

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ МОНУ  
від 05 червня 2013 року № 683  
Форма № Н-3.04

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»**  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра Біомедичної інженерії

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Декан факультету  
інформаційних технологій  
Верескун М.В.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Методичні вказівки  
до практичних занять з дисципліни

**3D ДРУК В УМОВАХ БІОМЕДИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ**  
**(3D Printing for Biomedical Applications)**

напряму підготовки 163 «Біомедична інженерія»  
(шифр і назва напряму підготовки)



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



*Розроблено в рамках проекту «Erasmus+ (CBHE) BioArt: Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр»*

*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)*

2019– 2020 навчальний рік

3D друк в умовах біомедичного використання [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «3D друк в умовах біомедичного використання» для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» денної та заочної форм навчання / уклад. Б. В. Єфременко. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2019. – 17 с.

Методичні вказівки по підготовці до практичних занять по дисципліні «3D друк в умовах біомедичного використання» призначені для студентів з метою надання допомоги у самостійній підготовці до практичних занять

Укладач Б.В. Єфременко, к.т.н., ст. викладач

Рецензент О.Ю. Азархов, зав. каф., д.м.н., професор

*Розроблено в рамках проекту «Erasmus+ (CBHE) BioArt: Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр»*

*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)*

Рекомендовано на засіданні кафедри «Біомедична інженерія», протокол № 21 від 24 червня 2019 р.

Затверджено на засіданні методичної комісії факультету інформаційних технологій, протокол № 10 від 24 червня 2019 р.

© ДВНЗ «ПДТУ», 2019

© Б.В. Єфременко, 2019

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	
2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	
Практичне заняття № 1. Обладнання адитивних технологій.....	
Практичне заняття № 2. Матеріали для 3D друку.....	
Практичне заняття № 3. Робота з 3D моделями.....	
Практичне заняття № 4. Підготовка 3D моделі до друку.....	
Практичне заняття № 5. Виготовлення імплантів в біомедицині.....	
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

## ВСТУП

Адитивні технології є сучасним та інноваційним методом виробництва. Завдяки цим технологіям є можливість виробляти складні та досить високотехнологічні вироби. Досить широке застосування адитивні технології знайшли в медицині. Завдяки 3D друку є можливість виробляти індивідуальні протези та імпланти, можливо проводити предопераційні підготовки на моделях, які надруковані зі знімків МРТ хворого, проводити більш якісне навчання спеціалістів завдяки точним копіям органів людини, які можливо надрукувати на 3D принтері.

Методичні вказівки по підготовці до практичних занять по дисципліні «3D друк в умовах біомедичного використання» призначені для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» з метою надання допомоги у самостійній підготовці до практичних занять.

Основна **мета** курсу полягає в тому, щоб навчити студента:

- Розбиратись в різновиді технологій 3D друку, їх відмінностях;
- Розбиратись в різноманітті матеріалів, які використовують для друку;
- Розуміти в яких конкретних сферах можливо застосування адитивних технологій;
- Мати змогу підбору параметрів адитивного виробництва.

**Задачі** вивчення дисципліни:

- Створення у студентів основ досить широкої теоретичної підготовки в області адитивних технологій;
- Формування наукового мислення і наукового світогляду;
- Засвоєння основних методів 3D друку;
- Ознайомлення студентів із найбільш поширеною технологією 3D друку.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен проявляти такі **компетенції** в:

- Демонстрації інноваційних ідей у галузі адитивного виробництва в медицині;

- Зборі та розповсюдженні інформації про досягнення адитивних технологій;
- Основах технології 3D друку, їх перевагах та недоліках;
- Особливостях підготовки 3D моделей до друку;
- Основних видах матеріалів, які використовують для друку, їх перевагах та недоліках;
- Варіантах використання 3D друку в біомедичних цілях.

Студент, що вивчив дисципліну повинен мати **практичні навички** з:

- вибору методів та інструментів для друку з використанням металевих та полімерних матеріалів;
- розробки та вибору технології друку металевих та полімерних моделей;
- підготовки 3D моделей до друку та вибору оптимальних режимів друку;
- розв'язання задач аналітичними та симуляційними методами;

## **1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

Практичні заняття – форма навчального заняття, на якому педагог організує детальний розгляд студентами окремих теоретичних положень навчальної дисципліни та формує вміння і навички їх практичного застосування шляхом виконання відповідно поставлених завдань. У структурі практичного заняття домінує самостійна робота студентів.

Відповідно до ведучої дидактичної мети змістом практичних занять є рішення різного роду завдань, в тому числі професійних. Практичні заняття спрямовані на формування у студентів професійних і практичних умінь, необхідних для вивчення наступних навчальних дисциплін: виконувати певні дії, операції, необхідні в подальшій професійній діяльності (в процесі курсового проектування, переддипломної практики, створення випускної кваліфікаційної роботи). Поряд з формуванням умінь і навичок в процесі практичних занять узагальнюються, систематизуються, поглиблюються і конкретизуються теоретичні знання, виробляється здатність і готовність використовувати теоретичні знання на практиці, розвиваються інтелектуальні вміння.

При виборі змісту та обсягу практичних занять слід виходити зі складності навчального матеріалу для засвоєння, з внутрішньо предметних і міжпредметних зв'язків, зі значущості досліджуваних теоретичних положень для майбутньої професійної діяльності, з того, яке місце займає конкретна робота в процесі формування цілісного уявлення про зміст навчальної дисципліни.

Правильно організовані практичні заняття мають важливе виховне і практичне значення і орієнтовані на вирішення наступних завдань:

- поглиблення, закріплення і конкретизацію знань, отриманих на лекціях і в процесі самостійної роботи;
- формування практичних умінь і навичок, необхідних у майбутній професійній діяльності;

– розвитку самостійності.

Практичні завдання можуть носити:

– репродуктивний характер: в цьому випадку при їх виконанні студенти користуються докладними інструкціями, в яких вказані: мета роботи, пояснення (теорія, основні характеристики), обладнання, апаратура, матеріали та їх характеристики, порядок виконання роботи, таблиці, висновки (без формулювання), контрольні питання, навчальна і спеціальна література;

– частково-пошуковий характер: ці роботи відрізняються тим, що студенти не користуються докладними інструкціями, їм не дано порядок виконання необхідних дій. Вони повинні самостійно вибрати необхідне обладнання, способи виконання роботи по матеріалам інструктивної, довідкової та іншої літератури;

– пошуковий характер: такі роботи характеризуються тим, що студенти повинні вирішити нову для них проблему, спираючись на наявні теоретичні знання.

## **2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

При плануванні практичних занять необхідно знаходити оптимальне співвідношення репродуктивних, частково-пошукових і пошукових робіт, щоб забезпечити високий рівень інтелектуальної діяльності.

У пропонованих методичних вказівках тематика практичних занять побудована відповідно до лекційного курсу. Методичні вказівки включають в себе теми, мету, плани практичних занять, основні теоретичні відомості, контрольні питання, тестові завдання.

### **Практичне заняття № 1. Обладнання адитивних технологій**

**Мета:** Розглянути конструкції типових принтерів різних технологій 3D друку. Вміти орієнтуватися в видах 3D друку.

#### **План заняття**

- 1. Основні вузли усіх 3D принтерів.**
- 2. Типові представники FFF принтерів.**
- 3. Типові представники стереолітографічних принтерів.**
- 4. Устаткування для друку металевими порошками.**

#### **Основні теоретичні означення теми**

Fused filament fabrication, стеріолітографія, powder bed fusion, робочій блок. екструдер. робоче середовище. робочій стіл з підігрівом. лінійні мотори. шагові мотори. фіксатори. рама. ванна для рідких, або сипучих матеріалів. блок електроніки

#### **Контрольні питання**

- 1. Яка технологія на даний час є найбільш поширеною та дешевою?**
- 2. Що таке Fused filament fabrication?**
- 3. В чому суть стереолітографії?**



4. Які переваги та недоліки FFF друку?
5. Які переваги та недоліки стереолітографічного друку?
6. Які основні вузли 3D принтерів?

### **Тестові завдання для самостійного рішення**

1. Найбільш поширена та доступна технологія 3D друку є ...
  - A) FFF;
  - B) SLA;
  - B) SLS;
  - Г) SLM.
2. Друк в FFF принтерах відбувається за рахунок...
  - A) ефекту стереолітографій;
  - B) термічного нагріву пластику та його подальше видавлювання;
  - B) розплавлення шару матеріалу лазером;
  - Г) осадження матеріалу на каркасі;
3. Мотори для подачі філаменту можуть знаходитися ...
  - A) на екструдері;
  - B) прикріплені до стінки принтеру;
  - B) за межами принтеру;
  - Г) усі можливі варіанти;
4. До обов'язкових елементів будь-якого принтеру відносять...
  - A) екструдер;
  - B) стіл з підігрівом;
  - B) мікропроцесор;
  - Г) двигуни;
  - Д) система подачі філаменту;

**Рекомендована література:** див. загальний список.

## **Практичне заняття № 2. Матеріали для 3D друку**

**Мета:** Розглянути основні види матеріалів, що застосовують для різних технологій 3D друку. Вміти підбирати

необхідні матеріали.

### **План заняття**

1. Класифікація матеріалів.
2. Полімерні матеріали.
3. Метали.
4. Інші нестандартні матеріали для друку.
5. Біосумісні матеріали для друку.

### **Основні теоретичні означення теми**

Пластики ABS, PLA, PET, PP, Carbon, металеві порошки, металеві сплави, кераміка, кольорові метали, біосумісність, біосумісні пластики, біосумісні метали.

### **Контрольні питання**

- 1) Які матеріали можливо застосовувати для друку?
- 2) Як основні групи матеріалів для друку існують?
- 3) Які полімери використовують для друку?
- 4) Які основні металеві порошки використовують для друку?
- 5) В чому особливість нержавіючих металів.
- 6) Які зараз більш доступні та дешеві пластики?
- 7) Характеристика ABS пластику.
- 8) Характеристика PLA пластику.
- 9) Якими біологічно сумісними матеріалами людство вже навчилось друкувати?
- 10) Друк біологічними матеріалами.

### **Тестові завдання для самостійного рішення**

1. Більш поширені та відомі пластики це ...
  - A) PLA
  - B) ABS
  - B) Pteg
  - Г) Coper
2. Металеві порошки можливо друкувати за такими методами

- A) SLM.
  - Б) FFF;
  - В) SLA;
  - Г) SLS;
3. Для моделей, що будуть витримувати великі ударні навантаження краще використовувати
- A) PLA;
  - Б) ABS;
  - В) Polycarbonate;
  - Г) Сoper;
4. Найбільш поширений матеріал для друку в біомедицині це
- A) пластики;
  - Б) нержавіюча сталь;
  - В) нейлон;
  - Г) кольорові метали.

**Рекомендована література:** див. загальний список.

### **Практичне заняття № 3. Робота з 3D моделями**

**Мета:** Розглянути основні принципи побудови 3D моделей, роботу програм для 3D моделювання. .

#### **План заняття**

1. Огляд програм для 3D моделювання.
2. Основні принципи моделювання.
3. Моделювання простих об'єктів
4. Принципи розробки моделі для 3D друку.
5. Робота з 3D сканерами.

#### **Контрольні питання**

1. Які основні принципи побудови 3D моделей?
2. В яких програмах можливо будувати 3D моделі?
3. Відмінності CAD-програм від 3D-візуалізаторів.
4. Основні особливості проектування моделі під 3D друк.

5. Який принцип роботи 3D сканеру?
6. Особливості використання 3D сканеру для побудови 3D моделі.
7. Основні критерії можливості друку моделі?
8. Особливості підбору технології друку під конкретні моделі.

### **Тестові завдання для самостійного рішення**

1. З чого складаються всі об'єкти?
  - А) примітивів;
  - Б) сплайнів;
  - В) полігонів;
  - Г) точок.
2. Де краще робити моделі за кресленнями?
  - А)3DMax;
  - Б)Maya;
  - В)AutoCad;
  - Г)SolidWorks;
  - Д)Blender
3. При побудові моделі для друку слід враховувати ...
  - А)ступінь закруглення поверхонь;
  - Б)наявність «надвисаючих» частин;
  - В)відсутність жорсткого каркасу;
  - Г)наявність геометричних кіл;
  - Д)можливість використання викрутки при експлуатації моделі;
4. При роботі в 3D сканерами потрібно зважати на ...
  - А)тремтіння камери під час сканування;
  - Б)прозорість об'єкту;
  - В)наявність ручок у об'єкта;
  - Г)колір об'єкта;
  - Д)ступіть освітленості об'єкта;
  - Е)наявність у оператора сканеру захисних рукавичок.

**Рекомендована література:** див. загальний список.

## **Практичне заняття № 4.** **Підготовка 3D моделі до друку.**

**Мета:** Познайомитися з програмами-слайсерами. Навчитися проводити додрукарську підготовку моделі. Познайомитися з типовими помилками при підготовці.

### **План заняття**

1. Знайомство зі «слайсерами». Огляд інтерфейсу.
2. Огляд основних налаштувань друку.
3. Етапи підготовки моделі до друку.
4. Підготовка типових моделей.
5. Огляд типових помилок, під час підготовки моделі.

### **Контрольні питання**

1. Призначення та функції програм «слайсерів».
1. Основні налаштування «слайсерів».
2. Режими друку.
3. Допоміжні функції «слайсерів».
4. Розрахунок часу друку.
5. «Прилипання» моделі до робочого столу.
6. Особливості підготовки моделей до друку пластиками.
7. Особливості підготовки до друку металевих моделей.
8. Особливості підготовки моделей до друку, за технологією стереолітографії.
9. Підготовка 3D принтеру до друку.
10. Конструкції, що підтримують модель під час друку.
11. Взаємозв'язок між якістю та тривалістю друку.
12. Типові помилки під час підготовки до друку.
13. Обробка моделей після друку.
14. Захист готових моделей від впливу навколишнього середовища.

### **Тестові завдання для самостійного рішення**

1. Слайсери потрібні для ...  
А) підготовки моделі для друку;

- Б) для діагностики принтеру;
- В) для створення 3D моделей;
- Г) для налаштування принтеру.

2. «Підтримка» потрібна для того, щоб...

- А) принтер міг надрукувати всю модель;
- Б) модель краще прилипла до робочого стола;
- В) принтер міг надрукувати «звисаючі» ділянки моделі;
- Г) оператор міг добре підготуватись до друку;

3. Файл з командами для принтеру має розширення файлу

- А).gcode
- Б).stl
- В).obj;
- Г).docx;

**Рекомендована література:** див. загальний список.

## **Практичне заняття № 5. Виготовлення імплантів в біомедицині**

**Мета:** Розглянути можливі напрямки використання адитивних технологій при виготовленні різноманітних імплантів. Розглянути які матеріали при цьому можливо використовувати.

### **План заняття**

1. Біосумісність. Біосумісні матеріали.
2. Використання 3D друку при виготовленні імплантів.

### **Контрольні питання**

1. Які технології використовують для друку імплантів?
2. Загальна характеристика біосумісних матеріалів.
3. Біосумісні пластики.
4. Біосумісні метали.
5. Сфери застосування друківаних виробів медичного призначення.

### **Тестові завдання для самостійного рішення**

1. Біосумісність це властивість, яка ...

А) дозволяє штучним матеріалам «приживатися» до живої тканини;

Б) вказує на схожість штучного матеріала до живих тканин;

В) прогнозує поведінку матеріалу в середині тіла людини;

Г) властива всім матеріалам на Землі.

2. Більш поширеним матеріалом для друку імплантів є ...

А) бронза;

Б) поліестр;

В) нержавіюча сталь;

Г) кераміка;

Д) срібло.

3. За допомогою 3D друку, людство навчилось вже друкувати...

А) живі органи;

Б) штучну шкіру;

В) невеликі «бутерброди» з слоїв різних живих тканин;

Г) штучні живі очі;

Д) цілу людину.

**Рекомендована література:** див. загальний список.

## ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 3D Printing: Understanding Additive Manufacturing, Andreas Gebhardt, Julia Kessler, Laura Thurn, Carl Hanser Verlag GmbH & Company KG, 2018. – 204 p.
2. 3D Printing: Technology, Applications, and Selection, Rafiq Noorani, CRC Press, 2017. – 271 p.
3. Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies, David Ian Wimpenny, Pulak M. Pandey, L. Jyothish Kumar, Springer, 2016. – 186 p.
4. Mandrycky c. Et al. 3D bioprinting for engineering complex tissues //biotechnology advances. – 2016. – т. 34. – №. 4. – с. 422-434.

### Допоміжні

5. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».– 2015.– 220 с.
6. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.
7. Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства / С.В. Каменев, К.С. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 145 с.

### Інформаційні ресурси

Довідкові матеріали та новини індустрії на сайтах:

- <https://mplast.by/tag/3dp/>

- <https://3dprinter.ua/blog/>

- <https://3ddevice.com.ua/faq-voprosy-i-otvety-o-3d-printerakh/>

- <https://mplast.by/literatura/3d-pechat/>



***Розроблено в рамках проекту «Erasmus+ (CBHE) BioArt: Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантів для біоінженерії для рівнів бакалавр та магістр»***

***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)***