

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Технології прототипування з
використанням 3D друку та лазерного різання»
для студентів денної та заочної форми навчання
спеціальності

G7 – „Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та
робототехніка”

Затверджено на
засіданні кафедри КІСУ
протокол № 8 від 21.05.2026

Київ 2026

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технології прототипування з використанням 3D друку та лазерного різання» (для здобувачів вищої освіти спеціальності G7 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка») (*Електронне видання*) / Уклад.: Сотнікова Т. Г., А.А. Асманкіна. – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2026. – 47 с.

У методичних вказівках викладені матеріали, необхідні для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технології прототипування з використанням 3D друку та лазерного різання». Методичні вказівки містять основні теоретичні відомості щодо сучасних технологій цифрового виробництва, проєктування та підготовки виробів до виготовлення засобами 3D друку й лазерного різання. Наведені лабораторні роботи охоплюють питання створення графічних макетів, розробки корпусних конструкцій, підготовки моделей до виробництва, проєктування функціональних прототипів та використання програмних засобів комп'ютерного моделювання. Завдання спрямовані на формування практичних навичок цифрового проєктування, роботи з векторною графікою, підготовки файлів для адитивного виробництва та лазерної обробки матеріалів, а також містять рекомендації щодо оформлення звітів, контрольні питання та довідкові матеріали.

Укладач:

Т.Г. Сотнікова, к.т.н., доцент
А.А. Асманкіна, асистент

Рецензент:

М.Г. Лорія, д.т.н., професор

ВВЕДЕННЯ

Методичні вказівки складені відповідно до робочої програми з дисципліни «Технології прототипування з використанням 3D друку та лазерного різання» для здобувачів вищої освіти спеціальності G7 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

Сучасний розвиток автоматизації, робототехніки та цифрового виробництва потребує від інженера володіння навичками швидкого створення та перевірки нових технічних рішень. Одним із найефективніших інструментів реалізації таких завдань є технології прототипування, які дозволяють у короткі терміни перейти від ідеї або ескізу до створення фізичної моделі виробу. Використання технологій 3D друку та лазерного різання суттєво скорочує час розробки, знижує витрати на виготовлення дослідних зразків та сприяє впровадженню інноваційних інженерних рішень.

Метою вивчення дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти знань про сучасні методи цифрового проєктування та виготовлення прототипів, ознайомлення з принципами роботи обладнання для 3D друку і лазерного різання, а також набуття практичних навичок створення виробів із використанням програмних засобів комп'ютерного моделювання.

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань шляхом виконання практичних завдань з розробки графічних макетів, проєктування конструктивних елементів, створення корпусних деталей, підготовки файлів до цифрового виробництва та розробки функціональних прототипів. Під час виконання лабораторних робіт здобувачі вищої освіти набувають навичок роботи з векторною графікою, засобами комп'ютерного моделювання та інструментами підготовки виробів до виготовлення.

Предметом дисципліни є технології цифрового проєктування та прототипування виробів із використанням

засобів 3D друку, лазерного різання та комп'ютерного моделювання.

Завданням дисципліни є формування практичних навичок створення цифрових моделей виробів, підготовки виробничої документації, розробки конструктивних елементів і корпусів технічних пристроїв, а також використання сучасних програмних засобів для реалізації інженерних проєктів на етапі прототипування.

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ

Робоча програма з дисципліни «Технології прототипування з використанням 3D друку та лазерного різання» ґрунтується на поєднанні теоретичної підготовки з виконанням лабораторних робіт, спрямованих на освоєння сучасних засобів цифрового проєктування та виготовлення прототипів. Тематика лабораторних робіт забезпечує зв'язок навчального процесу з практичною інженерною діяльністю та формує у здобувачів вищої освіти навички створення виробів від етапу розробки концепції до підготовки файлів для цифрового виробництва.

Лабораторні роботи дозволяють набути практичних навичок роботи з векторною графікою, комп'ютерним моделюванням, розробкою корпусних конструкцій, підготовкою макетів для лазерного різання та створенням прототипів технічних виробів. Під час виконання завдань здобувачі вищої освіти знайомляться з основними принципами цифрового виробництва, вивчають особливості проєктування деталей з урахуванням технологічних обмежень та набувають досвіду підготовки виробів до подальшого виготовлення.

Методика виконання лабораторних робіт є спрощеною моделлю сучасного інженерного циклу розробки виробу, який включає створення цифрової моделі, її перевірку, підготовку до виготовлення та аналіз отриманого результату. Під час виконання лабораторних робіт формуються базові компетентності у сфері цифрового проєктування, прототипування та технологічної підготовки виробництва, необхідні для подальшого професійного становлення фахівця у галузі автоматизації, робототехніки та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

1.1 Загальні положення

Лабораторна робота є невеликим науковим звітом, що узагальнює проведену здобувачем вищої освіти роботу, яку представляють для захисту викладачеві. До практичних робіт пред'являється ряд вимог, основним з яких є повний, вичерпний опис всієї виконаної роботи, що дозволяє судити про отримані результати, міру виконання завдань і професійну підготовку здобувачів вищої освіти.

У звіт з практичних робіт мають бути включені наступні пункти:

- титульний аркуш;
- мета роботи;
- короткі теоретичні відомості;
- опис експериментальної установки і методики експерименту;
- експериментальні результати;
- аналіз результатів роботи;
- висновки.

1.2 Вимоги до вмісту окремих частин звіту з лабораторної роботи

Титульний аркуш є першою сторінкою будь-якої наукової роботи і для конкретного вигляду роботи заповнюється за певними правилами. Для практичної роботи титульний аркуш оформляється таким чином. У верхньому полі аркуша вказують повне найменування учбового закладу і кафедри, на якій виконувалася дана робота.

У середньому полі вказується вид роботи, в даному випадку практична робота з вказівкою дисципліни, за якою вона виконана, і нижче її назва. Назва практичної роботи приводиться без слова «Тема» і в лапки не полягає. Далі ближче до правого краю титульного аркуша вказують прізвище, ініціали, курс і групу що вчиться, виконав роботу, а також прізвище, ініціали, вчене звання і посаду викладача, що прийняв роботу.

У нижньому полі аркуша вказується місце виконання роботи і рік її написання (без слова рік). Мета роботи повинна відображати тему практичної роботи, а також конкретні завдання, поставлені студентові на період виконання роботи.

За об'ємом мета роботи залежно від складності і багатозадачності роботи складає від декількох рядків до 0,5 сторінки.

Короткі теоретичні відомості. У цьому розділі викладається короткий теоретичний опис явища, що вивчається в роботі, або процесу, приводяться також необхідні розрахункові формули. Матеріал розділу не повинен копіювати вміст методичного посібника або підручника за даною темою, а обмежується викладом основних понять і законів, розрахункових формул, таблиць, потрібних для подальшої обробки отриманих експериментальних результатів. Об'єм літературного огляду не повинен перевищувати 1/3 частини всього звіту.

Опис експериментальної установки і методики експерименту. У даному розділі приводиться схема експериментальної установки з описом її роботи і детально викладається методика проведення експерименту, процес здобуття даних і спосіб їх обробки. Якщо використовуються стандартні пакети комп'ютерних програм для обробки експериментальних результатів, то необхідно обґрунтувати можливість і доцільність їх вживання, а також подробиці обробки даних з їх допомогою.

Експериментальні результати. У цьому розділі наводяться безпосередньо результати, отримані в ході проведення лабораторних робіт: експериментально або в результаті комп'ютерного моделювання певні значення величин, графіки, таблиці, діаграми.

Аналіз результатів роботи. Розділ звіту повинен містити детальний аналіз отриманих результатів, інтерпретацію цих результатів на основі фізичних законів. Слід порівняти отримані результати з відомими літературними даними, обговорити їх

відповідність існуючим теоретичним моделям. Якщо виявлена невідповідність отриманих результатів і теоретичних розрахунків або літературних даних, необхідно обговорити можливі причини цих невідповідностей.

Висновки. У висновках коротко викладаються результати роботи: отримані експериментально або теоретично значення фізичних величин, їх залежності від умов експерименту або вибраної розрахункової моделі, вказується їх відповідність або невідповідність фізичним законам і теоретичним моделям, можливі причини невідповідності.

Звіт з практичної роботи оформлюється на папері стандартного формату А4 на одній стороні аркуша, які зшиваються степлером. Допускається оформлення звіту з лабораторної роботи лише в електронному вигляді засобами Microsoft Office.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Дисципліна «Технології прототипування з використанням 3D друку та лазерного різання» є важливою складовою підготовки сучасних фахівців у галузі автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки. Вона формує у здобувачів вищої освіти практичні навички цифрового проектування виробів та знайомить із сучасними технологіями швидкого створення прототипів, які широко використовуються під час розробки технічних систем, електронних пристроїв, робототехнічних комплексів і засобів автоматизації.

У сучасній інженерній практиці процес створення нового виробу майже завжди починається з прототипу. Прототипування дозволяє перевірити працездатність конструкції, оцінити ергономічність виробу, виявити недоліки проекту та внести необхідні зміни ще до початку серійного виготовлення. Такий

підхід значно скорочує витрати часу і ресурсів на розробку нової продукції та підвищує якість кінцевого результату. Одними з найбільш поширених технологій сучасного прототипування є адитивне виробництво (3D друк) та лазерне різання. Технологія 3D друку дає можливість створювати фізичні об'єкти безпосередньо з цифрової моделі шляхом пошарового нанесення матеріалу. Це дозволяє швидко виготовляти деталі складної форми, корпуси пристроїв, механічні вузли та елементи робототехнічних систем. У свою чергу лазерне різання забезпечує високоточне виготовлення деталей із листових матеріалів, що робить його незамінним під час створення корпусів, панелей керування, конструктивних елементів і макетів технічних виробів.

Важливу роль у процесі прототипування відіграють системи автоматизованого проєктування та редактори векторної графіки. Саме цифрова модель є основою для подальшого виготовлення виробу. Від якості її розробки залежить точність, функціональність та технологічність майбутнього прототипу. Тому сучасний інженер повинен володіти навичками створення креслеників, підготовки виробничих макетів, роботи з геометричними примітивами, шарами, контурами та форматами файлів, що використовуються в цифровому виробництві.

Лабораторні роботи дисципліни побудовані таким чином, щоб відтворити основні етапи реального інженерного циклу створення виробу. Здобувачі вищої освіти послідовно виконують розробку графічного макета, створюють конструктивні елементи корпусу, готують файли для лазерного різання, проєктують функціональні прототипи та моделюють їхню роботу. Такий підхід дозволяє сформувати комплексне

розуміння процесу переходу від інженерної ідеї до готового виробу.

Особливе значення технології прототипування мають у галузях автоматизації та робототехніки. Під час створення робототехнічних пристроїв, автоматизованих систем керування, сенсорних вузлів і мехатронних модулів виникає необхідність швидкого виготовлення корпусів, кріпильних елементів, монтажних панелей та інших конструктивних деталей. Саме технології 3D друку та лазерного різання дозволяють реалізувати такі завдання в короткі терміни та з мінімальними витратами.

Виконання лабораторних робіт сприяє розвитку інженерного мислення, просторової уяви, навичок цифрового проєктування та підготовки виробів до виготовлення. Отримані знання та вміння можуть бути використані під час виконання курсових і кваліфікаційних робіт, участі в інженерних проєктах, стартапах та науково-дослідній діяльності, пов'язаній із розробкою сучасних технічних систем.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Тема: Основи прототипування в CorelDRAW (Inkscape або <https://vectr.com/design/login>): створення макету панелі керування пристроєм

Мета:

Ознайомитися з базовими інструментами CorelDRAW для створення графічного прототипу; навчитися використовувати шари, геометричні примітиви, інструменти вирівнювання та експортувати результати у формати для виробництва.

Обладнання та ПЗ:

- ПК із встановленим CorelDRAW
- Графічний планшет (за наявності)
- Миша

Хід роботи:

Крок 1. Створення нового документа

1. Відкрити CorelDRAW.
2. Створити новий документ (Ctrl + N).
3. Задати розмір сторінки: 210×297 мм (формат А4), одиниці вимірювання – міліметри.

4. Назвати документ:
Prototype_Panel_StudentName.cdr.

Крок 2. Побудова основного макета

1. На новому шарі створити прямокутник розміром 180×100 мм – це буде основа панелі.
2. Встановити заливку світло-сірого кольору, контур — чорний, товщина 0.5 pt.

3. За допомогою інструмента *Rectangle Tool* або *Ellipse Tool* додати елементи керування (кнопки, дисплей, перемикачі).

Крок 3. Робота з вирівнюванням і копіюванням

1. Створити одну кнопку (коло діаметром 10 мм), заливка – червона.

2. Скопіювати кнопку горизонтально 4 рази з однаковими відступами (за допомогою команди *Step and Repeat* або Ctrl + D і ручного вирівнювання).

3. Згрупувати всі кнопки (Ctrl + G) та вирівняти по центру основного прямокутника.

Крок 4. Додавання підписів

1. Використати інструмент *Text Tool* для напису назв кнопок (наприклад: ON, OFF, RESET).

2. Встановити шрифт Arial, розмір 8 pt, чорний колір.

3. Вирівняти підписи по центру під кожною кнопкою.

Крок 5. Створення додаткових елементів

1. Намалювати екран прямокутної форми розміром 40×20 мм, розмістити у верхній частині панелі.

2. Додати написи або умовні символи на дисплей.

Крок 6. Робота зі шарами

1. Створити окремі шари для:
 - фону
 - кнопок
 - тексту
2. Упорядкувати об'єкти відповідно до призначення.

Крок 7. Експорт макета

1. Зберегти документ у форматі *.cdr*.
2. Експортувати макет у формат *.pdf* для друку та *.svg* для використання у цифровому виробництві.

Контрольні запитання:

1. Яке призначення використання шарів при прототипуванні?
2. Чим корисне вирівнювання та групування елементів?
3. У чому різниця між файлами CDR, PDF та SVG?

Індивідуальне завдання:

Створити власний варіант інтерфейсу панелі керування іншим пристроєм (наприклад: термостат, радіоприймач, розумне освітлення). Змінити форму корпусу, кольорову гаму та кількість елементів керування.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: Проектування корпусу з плоских деталей (box) у CorelDRAW / Inkscape

Мета: Ознайомитися з принципами проектування корпусів із плоских деталей; навчитися створювати розгортки (2D-макети) для складання об'ємних об'єктів; опанувати поняття з'єднань (пази, шипи), допусків і підготовки макета до подальшого виготовлення.

Обладнання та ПЗ

- ПК із встановленим CorelDRAW / Inkscape / Vectr
- Миша або графічний планшет
- (за бажанням) доступ до онлайн-симуляторів або прикладів конструкцій

Теоретичні відомості

Корпуси, виготовлені методом лазерного різання, зазвичай складаються з плоских деталей (панелей), які з'єднуються між собою за допомогою пазів (slots) або шипів (tabs) .

Важливим є врахування:

- товщини матеріалу (наприклад, 3 мм фанера або акрил)
- допусків (щоб деталі входили одна в одну, але не були занадто вільними)

Хід роботи

Крок 1. Вибір об'єкта

Оберіть тип корпусу:

- коробка (box)
- корпус для електроніки (наприклад, Arduino)
- міні-контейнер

Задати габарити (наприклад):

100 × 60 × 50 мм

Крок 2. Побудова основних панелей

Створити 6 деталей:

- передня
- задня
- ліва
- права
- верхня
- нижня

Кожна деталь — окремий прямокутник відповідного розміру.

Крок 3. Додавання з'єднань (шипи/пази)

На ребрах панелей створити прямокутні виступи (шипи) або відповідні вирізи (пази).

Рекомендації:

- ширина шипа: 10–15 мм
- глибина: дорівнює товщині матеріалу
- кількість: 3–5 на сторону

Крок 4. Врахування товщини матеріалу

Задати товщину матеріалу, наприклад **3 мм**

Важливо:

- паз має бути трохи більшим (наприклад 3.1 мм)
- це забезпечує легке складання

Крок 5. Додавання функціональних елементів

(інтеграція з ЛР1)

- отвори під кнопки
- виріз під дисплей
- отвори під кріплення

Можна використати макет із ЛР1 як основу

Крок 6. Розміщення деталей на площині

- розкласти всі деталі на одному аркуші
- уникати накладання
- оптимізувати використання матеріалу

Крок 7. Перевірка макета

Перевірити:

- всі контури замкнені
- немає дублювання ліній
- правильні розміри
- узгодженість пазів і шипів

Крок 8. Експорт

Зберегти:

- у форматі .cdr
- експортувати у .svg або .dxf

Індивідуальне завдання

Розробити власний корпус для електронного пристрою, органайзера або декоративного об'єкта.

З обов'язковим:

- використанням пазів і шипів
- врахуванням товщини матеріалу
- додаванням функціональних отворів

Контрольні запитання

1. Що таке шипове з'єднання і де воно використовується?
2. Чому необхідно враховувати товщину матеріалу?
3. Що таке допуск і як він впливає на складання?
4. Чому важливо правильно розташовувати деталі на аркуші?
5. Які помилки можуть призвести до неможливості складання корпусу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Тема: Підготовка 2D-макета для лазерного різання в CorelDRAW / Inkscape

Мета: навчитися:

- переводити дизайн у виробничий кресленик
- працювати з контурами для різання/гравіювання
- враховувати розміри, допуски та технологічні обмеження

Хід роботи

1. Підготовка макета

- Відкрити файл з ЛР1

– Видалити декоративні заливки (залишити контури)

2. Формування виробу

Основа панелі → тільки контур

Додати:

- отвори під кнопки (наприклад Ø10–12 мм)
- отвір під дисплей (виріз)
- отвори під гвинти (Ø3–4 мм)

3. Розділення на типи операцій

- Червоний контур → різання
- Чорний → гравіювання
- Синій → маркування

4. Налаштування контурів

Товщина лінії: **Hairline (0.01 мм)**

Всі контури мають бути:

- замкнені
- без дублювання

5. Перевірка макета

- немає перетинів

- немає відкритих ліній
- всі елементи в масштабі 1:1

6. Експорт

- формат: **.SVG або .DXF**
- перевірка у переглядачі

Індивідуальне завдання

Підготувати макет панелі керування під лазерне різання з урахуванням:

- реальних розмірів елементів
- отворів під кріплення
- розділення на різання та гравіювання

Контрольні питання

Чим відрізняється різання від гравіювання?

Що таке товщина матеріалу і як вона впливає на конструкцію?

Чому важливо використовувати Hairline?

Що таке замкнений контур?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Тема: Розробка функціонального прототипу пристрою з використанням корпусу та інтерфейсу

Мета: Навчитися інтегрувати графічний інтерфейс і конструкцію корпусу в єдиний функціональний прототип; сформувати уявлення про розміщення елементів керування та взаємодію користувача з пристроєм.

Обладнання та ПЗ

- ПК
- CorelDRAW / Inkscape / Vectr
- (за бажанням) Tinkercad або Arduino-середовище
- (опційно) макет корпусу з попередніх робіт

Хід роботи

Крок 1. Вибір пристрою

Обрати, що це буде:

- термостат
- пульт керування
- розумне освітлення
- міні-станція моніторингу

Крок 2. Аналіз інтерфейсу (з ЛР1)

Визначити які кнопки є, що вони роблять, де буде дисплей, тощо

Крок 3. Розміщення елементів у корпусі

Продумати, де фізично будуть кнопки, як кріпиться дисплей, чи є місце під плату. Намалювати внутрішню схему (спрощено).

Крок 4. Додавання кріплень

У макеті корпусу:

- отвори під кнопки
- місця під гвинти
- отвори для кабелів
- місце під плату

Крок 5. Логіка роботи пристрою

Описати, що відбувається при натисканні кнопок та як змінюється стан пристрою.

Можна подати у вигляді таблиці:

Кнопка	Дія
ON	Вмикає систему
OFF	Вимикає
RESET	Скидає

Крок 6. Імітація роботи

Зробити просту модель у Tinkercad або намалювати блок-схему роботи.

Контрольні запитання

1. Що таке прототип у інженерії?
2. Чим відрізняється макет від функціонального прототипу?
3. Як пов'язані конструкція корпусу та інтерфейс?
4. Які помилки можуть виникнути при розміщенні елементів?
5. Чому важливо продумувати логіку роботи пристрою?

Як почати працювати з Tinkercad Circuits

1. Реєстрація та вхід

1. Відкрити сайт: <https://www.tinkercad.com>
2. Натиснути **Join Now** (Приєднатися, якщо вже в ньому працювали) або **Sign In** (Увійти).
3. Можна увійти через Google-акаунт або створити новий акаунт Autodesk (безкоштовно).

2. Створення нового проекту

1. Після входу клікаємо правою кнопкою миші по вільному полю і обираємо «перекласти українською», далі у верхньому меню вибираємо **Circuits** → **Create new Circuit**.
2. Перед Вами відкриється «робоче поле» — віртуальна макетна плата, куди можна перетягувати елементи.

3. Додавання компонентів

1. Ліворуч є **панель з компонентами**. У пошуку можна ввести «Arduino Uno».
2. Перетягнути плату Arduino Uno на робоче поле.
3. Так само перетягнути інші компоненти: Breadboard (макетна плата), резистори, світлодіоди, кнопки тощо.

4. З'єднання

1. Клікнути по контакту Arduino (наприклад, **GND**) і протягнути «дріт» до Breadboard.
2. Додати живлення (**5V**) та елементи (наприклад, світлодіод + резистор).
3. Вибрати колір дроту для зручності (червоний – живлення, чорний – земля).

5. Програмування

1. У правому верхньому куті натиснути кнопку **Code**.
2. Є два режими: **блокове програмування** (drag & drop) і **текстове (C/C++)**.
3. Наприклад, вставте код:


```
void setup() {  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}
```

```
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH);  
  delay(1000);  
  digitalWrite(13, LOW);  
  delay(1000);  
}
```

Це змусить віртуальний LED на платі блимати.

6. Запуск симуляції

1. Натиснути **Start Simulation** (зелена кнопка зверху).
2. Побачимо, як світлодіод на Arduino почне блимати.

7. Збереження та поділ

- Кнопка **Save** збереже проєкт у Вашому акаунті.
- Можна поділитися посиланням з іншими або експортувати код для реальної Arduino.

Таким чином, Tinkercad Circuits дозволяє зробити повноцінну онлайн-лабораторію з Arduino, де можна і зібрати схему, і протестувати програму.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Тема: Основи тривимірного моделювання виробів у середовищі Tinkercad

Мета роботи: Ознайомитися з принципами створення тривимірних моделей у середовищі Tinkercad, навчитися використовувати базові геометричні примітиви для побудови просторових об'єктів, засвоїти основні операції редагування тривимірних моделей та підготувати створений виріб до подальшого використання у технологіях адитивного виробництва.

Обладнання та програмне забезпечення

- персональний комп'ютер з доступом до мережі Інтернет;
- сучасний веббраузер (Google Chrome, Microsoft Edge, Mozilla Firefox);
- середовище тривимірного моделювання Tinkercad;
- обліковий запис Autodesk або Google.

Теоретичні відомості

Тривимірне моделювання є одним із найважливіших етапів сучасного цифрового виробництва та прототипування. Практично кожен виріб, що виготовляється за допомогою технологій 3D друку, спочатку створюється у вигляді цифрової тривимірної моделі. Така модель містить інформацію про

геометричні параметри об'єкта, його форму, розміри та конструктивні особливості.

На відміну від традиційного креслення, яке подає об'єкт у кількох проєкціях, тривимірне моделювання дозволяє одразу працювати з віртуальною копією виробу. Інженер може переглядати модель з будь-якого ракурсу, змінювати її розміри, перевіряти взаємне розташування елементів конструкції та оцінювати зовнішній вигляд майбутнього виробу.

Одним із найбільш популярних інструментів для початкового освоєння тривимірного моделювання є середовище Tinkercad, розроблене компанією Autodesk. Система працює безпосередньо через веббраузер і не потребує встановлення додаткового програмного забезпечення. Завдяки простому інтерфейсу Tinkercad широко використовується в освітньому процесі для навчання основам CAD-проектування, робототехніки та цифрового виробництва.

Принцип роботи Tinkercad базується на побудові складних об'єктів із простих геометричних примітивів. До таких примітивів належать куб, циліндр, сфера, призма, конус та інші базові фігури. Шляхом зміни їхніх розмірів, переміщення, обертання, групування та вирізання можна створювати досить складні конструкції.

Після завершення моделювання виріб експортується у формат STL (Standard Tessellation Language). Цей формат є одним із найпоширеніших стандартів для 3D друку та використовується більшістю програм-слайсерів для підготовки моделей до виготовлення.

Порядок виконання роботи

Крок 1. Реєстрація та створення проєкту

Відкрити вебсайт <https://www.tinkercad.com>.

Увійти до власного облікового запису або створити новий.
Вибрати розділ «3D Design».

Натиснути кнопку «Create new design».

Задати назву проєкту у форматі: Lab5_StudentName.

Крок 2. Ознайомлення з робочим середовищем

1. Розглянути основні елементи інтерфейсу Tinkercad.
2. Ознайомитися з робочою площиною (Workplane).
3. Вивчити панель геометричних примітивів.
4. Ознайомитися з інструментами переміщення, масштабування та обертання об'єктів.
5. Навчитися змінювати кут огляду моделі.

Крок 3. Створення базової моделі

Перетягнути на робочу площину прямокутний паралелепіпед. Встановити розміри основи: довжина – 60 мм; ширина – 30 мм; висота – 8 мм.

Створити циліндричний елемент діаметром 20 мм. Розташувати його на поверхні основи.

Створити сферу діаметром 15 мм. Розмістити сферу в іншій частині моделі.

Крок 4. Редагування та групування об'єктів

Виконати вирівнювання створених елементів.

Використати інструмент Align.

Змінити кольори окремих компонентів.

Виконати групування всіх елементів за допомогою команди Group.

Переконаватися, що отримана модель є єдиним об'єктом.

Крок 5. Створення напису

Вибрати інструмент Text. Додати власне прізвище або назву виробу. Встановити висоту напису 3–5 мм. Розмістити напис на

поверхні моделі. За потреби виконати групування напису з основною конструкцією.

Крок 6. Перевірка геометричних параметрів

Використати інструмент Ruler. Перевірити основні розміри моделі. Переконалися у відсутності накладання елементів. Перевірити коректність взаємного розташування всіх частин конструкції.

Крок 7. Експорт моделі

Зберегти проєкт у середовищі Tinkercad. Натиснути кнопку Export. Вибрати формат STL. Зберегти файл на локальному комп'ютері. Підготувати STL-файл для подальшого використання у лабораторній роботі №6.

Контрольні запитання

Що таке тривимірне моделювання?

Які переваги має цифрове прототипування?

Для чого використовується середовище Tinkercad?

Що називають геометричним примітивом?

Які операції можна виконувати над об'єктами у Tinkercad?

Для чого використовується інструмент Align?

Яке призначення інструмента Group?

Що таке формат STL?

Чому необхідно перевіряти розміри моделі перед виготовленням?

У яких галузях застосовуються технології 3D друку?

Індивідуальне завдання

Розробити власну тривимірну модель невеликого виробу на вибір: брелок, підставка для телефону, настільний органайзер, декоративний елемент або корпус для електронного модуля. Модель повинна містити не менше чотирьох геометричних

примітивів, текстовий елемент та бути підготовленою до експорту у формат STL.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Тема: Підготовка тривимірних моделей до 3D друку

Мета роботи: Ознайомитися з процесом підготовки тривимірних моделей до друку на 3D-принтері, вивчити основні параметри адитивного виробництва, навчитися використовувати програму-слайсер для генерації G-коду та оцінювати вплив налаштувань друку на якість і тривалість виготовлення виробу.

Обладнання та програмне забезпечення

- персональний комп'ютер з доступом до мережі Інтернет;
- програма Ultimaker Cura або PrusaSlicer;
- STL-модель, створена під час лабораторної роботи №5;
- браузер та засоби перегляду 3D-моделей.

Теоретичні відомості

Технологія 3D друку належить до адитивних технологій виробництва, у яких фізичний об'єкт створюється шляхом послідовного нанесення шарів матеріалу відповідно до цифрової моделі. Для більшості настільних 3D-принтерів використовується технологія FDM (Fused Deposition Modeling), що передбачає плавлення пластикової нитки та її пошарове нанесення на робочу платформу.

Після створення тривимірної моделі вона не може бути безпосередньо передана на принтер. Для підготовки до друку використовується спеціалізоване програмне забезпечення — слайсер. Основним завданням слайсера є перетворення

тривимірної моделі у набір команд для принтера, який називається G-кодом.

Слайсер аналізує геометрію виробу, розбиває модель на окремі шари та формує траєкторії руху друкувальної головки. Крім того, користувач може налаштовувати параметри друку, які безпосередньо впливають на якість поверхні, міцність виробу, тривалість виготовлення та витрати матеріалу.

До найважливіших параметрів друку належать висота шару, відсоток заповнення моделі, швидкість друку, температура сопла, температура столу та використання підтримок. Зменшення висоти шару підвищує якість поверхні, але збільшує час друку. Збільшення заповнення підвищує міцність виробу, проте потребує більшої кількості матеріалу.

Результатом роботи слайсера є файл G-code, який містить послідовність команд для керування роботою принтера. Саме цей файл використовується для безпосереднього виготовлення виробу.

Порядок виконання роботи

Крок 1. Підготовка програмного середовища

1. Запустити програму Ultimaker Cura або PrusaSlicer.
2. Ознайомитися з інтерфейсом програми.
3. Вибрати модель 3D-принтера зі списку доступних пристроїв.
4. Перевірити налаштування робочої області принтера.

Крок 2. Завантаження моделі

1. Імпортувати STL-файл, створений під час лабораторної роботи №5.
2. Перевірити коректність відображення моделі.
3. Переконатися, що модель розташована на друкарській платформі.

4. За потреби виконати масштабування або поворот моделі.

Крок 3. Налаштування параметрів друку

Встановити такі параметри: – висота шару — 0,2 мм; – товщина стінок — 1,2 мм; – заповнення — 20 %; – температура сопла — відповідно до обраного матеріалу; – температура столу — відповідно до матеріалу; – швидкість друку — 50 мм/с. За вказівкою викладача змінити окремі параметри та проаналізувати їх вплив на результат друку.

Крок 4. Робота з підтримками

Визначити, чи потребує модель підтримок.

Увімкнути автоматичне створення підтримок.

Порівняти результат підготовки моделі з підтримками та без них.

Зробити висновок щодо доцільності їх використання.

Крок 5. Генерація G-коду

Натиснути кнопку Slice.

Дочекатися завершення обробки моделі.

Переглянути попередній результат друку.

Ознайомитися з пошаровою структурою виробу.

Визначити орієнтовний час друку.

Визначити орієнтовну масу використаного матеріалу.

Крок 6. Аналіз результатів

Зафіксувати отримані параметри друку та визначити вплив висоти шару на якість поверхні. Оцінити вплив заповнення на міцність виробу. Проаналізувати вплив підтримок на складність виготовлення. Зробити висновки щодо оптимальних налаштувань для даної моделі.

Контрольні запитання

Що таке адитивне виробництво?

Для чого використовується програма-слайсер?

Що таке G-код?

Яке призначення параметра «висота шару»?

Як впливає відсоток заповнення на властивості виробу?

Для чого використовуються підтримки?

Що таке FDM-друк?

Які фактори впливають на тривалість друку?

Чому важливо правильно орієнтувати модель на платформі?

Які переваги має технологія 3D друку під час створення прототипів?

Індивідуальне завдання

Підготувати до друку власну тривимірну модель, створену під час лабораторної роботи №5. Виконати два варіанти налаштувань друку з різними параметрами висоти шару або заповнення та порівняти отримані результати за критеріями часу друку, витрати матеріалу та очікуваної якості поверхні виробу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Тема: Проектування збірних конструкцій для цифрового виробництва

Мета роботи: Ознайомитися з принципами проектування збірних конструкцій для технологій 3D друку та лазерного різання, навчитися створювати взаємопов'язані деталі виробу, враховувати технологічні допуски та посадки, а також оцінювати технологічність виготовлення та складання розробленої конструкції.

Обладнання та програмне забезпечення

- персональний комп'ютер з доступом до мережі Інтернет;
- середовище Tinkercad або інша CAD-система;

– програмне забезпечення для підготовки моделей до 3D друку;

– браузер.

Теоретичні відомості

Більшість сучасних технічних виробів складається не з однієї деталі, а з набору конструктивних елементів, які після виготовлення об'єднуються в єдиний виріб. Такі вироби називають збірними конструкціями. До їх складу можуть входити корпуси, кришки, кріпильні елементи, монтажні пластини, напрямні та інші компоненти.

Під час цифрового проєктування необхідно враховувати не лише геометричну форму деталей, але й особливості їхнього подальшого складання. Для цього використовуються поняття допусків і посадок. Допуском називають допустиме відхилення фактичного розміру деталі від її номінального значення. Навіть сучасні технології цифрового виробництва мають певну похибку виготовлення, тому проєктувальник повинен враховувати її ще на етапі створення моделі.

Посадка визначає характер з'єднання двох деталей. Залежно від конструктивних вимог посадка може бути вільною, перехідною або натягнутою. Для виробів, що виготовляються методом 3D друку, зазвичай передбачають невеликий зазор між деталями, який забезпечує легке складання конструкції.

Важливим показником якості конструкції є її технологічність. Технологічною вважається конструкція, яка забезпечує простоту виготовлення, мінімальні витрати матеріалу, зручність складання та можливість подальшого обслуговування виробу.

Під час проєктування збірних конструкцій необхідно прагнути до зменшення кількості деталей, уникати складних

геометричних форм без необхідності та забезпечувати можливість заміни окремих елементів у разі їх пошкодження.

Порядок виконання роботи

Крок 1. Аналіз конструкції виробу

1. Ознайомитися із завданням.
2. Визначити основні елементи майбутньої конструкції.
3. Розподілити виріб на окремі деталі.
4. Сформувати структуру збірної конструкції.

Крок 2. Створення основи виробу

Створити новий проєкт у середовищі Tinkercad.

Побудувати основу виробу.

Задати необхідні геометричні розміри.

Передбачити місця для встановлення інших елементів конструкції.

Крок 3. Проєктування кришки

Створити окрему модель кришки. Забезпечити відповідність розмірів кришки та основи. Передбачити елементи фіксації. Перевірити можливість складання конструкції.

Крок 4. Розробка кріпильних елементів

1. Створити елементи кріплення або замкові з'єднання.
2. Визначити необхідні зазори між деталями.
3. Передбачити можливість багаторазового складання та розбирання конструкції.
4. Перевірити сумісність усіх елементів виробу.

Крок 5. Аналіз допусків і посадок

Визначити номінальні розміри деталей та встановити рекомендовані зазори для складання. Оцінити вплив похибок виготовлення на працездатність конструкції. За потреби скоригувати геометричні параметри деталей.

Крок 6. Перевірка конструкції

1. Виконати візуальний контроль моделі.
2. Перевірити взаємне розташування деталей.
3. Переконаватися у відсутності перетинів між елементами.
4. Оцінити технологічність конструкції.
5. Підготувати окремі STL-файли для кожної деталі.

Крок 7. Підготовка результатів

Зберегти проект та виконати експорт усіх деталей, підготувавши скріншоти моделі у зібраному вигляді. Оформити результати роботи.

Контрольні запитання

1. Що називають збірною конструкцією?
2. Які переваги мають розбірні конструкції?
3. Що таке допуск?
4. Що таке посадка?
5. Для чого використовуються технологічні зазори?
6. Як впливають похибки виготовлення на складання виробу?
7. Що розуміють під технологічністю конструкції?
8. Чому важливо передбачати можливість розбирання виробу?
9. Які особливості проектування деталей для 3D друку?
10. Які фактори необхідно враховувати під час створення збірних конструкцій?

Індивідуальне завдання

Розробити збірну конструкцію невеликого технічного виробу, що складається щонайменше з чотирьох деталей: основи, кришки та двох елементів кріплення. Передбачити можливість складання та розбирання конструкції без пошкодження деталей. Підготувати комплект STL-файлів для подальшого виготовлення виробу засобами 3D друку.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Тема: Розробка корпусу для Arduino-пристрою

Мета роботи: Ознайомитися з особливостями проектування корпусних деталей для електронних пристроїв, навчитися створювати конструкції для розміщення мікроконтролерних плат, датчиків та елементів керування, а також підготувати модель корпусу до виготовлення засобами 3D друку або лазерного різання.

Обладнання та програмне забезпечення:

- персональний комп'ютер з доступом до мережі Інтернет;
- середовище Tinkercad або інша CAD-система;
- браузер;
- технічна документація на плату Arduino Uno;
- програмне забезпечення для підготовки моделей до 3D друку.

Теоретичні відомості

Одним із важливих етапів створення електронних пристроїв є проектування корпусу. Корпус виконує не лише захисну функцію, але й забезпечує правильне розташування електронних компонентів, зручність експлуатації пристрою та його естетичний вигляд.

Під час розробки корпусів для мікроконтролерних систем необхідно враховувати геометричні параметри електронних компонентів, розташування монтажних отворів, роз'ємів живлення, інтерфейсів підключення та органів керування. Особливу увагу слід приділяти забезпеченню доступу до кнопок, індикаторів, дисплеїв і роз'ємів.

Платформа Arduino Uno є однією з найпоширеніших навчальних платформ для розробки автоматизованих та робототехнічних систем. Вона використовується для створення систем збору даних, пристроїв керування, мобільних роботів, розумних будинків та багатьох інших технічних рішень. Під час практичного використання Arduino часто виникає потреба у створенні спеціалізованого корпусу, який забезпечує надійне розміщення електронних компонентів та їх захист від зовнішніх впливів.

Сучасні технології 3D друку та лазерного різання дозволяють швидко виготовляти корпуси різної складності. При цьому конструктор може адаптувати виріб під конкретний набір компонентів, враховуючи їхні розміри та функціональне призначення.

Якість корпусу значною мірою залежить від правильності його проєктування. Конструкція повинна забезпечувати зручність складання, достатню жорсткість, можливість обслуговування пристрою та ефективне використання внутрішнього простору.

Порядок виконання роботи

Крок 1. Аналіз конструкції пристрою

1. Ознайомитися з технічними характеристиками плати Arduino Uno.

2. Визначити основні компоненти, які необхідно розмістити всередині корпусу:

- плата Arduino Uno;
- датчик;
- дисплей;
- кнопки керування;
- кабелі підключення.

3. Проаналізувати їхні габаритні розміри.
4. Визначити необхідний внутрішній простір корпусу.

Крок 2. Створення основи корпусу

Створити новий проєкт у середовищі Tinkercad та побудувати основу корпусу. Визначити товщину стінок (2–3 мм), передбачивши внутрішні опори для монтажу плати Arduino. Створити монтажні отвори для кріплення плати.

Крок 3. Проєктування кришки

Створити верхню частину корпусу, передбачивши систему фіксації кришки. Забезпечити можливість відкривання корпусу для обслуговування пристрою, перевіривши сумісність кришки з основою.

Крок 4. Створення функціональних отворів

1. Передбачити отвори для USB-роз'єму.
2. Створити отвір для підключення живлення.
3. Спроєктувати вікно для дисплея.
4. Створити отвори для кнопок керування.
5. Передбачити вентиляційні отвори за необхідності.

Крок 5. Аналіз технологічності конструкції

Перевірити товщину всіх елементів корпусу та переконатися у відсутності геометричних помилок. Проаналізувати можливість виготовлення виробу методом 3D друку, за необхідності оптимізувати конструкцію.

Крок 6. Підготовка до виготовлення

1. Зберегти модель корпусу.
2. Виконати експорт у формат STL.
3. Підготувати окремі файли для основи та кришки.
4. За допомогою слайсера оцінити тривалість друку та витрати матеріалу.

Контрольні запитання

1. Яке призначення корпусу електронного пристрою?
2. Які фактори необхідно враховувати під час проєктування корпусів?
3. Для чого використовуються монтажні отвори?
4. Чому необхідно забезпечувати доступ до роз'ємів та органів керування?
5. Які особливості має плата Arduino Uno з точки зору проєктування корпусу?
6. Для чого передбачають вентиляційні отвори?
7. Як товщина стінок впливає на характеристики корпусу?
8. Які переваги має виготовлення корпусів методом 3D друку?
9. Які вимоги висуваються до технологічності конструкції?
10. Чому корпус повинен забезпечувати можливість обслуговування пристрою?

Індивідуальне завдання

Розробити корпус для мікроконтролерного пристрою на базі Arduino Uno, який містить щонайменше один датчик, один елемент індикації (дисплей або світлодіоди) та не менше двох кнопок керування. Підготувати комплект файлів для виготовлення корпусу засобами 3D друку та виконати оцінку витрат матеріалу і часу виготовлення виробу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9

Тема: Комплексний проєкт цифрового прототипу

Мета роботи: Закріпити знання та практичні навички, отримані під час вивчення дисципліни «Технології прототипування з використанням 3D друку та лазерного різання», шляхом розробки комплексного цифрового прототипу

технічного пристрою, що включає створення графічних матеріалів, проектування корпусу, підготовку моделей до виготовлення та опис функціонування розробленої системи.

Обладнання та програмне забезпечення

- персональний комп'ютер з доступом до мережі Інтернет;
- середовище Tinkercad або інша CAD-система;
- графічний редактор (Inkscape, CorelDRAW, Vectr або аналогічний);
- програмне забезпечення для підготовки моделей до 3D друку;
- браузер;
- технічна документація на електронні компоненти (за необхідності).

Теоретичні відомості

Сучасне цифрове виробництво передбачає інтеграцію кількох етапів розробки виробу в єдиний процес. Інженер не лише створює окремі деталі конструкції, але й розробляє загальну концепцію пристрою, аналізує його функціональність, створює цифрові моделі, готує виробничу документацію та оцінює можливість практичної реалізації проєкту.

Комплексне прототипування є завершальним етапом процесу цифрового проєктування. Воно дозволяє перевірити правильність прийнятих конструкторських рішень, оцінити взаємодію окремих компонентів системи та визначити готовність виробу до виготовлення.

У сучасній інженерній практиці створення прототипів широко використовується під час розробки систем автоматизації, робототехнічних комплексів, електронних пристроїв, засобів моніторингу та керування. Наявність

цифрового прототипу значно скорочує терміни розробки та дозволяє виявляти помилки на ранніх стадіях проєктування.

Під час виконання підсумкового проєкту студент повинен продемонструвати здатність комплексно застосовувати інструменти цифрового проєктування, технології 3D моделювання та принципи підготовки виробів до виготовлення.

Порядок виконання роботи

Крок 1. Вибір тематики проєкту

Обрати один із варіантів проєкту або запропонувати власну тему за погодженням із викладачем:

- електронний термостат;
- цифрова метеостанція;
- система розумного освітлення;
- пульт керування;
- система моніторингу температури;
- таймер технологічного процесу;
- пристрій контролю доступу;
- робототехнічний модуль;
- власний варіант.

Крок 2. Формування концепції виробу

Визначити призначення пристрою та описати принцип його роботи. Сформувати перелік основних компонентів, розробити структурну схему виробу.

Крок 3. Створення графічних матеріалів

1. Розробити ескіз пристрою.
2. Створити графічний макет передньої панелі.
3. Передбачити місця для кнопок, дисплеїв та індикаторів.
4. Підготувати креслення або векторний макет виробу.

Крок 4. Проєктування корпусу

Створити тривимірну модель корпусу, передбачивши розміщення основних компонентів. Забезпечити доступ до органів керування, передбачивши отвори для підключення кабелів та роз'ємів. Створити систему кріплення кришки.

Крок 5. Підготовка моделі до виготовлення

Перевірити правильність геометрії виробу та виконати аналіз технологічності конструкції. Підготувати STL-файли для 3D друку, за необхідності підготувати DXF або SVG-файли для лазерного різання. Оцінити витрати матеріалу та час виготовлення.

Крок 6. Аналіз функціонування пристрою

1. Описати логіку роботи пристрою.
2. Визначити послідовність взаємодії компонентів.
3. Навести алгоритм функціонування системи.
4. Проаналізувати можливі напрями вдосконалення проєкту.

Контрольні запитання

1. Що таке цифровий прототип виробу?
2. Які етапи включає процес цифрового прототипування?
3. Які переваги використання 3D друку під час розробки нових виробів?
4. Для чого використовується лазерне різання під час створення прототипів?
5. Які вимоги висуваються до корпусів електронних пристроїв?
6. Що таке технологічність конструкції?
7. Чому важливо виконувати підготовку виробу до виготовлення ще на етапі проєктування?
8. Які переваги мають цифрові моделі порівняно з традиційними кресленнями?

9. Які фактори впливають на собівартість виготовлення прототипу?

10. Як цифрове прототипування використовується в автоматизації та робототехніці?

Індивідуальне завдання

Розробити комплексний цифровий прототип пристрою за обраною тематикою. Проєкт повинен містити графічний макет, тривимірну модель корпусу, комплект файлів для виготовлення засобами 3D друку або лазерного різання, а також опис логіки функціонування пристрою. Результати роботи оформити у вигляді технічного звіту та короткої презентації проєкту.

Літературні джерела

1. Gibson I., Rosen D. W., Stucker B., Khorasani M. *Additive Manufacturing Technologies*. 3rd ed. Cham : Springer, 2021. 675 p.
2. Chua C. K., Leong K. F. *Rapid Prototyping: Principles and Applications*. 3rd ed. Singapore : World Scientific Publishing, 2010. 512 p.
3. Lipson H., Kurman M. *Fabricated: The New World of 3D Printing*. Indianapolis : Wiley, 2013. 320 p.
4. Barnatt C. *3D Printing: The Next Industrial Revolution*. London : ExplainingTheFuture.com, 2013. 192 p.
5. Bolton W. *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*. 7th ed. Harlow : Pearson Education, 2021. 728 p.
6. Alciatore D. G., Hstand M. B. *Introduction to Mechatronics and Measurement Systems*. 6th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2021. 624 p.
7. Groover M. P. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. 5th ed. Harlow : Pearson Education, 2020. 816 p.
8. Craig J. J. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. 4th ed. Harlow : Pearson Education, 2018. 408 p.
9. Banzi M., Shiloh M. *Getting Started with Arduino*. 4th ed. Sebastopol : Maker Media, 2022. 240 p.
10. Monk S. *Programming Arduino: Getting Started with Sketches*. 3rd ed. New York : McGraw-Hill Education, 2022. 192 p.
11. Boxall J. *Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects*. 2nd ed. San Francisco : No Starch Press, 2021. 432 p.
12. Margolis M., Jepson B., Weldin N. *Arduino Cookbook*. 3rd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2020. 796 p.
13. Пересада С. М., Пушкар М. В. *Основи мехатроніки : навч. посіб.* Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 137 с.

14. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В. та ін. *Основи мехатроніки* : навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 372 с.
15. Трет'як А. В., Кльон А. М. *Основи робототехніки* : навч. посіб. Полтава : Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024. 135 с.
16. Гуржій А. М., Нельга А. Т., Співак В. М., Ітякін О. С. *Основи автоматики та робототехніки* : навч. посіб. Дніпро : Гарант СВ, 2021. 320 с.
17. Autodesk. Tinkercad. URL: <https://www.tinkercad.com> (дата звернення: 08.03.2026).
18. Autodesk. Tinkercad Learn. URL: <https://www.tinkercad.com/learn> (дата звернення: 08.08.2026).
19. Arduino Documentation. Language Reference. URL: <https://docs.arduino.cc/language-reference/> (дата звернення: 08.03.2026).
20. Arduino Documentation. Servo Library. URL: <https://docs.arduino.cc/libraries/servo/> (дата звернення: 08.03.2026).
21. Ultimaker. Ultimaker Cura Documentation. URL: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura> (дата звернення: 08.03.2026).
22. Prusa Research. PrusaSlicer Documentation. URL: <https://help.prusa3d.com> (дата звернення: 08.03.2026).

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
**«Технології прототипування з
використанням 3D друку та лазерного
різання»**

*Для здобувачів вищої освіти спеціальності G7 –
«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка»
усіх форм навчання
(електронне видання)*

Укладачі СОТНІКОВА Тетяна Геннадіївна,
АСМАНКІНА Анастасія Анатоліївна

Оригінал-макет Асманкіна А.А.

Підписано до друку _____

Формат 60x84¹/₁₆. Папір типограф. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. №. Облік. вид. арк.

Тираж ____ екз. Вид. № _____. Замов. № _____. Ціна
договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного
університету
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: вул. Іоанна Павла II, 17
Тел.+38(050)218 04 78, факс (06452) 4 03 42
e-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com