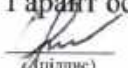


15

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих
засобів і технологій (№ 502)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
 Володимир Олійник
(підпис) (ім'я та прізвище)

«29» серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ВСТУП ДО ФАХУ «БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»
(цифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G22 "Біомедична інженерія"
(код та найменування спеціальності)

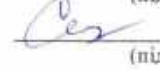
Освітня програма: Біомедична інженерія
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробники: Висоцька О.В., зав. каф. 502, д.т.н., проф.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)
Страшненко Г.М., доц. каф. 502, к.т.н., доц.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «29» серпня 2025 р.

Завідувачка кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Олена ВИСОЦЬКА
(ім'я та прізвище)

(назва кафедри)

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

Анастасія ДУБИНА
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладачів



ПІБ: Висоцька Олена Володимирівна

Посада: зав. каф.

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: професор

Перелік дисциплін, які викладає: «Вступ до фаху «БМІ»»; «Вступ до фаху «КТБМ»»; «Системний аналіз та прийняття рішень в медицині»; «Біозахист та біобезпека МАД»; «Медичні інформаційні системи»; «Основи наукових досліджень».

Напрями наукових досліджень: медична кібернетика, прийняття рішень в медицині, медична статистика, медичні інформаційні технології та системи.

Контактна інформація: тел. +380675726418,
e-mail: evisotska@ukr.net



ПІБ: Страшненко Ганна Миколаївна

Посада: доц. каф.

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає: «Вступ до фаху «БМІ»»; «Вступ до фаху «КТБМ»»; «Основи теорії управління»; «Методи аналізу медичних даних»; «Програмування медичних засобів. Частина 2. Основи тестування медичних інформаційних систем»; «Медичні інформаційні системи».

Напрями наукових досліджень: медична кібернетика; методи і засоби проектування та розробки медичних інформаційних систем; методи та засоби статистичної обробки результатів медико-біологічних досліджень.

Контактна інформація: тел. +380669668445,
e-mail: h.strashnenko@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<u>денна</u> : 6 кредитів ЄКТС / 180 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 32; СРЗ – 116);
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит.
Пререквізити	-
Кореквізити	«Анатомія, фізіологія та патологія людини»
Постреквізити	«Біоетика та фахова термінологія», «Навчальна практика»

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – ознайомлення студентів із сутністю, змістом та практичною спрямованістю обраної освітньої програми G22 «Біомедична інженерія», з новітніми досягненнями в області біомедичної інженерії.

Завдання: вивчення історії розвитку біомедичної інженерії, особливостей організації та змісту освітньо-професійної програми підготовки фахівців з біомедичної інженерії, сучасних досягнень, проблем і напрямків розвитку біологічних та медичних приладів і апаратно-програмних комплексів, функцій та сфер діяльності фахівця в області біомедичної інженерії.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і проблеми під час професійної діяльності у галузі хімічної та біоінженерії, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій і методів біомедичної інженерії для проведення досліджень та/або розроблення інновацій та характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК2);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК3);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК6);
- здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (ЗК9);
- здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя (ЗК13);
- здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності (ЗК14).

Спеціальні компетентності (ФК):

- здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами (ФК9).

Програмні результати навчання (ПРН)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- застосовувати знання основ біоінженерії для вирішення задач біомедичної інженерії (ПРН 1);

- розуміти теоретичні та практичні підходи до створення медичного обладнання та медичної техніки (ПРН 8);

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

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1.

ТЕМА 1. Задачі та структура курсу.

Лекційні заняття.

Мета та завдання курсу. Структура курсу. Особливості організації та зміст освітньо-професійної програми підготовки фахівців з біомедичної інженерії на різних освітньо-кваліфікаційних рівнях у ВНЗ.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій.

ТЕМА 2. Історія та сучасні напрями розвитку біомедичної інженерії. Загальні відомості про медичні технічні засоби.

Лекційні заняття.

Історія розвитку біомедичної інженерії. Сучасні напрями розвитку біомедичної інженерії. Загальні відомості про медичні технічні засоби. Основні вимоги до медичних технічних засобів та тенденції розвитку.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій.

ТЕМА 3. Діагностичні медичні апарати та системи.

Лекційні заняття.

Загальні відомості про діагностичні системи. Фізіологічні та біоелектричні методи діагностики. Методи візуалізації. Лабораторна діагностика та автоматизовані системи. Системи моніторингу. Основні вимоги до діагностичних апаратів. Сучасні тенденції розвитку.

Практичні заняття.

Лабораторно-аналітична техніка. Апарати для функціональної діагностики. Системи моніторингу стану пацієнта.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

ТЕМА 4. Прилади та системи заміщення втрачених функцій та органів людини.

Лекційні заняття.

Загальні відомості про прилади та системи заміщення втрачених функцій та органів людини. Сучасні тенденції розвитку.

Практичні заняття.

Апарати заміщення втрачених функцій та органів людини.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

ТЕМА 5. Інформаційні системи та технології в медицині.

Лекційні заняття.

Історія розвитку кібернетики. Поняття медичних інформаційних систем (МІС). Класифікація МІС. Технології візуалізації та телемедицина. Системи управління охороною здоров'я. Сучасні тенденції розвитку.

Практичні заняття.

Телемедичні технології. Інформаційні технології в медицині. Експертні системи в медицині.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

Модульний контроль.

Самостійна робота: підготовка до модульної контрольної роботи.

МОДУЛЬ 2

Змістовний модуль 2.

ТЕМА 6. Методи та засоби медичної інтроскопії.

Лекційні заняття.

Поняття та завдання медичної інтроскопії. Основні методи медичної інтроскопії. Засоби медичної інтроскопії. Комп'ютерні технології в інтроскопії. Сучасні тенденції розвитку.

Практичні заняття.

Апарати для ультразвукового дослідження людини. Томографи.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

ТЕМА 7. Терапевтичні і хірургічні апарати та системи.

Лекційні заняття.

Поняття про терапевтичні та хірургічні апарати. Терапевтичні апарати. Хірургічні апарати та системи. Системи забезпечення хірургії. Сучасні тенденції розвитку.

Практичні заняття.

Терапевтичні апарати і системи. Лазери в медицині. Апарати для ендоскопії. Роботизовані комплекси в хірургії.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

ТЕМА 8. Нанотехнології в медицині.

Лекційні заняття.

Вступ до нанотехнологій. Нанотехнології у діагностиці. Нанотехнології у лікуванні. Нанотехнології в регенеративній медицині. Безпека та етичні питання. Сучасні напрями розвитку.

Практичні заняття.

Нанотехнології в медицині.

Самостійна робота: опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичних робіт, підготовка до захисту практичних робіт.

Модульний контроль.

Самостійна робота: підготовка до модульної контрольної роботи.

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено

6. Методи навчання

Студентоцентроване навчання. Навчання за допомогою пояснювально-ілюстративного матеріалу (лекція), практичного матеріалу (проведення практичних занять); робота з навчально-методичною літературою (самостійне опрацювання заданих розділів). Технологія змішаного та дистанційного навчання.

7. Методи контролю

Використовуються такі методи контролю, як: усне та письмове опитування, тестування, звіти з практик, поточний (модульний) контроль, іспит.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	0...3	7	0...21
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...3	7	0...21
Реферат та презентація	0...20	1	0...20
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох питань. Приклади запитань наведені нижче.

1. Що таке ангіографія та яке її діагностичне значення?
2. Визначте перспективи застосування нанотехнологій в медицині. Наведіть приклади застосування нанотехнологій в медицині.
3. Обґрунтуйте необхідність використання лазерів в медицині. Проаналізуйте сучасні досягнення цієї області.

Таблиця 8.3 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційний залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60-74). Виставляється, якщо студент відпрацював та захистив всі практичні заняття та реферат, засвоїв основні поняттями навчального матеріалу, може самостійно відтворити значну частину навчального матеріалу і робити певні узагальнення,

ознайомився з основною літературою, рекомендованою програмою, вміє виконувати навчальні завдання, передбачені програмою.

Добре (75 - 89). Виставляється, якщо студент відпрацював та захистив всі практичні заняття та реферат, вільно володіє навчальним матеріалом, вміє застосовувати вивчений матеріал у стандартних ситуаціях, узагальнювати та систематизувати навчальну інформацію, самостійно виконує передбачені програмою навчальні знання, самостійно знаходить і виправляє допущені помилки, може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання навчального завдання.

Відмінно (90-100). Виставляється, якщо студент відпрацював та захистив всі практичні заняття та реферат, його знання, вміння і навички повністю відповідають вимогам програми, володіє глибокими, міцними знаннями, самостійно визначає проміжні цілі і вміє планувати особисту навчальну діяльність, оцінювати результати власної практичної роботи, вміє знаходити додаткову інформацію та самостійно використовує її для реалізації поставлених перед ним навчальних цілей, судження його логічні і достатньо обґрунтовані, засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності, вміє вільно використовувати сучасні програмні засоби для поповнення власних знань та розв'язування задач.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

Навчальні посібники

1. Шуаїбов О.К., Грицак Р.В. Біомедична інженерія. Вступ до спеціальності.: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Видавництво «Говерла», 2019 р. 177 с.
2. Мустецов М. П. Апарати і системи заміщення втрачених органів та функцій організму людини : навч. посіб. / М. П. Мустецов, О.В. Висоцька, А.П. Порван ; МОН України, Харк. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків : ХНУРЕ, 2010. 248 с.
3. Висоцька О. В. Медичні інформаційні системи : навч. посіб. / О. В. Висоцька, Г. М. Страшненко ; МОН України, Харк. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків: ХНУРЕ, 2013. 476 с.
4. Вступ до фаху «Біомедична інженерія»: практикум / О. В. Висоцька, Г. М. Страшненко. Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. 98 с.

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни: <http://k502.khai.edu>; <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=3689>

11. Рекомендована література

Базова

1. Bogomolov, M. F. Biomedical devices, apparatus and complexes [Electronic resource] : Educational Tutorial for students for bachelor's degree in specialty 163 - Biomedical Engineering specialization "Medical Engineering" / M. F. Bogomolov, V. V. Shlykov, M. M. Sychyk ; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Electronic text data (1 file: 3.01 MB). – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2023. – 93 p.
2. Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія / М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, М. В. Чухраєв та ін. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 180 с.
3. Методи променевої діагностики: навчальний посібник для студентів / уклад. Н. В. Туманська, О.Г.Нордіо, Т.М.Кічангіна. Запоріжжя : ЗДМУ, 2018. 143 с.
4. Електронні методи і засоби біомедичних вимірювань: навчальний посібник / С.К. Мещанінов, В.М. Співак, А.Т. Орлов . К.; Кафедра, 2015. 211 с.
5. Сучасні методи дослідження біологічних систем: навчальний посібник / Л.В. Яковлєва, О. В. Ткачова, О. О. Герасимова. Під ред. Л.В. Яковлєвої. Х.: НФаУ, 2019. 151 с.
6. Автоматизовані магнітотерапевтичні апарати : монографія / М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, В. Ю. Рудик та ін. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. 272 с.
7. Медична кондиціонуюча та кріогенна техніка : навчальний посібник / О. В. Щесюк, Ю. Г. Щербак, В. М. Запальський, М. О. Клименко, Л. Г. Нетюхайло. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 212 с.
8. Лікувальна медична техніка : конспект лекцій до вивчення дисципліни «Лікувальна медична техніка» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 163 - «Біомедична інженерія», спеціалізації «Медична інженерія»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. М.Ф.Богомолів, В.Б.Максименко – Електронні текстові данні (1 файл Мбайт).– Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського», 2021. – 78 с.
9. Основи реєстрації та аналізу біосигналів. Навчальний посібник / О.Г. Аврунін, В.В. Семенець, В.Г. Абакумов, З.Ю. Готра, С.М. Злепко, А.В. Кіпенський, С.В. Павлов. Харків: ХНУРЕ, 2019. 400 с.

10. Штучні системи: теорія створення та розвитку. Монографія. / Л. І. Шрагіна, М. Й. Меєрович. – Одеса: Бондаренко М. О., 2023. – 208 с.
11. Інформаційні технології у сфері охорони здоров'я : монографія / Л.Б. Ліщинська, С.А. Яремко, К.В. Копняк, І.О. Гулівата, Л.П. Гусак ; за заг. ред. Л.Б. Ліщинської. Вінниця : видавничоредакційний відділ ВТЕІ КНТЕУ, 2018. 240 с.

Допоміжна

1. ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».
2. ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання».
3. Лазерні медичні технології : навчальний посібник / Готра З. Ю., Павлов С. В., Микитюк З. М. та ін. Вінниця: ВНТУ, 2017. 158 с. URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2022/Gotra_2017_158.pdf (дата звернення: 14.08.2024).
4. Методи та системи штучного інтелекту: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» / Уклад. : А.С. Савченко, О. О. Синельников. К. : НАУ, 2017. 190 с.

12. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри URL: <https://new.nk502.xai.edu.ua/> (дата звернення: 22.08.2025).
2. Виробник медичного обладнання ХАІ-МЕДИКА URL: <https://xai-medica.com/ua/> (дата звернення: 22.08.2025).
3. Медична апаратура спеціального призначення : навчальний посібник / [Злепко С. М., Коваль Л. Г., Гаврілова Н. М., та ін.]. Вінниця : ВНТУ, 2010 URL: <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/70FE9005-3C43-4017-A77A-D9F6BCA4BDB4.pdf> (дата звернення: 14.08.2025).
4. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій: навч. посіб. для студ. спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І. Ю. Худецький, Ю. В. Антонова-Рафі, Г. В. Мельник, Є. В. Сніцар ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,124Мбайт). Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 184 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45797/1/Protezuvannia_ta_shtuchni_orhany_KL.pdf (дата звернення: 14.08.2025).
5. Біомедичні електронні системи. Конспект лекцій : навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Електронні мікро- і наносистеми та технології» / КПП ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Н.Г. Іванушкіна, К.О. Іванько, А.О. Попов, Є.С.Карплюк, О.П.Шуляк. Електронні текстові дані (1 файл: 10 406 Кбайт). Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. 113 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41534/1/BMES_KL.pdf (дата звернення: 15.08.2025).
6. Ткач О. П. Наноматеріали і нанотехнології в приладобудуванні: Навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2014. 127 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/38270/1/nanomateriali.pdf> (дата звернення: 16.08.2025).
7. «Методи та засоби діагностики. Основи лазерних лабораторних методів біомедичних досліджень» : навч. посіб. для студ. спеціальності 163 - «Біомедична інженерія» / КПП ім. Ігоря Сікорського; уклад. М.Ф. Богомолів, В.В. Шликов, В.Б. Максименко; КПП ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл 13 Мбайт). Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. 150 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40127/1/MZD_NP.pdf (дата звернення: 15.08.2025).
8. Колобродов В.Г., Тимчик Г.С. Лазерні технології. Конспект лекцій.: навч. посіб. для студ. спеціальності спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані

технології. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 276 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/47078/1/Lazerni_tekhnolohii_Konspekt_lektsii.pdf (дата звернення: 18.08.2025).

9. The Biomedical Engineering Handbook, Third Edition: Biomedical Engineering Fundamentals by Joseph D. Bronzino (2006-04-14) URL: <https://bmeqtu.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/01/bme-fundamental-bronzino.pdf> (дата звернення: 18.08.2025).