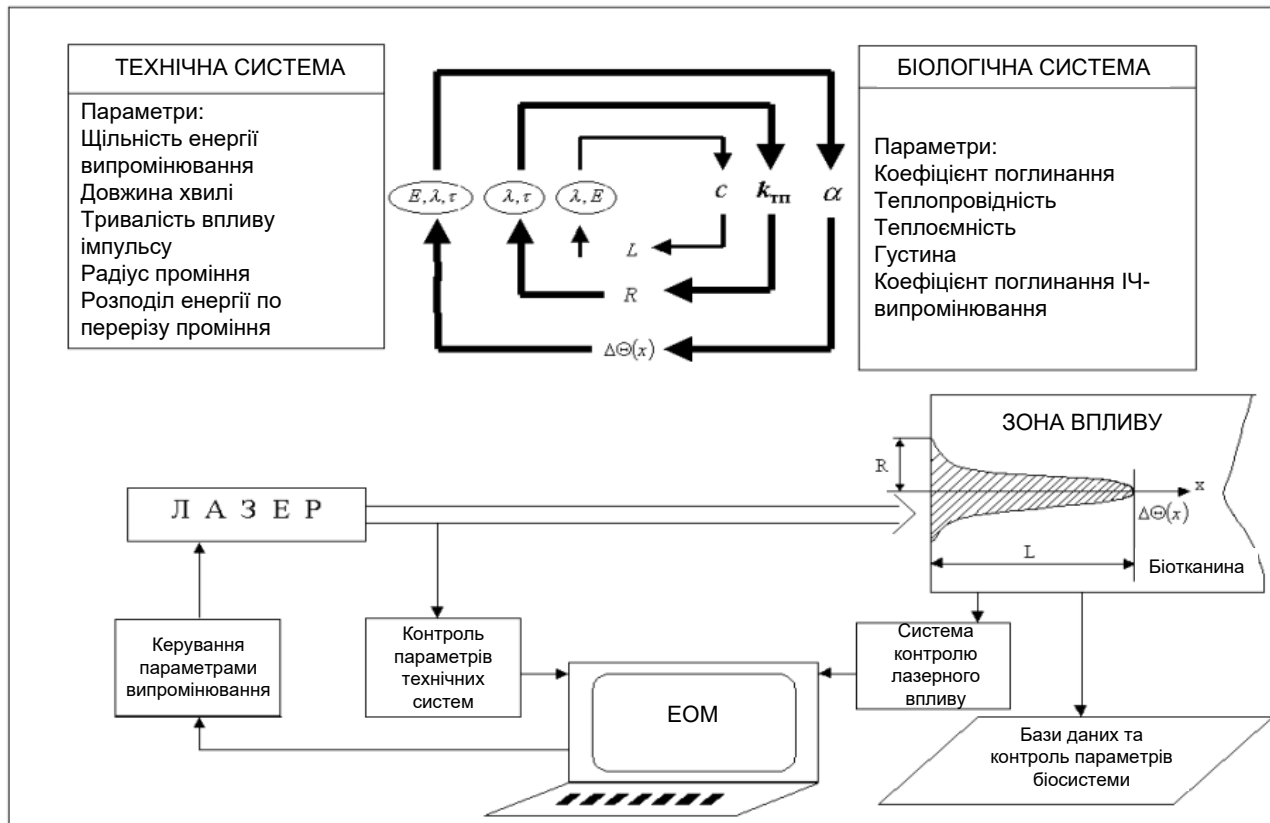


Рисунок 7 – Зв'язок параметрів БТС лазерного впливу

Розглядаючи параметри біооб'єкту, неважко помітити, що при великих коефіцієнтах поглинання a поглинання випромінювання буде відбуватися в тонкому шарі, а при малих a випромінювання проникатиме вглиб тканини; при великих k_{mn} тепло, обумовлене лазерним випромінюванням, буде швидше йти з зони впливу, ніж при малих k_{mn} , і тому для досягнення потрібного нагріву вимагається менша шпаруватість і тривалість імпульсів. При великій теплоємності c вимагається відповідно більше щільності енергії E для випарювання або дозованого прогріву заданого обсягу біотканини. Таким чином, параметри оптимізації технічної системи ($E, \lambda, \tau, I(r), r$) задаються характеристиками зони впливу ($\Delta T(x), R, L$) з урахуванням відповідних властивостей біологічної системи (a, k_{mn}, c). Параметри зони впливу, як первинний результат взаємодії технічної і біологічної систем, визначаються таким чином, щоб у відповідності з принципом адекватності у найближчих до зони тканинах пошкодження було мінімальним.

Для ефективного управління процесом необхідно його контролювати. В даний час контроль за лазерним впливом, в основному, здійснюється або візуально лікарем за тенденцією змін у зоні впливу, або в результаті апріорної оцінки впливу за вихідною потужністю лазера і попередніми середніми оцінками оптичних властивостей біотканини, або за показаннями пацієнта.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 31

Такий контроль суб'єктивний, не оперативний і не автоматизований. По суті, при конкретному лазерному впливі можуть перевірятися тільки середні параметри технічного засобу, але немає контролю за реакцією біологічного об'єкта на який чиниться вплив.

Контроль впливу може бути заснований на явищах, що відбуваються в біотканині і супроводжують цей вплив або є безпосереднім його результатом, щоб по зміні параметрів даного явища судити про хід впливу.

Процеси, що відбуваються в біоб'єкті при лазерному впливову, безпосередньо залежать від поглиненої енергії в одиницю часу випромінювання, тому доцільно вести контроль за самим процесом поглинання, який супроводжується різними ефектами. Прояви їх різні, в залежності від відповідності параметрів лазерного випромінювання параметрами біотканини. Оцінка зміни параметрів явища від факторів, що впливають дозволяє здійснити зворотний зв'язок у БТС, необхідний для оптимізацію процесу впливу.

Враховуючи, що при лазерному впливі на всі типи біотканин, завжди є більший або менший нагрів. Цей процес стабільний і обумовлений тільки параметрами біоб'єкту та лазерного випромінювання, тобто самим процесом поглинання, а також безпосередньо пов'язаний з його кінетикою.

Структурна схема БТС лазерного впливу з контролем, методом імпульсної фототермічної радіометрії, представлена на рис. 8.

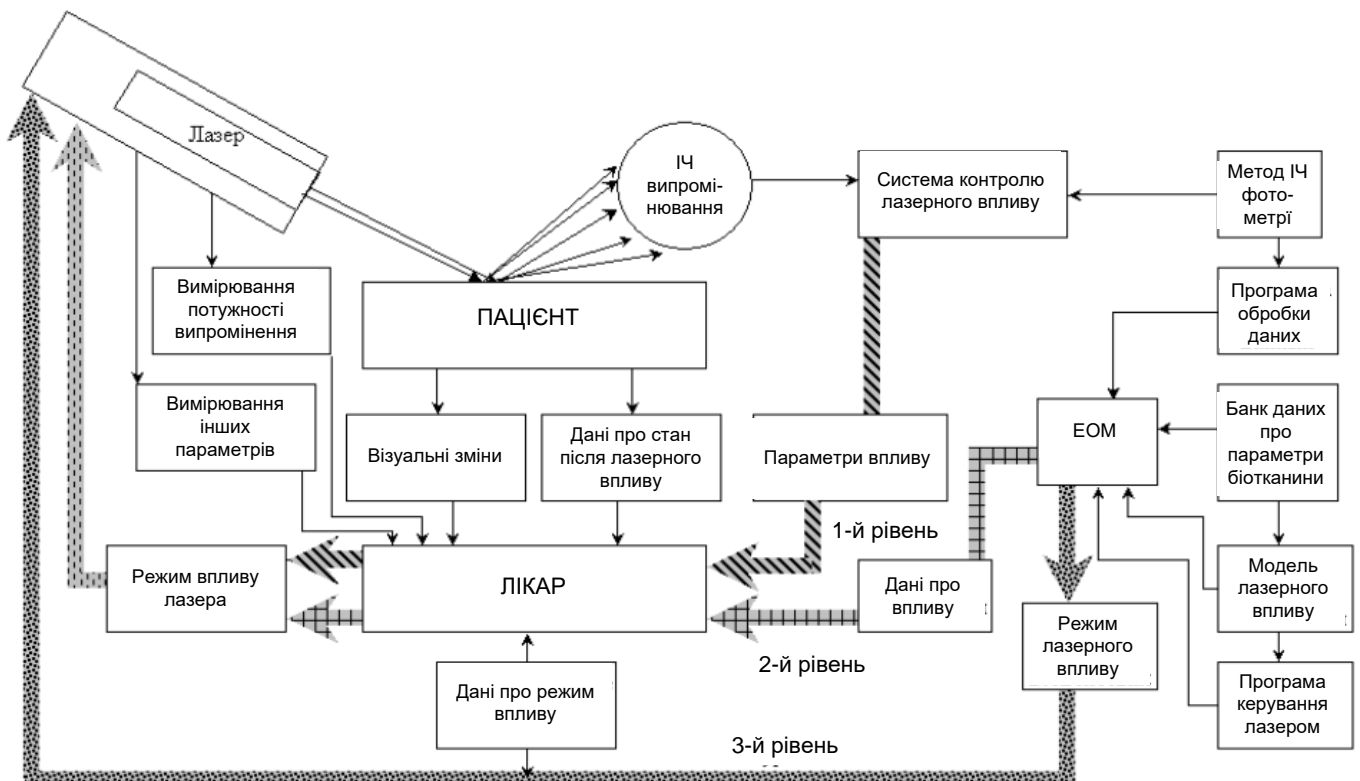


Рисунок 8 – Структурна схема БТС лазерного впливу з контролем, методом імпульсної фототермічної радіометрії

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 32

Функціями представленої БТС є реєстрація параметрів процесу нагрівання, що лежить в основі системи контролю; аналого-цифрове перетворення цієї інформації; введення в ЕОМ; запам'ятовування і обробка даних, а крім цього відповідно до отриманих даних прийняття рішення про зміну режиму роботи лазера; генерація сигналу керування для блоків управління генерацією та інформування лікаря-оператора. Робота БТС лазерного впливу поділяється на три етапи:

- реєстрація сигналу з біооб'єкту;
- обробка сигналу і прийняття рішення;
- управління лазером.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ТА ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Сторчун Є.В. Біофізичні та математичні основи інструментальних методів медичної діагностики : навчальний посібник / Є.В. Сторчун, Я.М. Матвійчук. – Львів : Растр-7, 2009. – 215 с.
3. Гліненко Л.К. Технологія інженерного проектування: структурний синтез технічних та біотехнічних систем : навчальний посібник / Л.К. Гліненко, А.А. Смердов. – Львів : Львівська політехніка, 2004. – 388 с.
4. Апаратура для фізіотерапії та діагностики : навчальний посібник / [С.М. Злепко, С.В. Павлов, В. Б. Василенко та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 212 с.
5. Оптоелектронні медичні системи : навчальний посібник / [С. В. Павлов, Г. С. Тимчик, В. П/ Кожем'яко та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 156 с.
6. Азнакаєв Е. Г. Біомедична інженерія (фундаментальні та прикладні аспекти) : навчальний посібник / Азнакаєв Е. Г. – К. : НАУ, 2007. – 392 с.
7. Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В./ Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
8. Медична і біологічна фізика: Навчальний посібник / Е.І. Сливко, О.З. Мельнікова, О.З.Іванченко, Н.С. Біляк. – Запоріжжя, 2018.- 291 с.
9. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання. Навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни. – К.:КНЕУ.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 33

10. Основи біотехнічних систем та їх моделювання./ Гліненко Л.К., Павлиш В.А., Фаст В.М., Яковенко Є.І., – Львів.: Видавництво ЛП, 2020. – 380 с.

11. Мустецов Т. М. Теорія біотехнічних систем : навчальний посібник / Т. М. Мустецов, А. С. Нечипоренко. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – 188 с.
<https://karazinbook.com/pdfbook/393>

12. Тимчик, Г. С. Теорія біотехнічних об'єктів. Том 1. Узагальнені фізичні властивості об'єкта [Електронний ресурс] : монографія / Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, Т. Р. Клочко ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 5,99 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 274 с.

13. Кирик В. В. Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах [Електронний ресурс] : підручник / В. В. Кирик ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т України «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Електронні текстові дані (1 файл: 5,52 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка» 2019. – 226 с.

14. Інтелектуальні системи управління. Експертні системи – основи проектування та застосування в системах автоматизації [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Л. Д. Ярошук. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,56 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 136 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27855>

15. Гліненко Л. К., Павлиш В. А., Фаст В. М., Яковенко Є. І. Основи біотехнічних систем та їх моделювання / Гліненко Л. К., Павлиш В. А., Фаст В. М., Яковенко Є. І. /Львів: Львівська політехніка, 2020. – 380 с.

16. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання.

17. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 34

ДОДАТОК А

ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО АРКУША

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

УДК _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях
к.т.н., доцент
_____ (Владислав ЧУХОВ)
(підпис, дата)

КОМПЛЕКСНИЙ КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

НАЗВА РОБОТИ

за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія»

Виконавець роботи: _____ (ініціали, прізвище)
(підпис, дата)

Науковий керівник _____ (ініціали, прізвище)
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис, дата)

Житомир
202_ р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 35

ДОДАТОК Б

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ НА ККП

«Затверджено»

Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях

_____ В.В. Чухов
« ____ » _____ 202_ р.

***Завдання
на комплексний курсовий проєкт***

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

_____ затверджено наказом по університету від « ____ » _____ 202_ р. № _____

2. Мета дослідження _____

3. Вихідні дані (характеристики об'єкта, умов дослідження та ін.

4. Основні задачі дослідження _____

5. Термін подання роботи до захисту _____

6. Дата видачі завдання « ____ » _____ 202_ р.

Науковий керівник

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

Завдання прийняв
до виконання

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 36

ДОДАТОК В

**ПРИКЛАДИ ОФОРМЛЕННЯ БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ
У СПИСКУ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЗГІДНО З ДСТУ 8302:2015**

Книги

Однотомний документ

Один автор

1. Іванова В. Д. Технологія виробництва продуктів бджільництва : курс лекцій. Миколаїв : МДАУ, 2009. 245 с.

Два, три автори

2. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія й практика : навч. посіб. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 365 с.

Чотири і більше авторів

3. Referencing styles / G. R. Edwards et al. Los Angeles : International Publishing, 2010. 280 p.

Без автора

4. Економічна енциклопедія / за ред. В. В. Шевченка. Київ : Альманах, 2016. 304 с.

Багатотомний документ

5. Бондаренко В. Г. Теорія ймовірностей і математична статистика. Ч. 1 / В. Г. Бондаренко, І. Ю. Канівська, С. М. Парамонова ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". – К. :НТУУ "КПІ", 2006. – 125 с. : іл.

Статті з журналів

6. Коренівська О.Л., Бенедицький В. Б. Дефібрилятори: історичний огляд та сучасний стан питання. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2019. № 1 (83). С. 89-97.

Матеріали конференцій, з'їздів

7. Бенедицький В.Б., Волошинська М.П., Коренівська О.Л. Система «Розумна теплиця» на Ардуіно. Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство "(випуск 39)». Збірник тез доповідей: випуск 39 (м. Тернопіль, 11 червня 2019 р.). Тернопіль. 2019. с.5–7. URL Інтернет-конференції: <http://www.konferenciaonline.org.ua>

Законодавчі та нормативні документи

8. Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань : Постанова Каб. Міністрів України від 28.06.1997 р. № 644. *Офіційний вісник України*. 1997. № 27. С. 105.

Стандарти

9. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 16 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 37

Дисертації

10. Новосад І.Я. Технологічне забезпечення виготовлення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів [Текст] : дис. канд. техн. наук : спец. 05.02.08 "Технологія машинобудування" / Новосад Іван Ярославович ; Тернопіл. держ. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2007. 20, [1] с., включ. обкл. : іл. – Бібліогр.: с. 17–18.

Автореферати дисертацій

11. Новосад І.Я. Технологічне забезпечення виготовлення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 "Технологія машинобудування" / Новосад Іван Ярославович ; Тернопіл. держ. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. Тернопіль, 2007. 20, [1] с., включ. обкл. : іл. – Бібліогр.: с. 17–18.

Авторські свідоцтва, патенти

12. Пристрій для оцінки продуктивності іонізаторів повітря. Патент України на винахід № 103661. Автори: В.Я. Березовський, П.П. Мартинчук, О.Л. Коренівська, Т.В. Митрофанова, М.І. Левашов. Дата реєстрації: 25.12.2015. Бюл. № 24

Електронні ресурси

13. Богомольний Б. Р. Медицина екстремальних ситуацій [Електронний ресурс] : [навч. посіб. для студ. мед. вузів III–IV рівнів акредитації] / Б. Р. Богомольний, В. В. Кононенко, П. М. Чуєв . – Електрон. дані. – Одеса : Одес. медуніверситет, 2001. – 1 електрон. опт. Диск (CD-R) ; 12 см. – (Бібліотека студента-медика = Medical student's library : започатк. 1999 р.). – Систем. вимоги: Pentium ; 32 Mb RAM ; Windows 95, 98, 2000, XP ; MS Word 97-2000. – Назва з екрана. – На контейнері назва сер. парал. укр., англ. – ISBN 966-573-216-1.

14. Клиничні рекомендації. Застосування ЕКМО // [Електронний доступ]: <http://transpl.ru/images/cms/data/pdf/Klinicheskie-rekomendacii-membranoj-oksigenacii.pdf> [відвідування 20.05.2023 р.]

Приклади оформлення бібліографічного опису за ДСТУ ГОСТ 7.1:2006

Книга одного автора:

Жадан С. Список кораблів : нові вірші, 2018-2019 / Сергій Жадан ; картини К. Косьяненко. – Чернівці : Meridian Czernowitz, 2020. – 152, [3] с. : іл.

Книги двох і трьох авторів:

Шліхта Н. В. Виховуємо академічну доброчесність в школі : методичні вказівки для вчителів / Наталя Шліхта, Ірина Шліхта. – Київ : [б. в.], 2019. – 81 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/163.00.1/М/ОК12- 2024
	Екземпляр № 1	Арк 38 / 38

Книги чотирьох та більше авторів:

Агроекологічний супутниковий моніторинг : монографія / Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. ; ред.: Т. В. Пономарьова, І. М. Баланчук. – Київ : Аграрна наука, 2019. – 201, [2] с. : іл.

Збірники праць та періодичні видання, серійні видання:

Сучасне мистецтво : науковий збірник / Національна академія мистецтв України, Ін-т проблем сучас. мистецтва ; [редкол.: В. Д. Сидоренко (голова) та ін.]. — Київ : ІПСМ НАМ України, 2004-. – Вип. 3. – 2006. – 111 с.

Матеріали конференцій:

Соціальна робота та розвиток мереж соціальної підтримки : конференція молодих науковців : збірник тез доповідей, 6 лютого 2019 року / Школа соціальної роботи ім. проф. В. Полтавця Нац. ун-ту "Києво-Могилянська академія". – [Київ : НаУКМА], 2019. – 106 с.

Багатотомні видання:

Історія Національної академії наук України, 1941 – 1945 / [упоряд. Л. М. Яременко та ін.]. – Київ : Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського, 2007 – (Джерела з історії науки в Україні).

Ч. 2 : Додатки. – 2007. – 573, [1] с.

Законодавчі та нормативні акти:

Закони України "Про інформацію", "Про доступ до публічної інформації" : чинне законодавство зі змінами та доповненнями станом на 25 травня 2015 року : (офіційний текст) / [відп. за вип. А. В. Паливода]. – Київ : Паливода А. В., 2015. – 31, [1] с.

Статті із журналів та збірників:

Моренець В. П. Про свідомість і розуміння / Володимир Моренець // ЩЕ (цінності, ідентичність, мислення, воля...) : науково-навчальний посібник / [упоряд.: В. Моренець, О. Саврук ; наук. ред. В. П. Моренець] ; Києво-Могилян. бізнес-школа (kmbbs), Нац. ун-т "Києво-Могилянська академія". – Київ : [НаУКМА], 2018. – С. 284–307.

Складові частини матеріалів конференцій:

Квіт С. М. Дмитро Штогрин : бібліотекар української справи / Сергій Квіт // Конференція Дмитра Штогрин : збірник матеріалів / [передм. та відп. ред. С. М. Квіт]. – Київ : ВД "Києво-Могилянська академія", 2020. – С. 5-8.

ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ

Огаркова Т. А. Поміж вигадкою та істиною - практика написання есе від Тетяни Огаркової [електронний ресурс] // Читомо. – Електронні дані. – 2020. – 3 березня. – <http://chytomo.com/pomizh-vyhadkoiu-ta-istynoju-praktyka-napysannia-eseiu-vid-tetiany-oharkovoi/> – Назва з екрана (переглянуто: 25.01.2021).