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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

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

_____ Василевський О. М.

"17" 09 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.9 Регенеративна медицина та 3D друк для біомедичної інженерії

(шифр і назва навчальної дисципліни)

підготовки магістра

(назва рівня вищої освіти)

галузь знань 16 – Хімічна та біоінженерія

(шифр і найменування галузі знань)

спеціальність 163 – Біомедична інженерія

(код і найменування спеціальності)

освітня програма Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії

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

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

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

Вінниця – 2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Регенеративна медицина та 3D друк для біомедичної інженерії»
для здобувачів освітнього ступеня магістра
галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія
спеціальності 163 – Біомедична інженерія
освітня програма Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії, 2019. – 14 с.

Розробники:
Тимчик Сергій Васильович, декан ФІРЕН, канд. техн. наук, доцент
Штофель Дмитро Хуанович, доцент кафедри БМІ, канд. техн. наук, доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри біомедичної інженерії

Протокол від «9» червня 2020 року №19

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

Схвалено Методичною комісією ФІРЕН

Протокол від «10» червня 2020 року № 10

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

Схвалено Методичною радою ВНТУ

Протокол від «17» 09 2020 року № 1

Голова_____ проф. Васілевський О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

© С. В, Тимчик,
Д. Х. Штофель, 2020 рік.
© ВНТУ, 2020 рік

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 4</td><td>Галузь знань
16 – Хімічна та біоінженерія
(шифр і найменування)</td><td colspan="2">Обов’язкова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 2</td><td rowspan="5">спеціальність 163 – Біомедична інженерія
освітня програма
Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>1м</td><td>1м</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне науково-дослідне завдання (реферати, розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи, контрольні роботи, що виконуються під час СРС (домашні контрольні роботи), курсові роботи, дипломні проекти (роботи) та ін. визначаються робочим навчальним планом чи рішенням кафедри) –</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 120</td><td>1м</td><td>2м</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,5 самостійної та індивідуальної роботи студента – 2,17</td><td rowspan="11">Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</td><td>36 год.</td><td>14 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>18 год.</td><td>3 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>27 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Курсова робота</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>39 год.</td><td>95 год.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю: іспит</td><td>Вид контролю: іспит</td></tr>
</table>

Примітка.
Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:
для денної форми навчання – 67,5 % / 32,5 %,
для заочної форми навчання – 20,8 % / 79,2 %,

Мова навчання – українська.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Регенеративна медицина та 3D друк для біомедичної інженерії» є базовою професійною дисципліною та базується на знаннях, отриманих здобувачами освіти на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти, а саме: базові знання з проектування та побудови біотехнічних систем, побудови моделей об’єктів, обробки біомедичної інформації. Ця дисципліна безпосередньо пов’язана і передує вивченню дисциплін «Апаратно-програмне та медико-технічне забезпечення імплантів та медичних апаратів».

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни. Вивчення студентами фізичних основ будови та функціонування організму людини на різних рівнях організації, основ відновлювальних медичних технологій..

Програмні результати вивчення дисципліни

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

1. Проектувати, конструювати, вдосконалювати та застосовувати медико-технічні та біоінженерні вироби, прилади, апарати і системи з дотриманням технічних вимог, а також супроводжувати їх експлуатацію (ПРН1).
2. Створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для всебічного дослідження і розробки біоінженерних об’єктів та систем медико-технічного призначення (ПРН3).
3. Оцінювати біологічні і технічні аспекти та наслідки взаємодії інженерно-технічних і біоінженерних об’єктів з біологічними системами, передбачувати їх взаємний вплив, правові, деонтологічні і морально-етичні наслідки використання (ПРН5).
4. Розробляти та застосовувати штучні інетелектуальні імпланти, використовуючи інформаційні технології цифрової обробки біомедичних зображень та реконструкції об’єктів, 3D-друку, сучасні біоматеріали та засоби медичної електроніки (ПРН9).

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни.

1. Здатність вирішувати комплексні проблеми біомедичної інженерії із застосовуванням методів математики, природничих та інженерних наук (ФК1).

2. Здатність аналізувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми та здійснювати їх формалізацію для знаходження кількісних рішень із застосуванням сучасних математичних методів та інформаційних технологій (ФК3).
3. Здатність створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико- технічного призначення (ФК4).
4. Здатність розробляти технічні завдання на створення, а також моделювати, оцінювати, проектувати та конструювати складні біоінженерні та медико-інженерні системи і технології (ФК5).
5. Здатність досліджувати біологічні та технічні аспекти функціонування та взаємодії штучних біологічних і біотехнічних систем (ФК6).
6. Здатність розробляти і проектувати інтелектуальні штучні імпланти для біоінженерії (ФК10).

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

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

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Регенеративні біомедичні технології в сучасній медицині.

Тема 1. Сучасні напрямки і перспективи розвитку регенеративної медицини.

Термінологія і зміст регенеративної медицини (РМ). Методи РМ. Принципи РМ. Досягнення і проблеми РМ. Технології РМ. Регенеративні біомедичні технології для терапевтичного застосування. Основні фактори впливу на індустрію РМ. Сигнальна система тіла людини. Механізми регенерації в організмі людини.

Тема 2. Регенеративні біомедичні технології в стоматології.

Дентальна імплантологія. Етапи імплантації в стоматології. Аналіз і виправлення помилок при імплантації. Особливості різних імплантаційних систем. Основні методики направленої тканинної регенерації. Архітетоніка кістки. Морфологія біосумісності внутрішньокісткових імплантів. Визначення кількості імплантів для встановлення за принципом імплантаційної ізотопії.

Тема 3. Особливості застосування регенеративної медицини в накістковому остеосинтезі.

Сучасні технології накісткового остеосинтезу. Остеосинтез з аксімальною компресією Нейтралізуючий остеосинтез. Остеоінтеграція біоактивного імпланта при накістковому остеосинтезі. Адитивні технології виробництва імплантів.

Тема 4. Регенеративні технології в косметології та естетичній медицині.

Апаратна косметологія: принципи, підходи, види. Технологія 3Д омолодження. Регенеративні технології для корекції і підвищення естетики тіла. Лазерна косметологія. Типи лазерів для косметології і принцип їх дії. Переваги і недоліки лазерної косметології. Технологія термоліфтінгу Aluma – технологія неінвазивного омолодження шкіри. Ультразвуковий SMAS-ліфтінг і лазеротерапія шкіри. Технологія ELOS для омолодження шкіри. Фракційний лазер для виправлення естетичних і вікових дефектів.

Тема 5. Фізіотерапевтична лікувально-реабілітаційна підтримка регенеративних технологій.

Фізичні методи діагностики і лікування в стоматології та імплантології: фізіологічне обґрунтування, показання, протипоказання. Апаратура на неперервному постійному струмі (гальванізація, електрофорез, електрознеболювання). Струми низької напруги і частоти (діадинометрія, ампліпульс). Прилади на використанні змінних струмів високої, надвисокої, ультравиской частоти. Ультразвук. Фототерапія. Застосування магнітного поля різної частоти.

Тема 6. Взаємодія і біосумісність імплантів з біологічними тканинами.

Загальні закономірності реакції кісткової тканини щелеп на введення імплантів. Вплив вида імплантуємого матеріалу на регенерацію кісткової тканини. Класифікація матеріалів для імплантації за критеріями біосумісності і приживаємості. Вплив різних методів оброблення поверхні імпланта на реакцію біотканини. Взаємодія епітеліальної тканини з матеріалом імпланта. Методи визначення біосумісності імплантів.

Змістовий модуль 2. Біопринтинг та технології 3D друку в біомедичній інженерії.

Тема 7. 3D друк та імплантологія.

Класифікація 3D принтерів. Типи 3D друку. Витратні матеріали для 3D друку. Біопринтинг. 3D друк в біомедичній інженерії. Теореричні основи імплантології. Типи імплантації. Види імплантів. Класифікація імплантів. Біосумісність імплантів. Вплив біоматеріалів на регенеративну здатність кісток. Критерії вибору біоматеріалів для імплантів.

Тема 8. Особливості ортопедичного лікування при використанні 3D технологій.

Біомеханіка імплантів. Вибір конструкції протезів. Загальні вимоги до зубних протезів з опорою на імпланти. Лабораторні етапи виготовлення зубних протезів після імплантації. Протезування незйомних протезів з опорою на зуби та імпланти.

Тема 9. Біопринтинг і 3D принтери в стоматології.

Конструкції імплантів. Переваги 3D друку перед звичайними методами виготовлення протезів. Технологія САД/CAM. EAER-технологія. 3D моделювання протезів. Переваги та недоліки трьохмірної імплантації зубів. Виготовлення шаблонів та протезів на 3D принтері.

Тема 10. Особливості мікроциркуляції крові в яснах до та після встановлення імплантів.

Оцінювання мікроциркуляції крові в яснах. Корекція мікроциркуляції крові після встановлення імпланта. Медико-технічне та апаратно-програмне забезпечення досліджень периферійної мікроциркуляції кровотоку в щелепно-лицьовій ділянці. Індивідуальний лікувально-діагностичний комплекс для визначення мікроциркуляції крові. Оптоелектронний комплекс для визначення мікроциркуляції крові в яснах. Доплерівський метод дослідження мікроциркуляції крові.

Тема 11. Критерії оцінювання імплантів в стоматології та остеосинтезі.

Критерії клінічного оцінювання внутрішньо кісткових імплантів. Критерії апаратурного оцінювання якості встановлення імплантів. Оцінювання стану мікроциркуляції крові за рівнем тканинного кровотоку, інтенсивності, коефіцієнтом варіації. Фотоплетизмографічний індекс, як критерій наявності запального процесу. Метод частотно-резонансного аналізу. Коефіцієнт стабільності імпланта ISQ.

Тема 12. Імплантовані телемедичні засоби і системи.

Принципи побудови імплантованих телеметричних систем. Модуль базової станції імплантованої системи. Імплантований телеметричний модуль. Моніторинг стану стоматологічних імплантів. Бездротові мережеві технології моніторингу стану імплантів. Вибір каналів обміну інформацією для біотехнічної системи.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Регенеративні біомедичні технології в сучасній медицині												
Тема 1. Сучасні напрямки і перспективи розвитку регенеративної медицини	10	3	3		-	4	9	2			-	7
Тема 2. Регенеративні біомедичні технології в стоматології	10	3		3	-	4	10	1		2	-	7
Тема 3. Особливості застосування регенеративної медицини в накістковому остеосинтезі	10	3	3		-	4	9	1	1		-	7
Тема 4. Регенеративні технології в косметології та естетичній медицині	10	3		3	-	4	10	1		2	-	7
Тема 5. Фізіотерапевтична лікувально-реабілітаційна підтримка регенеративних технологій	10	3		3	-	4	9	1			-	8
Тема 6. Взаємодія і біосумісність імплантів з біологічними тканинами	10	3	3		-	4	9	1			-	8
Разом за змістовим модулем 1	60	18	9	9	-	24	56	7	1	4	-	44
Змістовий модуль 2. Біопринтинг та технології 3D друку в біомедичній інженерії												
Тема 7. 3D друк та імплантологія	10	3		6	-	1	10	1		2	-	7
Тема 8. Особливості ортопедичного лікування при використанні 3D технологій	10	3		6	-	1	9	1			-	8
Тема 9. Біопринтинг і 3D принтери в стоматології	10	3		6	-	1	10	1		2	-	7
Тема 10. Особливості мікроциркуляції крові в яснах до та після встановлення імплантів	10	3	3		-	4	8	1			-	7
Тема 11. Критерії оцінювання імплантів в стоматології та остеосинтезі	10	3	3		-	4	10	2	1		-	7
Тема 12. Імплантовані телемедичні засоби і системи	10	3	3		-	4	9	1	1		-	7
Разом за змістовим модулем 2	60	18	9	18	-	15	56	7	2	4	-	43
Контрольна робота для студентів заочної форми навчання					-		8				8	
Усього годин	**120**	36	18	27	-	39	**120**	14	3	8	8	87

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

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вплив оптичного випромінювання на біологічний об'єкт	3
2	Розробка 3D моделі для остеосинтезу	3
3	Вибір матеріалів для імплантів	3
4	Визначення рівня мікроциркуляції крові фотоплетизмографічним методом	3
5	Оцінювання якості стоматологічних імплантів	3
6	Засоби комунікації імпланта з зовнішніми присторями	3
	Разом	18

8. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розробка 3D моделі стоматологічного імпланта	3
2	Застосування 3D сканерів в біомедичній інженерії	3
3	Визначення механічних навантажень на кісткові імпланти	3
4	Дослідження технологій 3D друку	6
5	Виготовлення та аналіз імпланта для остеосинтезу засобами 3D друку	6
6	Виготовлення та аналіз стоматологічного імпланта засобами 3D друку	6
	Разом	27

9. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні фактори впливу на індустрію РМ. Сигнальна система тіла людини. Механізми регенерації в організмі людини.	4
2	Архітетоніка кістки. Морфологія біосумісності внутрішньокісткових імплантів. Визначення кількості імплантів для встановлення за принципом імплантаційної ізотопії.	4
3	Остеоінтеграція біоактивного імпланта при накістковому остеосинтезі. Адитивні технології виробництва імплантів.	4
4	Технологія термоліфтінгу Aluma – технологія неінвазивного омолодження шкіри. Ультразвуковий SMAS-ліфтінг і лазеротерапія шкіри. Технологія ELOS для омолодження шкіри. Фракційний лазер для виправлення естетичних і вікових дефектів.	4
5	Струми низької напруги і частоти (діадинометрія, ампліпульс). Прилади на використанні змінних струмів високої, надвисокої, ультравискої частоти. Ультразвук. Фототерапія. Застосування магнітного поля різної частоти.	4
6	Вплив різних методів оброблення поверхні імпланта на реакцію біотканини. Взаємодія епітеліальної тканини з матеріалом імпланта. Методи визначення біосумісності імплантів.	4
7	Критерії вибору біоматеріалів для імплантів.	1
8	Протезування незйомних протезів з опорою на зуби та імпланти.	1
9	Виготовлення шаблонів та протезів на 3D принтері.	1
10	Індивідуальний лікувально-діагностичний комплекс для визначення мікроциркуляції крові. Оптоелектронний комплекс для визначення мікроциркуляції крові в яснах. Доплерівський метод дослідження мікроциркуляції крові.	4
11	Фотоплетизмографічний індекс, як критерій наявності запального процесу. Метод частотно-резонансного аналізу. Коефіцієнт стабільності імпланта ISQ.	4
12	Бездротові мережеві технології моніторингу стану імплантів. Вибір каналів обміну інформацією для біотехнічної системи.	4
	Усього	

10. Індивідуальні завдання

Під час вивчення дисципліни студенти готують доповіді, презентації, есеї, виконують індивідуальні домашні завдання. Навчальним планом передбачено 1 контрольну роботу для студентів заочної форми навчання. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником студенти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію ВНТУ.

11. Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, фасилітація, тренінг, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, практичні заняття та лабораторні роботи (під час проведення практичних і лабораторних робіт використовується

відповідне обладнання та комп'ютерне устаткування, розташоване в лабораторіях кафедри, презентації, електронні матеріали та програмні засоби), консультації, підготовка статей і доповідей науково-дослідного характеру.

12. Засоби діагностування результатів навчання

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

13. Розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 13.1 – Вид контролю: іспит

<table>
<tr><td colspan="12">Поточне тестування та самостійна робота</td><td>Підсумковий тест (іспит)</td><td>Сума</td></tr>
<tr><td colspan="6">Модуль 1</td><td colspan="6">Модуль 2</td><td rowspan="4">25</td><td rowspan="4">100</td></tr>
<tr><td colspan="6">Змістовий модуль № 1</td><td colspan="6">Змістовий модуль № 2</td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td><td>Т7</td><td>Т8</td><td>Т9</td><td>Т10</td><td>Т11</td><td>Т12</td></tr>
<tr><td colspan="6">37</td><td colspan="6">38</td></tr>
</table>

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

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

Вид робіт	Модуль	
	1	2
1. Виконання лабораторних робіт / 1 робота	9 / 3	9 / 3
2. Виконання практичних завдань / 1 завдання	9 / 3	9 / 3
2. Колоквіум	13 / 13	14 / 14
3. Виконання завдань з СРС	5	5
4. Активна робота на лекційних, лабораторних, практичних заняттях	1	1
Всього	37	38

Таблиця 13.3 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

14. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

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

15. Рекомендована література

Базова

1. Principles of Regenerative Medicine / Anthony Atala, Robert Lanza (eds) - Academic Press, 2011. – ISBN 978-0-12-381422-7.

2. 3D printing in medicine / Kalaskar, Deepak M., ed. – Woodhead Publishing, 2017. – ISBN 978-0081007174.

3. Advances in 3D printing & additive manufacturing technologies / D. I. Wimpenny, P. M. Pandey, L. J. Kumar. – Springer, 2017. - ISBN 978-981-10-0811-5.

4. 3D printing and bio-based materials in global health / Bhatia, S. K., Ramadurai K. W. – Springer, 2017. – ISBN 978-3-319-58276-4.

5. Медична та біологічна фізика : підручник / за ред. проф. О. В. Чалого. – Вінниця : Нова Книга, 2013. – 528 с.

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

Допоміжна

1. 3D Printing in Medicine / Rybicki, Frank J., and Gerald T. Grant. – Springer International Publishing, 2017. – ISBN 978-3-319-61922-4.

2. Mobile and Wireless Technologies / Kim, K. J., Joukov, N. (Eds.) – Springer, 2017. - ISBN 978-9-81-10-5281-1.

3. Principles of Regenerative Medicine / Anthony Atala Robert Lanza Tony Mikos Robert Nerem. - Academic Press, 2017. – ISBN: 978-0-128-09880-6.

4. Foundations of Regenerative Biology and Medicine / David L Stocum. – IOP Publishing Ltd, 2018. – ISBN: 978-0-7503-1624-8.

5. Regenerative Medicine and Tissue Engineering / Jose A. Andrades. – IntechOpen, 2013. – ISBN: 978-953-51-1108-5.

16. Інформаційні ресурси

1. Free Online Courses in Biophysics / Biophysical Society. – Access mode : https://www.biophysics.org/education-careers/education-resources/additional-education-resources/free-online-courses

2. Online 3D Printing [Електронний ресурс] / LAVA. – Режим доступу : https://lava.limited/?gclid=CjwKCAjw74b7BRA_EiwAF8yHFEqplUjAtPlrQH-_zZzA3x3-AXKc1RcCAwqTgoPJK6voVn5bqXFBnhoCKjAQAvD_BwE

3. Principles of regenerative medicine [Електронний ресурс] / A. Atala, R. Lanza, T. Mikos, R. Nerem. – https://books.google.com.ua/books?id=CZpoDwAAQBAJ

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