

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  
з виконання лабораторних робіт із 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 [Електронній ресурс] : Методичні вказівки з виконання лабораторних робіт з дисципліни «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.

Містить методичні вказівки до лабораторних робіт, контрольні питання для перевірки знань, перелік основної та додаткової літератури, інформаційні ресурси.

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

Рецензент А.Ю. Азархов, д-р. мед. наук, 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.

Схвалено методичною комісією  
факультету інформаційних технологій,  
протокол № 10 від 24 червня 2019 р.

© ДВНЗ «ПДТУ», 2019  
© Б. В. Єфременко, 2019

## ЗМІСТ

	стр.
Вступ .....	4
Лабораторна робота № 1 Побудова 3D моделей для їх подальшого друку .....	5
1.1. Мета роботи .....	5
1.2. Короткі теоретичні відомості .....	5
1.3. Методика проведення роботи .....	9
1.4. Зміст звіту .....	9
Лабораторна робота № 2 Підготовка 3D моделей до друку та друк.....	10
2.1. Мета роботи .....	10
2.2. Короткі теоретичні відомості .....	10
2.3 Методика проведення роботи .....	12
2.3.1 Опис лабораторного обладнання.....	12
2.3.2 Методика проведення роботи .....	15
2.4 Зміст звіту .....	16
Рекомендована література .....	17

## ВСТУП

Аддитивні технології є сучасним та інноваційним методом виробництва. Завдяки цим технологіям є можливість виробляти складні та досить високотехнологічні вироби. Досить широке застосування аддитивні 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.

При роботі з 3D принтерами основне що важливо це те на скільки оператор принтеру кваліфікован та розуміє, що від нього вимагається.

Лабораторні роботи - невід'ємна частина процесу вивчення курсу «3D друк в умовах біомедичного використання». Вони сприяють закріпленню теоретичних знань і формуванню практичних навичок, необхідних для вирішення завдань в області підготовки 3D моделей до друку та обслуговуванні 3D принтерів.

Всі лабораторні роботи містять питання для самоконтролю і список рекомендованої літератури для підготовки до занять.

За результатами кожної лабораторної роботи студенти надають і захищають звіт. Оцінка за виконання роботи виставляється з урахуванням відповіді студента на запитання по роботі і якості оформлення звіту.

## Лабораторна робота № 1

### ПОБУДОВА 3D МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЇХ ПОДАЛЬШОГО ДРУКУ

#### 1.1. Мета роботи

Метою роботи є ознайомлення студентів з принципами побудови 3D моделей.

Місце проведення: Біонічна лабораторія 3D друку кафедри БМІ ПДТУ.

#### 1.2 Короткі теоретичні відомості

Розробка тривимірної моделі - складний творчий процес, який припускає у проектувальника не тільки знання предмета проектування і програмних засобів, але і наявність неординарного і гнучкого мислення. Одну і ту ж модель, навіть для вже повністю розробленого виробу, можна побудувати різними способами.

#### Основні поняття твердотільного геометричного моделювання

Загальноприйнятим порядком моделювання твердого тіла є послідовне виконання однієї з трьох логічних операцій (об'єднання, віднімання і перетини) над об'ємними елементами. Приклад виконання таких операцій показаний на рис. 1.

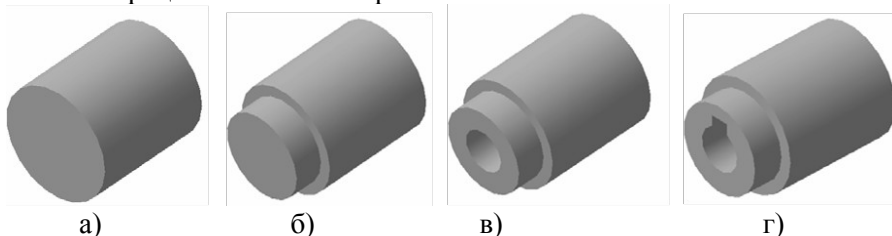


Рисунок 1.1 – Булеві операції над об'ємними елементами: а) створення циліндра; б) об'єднання двох циліндрів; в) віднімання циліндра; г) віднімання призми

Отримання об'ємних елементів, над якими виконуються

вищезгадані операції, здійснюється кінематичним способом. При цьому в результаті переміщення плоскої фігури (твірної) в просторі уздовж напрямної "залишається" слід, який і визначає форму елемента (рис. 1). Поверхня деталі, що вийшла в результаті, обмежує деякий об'єм. Створений елементарний об'єм і є найпростішою твердотільною геометричною моделлю. У САД-програмах плоска фігура, на основі якої утворюється тіло, називається **ескізом**, а формоутворювальне переміщення ескіза - **операцією**. Але можливо таке, що в залежності від програми для твердотільного моделювання можлива інша термінологія подібних елементів.

### **Основні поняття твердотільного моделювання**

#### **Ескіз**

Ескіз завжди плоский і може розташовуватися в одній з ортогональних площин проекцій, на плоскій грані існуючого тіла або в допоміжній конструктивній площині. Ескіз зображається на площині стандартними засобами креслярсько-графічного редактора. При цьому доступні всі команди побудови і редагування зображення. У формоутворенні беруть участь контури (замкнуті чи ні), що мають стиль лінії «основна».

#### **Операція**

Частіше за все, доступні такі 4 типи операцій:

- обертання ескіза навколо осі, яка лежить в площині ескізу;
- витискування ескіза в напрямі, перпендикулярному до площині ескіза;
- кінематична операція - переміщення ескіза уздовж напрямної;
- побудова тіла по перерізах.

Кожна операція має додаткові опції, що дозволяють задавати правила побудови тіла. Строго визначені і вимоги до ескізу, над яким виконується та або інша операція.

Після створення основи деталі (первинний об'єм) всі подальші створені тіла або об'єднуються з попереднім, або віднімаються від нього, тобто проводиться одна з булевих операцій: об'єднання, віднімання (перетин). Реалізуються вони за допомогою операцій «приклеювання» (об'єднання) або «вирізання» (віднімання) новостворюваних об'ємів. Кожен з них є елементом, утвореним за допомогою перерахованих вище операцій над новими ескізами. При виборі типу операції потрібно відразу вказати, або буде створюваний елемент відніматися з основного об'єму, або додаватися до нього.

Прикладами віднімання об'єму від деталі можуть бути різні отвори, проточки, канавки, а прикладами додавання об'єму – бобишки, виступи, ребра. Подібна технологія моделювання отримала назву – **моделювання за допомогою технологічних елементів**.

### Допоміжна геометрія

Допоміжною геометрією називаються елементи моделі, які явно не беруть участь у формоутворенні, а служать для базування і побудови формоутворювальної геометрії (ескізів, траєкторій, геометричних обчислень і ін.)

Як допоміжні елементи можуть використовуватися і конструктивні ескізи, тобто плоскі контури, над якими не виконуються операції.

### Елементи твердотільної геометричної моделі

**Грань** – гладка (необов'язково плоска) частина поверхні деталі.

**Ребро** – крива, що розділяє дві грані.

**Вершина** – точка на кінці ребра.

**Тіло деталі** – область, обмежена гранями деталі. Вважається, що ця область заповнена однорідним матеріалом деталі.

**Елемент** – ескіз, операція, конструктивний і інший об'єкт, використаний при створенні моделі.

**Дерево побудов** – екранний елемент, що відображає ієрархію (порядок, історію) створення геометричної моделі.

### Загальні рекомендації щодо побудови тривимірних моделей

Розглянемо деякі правила, які допоможуть зробити проєктовані моделі витонченішими і раціональнішими. Їх необов'язково дотримуватися, а в окремих випадках навіть ці рекомендації не діють. Проте для тих, хто тільки вчиться тривимірному моделюванню вони будуть вельми корисні.

- Будувати модель краще з використанням як можна меншої кількості тривимірних формоутворювальних операцій. Один із способів досягнення цього - раціональна побудова ескізів.

- Слід знати та використовувати команди, які за один виклик дозволяють виконувати декілька формоутворювальних операцій. У такому разі слід виконувати якомога більше операцій за один сеанс роботи з такою командою. Наприклад, в деталі необхідно зробити заокруглення радіусом 5 мм на декількох ребрах. Вам слід зробити їх за один виклик команди заокруглення, навіть якщо ребра не стикаються між собою. З цього правила виходить, що такі операції, як скруглення,

фаска, нахил і інші, бажано виконувати на завершальному етапі побудови моделі, коли вся основна геометрія вже побудована.

- Перед початком формування деталі треба добре продумати всі етапи її побудова. Особливу увагу слід приділити створенню основи. Якщо при доопрацюванні моделі використовується операція перетину, яка видаляє з моделі всю основу, то можливе виникнення помилок розрахунку моделі. Цього слід уникати.

- Не слід перенавантажуйте модель допоміжною геометрією: треба використовувати при можливості плоскі грані моделі як опорні площини, а як напрямні осі - ребра.

- Слід будувати деталь так, щоб її якомога простіше було розмістити в збірці. Наприклад, не починати побудову, відштовхуючись від однієї з базових площин, а створити зміщену площину, видаливши таким чином деталь від точки початку координат. Або будувати деталь так, як ніби вона нахилена під певним кутом, під яким вона повинна бути розміщена в збірці.

- Як у деталі, так і в збірці для копіювання типових елементів максимально слід використовувати команди створення масивів.

- Якщо не створюється параметрична модель, то:

- треба відключити параметризацію;

- зафіксувати деталь після її остаточного розміщення в збірці і видалити непотрібні сполучення.

Існує два основні способи моделювання: від низу до верху і зверху вниз. Спосіб проектування від низу до верху має на увазі побудову кожної деталі окремо з подальшим їх додаванням в збірку. Проектування зверху вниз - це послідовне створення всіх деталей прямо в збірці. Найчастіше застосовується змішаний спосіб, при якому велика частина деталей проектується і редагується окремо, а потім вставляється і розміщується в збірці. Деякі компоненти, які при побудові потребують прив'язки до тих або інших об'єктів збірки, можна створювати в режимі контекстного редагування.



### **1.3 Методика проведення роботи**

Студентам видаються завдання у вигляді ескізів частин ортезів або протезів. Завданням студентів є опираючись на ескіз побудувати в програмі AutoCAD тривимірну модель частини ортезу або протезу.

Спочатку студенті мають відтворити двовимірний ескіз в середовищі AutoCAD. Треба уважно підійти до точності ескізу, щоб в майбутньому можливо біло надрукувати цю модель.

Потім, за допомогою інструментів для роботи з тривимірними об'єктами, двовимірний ескіз переробляється в тривимірний об'єкт.

В обговоренні результатів кратко описують кроки побудови тривимірної моделі, з прикріпленням скріншотів ходу роботи та картинку фінальної тривимірної моделі.

### **1.4 Зміст звіту**

Звіт повинен містити:

- а) короткий виклад теоретичної частини;
- б) короткі відомості щодо кроків побудови ескізу та тривимірної моделі;
- в) скріншоти кроків побудови моделі;
- г) картинка готової тривимірної моделі;
- д) обговорення результатів;
- е) висновки.

### **Контрольні питання**

1. Основні поняття твердотільного моделювання.
2. З чого складаються всі тривимірні об'єкти?
3. Що таке ескіз?
4. Які основні операції з ескізом існують?
5. Елементи твердотільної геометричної моделі.
6. Загальні рекомендації при побудові тривимірних моделей.

## Лабораторна робота № 2 ПІДГОТОВКА 3D МОДЕЛЕЙ ДО ДРУКУ ТА ДРУК

### 2.1. Мета роботи

Метою роботи є практична підготовка тривимірної моделі до друку та отримання належного надрукованого об'єкта по цій тривимірній моделі.

Місце проведення: Біонічна лабораторія 3D друку кафедри БМІ ПДТУ.

### 2.2 Короткі теоретичні відомості

Перш ніж приступити до друку тривимірної моделі на 3D-принтері, вам необхідно буде попередньо підготувати модель до друку.

Чим краще буде підготовлена 3D модель, тим якісніше буде готовий результат.

Процес підготовки можна розділити на 10 основних кроків. Перш ніж, їх розглянути важливо ознайомитися з такими поняттями:

**Слайсер програма** - програмне забезпечення, що перетворює вашу 3D модель в програмний код, який буде зчитуватися 3D-принтером.

**Слайсінг** - процес перетворення моделі об'єкта в код.

Перш за все, побудована модель повинна бути розділена на шари, кожен з яких складається з заливки і периметра. Переміщення друкуючої головки принтера відбуваються на кожному наступному шарі по осях XY, при цьому здійснюється нанесення розплавленого пластику. По завершенню друку одного шару, здійснюється перехід на один шар вище по осі Z для друку наступного шару і т.д.

#### Етапи підготовки 3D моделі до друку

1. Сітка. Якщо модель складається з безлічі деталей, то необхідно їх перетворити в один.

2. Плоска основа моделі. На платформі принтера краще тримається модель, що має плоску основу. Якщо модель раптом відклеїться в процесі друку, то може статися зсув координат і порушиться геометрія основи 3д-моделі. Якщо ж створити плоску основу немає можливості або площину основи має маленькі розміри, тоді модель друкує на рафті.

Однак існує ймовірність того, що рафт може зіпсувати поверхню моделі, в зв'язку, з чим краще його не використовувати.

3. Товщина стінок. Стінки моделі повинні бути товщі, ніж сопло принтера, крім того стінки мають бути однаковими між собою. Якщо вказати занадто маленькі розміри, то принтер не зможе їх надрукувати, тобто товщина стінок повинна бути відповідною діаметру сопла.

4. Нависаючі елементи. Для друку будь-якого нависаючого елемента буде потрібна підтримка. Тому краще звести кількість нависають елементів до мінімуму. Це скоротить час, необхідний для друку і скоротить втрати витратного матеріалу. Крім того, підтримки можуть зіпсувати поверхню готової моделі, з якою стикаються. Можна надрукувати нависаючі елементи, якщо кут нахилу - менше 70 градусів.

5. Точність. Механічні можливості вашого принтера визначають багато, в тому числі і точність по осі X і Y. Точність моделі по осі Z безпосередньо залежить від висоти шару. Висота повинна бути кратна висоті шару. Не варто забувати, що при охолодженні матеріалу він сідає, що тягне за собою зміну габаритів готового об'єкта. Діаметр отворів в моделі слід розширити на 0,1-0,2 мм.

6. Дрібні деталі. Надрукувати дрібні деталі завжди складно, тому краще не робити їх за розміром менше, ніж діаметр самого сопла. Краще їх збільшити в 2 рази відносно діаметра сопла, так як в результаті постобробки дрібні деталі можуть зникнути зовсім або стати менш помітними.

7. Вузькі місця. Провести обробку вузьких ділянок досить складно, для цього буде потрібно спеціальне обладнання, мікродрель або хімічні засоби. Тому краще зовсім їх не застосовувати.

8. Великі моделі. При побудові моделей великих об'єктів необхідно врахувати розміри друкуючої області вашого принтера. Якщо об'єкт має занадто великі розміри, то краще за все порізати його на частини, при цьому з'єднання краще підготувати заздалегідь, наприклад, ластівчин хвіст.

9. Положення на платформі. Від розташування моделі безпосередньо залежить міцність готового виробу. Навантаження потрібно розподілити поперек шарів, а не вздовж. Інакше шари друку можуть розійтися.

10. Формат файлу. Як правило, слайсери підтримують лише STL-формат, саме в цьому форматі найкраще зберігати свою модель.

Слідування цим правилам допоможе отримати на виході модель, з хорошою якістю поверхні та без суттєвих дефектів.

## 2.3 Методика проведення роботи

### 2.3.1. Опис лабораторного обладнання

Підготовка моделі до друку виконується в програмі-слайсер Cura. Сам друк відбувається на 3D принтері FlashForge Inventor.

#### Cura

Cura є програмним забезпеченням, яке використовується для нарізування на шари моделей для подальшого друку на 3D принтері. Програмне забезпечення, що використовується при 3д друку не менш важливо, ніж тип 3D принтера або марка пластика, які використовуються. Слайсер Cura є найбільш інтуїтивно зрозумілим програмним забезпеченням, особливо для новачків 3D друку.

Слайсер Cura - це програмне забезпечення з відкритим кодом, що означає, що весь вміст програми доступний для громадськості та, відповідно, відкритий для потенційного розвитку. Існує навіть сертифікована глобальна команда підтримки програмного забезпечення Cura. (рис. 2.1)

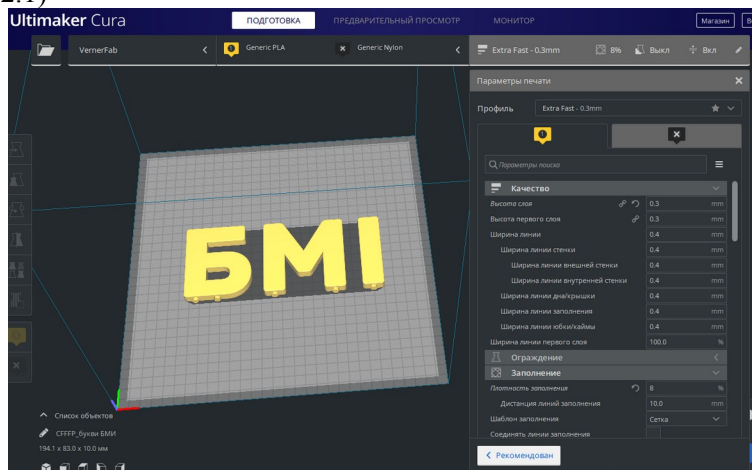


Рисунок 2.1 – Интерфейс программы Cura

У програмного забезпечення Cura існують два основних режими, які ви можете використовувати. Це "швидкий друк (FastPrint)" і "звичайний друк (NormalPrint)".

При виборі "FastPrint" - дозволяє друкувати з попередньо встановленими налаштуваннями програмного забезпечення. Якщо потрібно швидко "нарізати" модель без додаткової настройки будь-яких параметрів – то це найшвидший спосіб. Цей варіант є кращою відправною точкою для перших кроків в вивченні 3D друку. Для більш просунутих користувачів в Курі необхідно вибирати "переключитися на повний набір налаштувань".

Вибір цього параметра передбачає велику настройку процесу нарізки деталі. З'являється можливість регулювати швидкість, температуру, висоту шару, щільність заповнення, температуру платформи (якщо принтер з підігрітою платформою), товщину стінок, витрату філаменту і багато іншого. Параметри, перераховані вище, є «основними (базовими) параметрами». У вікні «Відкрити докладні настройки» можливо контролювати швидкість ретракта, швидкість заповнення, тип підтримок, регулювати величину кута нависання для створення підтримок і інші настройки.

Розширені можливості Cura дозволяють аналізувати фактичний шлях переміщення сопла 3D принтера під час друку ще до того, як модель відправляється на друк. Крім того, ви є змога переглянути кожен шар від першого до останнього, поступово спостерігаючи за віртуальним процесом друку, який нам пропонує програмне забезпечення Cura.

### FlashForge Inventor

Основні технічні характеристики:

- технологія друку - FDM / FFF
- діаметр пластикової нитки - 1.75 мм
- Тип пластика - ABS, PLA, PETG, Flex, Nylon (нейлон), інші
- Платформа - з підігрівом
- Розмір області побудови - 230x150x160 мм
- Кількість екструдерів (друкуючих головок) - 2
- Точність позиціонування по осі XY - 11 мікрон
- Точність позиціонування по осі Z - 2,5 мікрона
- Товщина шару - 50-400 мікрон
- Вид намотування - Котушка
- Діаметр сопла - 0.4 мм

- Дисплей - 3.5" LCD touchscreen
- Інтерфейс підключення - SD, USB, Wi-Fi
- Програмне забезпечення - FlashPrint
- Підтримувані формати файлів - STL, OBJ, 3mf, ffp
- Енергоспоживання - 100 В - 240 В, 4.5А-2.5А
- Вага (без упаковки) - 14,8 кг
- Розміри (без упаковки) - 485 x 344 x 402 мм

Зовнішній вигляд принтеру представлено на рис. 2.2



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд 3D принтеру FlashForge Inventor

Друк відбувається за рахунок рухової частини екструдера (рис. 2.3) та рухомого стола. Екструдер переміщується в координатах X та Y, а рухомий стіл забезпечує друк по осі Z.

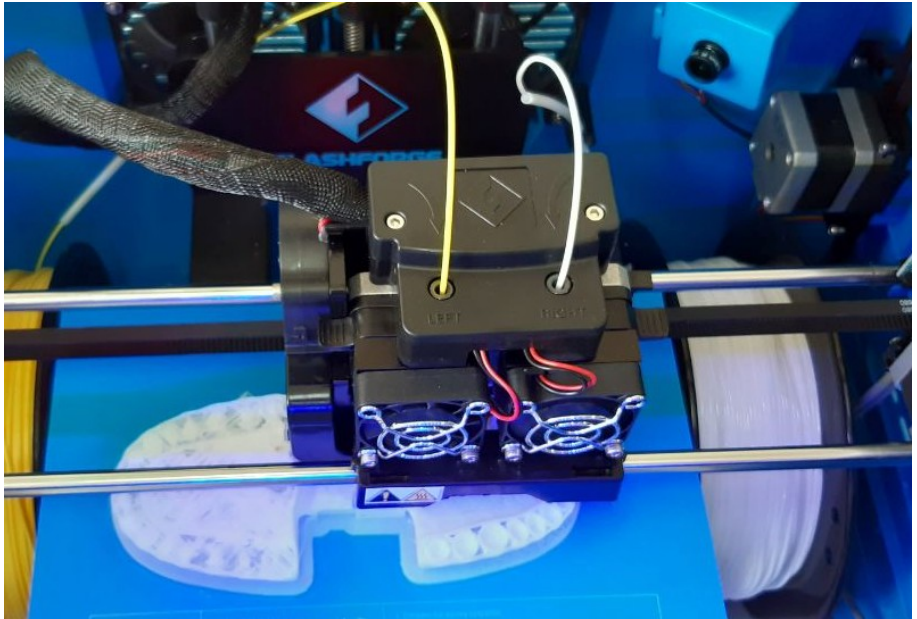


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд екструдера.

### 2.3.2. Методика проведення роботи

Студенті виконують підготовку моделі, яку зробили в минулій роботі, в програмі Cura. Під час роботи, слід виконувати рекомендації, щодо підготовки моделей.

Після підготовки, під керівництвом викладача, студент має підготувати принтер до роботи.

Перш за все, треба перевірити неушкодженість кабелю живлення і якщо все добре включити принтер. Для забезпечення якісного друку, далі треба перевірити калібрування стола. Якщо відстань між соплом екструдера та столом велика, треба за допомогою спеціального гвинта зменшити цю відстань.

Потім треба перевірити пластик. Перевірити який пластик встановлено, перевірити його цілісність.

Якщо все добре, то слід підключити принтер до ПК за допомогою USB кабелю. Далі вносяться в програму Cura налаштування під

наглядом викладача виходячи з розмірів деталі, матеріалу, який встановлено в принтер та часу, який відведено на друк.

Коли все добре виконано, слід завантажити програму друку в принтер та розпочати друк.

Після закінчення друку, коли принтер сповістить про це звуковим сигналом, слід дістати готову модель з принтеру.

## **2.4 Зміст звіту**

Звіт повинен містити:

- а) короткий виклад теоретичної частини;
- б) коротка характеристика використаного обладнання;
- в) короткі відомості щодо кроків підготовки моделі та принтеру до друку;
- г) скріншоти кроків підготовки;
- д) фотографія надрукованої моделі;;
- є) обговорення результатів;
- ж) висновки.

## **Контрольні питання**

1. Основні етапи підготовки моделі до друку.
2. Етапи підготовки 3D принтеру до друку
3. Типові помилки під час підготовки моделі до друку
4. Алгоритм встановлення нитки пластику в принтер
5. Особливості роботи з програмою Cura.



### Рекомендована література

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)*