



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДРУК ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ
НА 3D ПРИНТЕРІ»**

Харків 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДРУК ТРИВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ
НА 3D ПРИНТЕРІ»

для студентів усіх спеціальностей усіх форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 19.02.2020 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2020

Програма, методичні вказівки та контрольні завдання з навчальної дисципліни «Моделювання та друк тривимірних об'єктів на 3D принтері» для студентів усіх спеціальностей усіх форм навчання / Уклад. О.М. Гречко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 24 с.

Укладач О. М. Гречко

Рецензент: Б. В. Клименко

Кафедра електричних апаратів

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Вивчення дисципліни вільного вибору «Моделювання та друк тривимірних об'єктів на 3D принтері» передбачено навчальним планом у 5-му семестрі і складається з проведення аудиторних занять в обсязі 32 лекційних годин з розглядом практичних прикладів, виконанням контрольних завдань із друком моделей на 3D принтері та складанням заліку.

Предмет навчальної дисципліни:

- 1) сучасні адитивні технології для виготовлення різноманітних об'єктів та деталей для різних галузей промисловості та сфер людського життя;
- 2) новітні системи автоматизованого проектування для моделювання, підготовки та друку тривимірних об'єктів;
- 3) сучасне обладнання та матеріали для виготовлення 3D деталей;
- 4) нові розробки та досягнення у галузі адитивних технологій.

Мета навчальної дисципліни – ознайомлення студентів з сучасними, прогресивними адитивними технологіями та матеріалами для 3D друку, а також відповідним програмним забезпеченням для 3D моделювання, підготовки та друку тривимірних об'єктів.

Завдання навчальної дисципліни – ознайомлення студентів із загальними принципами та сутністю сучасних адитивних технологій, із основними операціями з 3D моделювання деталей у програмному середовищі Компас 3D, із алгоритмом підготовки деталей до друку у програмному середовищі Flashprint та друком тривимірних об'єктів на 3D принтері Flashforge Creator Pro.

В результаті вивчення курсу студенти повинні:

- 1) знати основні операції та сутність процесу виготовлення деталей за допомогою найпоширеніших адитивних технологій;
- 2) вміти провести аналіз конструкції та за ескізом спроектувати у програмному середовищі Компас 3D тривимірну модель із подальшим її друком на 3D принтері;

3) бути ознайомленим з сучасним обладнанням та матеріалами для виготовлення 3D деталей.

Дисципліна базується на знаннях, отриманих при вивченні спеціальних дисциплін, таких як: загальна фізика, математика, електроматеріалознавство, технологія машинобудування, системи автоматизованого проектування, основи метрології тощо.

В процесі вивчення дисципліни студент повинен виконати обов'язкові практичні завдання, захистити розрахункову роботу та здати відповідний звіт, отримати залік з навчальної дисципліни.

Матеріал даної дисципліни використовується також і при подальшому дипломному проектуванні, тому його вивчення повинне супроводжуватися значною самостійною роботою з рекомендованою літературою та періодичними виданнями у відповідній галузі знань.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

Розділ 1. Вступ. Загальні відомості. Двовимірний друк

1.1. Вступ. Зміст дисципліни. Предмет, мета і завдання курсу. Актуальність дисципліни, огляд сучасної літератури та постановка задач.

1.2. Основні історичні етапи розвитку принтерів.

Розділ 2. 3D принтери

2.1. Сучасні адитивні технології. 3D принтери. Загальні питання. Розвиток адитивних технологій в Україні.

2.2. Застосування 3D принтерів у різних галузях.

2.3. Промислові та побутові 3D принтери.

Розділ 3. Адитивні технології, що застосовуються у 3D принтерах

3.1. Стереолітографія (SLA).

- 3.2. Селективне лазерне спікання (SLS).
- 3.3. Пошарове формування моделей з листового матеріалу (LOM).
- 3.4. Моделювання методом наплавлення (FDM).
- 3.5. Друк металом.

Розділ 4. Системи автоматизованого проектування для моделювання, підготовки та друку тривимірних об'єктів

- 4.1. Програми для 3D моделювання.
- 4.2. Програми-слайсери.
- 4.3. Особливості процесу друку на 3D принтері. Обробка готових деталей.

3. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Розділ 1. Вступ. Загальні відомості. Двовимірний друк

1.1. Вступ. Зміст дисципліни. Предмет, мета і завдання курсу. Актуальність дисципліни, огляд сучасної літератури та постановка задач

Мета, предмет та завдання вивчення навчальної дисципліни. Цікаві факти з історії створення 3D принтерів. Особливості та порівняльні характеристики субтрактивних та адитивних технологій. Основні завдання адитивних технологій. Актуальні проблеми сьогодення та способи їх подолання за допомогою адитивних технологій. Приклади застосування адитивних технологій у різних галузях промисловості та сферах людського життя. Основні напрями розвитку адитивних технологій в Україні та за кордоном.

Запитання для самоперевірки

1. У чому полягають відмінності субтрактивних та адитивних технологій? Наведіть приклади.

2. Проаналізуйте основні завдання та перспективи застосування адитивних технологій.

3. Наведіть приклади застосування адитивних технологій у різних галузях промисловості та сферах людського життя в Україні та за кордоном.

4. Які нагальні проблеми сьогодення можливо вирішити за допомогою адитивних технологій?

1.2. Основні історичні етапи розвитку принтерів

Коротка історія створення 2D принтерів як передумова появи 3D принтерів. Двовимірний друк. Класифікація принтерів. Основні способи переносу зображення на пласку поверхню. Барабанні принтери. Принцип дії та особливості барабанних принтерів. Матричні принтери. Сутність друку та особливості процесу друку матричними принтерами. Конструкція та принцип роботи друкувальної голівки матричного принтеру. Струменеві принтери. Сутність друку, особливості процесу друку струменевими принтерами. П'єзоелектричний і термічний способи нанесення фарби. Лазерні принтери. Сутність технології друку лазерними принтерами. Конструкція та принцип роботи лазерного принтеру. Сублімаційні принтери. Матеріали для сублімаційного друку. Сутність сублімаційного друку. Переваги та недоліки. Твердочорнильні принтери. Особливості технології друку на твердочорнильному принтері. Конструкція твердочорнильного принтеру та матеріали для нього. Особливості, переваги та недоліки твердочорнильних принтерів.

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть класифікацію принтерів за принципом друку. Які особливості мають різні способи двовимірного друку? Поясніть на прикладі.

2. Проаналізуйте сутність та особливості друку за допомогою матричного принтеру.

3. У чому полягає принцип роботи друкувальної голівки матричного принтеру? Які різновиди друкувальних голівок Ви знаєте?

4. Поясніть принцип друку за допомогою струменевого принтеру.

5. У чому полягають особливості п'єзоелектричного і термічного способу нанесення краски при струменевому друці?
6. Проаналізуйте принцип друку за допомогою лазерного принтеру.
7. Назвіть та проаналізуйте основні етапи друку на лазерному принтері.
8. У чому полягає сутність сублимаційного друку?
9. Проаналізуйте сутність технології друку на твердочорнильному принтері. Які матеріали використовуються для друку?
10. У чому полягають особливості твердочорнильних принтерів?

Розділ 2. 3D принтери

2.1. Сучасні адитивні технології. 3D принтери. Загальні питання. Розвиток адитивних технологій в Україні

Сучасні адитивні технології при виробництві моделей деталей. 3D принтери. Передумови появи 3D принтерів. Загальні визначення, терміни та поняття. Історія розвитку, сутність процесу 3D друку різними матеріалами. Обладнання та устаткування для 3D друку. Огляд останніх досягнень у галузі 3D друку в Україні та за кордоном. Роль та внесок українських вчених та вчених НТУ «ХП» у становлення адитивних технологій.

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть основні історичні етапи розвитку 3D принтерів.
2. Проаналізуйте сутність процесу 3D друку.
3. Проаналізуйте способи 3D друку різними матеріалами. У чому полягають їх особливості, переваги та недоліки?

2.2. Застосування 3D принтерів у різних галузях

Огляд останніх досягнень у галузі адитивних технологій. Використання 3D друку у різних сферах життя та галузях промисловості. Класифікація спо-

собів 3D друку. Принцип дії, конструктивні особливості 3D принтерів різних виробників, їх переваги та недоліки. Роль та приклади застосування адитивних технологій у галузях освіти, в медицині, протезуванні, трансплантації, архітектурі, будівництві, промисловості тощо. Проблеми та перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть приклади останніх досягнень використання 3D друку у різних сферах та галузях.
2. Проаналізуйте приклади застосування адитивних технологій у таких сферах як медицина, архітектура, будівництво.
3. У чому полягають переваги і недоліки використання адитивних технологій у різних сферах та галузях? Наведіть приклади.
4. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.

2.3. Промислові та побутові 3D принтери

Промислові 3D принтери різних виробників, конструктивні особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки. Промислові 3D принтери для будівництва бетоном виробництва CyBe Construction, WinSun, Vulcan. Бетонні суміші для 3D друку будівель, технічні характеристики, особливості виготовлення та застосування. Будівництво будівель з екологічно чистих матеріалів – проект компанії WASP та їх модульний 3D-принтер Crane WASP. Приклади використання 3D принтерів для друку соціального житла для малозабезпечених верств населення. Проблеми та перспективи розвитку адитивних технологій у галузі будівництва в Україні.

Побутові 3D принтери від закордонних та вітчизняних виробників, конструктивні особливості, технічні характеристики, технології, що в них застосовуються, переваги та недоліки. Бюджетні, напівпрофесійні та професійні побутові 3D принтери виробництва Addtech, Flashforge, XYZprinting, Wanhao,

Formlabs, Anycubic, MakerBot, Ultimaker тощо. Фактори, які необхідно врахувати при покупці власного побутового 3D принтера. Особливості налаштування, експлуатації та ремонту побутового 3D принтера.

Запитання для самоперевірки

1. У чому полягають особливості застосування 3D принтерів на виробництві та у побуті?
2. Наведіть кінематичну схему та поясніть принцип роботи 3D принтера для будівництва бетоном виробництва CyBe Construction.
3. У чому полягають відмінності будівництва будівель традиційним способом та із застосуванням адитивних технологій?
4. Проаналізуйте переваги та недоліки будівництва будівель бетоном за допомогою 3D принтера.
5. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в галузі будівництва на теренах України.
6. Назвіть та проаналізуйте особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки побутових 3D принтерів різних виробників.
7. У чому полягають особливості експлуатації побутових 3D принтерів?
8. Наведіть приклади найпоширеніших несправностей під час експлуатації побутових 3D принтерів.

Розділ 3. Адитивні технології, що застосовуються у 3D принтерах

3.1. Стереолітографія (SLA)

Стереолітографічна (StereoLithography Apparatus, SLA) технологія 3D друку. Історія виникнення та етапи розвитку SLA технології. Сутність 3D друку деталей із використанням SLA технології. Принципова схема друку за SLA технологією. Матеріали, що використовуються при 3D друку з застосуванням SLA технології. Фотополімерні матеріали (смоли) різних виробників – порів-

няльні характеристики, особливості застосування, переваги та недоліки. Особливості 3D друку за технологією SLA, переваги та недоліки SLA технології. Компанії-виробники 3D принтерів, що друкують за технологією SLA. Альтернатива SLA технології – DLP (Digital Light Processing) технологія – відмінності, переваги та недоліки. Приклади 3D принтерів, що працюють за SLA та DLP технологіями.

Запитання для самоперевірки

1. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням SLA технології.
2. У чому полягають особливості друку за SLA технологією?
3. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням SLA технології.
4. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням SLA технології.
5. Проаналізуйте властивості фотополімерних матеріалів та деталей, що з них надруковані.
6. Поясніть принцип 3D друку деталей із застосуванням DLP технології.
7. У чому полягають відмінності SLA та DLP технологій 3D друку?

3.2. Селективне лазерне спікання (SLS)

Селективне лазерне спікання (Selective Laser Sintering, SLS) як технологія 3D друку. Історія виникнення та етапи розвитку SLS технології. Сутність створення деталей за SLS технологією. Відмінність SLA та SLS технологій. Принципова схема 3D друку за SLS технологією. Матеріали, що використовуються при 3D друку з застосуванням SLS технології. Типова конструкція SLS принтерів. Виробники 3D принтерів, що друкують за SLS технологією. Особливості, переваги та недоліки SLS технології друку. 3D друк металевих виробів за допомогою різновиду SLS технології – DMLS (Direct Metal Laser Sintering) технологія.

Запитання для самоперевірки

1. Проаналізуйте сутність 3D друку з застосуванням SLS технології.
2. Назвіть відмінності SLS та SLA технологій.
3. Наведіть структурну схему друку за SLS технологією. Проаналізуйте основні етапи 3D друку деталей.
4. У чому полягають особливості, переваги та недоліки SLS технології?
5. Проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що виготовлені за SLS та SLA технологіями.
6. Поясніть принцип створення металевих деталей за допомогою DMLS технології.

3.3. Пошарове формування моделей з листового матеріалу (LOM)

Технологія 3D друку за допомогою пошарового формування моделей з листового матеріалу (Laminated Object Manufacturing, LOM). Історія створення, етапи розвитку та винахідник LOM технології. Сутність LOM технології. Принципова схема 3D друку за LOM технологією. Відмінність SLA, SLS та LOM технологій. Характеристики та особливості матеріалів для 3D друку за LOM технологією. Виробники та типова конструкція LOM принтерів. Особливості постобробки надрукованих деталей. Особливості, переваги та недоліки LOM технології 3D друку. Приклади деталей, що надруковані за LOM технологією.

Запитання для самоперевірки

1. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням LOM технології.
2. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням LOM технології.
3. У чому полягають особливості друку за LOM технологією?
4. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням LOM технології.

5. Назвіть та проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що надруковані за допомогою LOM технології.
6. У чому полягає відмінність LOM технології від SLA і SLS технологій?
7. У чому полягають особливості друку та постобробки деталей, що надруковані за допомогою LOM технології?

3.4. Моделювання методом наплавлення (FDM)

Моделювання методом наплавлення (Fused Deposition Modeling, FDM) як найпоширеніша технологія 3D друку. Історія виникнення та передумови виникнення FDM технології. Винахідники FDM технології та їх роль у подальшому розвитку 3D друку. Сутність FDM технології. Принципова схема друку за FDM технологією. Типова конструкція FDM принтерів. Огляд 3D принтерів, що друкують за технологією FDM. Можливість кольорового 3D друку. Класифікація пластиків для 3D друку за FDM технологією. Порівняльні характеристики найбільш поширених пластиків: ABS, PLA, PETG, Flex, Nylon, coPET, PC, HIPS, PVA, Elastan. Вітчизняні та закордонні виробники пластиків для FDM принтерів. Матеріали, обладнання для особливості процесу видалення підтримуючих структур. Особливості, переваги та недоліки FDM технології. Приклади деталей, що надруковані за FDM технологією. Різновиди FDM технології: FFF технологія та RepRap проект. Становлення FDM технології та огляд останніх досягнень в Україні та за кордоном.

Запитання для самоперевірки

1. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням FDM технології.
2. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням FDM технології.
3. У чому полягають особливості друку за FDM технологією?
4. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням FDM технології.

5. Назвіть найбільш поширені пластики для FDM технології.
6. Проаналізуйте механічні, фізичні, хімічні та інші властивості пластиків для FDM технології.
7. Поясніть принцип створення кольорових деталей із застосуванням FDM технології.
8. Проаналізуйте роль проекту RepRap у розвитку адитивних технологій.
9. У чому полягає відмінність FDM технології від SLA, SLS та LOM технологій?
10. Проаналізуйте стан та перспективи розвитку 3D друку за FDM технологією в Україні.

3.5. Друк металом

Застосування адитивних технологій для виготовлення деталей з металу. Загальна класифікація способів 3D друку металевих деталей.

Найпоширеніша технологія 3D друку металевих деталей – технологія розплавлення порошкового шару (Powder Bed Fusion) та її різновиди: пряме лазерне спікання металів (Direct Metal Laser Sintering, DMLS); вибіркова лазерна плавка (Selective Laser Melting, SLM); електронно-променева плавка (Electron Beam Melting (EBM).

Технологія осадження спрямованою енергією (Directed Energy Deposition, DED) та її різновиди: лазерне чисте формування (Laser Engineered Net Shaping, LENS) та адитивне виробництво електронним променем (Electron Beam Additive Manufacturing, EBAM).

Технологія нанесення струменем сполучної речовини (Binder Jetting, BJ) та технологія нанесення струменем матеріалу (Material Jetting, MJ) або нанесення струменем наночасток (NanoParticle Jetting (NPJ). Операція інфільтрації при виготовленні металевих деталей.

Сутність та особливості технологій 3D друку металевих деталей, обладнання та матеріали, що використовуються для друку металом. Огляд промис-

лових та побутових (настільних) 3D принтерів, що друкують металом. Приклади деталей, що надруковані з металу за адитивними технологіями, їх особливості та характеристики. Перспективи розвитку технологій виготовлення деталей з металу та огляд останніх досягнень в Україні та за кордоном.

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть класифікацію адитивних технологій виготовлення деталей з металу.
2. Проаналізуйте існуючі технології 3D друку металом.
3. У чому полягає сутність виготовлення деталей з металу за допомогою технології розплавлення порошкового шару та її різновидів?
4. Поясніть принцип виготовлення деталей з металу за допомогою технології осадження спрямованою енергією та її різновидів.
5. У чому полягають особливості технологій нанесення струменем сполучної речовини та нанесення струменем матеріалу?
6. Проаналізуйте сутність операції інфільтрації.
7. Наведіть приклади застосування адитивних технологій виготовлення деталей з металу на вітчизняних підприємствах.

Розділ 4. Системи автоматизованого проектування для моделювання, підготовки та друку тривимірних об'єктів

4.1. Програми для 3D моделювання

Огляд найбільш поширених програм для моделювання тривимірних об'єктів. Програми з 3D моделювання для інженерів, архітекторів, дизайнерів, скульпторів тощо. Особливості, відмінності та основні можливості програм. Хмарні, он-лайнні та стаціонарні, безкоштовні, демо та ліцензовані програми з 3D моделювання: AutoCAD, SolidWorks, Fusion 360, КОМПАС 3D, TinkerCAD, SketchUp, Blender тощо. Принцип створення та форматування 3D моделей у різних програмах.

Моделювання тривимірних об'єктів у програмному комплексі для інженерів AutoCAD та КОМПАС 3D. Особливості, основні поняття, терміни, команди, функції та операції. Процес проектування плоских, циліндричних, симетричних та несиметричних 3D моделей. Складні гвинтові та різьбові поверхні, особливості моделювання та редагування. Підготовка моделей та STL файлів для подальшої обробки у програмах-слайсерах. Особливості конвертування файлів з програми 3D моделювання у STL файл. Налаштування параметрів апроксимації моделей при їх конвертації у STL файл у програмах-слайсерах. Вплив параметрів апроксимації на точність відображення STL файлу у програмі КОМПАС 3D.

Запитання для самоперевірки

1. Наведіть найвідоміші програми з 3D моделювання. У чому полягають їх особливості, схожість та відмінності?
2. Поясніть на прикладі основні операції з 3D моделювання циліндричної деталі у програмі AutoCAD.
3. Поясніть на прикладі основні операції з 3D моделювання плоскої деталі у програмі КОМПАС 3D.
4. Наведіть у програмі КОМПАС 3D процес створення моделі болту довільної довжини з різьбою M16 згідно стандартів.
5. Наведіть на прикладі 3D моделі типу «сфера» у програмі КОМПАС 3D вплив параметрів апроксимації на точність відображення STL файлу у програмах-слайсерах.

4.2. Програми-слайсери

Слайсер (slicer) як програма для розбивки (розшарування) тривимірної STL моделі на шари для подальшого друку на 3D принтері. Огляд найбільш поширених програм-слайсерів, особливості, характеристики та основні можливості програм. Процес генерування та редагування створеного G-коду з ко-

мандами для друку на 3D принтері. Безкоштовні, платні та демо програми-слайсери: Cura, Simplify3D, Slic3r, TinkerCAD, Blender, FlashPrint тощо. Принцип створення та форматування STL моделей у різних програмах-слайсерах. Можливості, переваги і недоліки програм-слайсерів.

Програма-слайсер FlashPrint для 3D принтеру Flashforge Creator Pro. Огляд інтерфейсу, основних функціональних можливостей, особливостей розміщення STL моделі на робочій платформі. Налаштування меню програми FlashPrint, огляд команд для переміщення, повороту, масштабування та розрізання 3D моделей. Блок команд Support – генерування та ручне редагування підтримуючих структур різних видів для 3D моделей. Блок команд Print – налаштування основних параметрів друку моделі (висота шарів, товщина стінки, коефіцієнт та тип заповнення моделі, швидкість друку, температура екструдера та робочої платформи, керування охолодженням). Команди Raft, Brim і Skirt як способи підвищення адгезії перших шарів і уникнення перекосів друкованої моделі, особливості застосування. Визначення часу друку, необхідної довжини пластикової нитки, маси деталі. Генерування X3G файлу для запуску друку моделі на 3D принтері.

Запитання для самоперевірки

1. Що таке програми-слайсери? Для чого вони призначені?
2. Назвіть та проаналізуйте функціональні можливості будь-якої безкоштовної програми-слайсера.
3. У чому полягають особливості застосування, переваги та недоліки програми-слайсера FlashPrint?
4. Покажіть на прикладі основні операції з редагування моделі у вигляді STL файлу у програмі-слайсері FlashPrint.
5. Наведіть алгоритм дій для обробки моделі з елементами, що нависають, у програмі-слайсері FlashPrint.
6. Продемонструйте та проаналізуйте параметри друку 3D моделі.

7. Покажіть на прикладі як з 3D моделі у вигляді STL файлу отримати X3G файл для друку моделі на 3D принтері.

4.3. Особливості процесу друку на 3D принтері. Обробка готових деталей

Ознайомлення з конструкцією та принципом роботи 3D принтера Flashforge Creator Pro. Підготовка 3D принтера до друку, налаштування та калібрування робочої платформи. Ознайомлення з основними командами меню 3D принтера. Особливості завантаження та вивантаження пластикової нитки з екструдерів та методи усунення її ймовірного обриву.

Вибір параметрів друку для різних пластиків. Особливості нагріву та охолодження пластику під час та після завершення друку. Найпоширеніші дефекти друкованих деталей та методи боротьби з неякісним друком. Кольоровий друк – виготовлення моделей з двох пластиків, процес підготовки STL моделі у програмі-слайсері та особливості друку кольорових моделей. Похибки 3D друку для різних видів поверхонь та способи їх зменшення.

Особливості обробки надрукованих деталей для різних видів пластику. Способи механічної обробки ABS та PLA пластику. Шліфування, полірування, шпаклювання та склеювання деталей з ABS та PLA пластику. Надання поверхням деталі глянцевого виду. Заходи безпеки при проведенні робіт з небезпечними хімічними сполуками.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть основні складові 3D принтера Flashforge Creator Pro та поясніть принцип його роботи.
2. Проаналізуйте базові налаштування меню команд 3D принтера Flashforge Creator Pro.
3. Опишіть особливості процесу завантаження та вивантаження пластикової нитки з екструдерів.

4. У чому полягають особливості друку деталей з ABS та PLA пластику?
5. Які дефекти виникають у друкованих деталях? Як їх усунути?
6. Проаналізуйте способи механічної обробки та особливості склеювання деталей з ABS та PLA пластику.

4. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Мета виконання контрольних завдань полягає у закріпленні теоретичних навиків, що були закладені при проведенні лекційних занять.

Контрольні завдання складаються з трьох частин:

1. Моделювання трьох тривимірних моделей у програмному комплексі КОМПАС 3D або AutoCAD (приклади деталей наведені на рис. 1–3).

2. Моделювання болта та гайки у програмному комплексі КОМПАС 3D або AutoCAD згідно з варіантом, який призначається відповідальним лектором дисципліни (приклади наведені на рис. 4).

3. Моделювання у програмному комплексі КОМПАС 3D або AutoCAD оригінального дизайну підставки для власного мобільного телефону з подальшим її друком ABS або PLA пластиком на 3D принтері Flashforge Creator Pro за умови, якщо час друку не перевищує 90 хвилин.

При виконанні контрольних завдань необхідно використовувати відповідну літературу [1–7] та конспект лекцій.

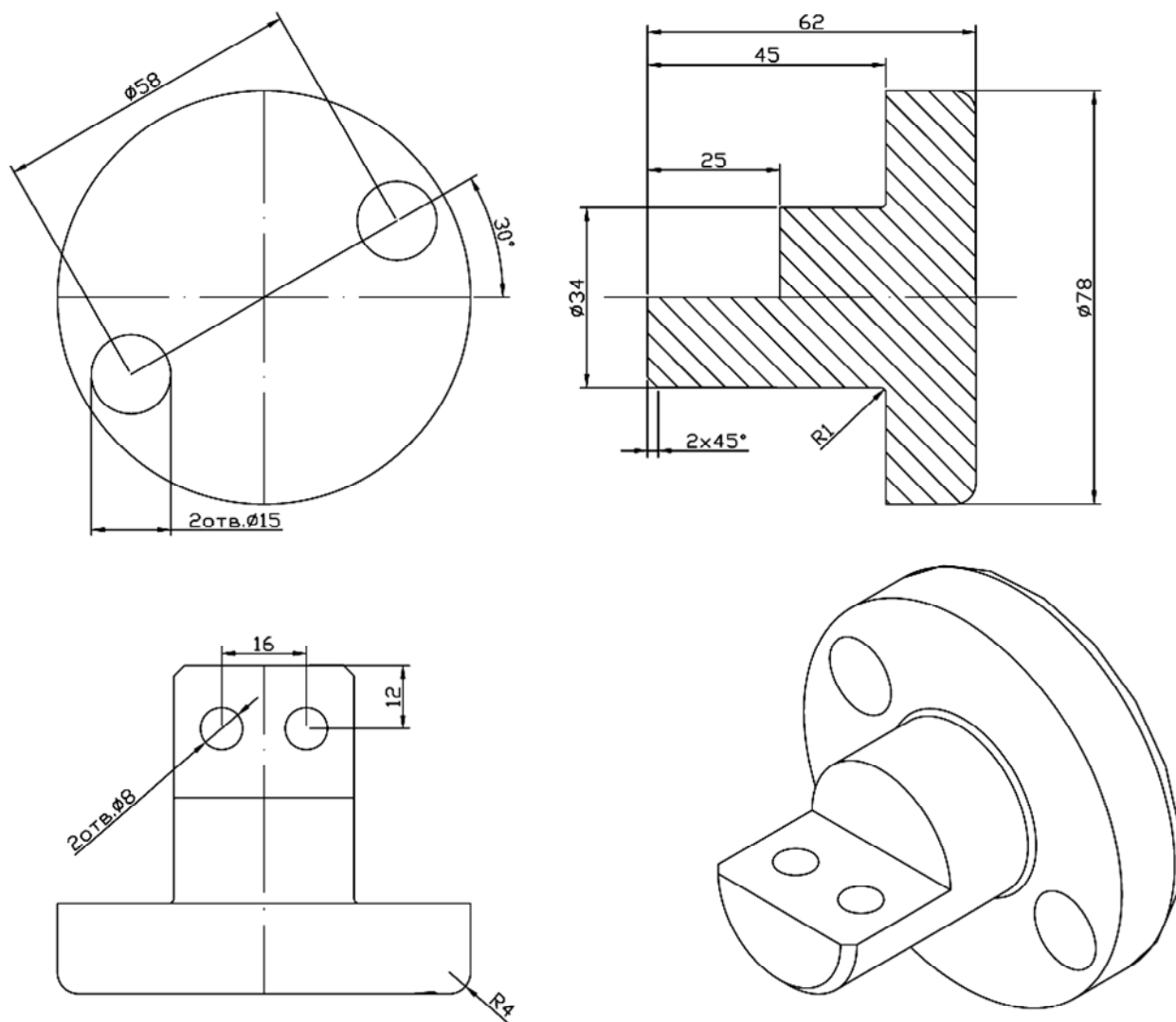


Рисунок 1 – Контакт полюса вакуумного выключателя

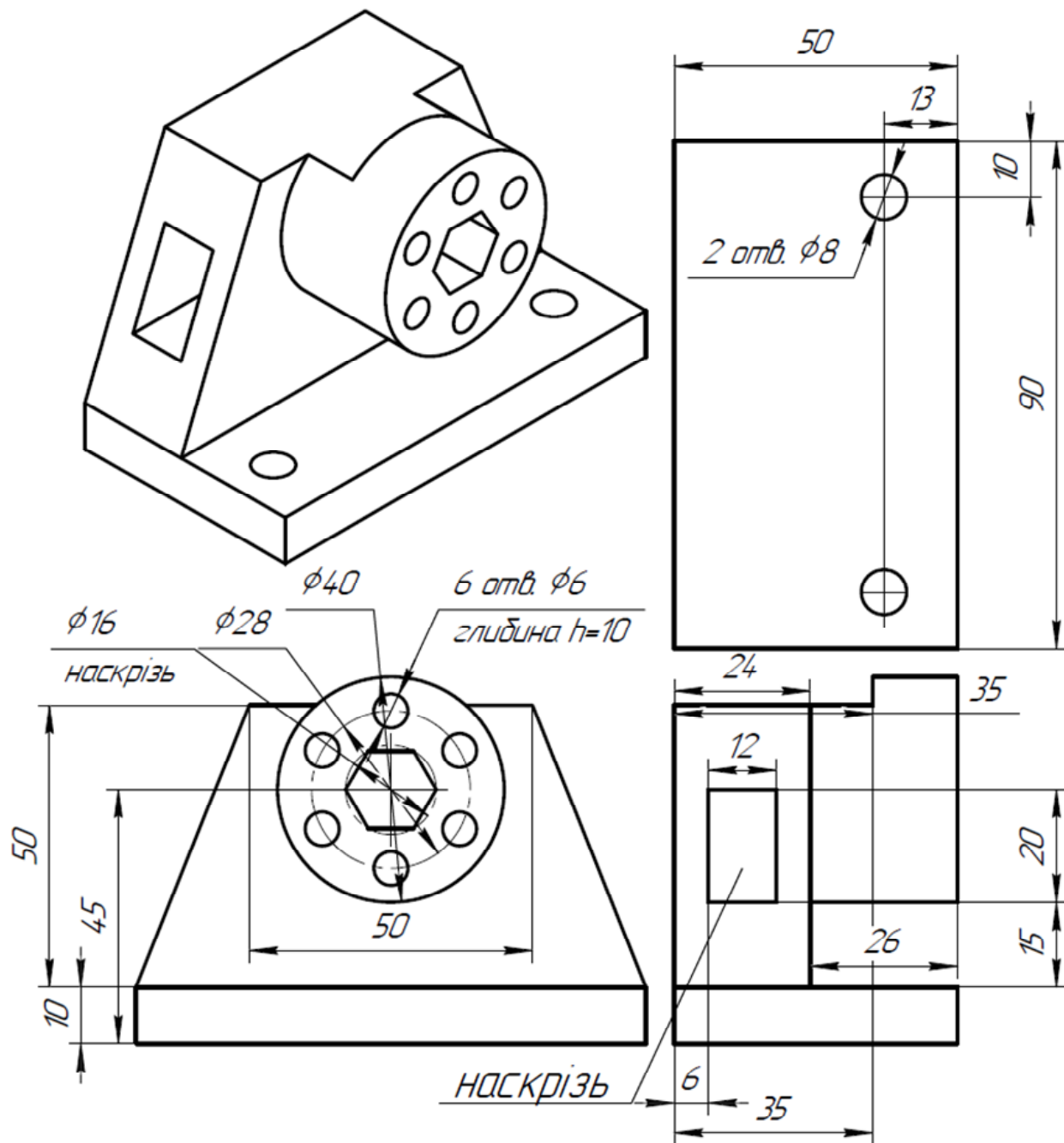


Рисунок 2 – Опора з шестигранником

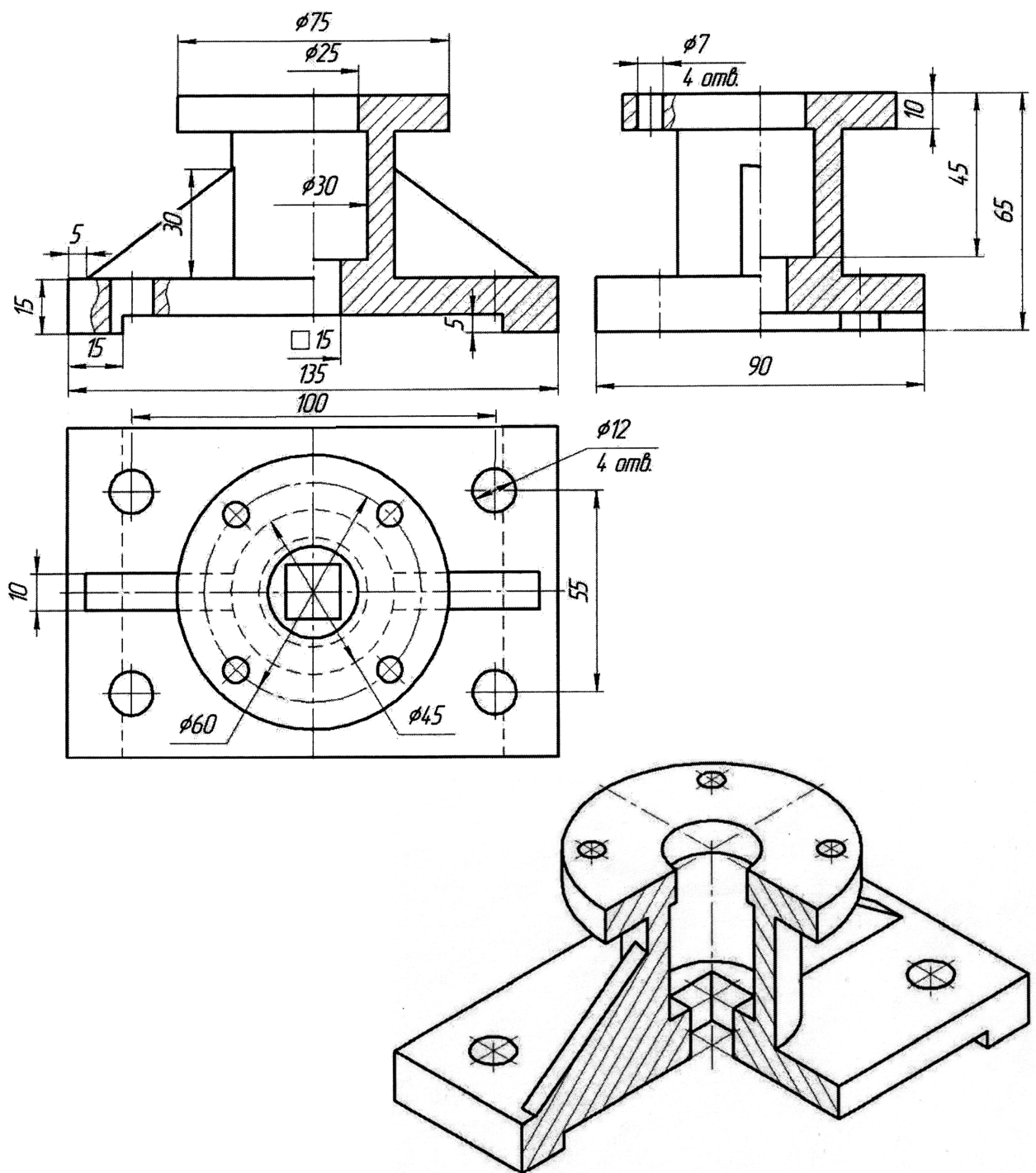


Рисунок 3 – Основа з циліндром

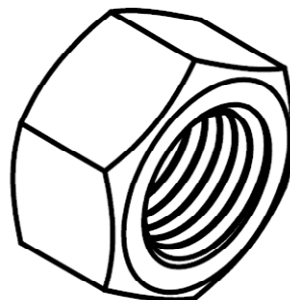
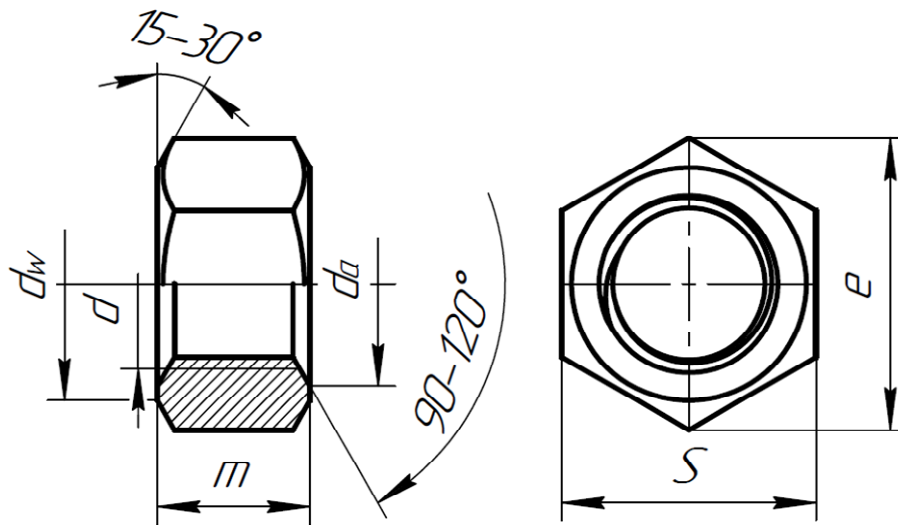
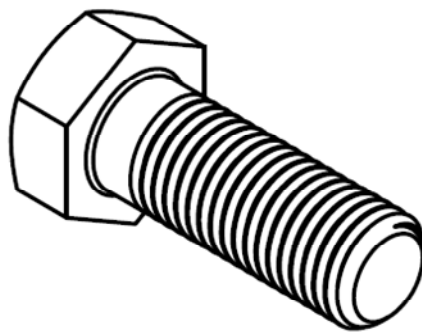
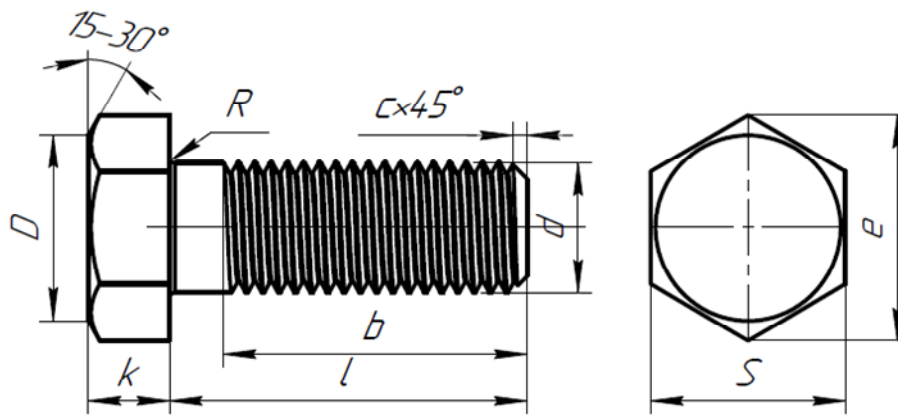


Рисунок 4 – Болт та гайка

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гречко А. М. Технологии быстрого прототипирования – от детской игрушки до мирового господства // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – 2013. – №65(1038). – С. 14-36.
2. Гречко О. М. Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – 2019. – №1. – С. 63-75. doi: 10.20998/2079-3944.2019.1.12.
3. Интегрированные генеративные технологии [Текст] : учеб. пособие [для студ. высш. учеб. заведений] / А. И. Грабченко, Ю. Н. Внуков, В. Л. Доброскок [и др.] ; под ред. А. И. Грабченко. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. – 416 с.
4. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления [Текст] : 2-е изд., перераб. и доп. / Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А. И. Грабченко, С. И Чернышов [и др.] ; под. ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСКОГО, А. И. Грабченко. – Харьков: ОАО «Модель Вселенной», 2005. – 224 с.
5. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) [Текст] : учебное пособие. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – 63с.
6. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку // Наука, технології, інновації. – 2017. – № 1 (1). – С. 68-77.
7. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (II частина) // Наука, технології, інновації. – 2017. – № 2 (2). – С. 29-36.

Навчальне видання

Програма, методичні вказівки та контрольні завдання з навчальної дисципліни «Моделювання та друк тривимірних об'єктів на 3D принтері» для студентів усіх спеціальностей усіх форм навчання.

Укладач ГРЕЧКО Олександр Михайлович

Відповідальний за випуск *проф. Клименко Б. В.*

Роботу до видання рекомендував *проф. Гришук Ю. С.*

В авторській редакції

План 2020 р., п. 15

Підп. до друку 18.06.2020. Формат 60×84 1/16. Папір офісний.

Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 0,9. Наклад 50 прим.

Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».

вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Віддруковано в ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД»

61024, м. Харків, вул. Гуданова, 18

Тел.: (057) 7565325

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

Серія ДК № 4399 от 27.08.2012 р.

www.madrid.in.ua e-mail: info@madrid.in.ua