



The Ministry of  
Education and Science  
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National  
University of  
Radio Electronics

**KITAM**

3  
2  
0  
2

# COLLECTION

OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

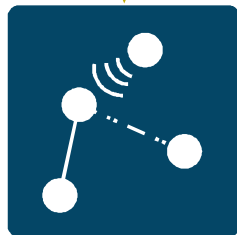
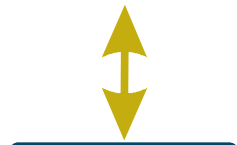
(Part 1)



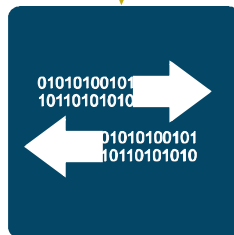
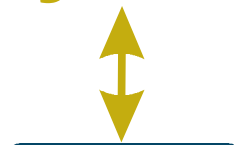
**Industry 4.0**



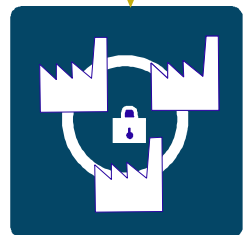
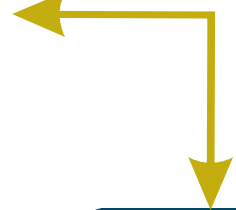
Digital control  
life cycle



Distributed Computer  
Systems



Fast  
integration and  
flexible  
configuration

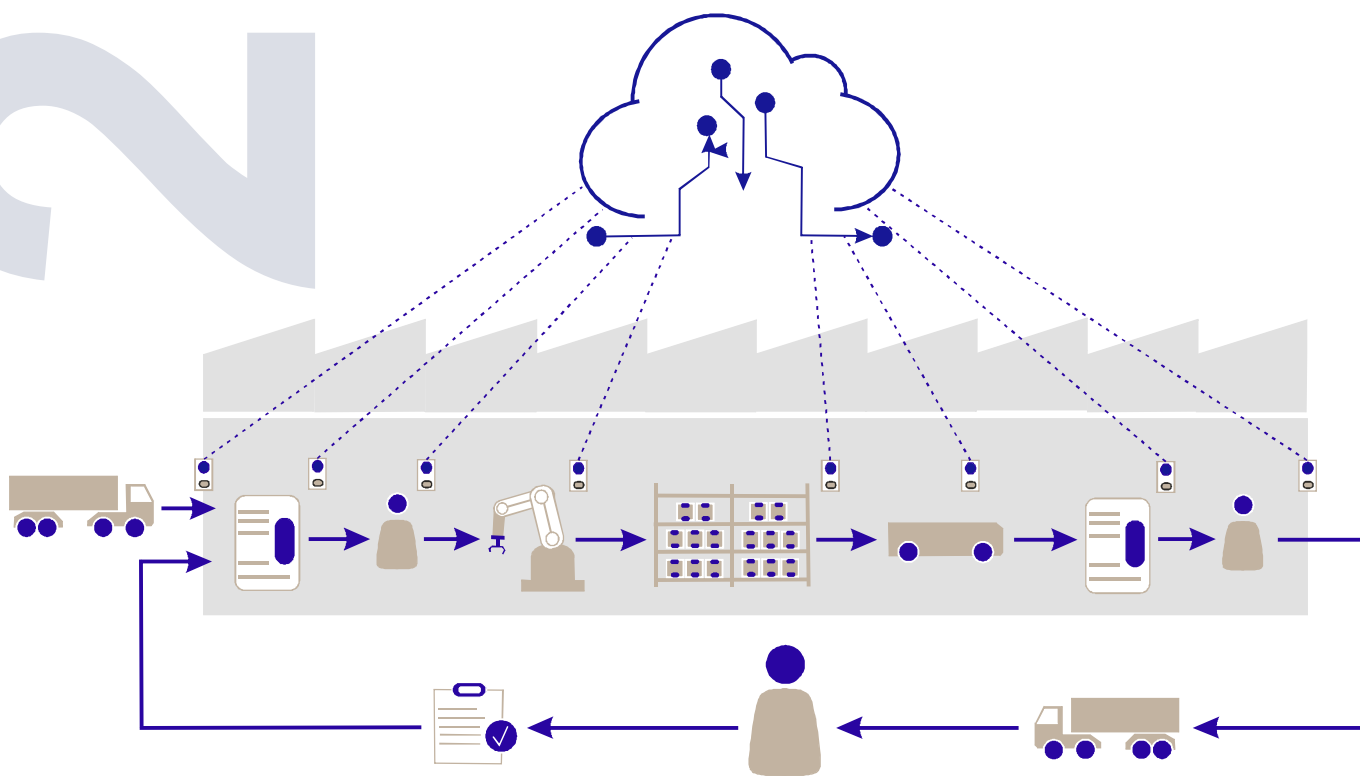


Cyber-physical  
system

3  
2  
0  
2

# ЗБІРНИК

студентських наукових статей  
«Автоматизація та приладобудування»  
ADED-2023  
(Випуск 1)  
[електронне видання]



→ Industry 4.0

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
- Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
- Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
- Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
- Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
- Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
- Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 1. – 336с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 1 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – 336p with.

Рекомендовано рішенням  
Науково-технічної ради  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради  
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол № 6 від 01.05.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

## ЗМІСТ

<i>Бацуля Р. В.</i> Аналіз сучасних розробок у сфері робототехніки .....	9
<i>Дяченко Е.С.</i> Аналіз сучасних розробок в області розумного будинку .....	15
<i>Кап'юнкін В.Г.</i> Розроблення системи голосового керування сайтом для людей з обмеженими можливостями .....	19
<i>Карташова В.В.</i> Аналіз сучасних роботизованих та експертних систем .....	24
<i>Кащев В. А., Артюх В. С.</i> Аналіз створення інтерфейсів користувача програмного забезпечення автоматизованих систем .....	31
<i>Кравченко С. В.</i> Аналіз автоматизованих систем керування технологічними процесами сучасного підприємства .....	36
<i>Наумов М. С.</i> Автоматизація приладобудівних приміщень .....	42
<i>Остапенко І.В.</i> Комп'ютерне зорове сприйняття .....	47
<i>Перебийніс Д. А.</i> Аналіз сучасного стану розробок в області автоматизації .....	52
<i>Рудакова Г. В.</i> Аналіз сучасних розробок в області комп'ютерного зору .....	57
<i>Дмитрієв Д.В.</i> Розробка макету пристрою дистанційного керування антропоморфним хватним пристроєм .....	61
<i>Андреев А.С.</i> Перспективи використання PHP та MYSQL в проектах .....	66
<i>Вінниченко С.О.</i> Огляд можливих ризиків кібератаки для віртуального підприємства та способів їх запобігання .....	70
<i>Гребенков Д. В.</i> Огляд сучасних безпілотних літальних апаратів .....	74
<i>Кирпота Ф., Халімонов Я.</i> Особливості QR-кодів та проблеми Fishing .....	78
<i>Макушев І.А.</i> Огляд сучасних роботів-маніпуляторів .....	82
<i>Олінкевич Я.В.</i> PHP & HTML: файли cookie, сесії, автентифікація .....	86
<i>Поліканов К. А.</i> Безпека QR-кодів та Phishing атаки .....	91
<i>Коноваленко К.</i> Розробка структурної схеми мобільної маніпуляційної платформи для розмінування ...	95
<i>Реука Є.</i> Розробка структурної схеми PID контролера для керування позиціонування сонячної панелі для автономних мобільних роботів .....	100

<i>Александров В.О.</i>	
Перспективи розвитку повітряної робототехніки в Україні .....	105
<i>Савін В.А.</i>	
Аналіз сучасних методів виявлення вибухонебезпечних об'єктів .....	110
<i>Залож Є.</i>	
Управління збутом продукції виробничого підприємства на основі динамічних QR-кодів .....	115
<i>Воронов Д.О.</i>	
Розробка програмних модулів на основі датчика LIDAR для системи управління БПЛА .....	119
<i>Коротун Є.В.</i>	
Факторний аналіз фотополімерних смол для 3D-друку .....	124
<i>Світайло Д. М.</i>	
Аналіз причин кібератак та інформаційної безпеки .....	128
<i>Долгуля А.В.</i>	
Дослідження переміщення чотирилапого зооморфного робота «Робокіт» у невизначеному просторі .....	132
<i>Кривий М.В.</i>	
Робототехнічні системи та їхнє використання .....	138
<i>Нієнова Д. V.</i>	
Programmable Providing of Data on Functional Dependencies of Material Characteristics ...	143
<i>Білоус М.Ю., Іщенко М.Д.</i>	
Автоматизація розподілу сервісних робіт на підприємстві .....	147
<i>Кравченко С. В.</i>	
Аналіз сучасного фреймворка ASP.NET CORE для WEB-додатків .....	151
<i>Башкір Б.В.</i>	
Переваги та недоліки термопластавтоматів .....	156
<i>Зибенко О. О.</i>	
Впровадження електроерозійних варстатів з ЧПК в розумне виробництво .....	160
<i>Кальченко А.С.</i>	
Особливості 3D-ДРУКУ для принтерів FDM/FFF .....	165
<i>Маковоз С. К.</i>	
Комп'ютерне моделювання механічної частини плазмового ЧПУ верстата .....	170
<i>Піхтерьов А.Д.</i>	
Переваги та недоліки 3D-принтерів з полярною кінематикою .....	174
<i>Придятько Д.Р.</i>	
Огляд можливостей систем технічного зору для пошуку вибухонебезпечних предметів .....	178
<i>Шерстюк А. М.</i>	
Системологічний аналіз проблеми автоматизації виявлення браку продукції приладобудівельного підприємства .....	183
<i>Лукеча І.</i>	
Математична модель системи позиціонування стимулюючого електрода на біологічно активні точки .....	189
<i>Обозін Я.В.</i>	
Особливості засобів для ремонту пошкоджених автомобілів .....	195
<i>Shevchenko A.A.</i>	
Development of Program Tools to Provide Automated Data Plots Visualisation for Scientific Aided Computation Software .....	199

<i>Шишко А.Т., Кулешов Д.С.</i>	
ІоТ-рішення для автоматизації виробничого приміщення на базі ESP8266 та Веб-сервера .....	205
<i>Білошапка І.В.</i>	
Розробка методів щодо створення програмних модулів автоматизованого проектування деталей для системи LibreCAD .....	209
<i>Левченко К.О.</i>	
Кінематика 3D – принтерів .....	215
<i>Муравка Р.</i>	
Дослідження роботи мобільного робота з використанням різних сенсорів для збору даних про зовнішнє середовище .....	219
<i>Скляр М. В., Тарасенко К. А.</i>	
Впровадження технологій 3D візуалізації у виробництво та навчання .....	224
<i>Скрипниченко В.О.</i>	
Вплив автоматичних регуляторів на лінійні об'єкти автоматизації .....	229
<i>Пустовалов Д.</i>	
Дослідження методу триангуляції та його застосування у робототехніці та повсякденному житті .....	235
<i>Леонов Ю.С.</i>	
Аналіз систем підігріву та підтримання температури повітря в 3D-принтер .....	241
<i>Щербина В.</i>	
Розробка віддаленої системи екстреного керування мобільним роботом на базі ESP8266 .....	245
<i>M. Sc. Isabelle Elisabeth Metzen, Nienova D.V.</i>	
Utilizing Engineering and Programming Approaches Implemented in a Multidisciplinary Experiment as an Innovation Platform for Biological Climate Change Research .....	248
<i>Ахмад Д.Х.</i>	
Сервер для організації обміну даними та керування мобільною платформою .....	253
<i>Бузніков В.Р.</i>	
Використання технології комп'ютерного зору для виявлення вибухонебезпечних предметів .....	257
<i>Гребенюк Б.А.</i>	
Розробка підсистеми управління інтелектуальним роботом .....	263
<i>Карпов М.С.</i>	
Аналіз бездротових сенсорних мереж .....	270
<i>Поддубняк І. А.</i>	
Розробка мобільної платформи для пошукових робіт .....	277
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів .....	283
<i>Візір Ю.С., Кравченко К.В.</i>	
Система автоматизованого контролю та підтримки оптимального рівня освітленості у приміщеннях .....	287
<i>Лащин З.В.</i>	
Автоматизація процесу управління ресурсами навчальних лабораторій .....	291
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем .....	296

<i>Сокол Б.В.</i>	
Порівняльне моделювання кінематик 3D принтера .....	300
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Особливості управління багатоступневими взаємопов'язаними нелінійними об'єктами .....	305
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів .....	308
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Розробка однорівневої системи контролю та управління доступом .....	313
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем .....	318
<i>Монзер А.А.</i>	
Автоматичне визначення області сканування в адаптивній бінарізації зображення .....	322
<i>Савченко П.М.</i>	
Особливості виробничих адаптивних систем автоматичного управління .....	326
<i>Савченко П.М.</i>	
Розробка системи управління світломузичною установкою на базі arduino Nano .....	330
<i>Катишев І.А., Катишев В.І.</i>	
Збільшення ефективності вакуумного сонячного колектора .....	333

## ОСОБЛИВОСТІ 3D-ДРУКУ ДЛЯ ПРИНТЕРІВ FDM/FFF

**А.С. Кальченко**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: anton.kalchenko@nure.ua

**Анотація:** Поява технології 3D-друку зробила революцію в обробній промисловості, пропонуючи інноваційні рішення в різних галузях. Полярна кінематика є однією з новітніх і перспективних технологій 3D-друку. Ця стаття має на меті обговорити переваги та недоліки 3D-принтерів з полярною кінематикою, дослідити технологію, що лежить в її основі, її застосування.

**Ключові слова:** 3D-друк, полярна кінематика, переваги, недоліки.

## FEATURES OF 3D PRINTING FOR FDM/FFF PRINTERS

**A. Kalchenko**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: anton.kalchenko@nure.ua

**Annotation:** The emergence of 3D printing technology has revolutionized the manufacturing industry, offering innovative solutions in various fields. Polar kinematics is one of the latest and promising techniques used in 3D printing. This article aims to discuss the advantages and disadvantages of 3D printers with polar kinematics, exploring the technology behind it, its applications.

**Key words:** 3D printing, polar kinematics, advantages, disadvantages.

Технологія 3D-друку зробила революцію у виробництві об'єктів, дозволивши нам створювати складні форми та структури з відносною легкістю. Одним із типів 3D-принтерів, який набув популярності в останні роки, є 3D-принтери з полярною кінематикою.

Моделювання плавленням осадженням (FDM), також відоме як виготовлення з плавлених ниток (FFF), є найпоширенішим типом 3D-друку на побутовому рівні. FDM 3D-принтери працюють шляхом екструзії термопластичних ниток, таких як ABS (акрилонітрил-бутадієн-стирол), PLA (полімолочна кислота), через нагріту насадку, розплавляючи матеріал і наносячи пластик шар за шаром на робочу платформу. Кожен шар накладається по черзі, поки деталь не буде готова.[1-2]

FDM 3D-принтери добре підходять для створення базових моделей для підтвердження концепції, а також для швидкого і недорогого створення прототипів простих деталей, наприклад, деталей, які зазвичай піддаються механічній обробці. Однак FDM має найнижчу роздільну здатність і точність порівняно з SLA або SLS і не є найкращим варіантом для друку складних конструкцій або деталей зі складними функціями. Більш якісну обробку можна отримати за допомогою хімічних і механічних процесів полірування. Промислові FDM 3D-принтери використовують розчинні опори, щоб пом'якшити деякі з цих проблем, і пропонують ширший асортимент інженерних термопластів, але вони також мають високу ціну. Моделювання методом плавкого осадження є ідеальним рішенням: базових моделей для підтвердження концепції, простого прототипування.

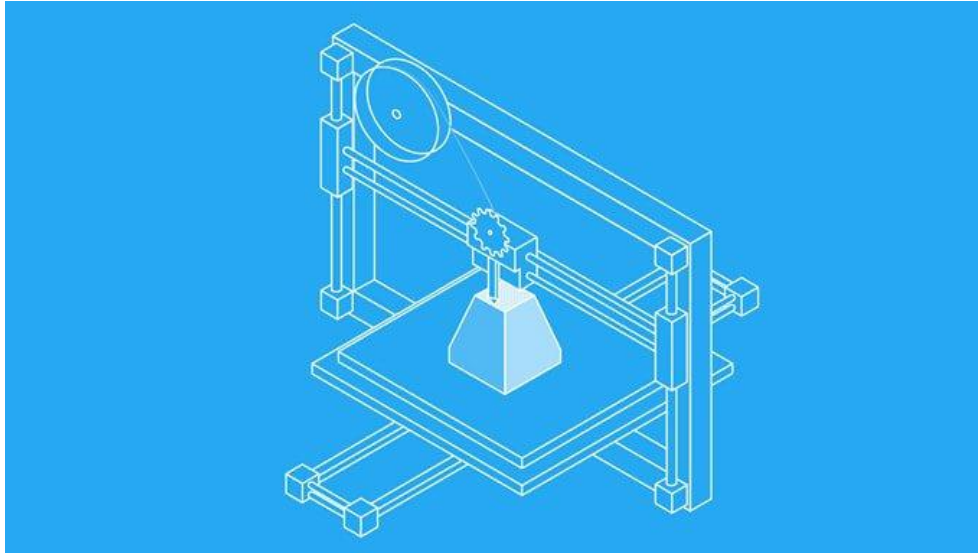


Рисунок 1 – Схематичне зображення FDM друку

На відміну від декартової, цей тип принтерів використовує полярну систему координат, тобто будує точки на круговій сітці, а не на прямокутній: у двовимірному просторі полярні принтери використовують кут і відстань, а не відстані по осях  $X$  і  $Y$ , щоб визначити місце розташування точок відносно початку координат. Цей тип принтерів екструдує нитку, як і інші FDM-принтери, але друкуюча головка зазвичай з'єднується з вигнутим важелем, який може повертатися назовні.

Полярні принтери використовують круглу робочу пластину, що обертається. За допомогою цього руху машина друкує потрібний об'єкт шар за шаром, коли встановлений кронштейн друкуючої головки рухається вгору вздовж осі  $Z$ .

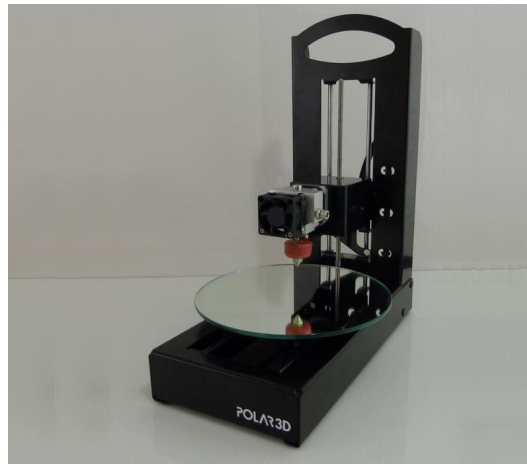


Рисунок 2 – Приклад кінематичного принтера Polar3D

Основні етапи 3D-друку можна описати декількома кроками:

Крок 1 - Моделювання

Перш ніж створити об'єкт за допомогою 3D-принтера, повинна бути спроектована модель за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення. Моделювання - це перший крок 3D-друку. Зазвичай розробляють моделі об'єктів за допомогою спеціального типу комп'ютерного програмного забезпечення, відомого як пакет автоматизованого проектування (CAD). Після завершення модель об'єкта зберігається у форматі стереолітографії (STL) або файлі адитивного виробництва (AMF).



Рисунок 3 – Процес моделювання

### Крок 2 - Друк

Другий етап 3D-друку передбачає друк, або створення, об'єкта. Якщо у файлі немає помилок, компанія-виробник може завантажити його на 3D-принтер. 3D-принтер використовує інструкції у відповідному файлі, щоб визначити, де і як розміщувати матеріал. Більшість 3D-принтерів створюють об'єкти, накладаючи шари матеріалу на робочу поверхню. Спочатку 3D-принтер створить нижній шар, а потім наступний за висотою шар. 3D-принтери можуть використовувати різні матеріали для створення об'єктів, але найпоширенішим матеріалом для цього процесу є термопластик.

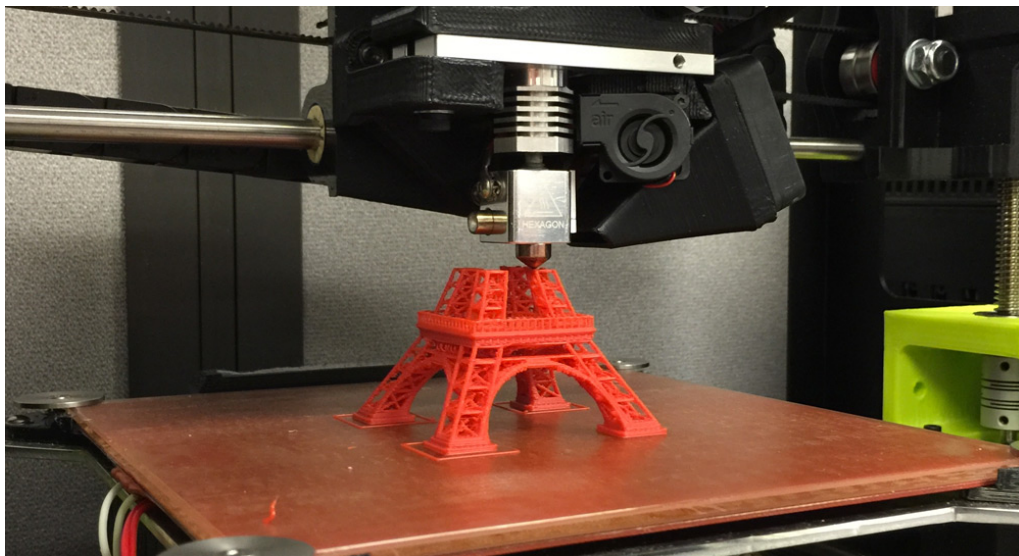


Рисунок 4 – Приклад створення 3D-моделі

### Крок 3 - Фінішна обробка

Третій і завершальний етап 3D-друку - фінішна обробка. Як впливає з назви, фінішна обробка передбачає нанесення останніх штрихів на надрукований об'єкт. Наприклад, до надрукованого об'єкта можуть бути додані розчинники, щоб усунути будь-які поверхневі дефекти, а також створити більш гладку поверхню. Крім того, якщо під час друку використовувалися підставки для утримання об'єкта, їх потрібно прибрати під час третього, заключного етапу.[3]

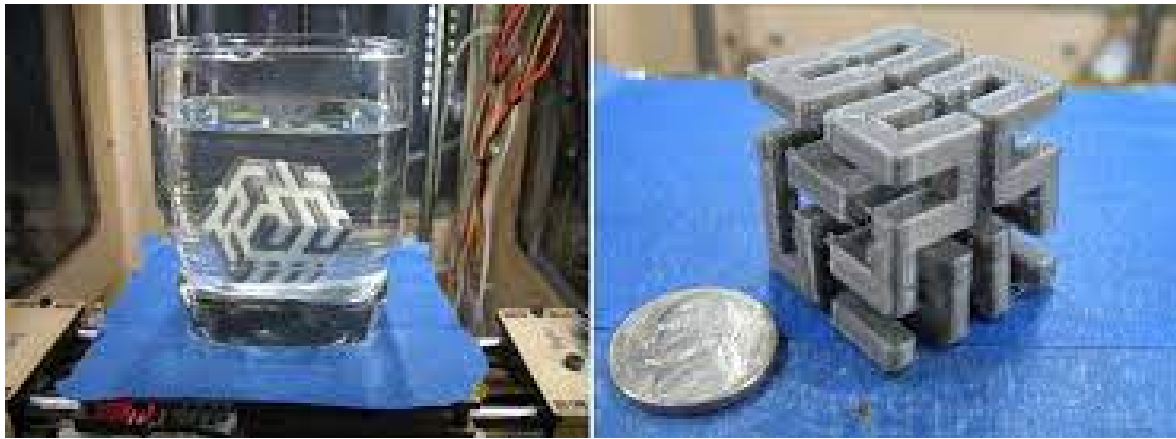


Рисунок 5 – Процес обробки готової моделі

Полярні кінематичні принтери використовуються для широкого спектру завдань у різних галузях промисловості. Ось деякі з найпоширеніших застосувань полярних кінематичних принтерів:

- Швидке прототипування: Одне з основних застосувань 3D-принтерів з полярною кінематикою - швидке створення прототипів. Інженери та дизайнери можуть швидко створювати прототипи своїх розробок і тестувати їх, перш ніж переходити до повномасштабного виробництва. Швидкість і точність принтерів з полярною кінематикою роблять їх ідеальними для цієї мети.

- Дрібносерійне виробництво: Полярні кінематичні принтери також використовуються для дрібносерійного виробництва індивідуальних деталей і компонентів. Це особливо корисно в таких галузях, як аерокосмічна, автомобільна та медична, де деталі потрібно налаштувати відповідно до конкретних застосувань.

- Освіта та дослідження: Полярні кінематичні принтери також використовуються в освіті та дослідженнях, де їх можна застосовувати для навчання студентів технології 3D-друку та проведення досліджень у таких галузях, як матеріалознавство, інженерія та дизайн.

- Мистецтво та дизайн: Полярні кінематичні принтери також можна використовувати в художніх і творчих цілях, наприклад, для створення скульптур, ювелірних прикрас та інших декоративних об'єктів.

- Споживчі товари: Зі зростанням популярності 3D-друку полярні кінематичні принтери використовують для створення споживчих товарів, таких як чохли для телефонів, іграшки та предмети побуту.

Загалом, полярні кінематичні принтери пропонують універсальний та ефективний спосіб швидкого і точного створення складних об'єктів, що робить їх цінним інструментом у різних галузях промисловості та сферах застосування.

Переваги 3D-принтерів з полярною кінематикою:

- Вища швидкість друку: Однією з головних переваг 3D-принтерів полярної кінематики є те, що вони працюють швидше, ніж традиційні декартові 3D-принтери. Це пов'язано з тим, що полярна система може переміщати друкуючу головку більш прямолінійно і ефективно, скорочуючи час, необхідний для друку моделі.

- Зменшення вібрацій: Ще однією перевагою 3D-принтерів з полярною кінематикою є те, що вони, як правило, створюють менше вібрацій під час друку. Це пов'язано з тим, що рух друкуючої головки є більш плавним і контрольованим, що зменшує ризик помилок або невідповідностей у кінцевому відбитку.

- Більший діапазон руху: 3D-принтери з полярною кінематикою мають більший діапазон руху, ніж традиційні декартові принтери. Це означає, що вони можуть друкувати об'єкти складніших форм і кривих, що робить їх ідеальними для створення складних конструкцій і детальних моделей.

Недоліки 3D-принтерів з полярною кінематикою:

- Висока вартість: Одним з основних недоліків 3D-принтерів полярної кінематики є те, що вони дорожчі за традиційні декартові 3D-принтери. Це пов'язано з тим, що вони вимагають більш досконалих технологій і компонентів, що збільшує загальну вартість принтера.

- Складніший дизайн: 3D-принтери полярної кінематики мають складнішу конструкцію, ніж традиційні декартові принтери. Це може ускладнити їхнє збирання та експлуатацію, що вимагає вищого рівня технічних навичок і знань.

- Обмежена доступність: 3D-принтери з полярною кінематикою все ще відносно нові на ринку, а це означає, що вони не так широко доступні, як традиційні декартові принтери. Це може ускладнити пошук потрібного принтера для ваших потреб, а також ускладнити пошук запасних частин. [4,5]

Отже, 3D-принтери з полярною кінематикою мають низку переваг над традиційними декартовими 3D-принтерами, зокрема вищу швидкість друку, меншу вібрацію та більший діапазон руху. Однак вони також мають деякі недоліки, такі як вища вартість, складніша конструкція та обмежена доступність. Зрештою, рішення про використання 3D-принтера полярної кінематики залежатиме від ваших конкретних потреб і бюджету, а також від вашого рівня технічних знань і досвіду.

## ЛІТЕРАТУРА

1. The Types of FDM 3D Printers: Cartesian, CoreXY, & More [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://all3dp.com/2/cartesian-3d-printer-delta-scara-belt-corexy-polar/>
2. What is 3D printing& [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://formlabs.com/3d-printers/>
3. Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
4. Nevliudov, I., Razumov-Fryziuk, I., Yevsieiev, V., Nikitin, D., Blyzniuk, D., & Strelets, R. (2022). Cost estimation of photopolymer resin for 3D exposure of circuit boards. *Technology Audit and Production Reserves*, 2(2(64), 43–49. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.256538>
5. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0 : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.

**Науковий керівник:** Разумов-Фризюк Євгеній Анатолійович, доцент кафедри КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки