

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь бакалавр
(бакалавр, магістр)

спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»
(шифр і назва спеціальності)

на тему «Методи та інструментальні засоби інформаційного забезпечення 3D-друку»

Виконав: студент групи ІСТ-21д

(підпис)

Д.С. Кошик

(ініціали і прізвище)

Керівник

(підпис)

В.О. Лифар

(ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри

(підпис)

О.І. Захожай

(ініціали і прізвище)

Рецензент Д.В. Ратов

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

(повна назва кафедри)

Освітній ступінь бакалавр

(бакалавр, магістр)

спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

(шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Захожай О.І.

“ ” 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кошик Данило Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Методи та інструментальні засоби інформаційного забезпечення 3D-друку»

керівник роботи Лифар Володимир Олексійович, д.т.н., доц..

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом університету від “ 27 ” травня 2025 року
№67/15.15-С

2. Строк подання студентом роботи 19.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: Об'єктом даної роботи є методи та інструментальні засоби

інформаційного забезпечення 3D-друку

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Опис загальної мети та цілей 3D-друку

Пояснення, що таке 3D-друк. Пояснення принципів 3D-принтеру.

Збірка 3D-принтера .Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01.04.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної випускної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Одержання завдання на виконання роботи	01.04.25	виконано
2	Аналіз GCODE, Klipper, Mainsail та Linux	06.04.25	виконано
3	Аналіз постановки технічного завдання	16.04.25	виконано
4	Аналіз електроніки, складових запчастин та витратних матеріалів	26.04.25	виконано
5	Аналіз, коректировка та налагодження справної роботи всього принтеру	26.05.25	виконано
6	Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником	18.06.25	виконано
7	Надання готової пояснювальної записки на кафедру	19.06.25	виконано
8	Укладання доповіді і презентації	20.06.25	виконано

Студент _____ Д.С. Кошик
підпис (ініціали і прізвище)

Керівник роботи _____ В.О. Лифар
підпис (ініціали і прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ 3Д-ДРУКУ	5
2. ВИДИ 3Д-ПРИНТЕРІВ	7
1. FDM (Fused Deposition Modeling) — Моделювання з плавленням нитки.....	8
2. SLA (Stereolithography) — Стереолітографія.....	8
3. SLS (Selective Laser Sintering) — Селективне лазерне спікання.....	9
4. SLM (Selective Laser Melting) — Селективне лазерне плавлення	10
5. DLP (Digital Light Processing) — Цифрова обробка світлом	10
3. РОЗГЛЯД GCODE, Klipper ТА OrcaSlicer.....	13
4. ВИБІР ЕЛЕКТРОНІКИ	15
5. НАЛАГОДЖЕННЯ	24
ВИСНОВКИ	34
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36

ВСТУП

Сучасний світ швидко змінюється завдяки досягненням у галузі технологій, і однією з найбільш революційних інновацій є 3D-друк. Ця технологія, відома також як адитивне виробництво, з кожним роком набуває все більшої популярності, дозволяючи створювати об'єкти різної складності без використання традиційних методів обробки матеріалів. 3D-принтери відкривають безмежні можливості в різних сферах життя, від медицини до промисловості, від архітектури до освіти.

Особливо актуальним є застосування 3D-друку в умовах воєнного часу. Війни завжди ставили перед людством нові виклики, але технології, як, наприклад, 3D-друк, можуть стати вирішальними у боротьбі за перемогу. Вони дозволяють оперативно виготовляти необхідні деталі для техніки, створювати медичні пристрої, виготовляти захисне спорядження та навіть допомагати в швидкому відновленні інфраструктури, що зруйнована під час бойових дій.

У цій роботі розглядається технологія 3D-друку та її потенціал у контексті військових дій, а також аналізується роль цієї технології у наблизненні перемоги в умовах війни. Зокрема, буде детально розглянуто її застосування в таких сферах, як виготовлення зброї, медичне забезпечення та виробництво компонентів для військової техніки. Метою дослідження є показати, як 3D-принтери можуть змінити хід сучасних бойових дій, оптимізувати ресурси та допомогти наблизити перемогу в умовах війни.

Таким чином, у дипломній роботі буде розкрито не тільки технічний аспект 3D-друку, але й його соціальна та економічна значущість у воєнних умовах.

1. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ 3D-ДРУКУ

Проблеми та перспективи 3D-друку для різних категорій користувачів

1. Громадянин: Для звичайного громадянина 3D-друк відкриває нові можливості для самовираження, виготовлення індивідуальних предметів або навіть ремонту побутових речей. Проте існує кілька проблем, які обмежують доступність цієї технології для широких верств населення:

- **Вартість обладнання та матеріалів:** Хоча ціни на 3D-принтери поступово знижуються, для багатьох громадян придбання навіть недорогих моделей може бути непосильним. Додатково, витрати на спеціальні матеріали, необхідні для друку, також можуть бути значними. Та багато хто думає що йому це буде не по силі, але вони неправі.
- **Юридичні та етичні питання:** Збільшення доступності до 3D-друку створює питання щодо виробництва предметів, що можуть бути використані у злочинних цілях, зокрема зброї або підроблених документів. Це вимагає розробки нових законодавчих норм і правил.
- Зараз створюються нові спільноти які допоможуть в освоєнні 3дкультури, приємне середовище, котре зроблено, щоб кожному допомогти друкувати та прикласти зусилля до перемоги. Друкують усі малі та дорослі, бізнесмени та працівники, вчителі та студенти, депутати та військові.

2. Творча людина: 3D-друк пропонує безліч можливостей для творчих людей, таких як дизайнери, художники, моделісти та інші, дозволяючи втілювати в життя найскладніші ідеї та концепти.

- **Проблеми:** Одна з основних проблем для творчої особи – це технічні бар'єри. Для створення складних 3D-моделей часто потрібні навички в комп'ютерному моделюванні, що може бути складно для тих, хто не має відповідної освіти чи досвіду.
- **Перспективи:** Водночас, перспективи цієї технології для творчих людей значні. 3D-принтери дозволяють створювати об'єкти з великою точністю, що відкриває нові горизонти для художніх виробів, ювелірних виробів, моделей для архітектурних проєктів і навіть для музичних інструментів.

3. Підприємець: Для підприємців 3D-друк може стати інструментом для створення прототипів, малосерійного виробництва, а також для оптимізації витрат на виготовлення деталей.

- **Проблеми:** Необхідність навчання персоналу. Крім того, існує проблема забезпечення високої якості і стабільності в серійному виробництві.
- **Перспективи:** 3D-друк дозволяє підприємцям швидко та економічно виготовляти прототипи і малосерійні партії продукції, що зменшує час на розробку нових товарів і полегшує адаптацію до змін на ринку. Це особливо корисно для стартапів та малих підприємств, які не можуть дозволити собі масштабне виробництво.

4. Підприємство: Використання 3D-друку на підприємствах дозволяє значно знизити витрати на виробництво, зокрема в таких сферах, як автомобільна та авіаційна промисловість, виробництво медичних пристроїв та інші високотехнологічні галузі.

- **Проблеми:** Потреба в постійній технічній підтримці та інтеграція 3D-друку у існуючі виробничі процеси. Однак з часом ці труднощі стають меншими завдяки розвитку технологій.
- **Перспективи:** Для великих підприємств 3D-друк відкриває нові можливості для автоматизації виробництва, зниження витрат на зберігання та транспортування, а також скорочення часу на розробку нових продуктів. Не треба виготовляти форми для лиття пластику під кожний виріб, та купівлю великогабаритних пресавтоматів.

5. Військовий сектор: У військовій сфері 3D-друк стає важливим інструментом для забезпечення швидкого виробництва деталей для техніки, виготовлення медичних пристроїв, а також створення індивідуального спорядження.

- **Проблеми:** Основною проблемою є забезпечення достатнього рівня якості і надійності виготовлених виробів, особливо коли йдеться про технічні деталі, що повинні працювати в екстремальних умовах. Крім того, існує питання безпеки використання 3D-друку в умовах бойових дій, коли важливою є гарантія того, що виготовлені деталі будуть відповідати високим стандартам.
- **Перспективи:** 3D-друк дозволяє оперативно виготовляти запасні частини для військової техніки, що особливо важливо під час конфліктів, коли традиційні канали постачання можуть бути

заблоковані. Не треба організовувати велике вербництво, кожен звичайний громадянин може мати у себе невеличкий принтер та виготовлятимуться запчастини у різних кутках країни, а то й цілого світу. Крім того, завдяки 3D-друку можна створювати індивідуальне військове спорядження, яке підходить конкретним військовим, зокрема захисні шоломи, бронежилети та інші елементи. Важливим аспектом є й використання цієї технології для виготовлення медичних імплантатів і протезів для поранених солдатів.

Перспективи для військового сектора виглядають дуже обнадійливо, оскільки 3D-друк може істотно знизити залежність від традиційних постачальників і допомогти у швидкому реагуванні на нестандартні ситуації в умовах бойових дій.

Таким чином, 3D-друк має величезний потенціал для розвитку в різних сферах діяльності, відкриваючи нові можливості для індивідуальних користувачів, підприємців, творчих людей і військових. Однак для максимального використання цих можливостей необхідно подолати певні проблеми, такі як висока вартість технології, складність у використанні та забезпечення якості виробів.

2. ВИДИ 3Д-ПРИНТЕРІВ

Технологія 3D-друку бере свій початок у 1980-х роках, коли Чак Халл запатентував метод стереолітографії (SLA). Спочатку 3D-друк використовувався виключно в промисловому прототипуванні, зокрема в автомобільній та аерокосмічній галузях. Згодом з'явилися й інші технології, такі як FDM (Fused Deposition Modeling), які суттєво здешевили обладнання і відкрили можливість використання принтерів у побуті, освіті, медицині та навіть у домашніх умовах. Сьогодні 3D-друк став доступним інструментом як для інженерів, так і для ентузіастів.

У зв'язку з поширенням цієї технології зросла потреба в стандартизації якості та безпеки. На міжнародному рівні прийнято низку стандартів, зокрема **ISO/ASTM 52900** — базовий документ, що визначає терміни, процеси й класифікацію 3D-друку. Існують також регламенти щодо безпеки матеріалів (наприклад, випарів під час друку), точності виготовлення, механічної міцності виробів та екологічної відповідальності. Дотримання цих стандартів є особливо важливим у таких критичних сферах, як медицина, авіація та оборонна промисловість.

3D-принтери відрізняються за типом технології, матеріалами для друку та призначенням. Розглянемо основні види 3D-принтерів, їх принцип роботи, де вони використовуються, а також основні проблеми їх застосування.

1. FDM (Fused Deposition Modeling) — Моделювання з плавленням нитки

Принцип роботи:

Технологія FDM є однією з найпоширеніших для побутових та промислових 3D-принтерів. Принтер використовує термопластичний матеріал у вигляді нитки, який плавиться та поступово наноситься на платформу, формуючи об'єкт шар за шаром. Кожен шар застигає після того, як попередній охолоджується, що дозволяє створювати деталі з високою точністю.

Застосування:

- Побутові 3D-принтери
- Прототипування
- Малосерійне виробництво
- Виготовлення аксесуарів, деталей для механізмів

Проблеми використання:

- Обмежений вибір матеріалів (в основному пластики, як PLA, ABS)
- Низька міцність деяких матеріалів
- Висока швидкість охолодження, що може призвести до деформацій при великих об'єктах
- Може бути складно виготовляти точні деталі для складних конструкцій

2. SLA (Stereolithography) — Стереолітографія

Принцип роботи:

У SLA-принтерах використовується рідкий фотополімер, який за допомогою лазера або іншого джерела ультрафіолетового світла твердне під впливом лазера, перетворюючи рідину на тверде тіло.

Об'єкт будується поступово шар за шаром, за рахунок полімеризації кожного шару.

Застосування:

- Виготовлення високоточних прототипів
- Ювелірна справа
- Медичні моделі та протези Виготовлення складних форм і деталей для виробництва

Проблеми використання:

- Висока вартість обладнання та матеріалів
- Обмежена кількість матеріалів для друку
- Потреба в постобробці об'єктів (наприклад, промивка в розчиннику)
- Низька швидкість друку великих об'єктів

3. SLS (Selective Laser Sintering) — Селективне лазерне спікання

Принцип роботи:

SLS використовує лазер для спікання дрібного порошку (металевого, пластикового або керамічного), щоб поступово створювати об'єкт шар за шаром. Порошок вільно лежить на платформі, і лазер розплавляє його лише в потрібних місцях, створюючи тверді частини.

Застосування:

- Прототипування та виробництво деталей для аерокосмічної та автомобільної промисловості
- Виготовлення функціональних частин з металу
- 3D-друк запчастин для високонавантажених систем

Проблеми використання:

- Висока вартість обладнання та матеріалів
- Необхідність у складному постпроцесінгу (відсів порошку, охолодження)
- Обмеження на геометрію об'єктів, особливо для складних конструкцій
- Складність в обслуговуванні та технічному ремонті принтерів

4. SLM (Selective Laser Melting) — Селективне лазерне плавлення

Принцип роботи:

SLM схожий на SLS, але замість спікання порошку відбувається його повне плавлення. Ця технологія дозволяє створювати металеві деталі з високою міцністю, що робить її популярною в промисловості.

Застосування:

- Виготовлення металевих деталей для медичних імплантатів
- Виробництво деталей для аерокосмічної та автомобільної промисловості
- Прототипування для металевих конструкцій

Проблеми використання:

- Висока вартість принтерів та металевих порошків
- Потрібна висока кваліфікація операторів
- Необхідність спеціального обладнання для обробки відходів та частин

5. DLP (Digital Light Processing) — Цифрова обробка світлом

Принцип роботи:

Технологія DLP схожа на SLA, але замість лазера використовується світловий проєктор, який одночасно «виводить» весь шар на фотополімерну смолу. Це дає можливість швидше будувати об'єкти, оскільки один шар створюється одразу.

Застосування:

- Виготовлення високоточних прототипів
- Виготовлення ювелірних виробів та стоматологічних моделей
- Створення деталей із складними геометриями

Проблеми використання:

- Обмежена кількість матеріалів
- Висока вартість апаратури та витратних матеріалів
- Потреба в складному постобробленні об'єктів

6. EBM (Electron Beam Melting) — Плавлення електронним променем

Принцип роботи:

Ця технологія схожа на SLM, але замість лазера використовується електронний промінь, який розплавляє металевий порошок. EBM дозволяє працювати з такими металами, як титан, який важко обробляється іншими методами.

Застосування:

- Виготовлення медичних імплантатів
Високоточні деталі для аерокосмічної промисловості
- Виготовлення інструментів з металів високої міцності

Проблеми використання:

- Висока вартість обладнання та витратних матеріалів
- Невелика доступність через обмежене застосування в певних галузях
- Потрібні спеціалізовані умови для використання (наприклад, вакуумні камери)

Загальні проблеми використання 3D-принтерів:

1. **Висока вартість обладнання та матеріалів:** Для багатьох підприємств та користувачів 3D-принтери залишаються дорогими, особливо в сфері промислового виробництва та роботи з металами.
2. **Обмежений вибір матеріалів:** Хоча асортимент матеріалів для 3D-друку поступово зростає, він все ще обмежений для багатьох технологій, особливо в тих випадках, коли потрібні спеціалізовані властивості (наприклад, висока міцність або термостійкість).
3. **Часова витратність:** Для великих і складних моделей 3D-друк може займати багато часу, що обмежує швидкість виробництва, особливо для масового виробництва.
4. **Необхідність в постобробці:** Багато 3D-принтерів вимагають додаткової обробки після друку, що може бути додатковою проблемою, особливо в великих виробничих обсягах.

5. **Міцність і якість:** Не всі технології можуть гарантувати високу міцність і стабільність виробів, що обмежує їх використання в критичних сферах, таких як авіація, оборона та медицина.

Незважаючи на ці проблеми, розвиток 3D-друку триває, і з часом нові матеріали та технології можуть значно покращити ситуацію.

В даній роботі розглянемо збірку **FDM принтера**.

1. Ризики при роботі з електронікою та нагрівальними елементами:

3D-принтери, особливо FDM-моделі, містять елементи, які працюють на високих температурах (до 250–300°C), а також електроніку під напругою. Основні ризики:

- **Перегрів або коротке замикання**, що може призвести до пожежі;
- **Опіки** при випадковому контакті з гарячим екструдером чи платформою;
- **Ураження струмом** при неправильному підключенні або втручанні в роботу плати управління.

Рекомендації: використання захисних кожухів, наявність температурних датчиків, заземлення, регулярний технічний огляд обладнання.

2. Шкідливі викиди під час друку (ABS, ASA):

Матеріали на основі стиролу (ABS, ASA) при нагріванні виділяють леткі органічні сполуки (ЛОС), зокрема стирол, який може викликати подразнення дихальних шляхів, головний біль, запаморочення.

Заходи безпеки:

- Використання принтерів із закритою камерою та **фільтрацією повітря** (HEPA + активоване вугілля);
- Організація **ефективної вентиляції** приміщення;
- Друк в **окремому добре провітрюваному приміщенні** або в витяжній шафі.

3. Переробка та повторне використання пластику:

- **PLA** є біорозкладним, але потребує спеціальних умов для компостування;

- Відходи PLA, PETG та ABS можна подрібнювати та **повторно екструдувати** у філамент за допомогою рецайклінг-машин;
- Можливе **вторинне використання бракованих виробів** (наприклад, у вигляді декоративних або навчальних елементів);
- Підтримка ініціатив зі збору та переробки 3D-відходів (наприклад, Precious Plastic).

3. ПОЗГЛЯД GCODE, Klipper ТА OrcaSlicer

GCODE, Klipper та OrcaSlicer — це три важливі компоненти, які працюють разом для управління 3D-принтером, забезпечуючи точне і ефективне друкування моделей. Давайте поєднаємо ці три теми і розберемо, як вони взаємодіють між собою.

1. GCODE — мова управління 3D-принтером

GCODE — це стандартний формат команд, які використовуються для керування роботою 3D-принтера. Це мова програмування, що містить інструкції для принтера, як саме виконувати рухи головки, на якій температурі працювати, коли подавати матеріал і інші параметри.

Наприклад, GCODE може вказувати:

- **G1 X10 Y10 Z0.2**: Перемістити екструдер на координати X=10, Y=10, Z=0.2.
- **M104 S200**: Нагріти екструдер до 200°C.

Кожен 3D-принтер потребує GCODE-файлів для виконання конкретних завдань. Файл GCODE створюється спеціальним програмним забезпеченням, яке генерує команди, необхідні для друку певної моделі.

2. Klipper — прошивка для 3D-принтера

Klipper — це одна з прошивок для 3D-принтерів, яка працює на мікроконтролері принтера і дозволяє контролювати його функції через зв'язок з комп'ютером. Вона відрізняється від стандартних прошивок тим, що вона використовує потужність комп'ютера для виконання складних обчислень, пов'язаних із рухами принтера, що дозволяє значно збільшити швидкість друку та точність.

Основні переваги **Klipper**:

- Використання потужності комп'ютера для виконання складних обчислень дозволяє зменшити навантаження на сам мікроконтролер принтера.
- **Klipper** дає більший контроль над процесом друку, надаючи можливість налаштування безлічі параметрів, таких як швидкість рухів, температура, подача матеріалу тощо.
- Підтримка багатьох принтерів та різних конфігурацій.

Klipper спрощує і покращує взаємодію між мікроконтролером принтера і комп'ютером, що робить його ідеальним для більш складних або кастомізованих 3D-принтерів.

3. OrcaSlicer — слайсер для 3D-принтера

OrcaSlicer — це слайсер, програмне забезпечення, яке перетворює 3D-модель у GCODE. Слайсери «ріжуть» 3D-модель на тонкі шари і генерують для кожного шару відповідні інструкції для 3D-принтера.

OrcaSlicer — це один з таких слайсерів, який дозволяє налаштувати безліч параметрів друку: товщину шарів, температуру екструдера, швидкість руху, підтримки, виведення матеріалу і багато іншого. ОркаСлайсер має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить його популярним серед 3D-друкарів.

Підсумовуючи:

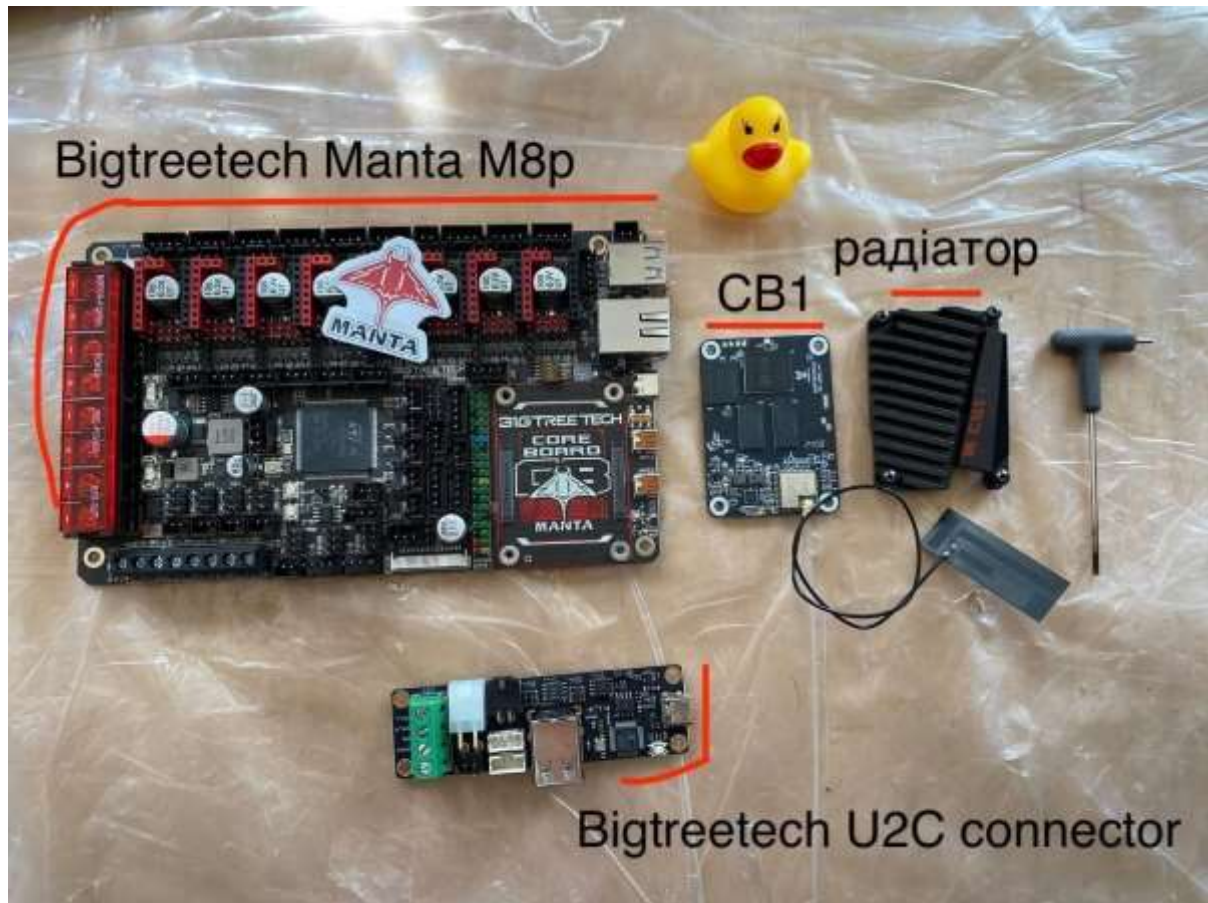
- **OrcaSlicer** бере вашу 3D-модель (наприклад, у форматі STL), «різає» її на шари і генерує відповідний **GCODE** для вашого принтера.
- Цей **GCODE** передається на ваш 3D-принтер, щоб керувати процесом друку.

Як ці три компоненти взаємодіють між собою?

- **OrcaSlicer** створює **GCODE** з 3D-моделі. У цьому процесі ви задаєте необхідні параметри для друку: швидкість, температура, структура шару тощо.
- **GCODE** потім передається на **Klipper**, який управляє мікроконтролером 3D-принтера. **Klipper** здійснює всі необхідні розрахунки для точного виконання команд, переданих через GCODE, оптимізуючи швидкість і точність роботи принтера.

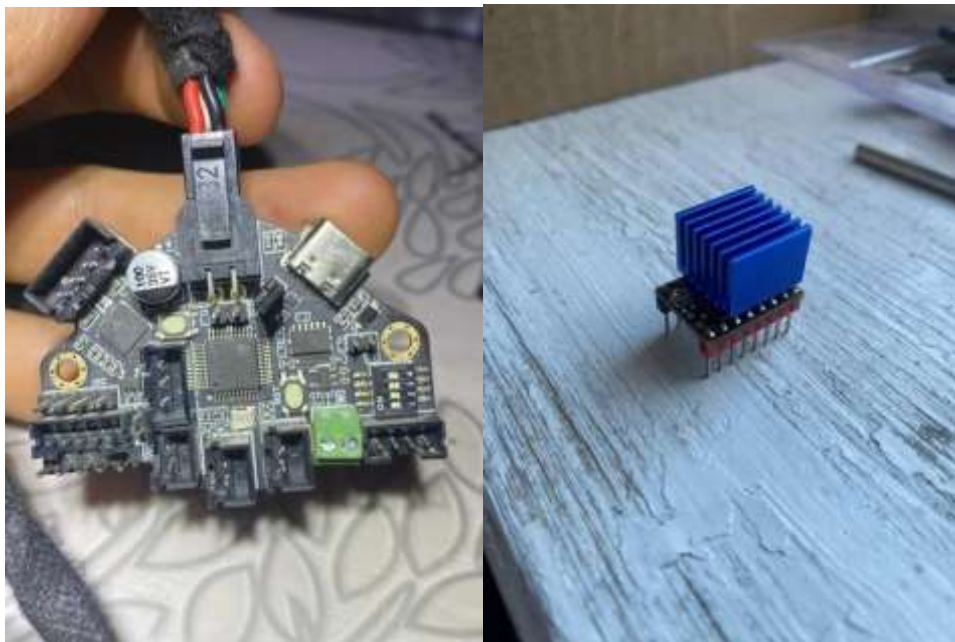
- **Klipper** також може забезпечувати зворотний зв'язок, наприклад, інформацію про температуру або стан принтера, що дозволяє користувачеві відстежувати процес друку.

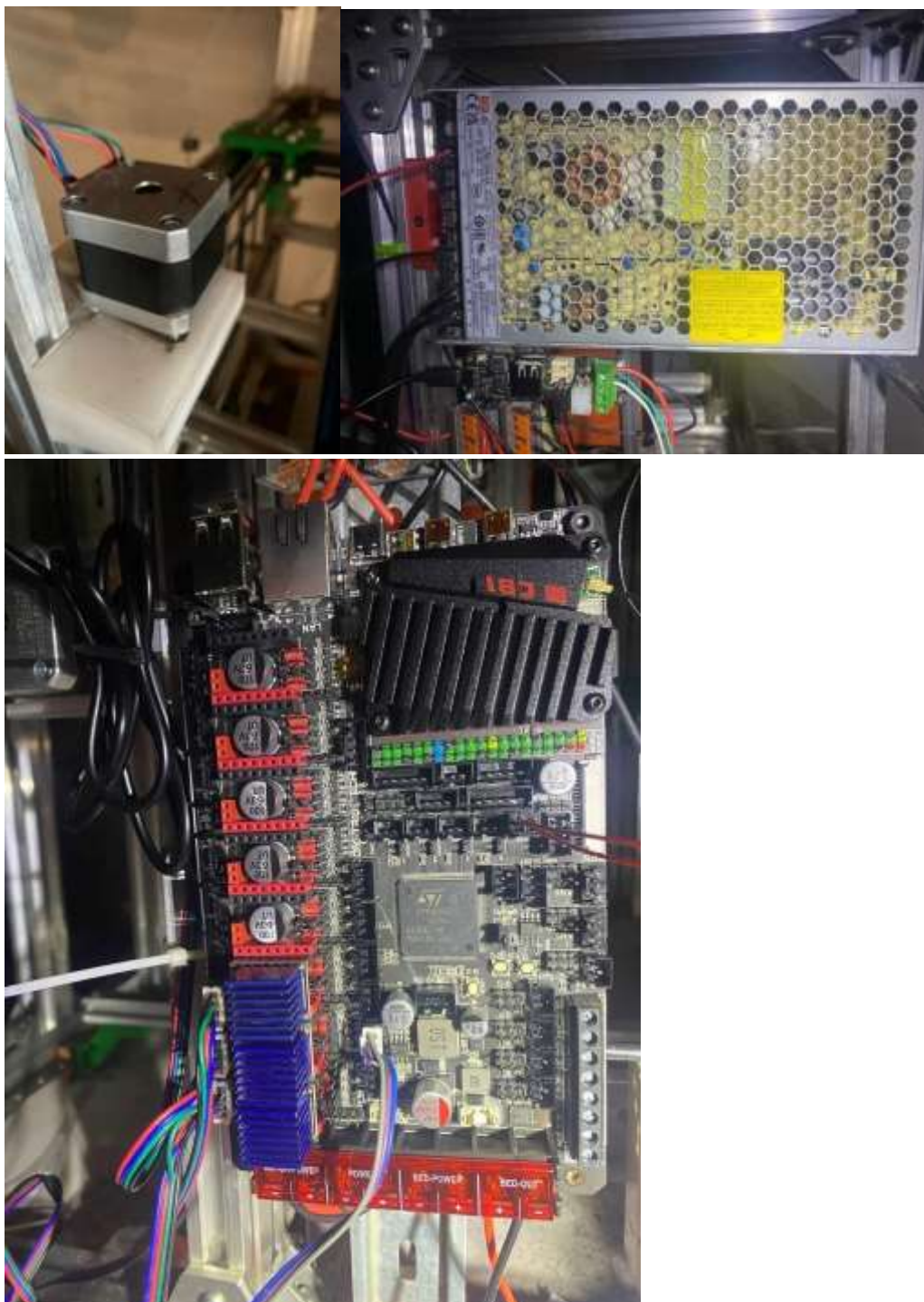
4. ВИБІР ЕЛЕКТРОНІКИ

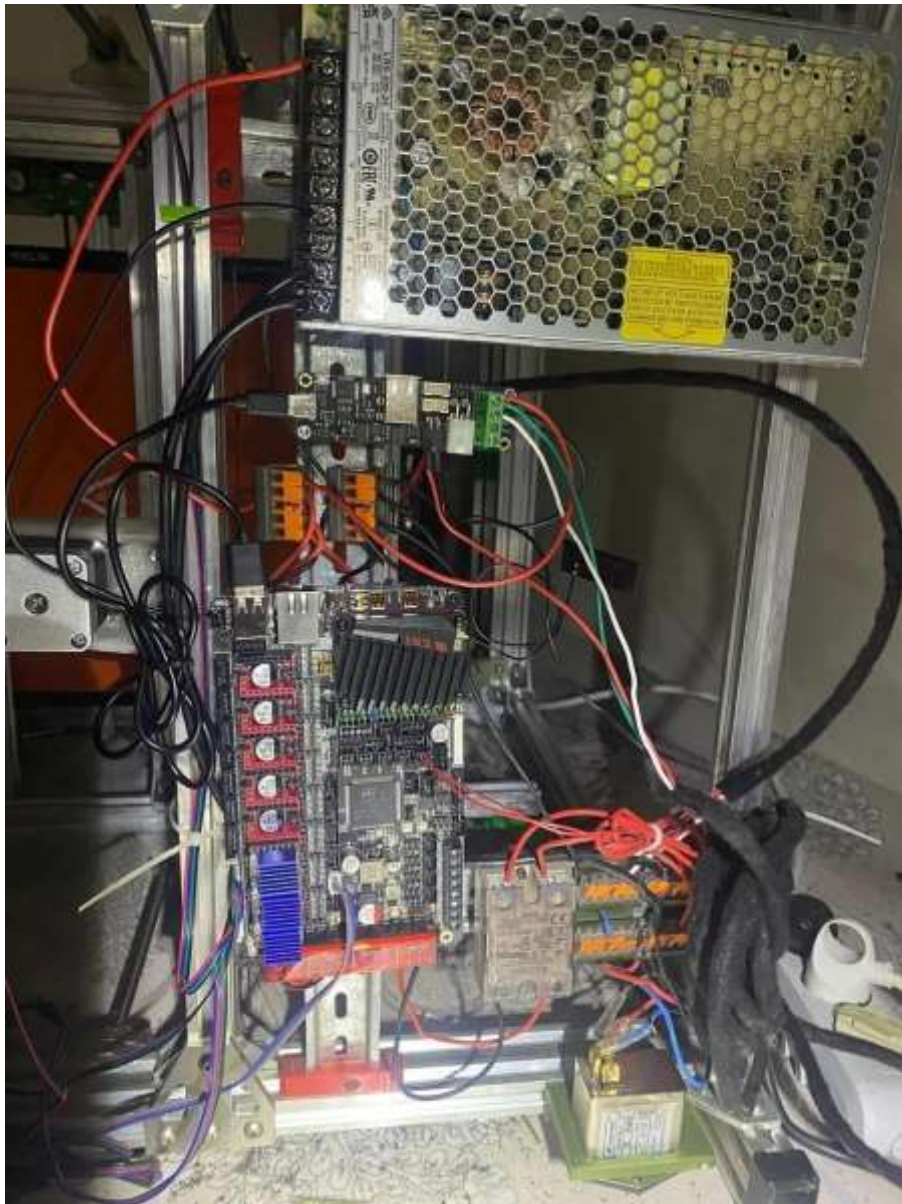


- Материнська плата керування принтером Bigtree Manta M8P
- Міні-комп'ютер Bigtree CB1 з Вай-Фай антеною та радіатором
- Bigtree U2C плата підключення CAN шини до материнської плати
- Bigtree EBB36 v1.2 плата CAN для керування приладів друкуючої голови
- Драйвери крокових двигунів Bigtree TMC2209
- Крокові двигуни (фірма невідома, взяв з іншого принтеру)
- Smat Touch датчик рівня столу
- Хотенд E3D v6 revo, дуже надійний та високошвидкісний
- Розподільчі клеми Wago на 5 виходів

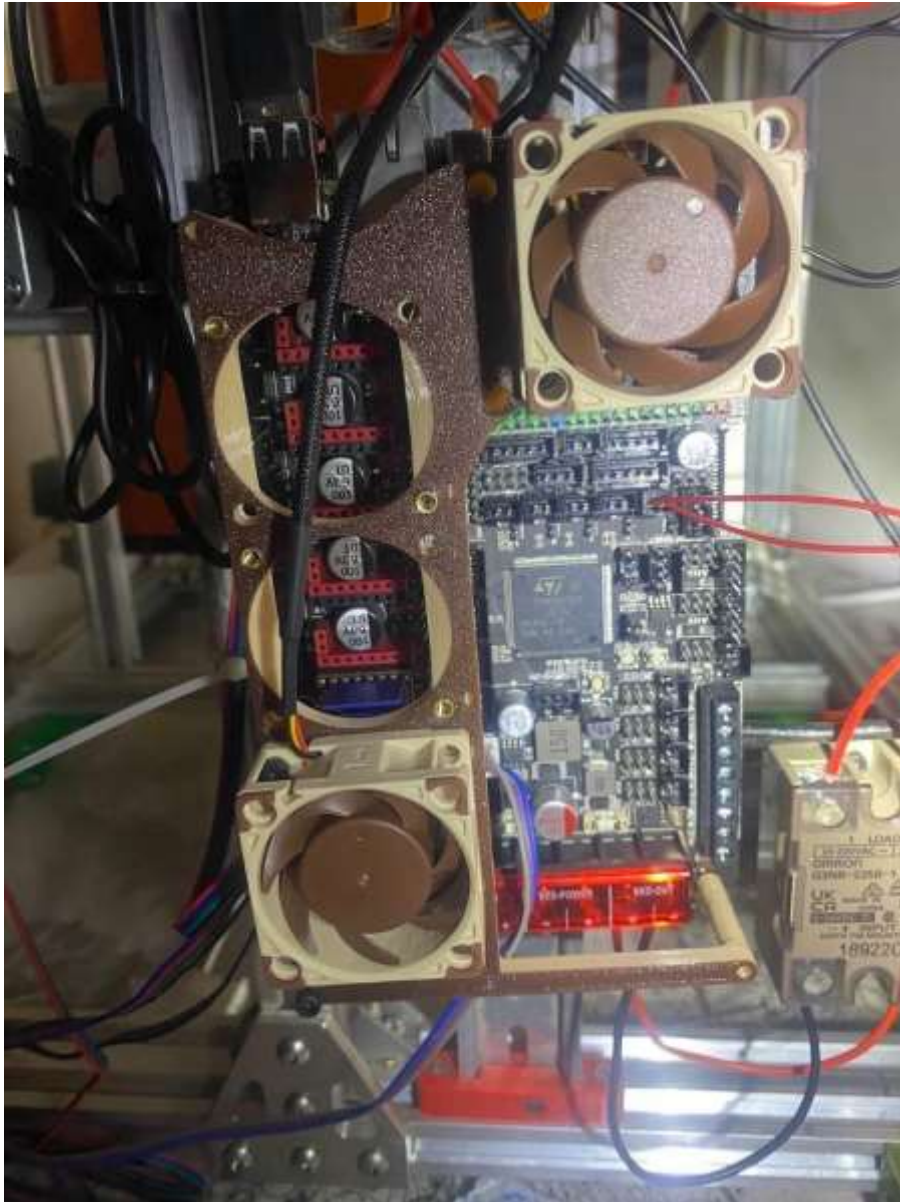
- Реле Omron
- Блок живлення Meanwell
- Кнопка запуску
- Кінцеві перемкачі
- Вентилятори від компанії Noctua
- Екструдер BMG dual drive extruder
- Рейки типу Hiwin
- Алюмінієвий профіль 20x40 мм
- Та пластикові деталі надруковані на іншому 3д-принтері

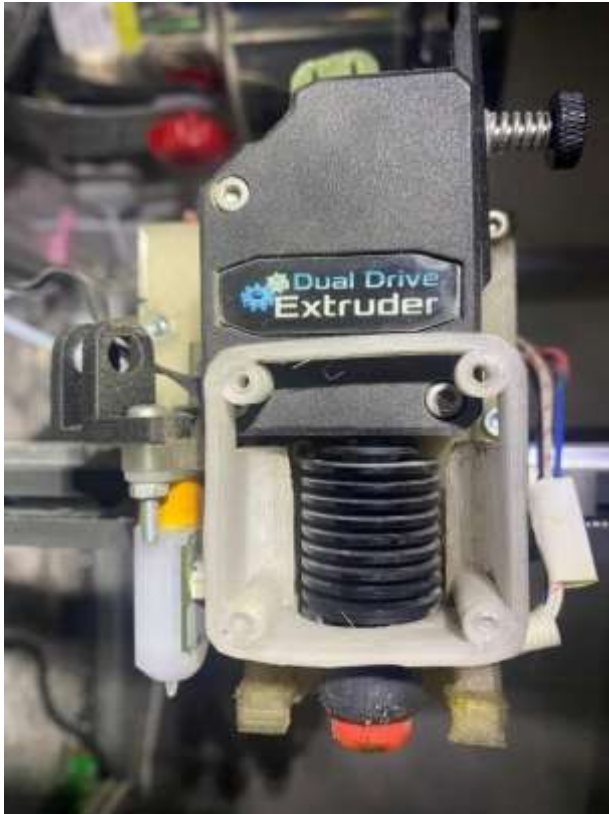


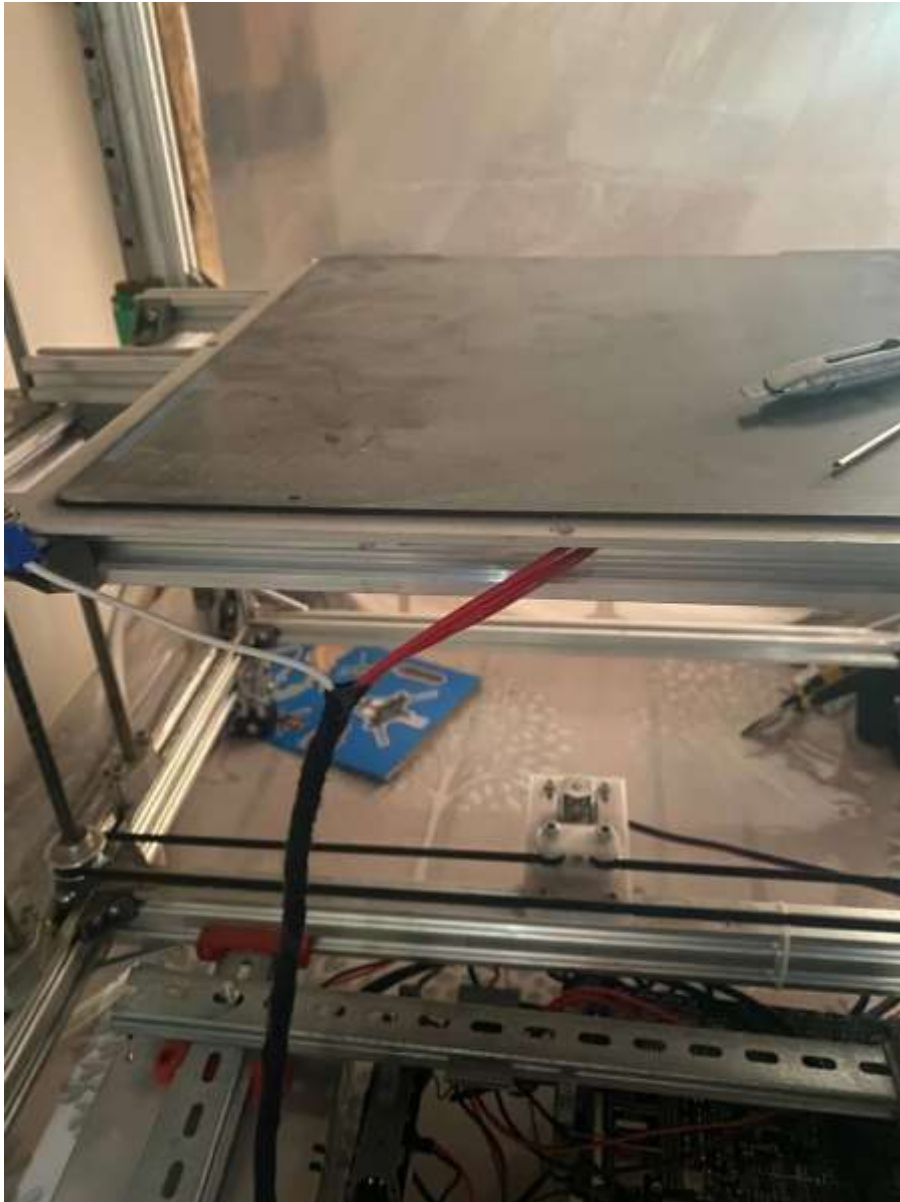


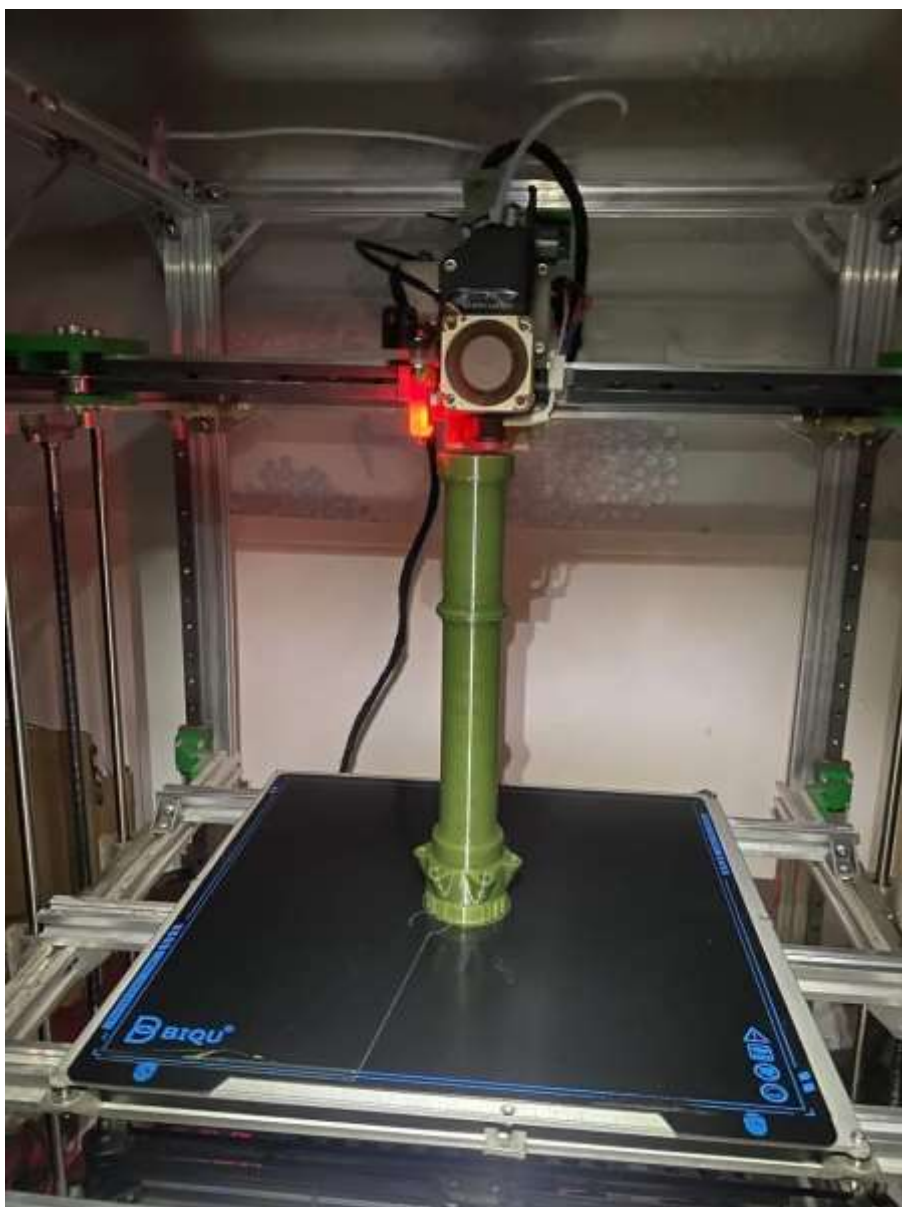












На останньому фото перший друкований виріб: макет двигуна від мін ПГ, який дозволяє курсантам досконаліше вивчати будову цього пристрою. Друк макетів дає можливість військовим навчатися не лише по книжках, а інструкторам не треба тягати за собою важкі металеві гранати та міни.

5.НАЛАГОДЖЕННЯ

Тепер треба окремі деталі поєднати в один працюючий організм.

Спочатку поріжемо профіль на потрібні нам розміри, надрукуємо деталі та зберемо з них каркас.

Тепер запрограмуємо плати.

Bigtreotech Manta M8P :

На офіційній сторінці Bigtreotech на Github все гарно пояснено.

с

Але я ще користувався відео поясненнями німецького блогера.

<https://www.youtube.com/watch?v=k8DmTrY2GgY&t=1115s>

Не розписую як виконував бо дуже багато кроків та строчок коду.

Bigtreotech EBB 36 :

<https://www.youtube.com/watch?v=AIT1QGeYRao&t=547s>

Також користувався відео німецького блогера.

Bigtreotech U2C : https://github.com/bigtreotech/candleLight_fw

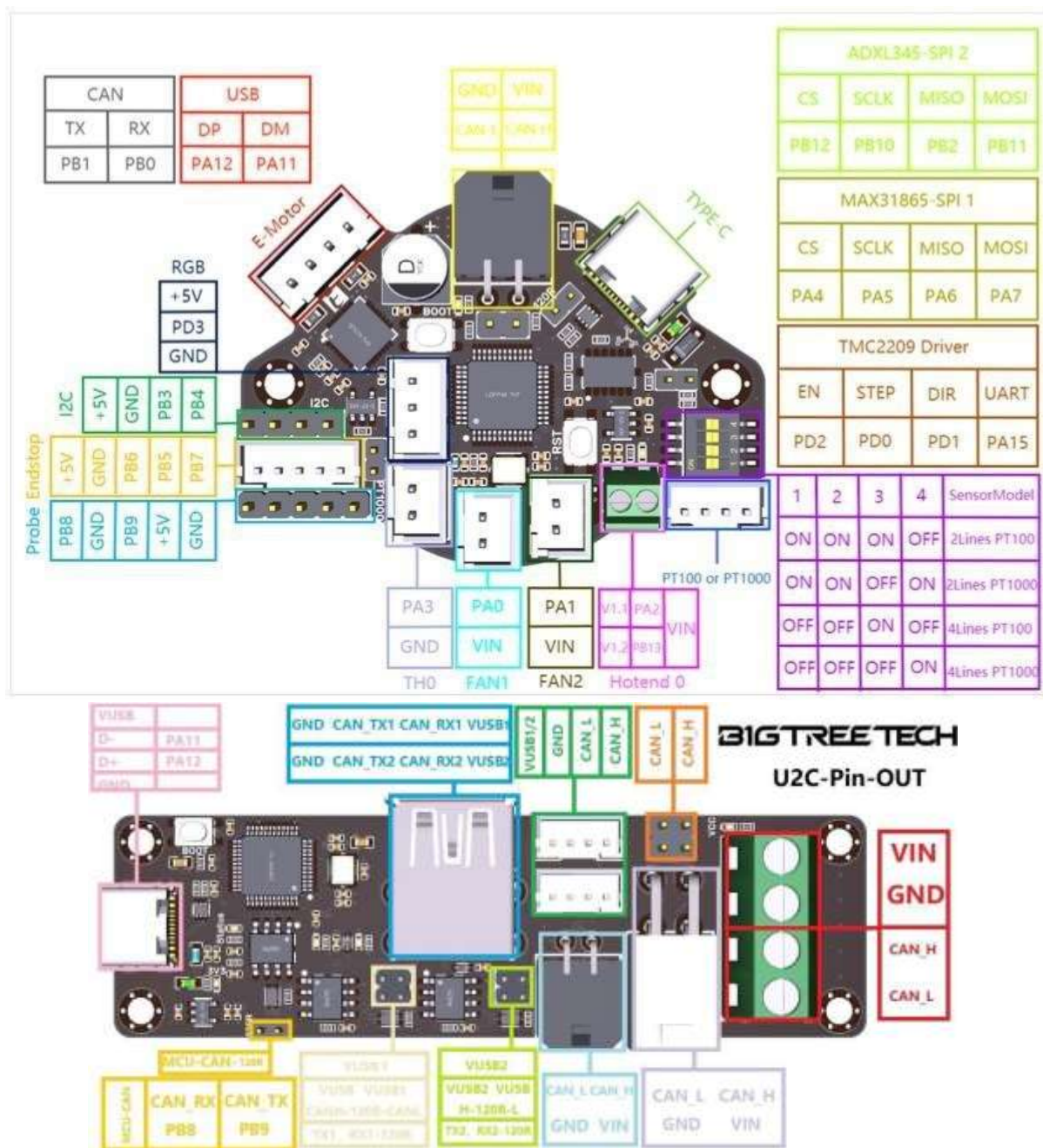
На цю плату треба встановити програму CandleLight для того , щоб вона могла гарно передавати дані з CAN шини до материнської плати і навпаки.

Bigtreotech CB1 : <https://github.com/bigtreotech/CB1>

Завантажив нову версію Debian з офіційного сайту.

Після цих кроків на платах встановлене все необхідне ПЗ щоб електронні компонент між собою могли спілкуватися. Тепер треба вірно підключити усі провода.





Це карти пінів для усіх плат, що допоможуть підключити дроти та позначити все у конфігурації Klipper.

Приклад конфігурації Klipper з поясненням.

[include mainsail.cfg]

[include BTT_EBB.cfg]

Використовує два конфігураційні файли. Mainsail — це популярний веб-інтерфейс для керування 3Dпринтерами, який працює з платформою Klipper. Файл EBB для CAN виніс окремо для більш зручного користування.

Motor1

[stepper_x] step_pin:

PE6 dir_pin: PE5

enable_pin: !PC

14 microsteps:

16 rotation_distance: 40 endstop_pin: !EBBCan: PB6

position_endstop

p: 0 position_max: 300

homing_speed: 50

Розіл для розпізнавання моторів. Для Y та Z подібний код але з відповідними пінами.

rotation_distance: 8

gear_ratio: 40:20 endstop_pin:

probe:

z_virtual_endstop

На моторі Z відрізняються ці показники, через використання редуктора.

[heater_bed]

heater_pin: PF5

sensor_pin: PB1 # TB sensor_type:

ATC Semitec

104GT-2 control: watermark

max_power: 1.0 min_temp: 0

max_temp: 130

Нагрівач столу.

```
[mcu]          serial:          /dev/serial/by-id/usb-  
Klipper_stm32h723xx_340041000C513133  
39373 836-if00 Порт usb по котрому CB1  
спілкується материнською платою  
Manta M8P.
```

```
[printer] kinematics: corexy max_velocity: 300 max_accel:  
3000 max_z_velocity: 5 max_z_acc  
el: 100
```

Характеристики принтеру: кінематика, швидкість, напруга.

```
[tmc2209 stepper_x] uart_pin:
```

```
PC13      diag_pin:  
          PF4 run_current:  
          0.800
```

```
stealthchop_threshold: 999999
```

Дані драйверу двигуна. Подібний код для Y та Z.

```
[board_pins]
```

```
aliases:
```

```
# EXP1 header
```

```
EXP1_1=PE7, EXP1_2=PG1,
```

```
EXP1_3=PG0, EXP1_4=PF15,
```

```
EXP1_5=PF14, EXP1_6=PF13,
```

```
# Slot in the socket on this side
```

```
EXP1_7=PF12, EXP1_8=PF11, EXP1_9=,  
EXP1_10=<5V>,
```

```
# EXP2 header
```

```
EXP2_1=PE13, EXP2_2=PE12,
```

```
EXP2_3=PE15, EXP2_4=PE11,  
EXP2_5=PE10, EXP2_6=PE14,    # Slot in the  
socket on this side  
  
EXP2_7=PE8, EXP2_8=<RST>, EXP2_9=<GND>,  
EXP2_10=<NC>
```

Піни мат. плати Manta M8P.

[safe_z_home] home_xy_position:

150,150 z_hop: 10 # Move up

10mm z_hop_speed: 5

Позиція центру стола. [bed_mesh] speed:

120 horizontal_m

ove_z: 5 mesh_min:

35, 6 mesh_max: 240, 240 probe_count:

5, 5

Перевірка рівня столу.

gcod

e:

Отримує дані з вашого слайсера. Наприклад, температура нагрівального столу, температура екструдера, температура камери та розміри вашого принтера. {% set target_bed = params.BED|int %}

{% set target_extruder =

params.EXTRUDER|int %} {% set

x_wait =

printer.toolhead.axis_maximum.x|f

loat / 2 %}

```
{% set y_wait =  
printer.toolhead.axis_maximum.y|float / 2 %}
```

```
G28 # Full home (XYZ)
```

```
G90 # Absolute position
```

```
{% if params.BED|int > 70 %} M106
```

```
S255 # Turn on the PT-fan
```

```
G1 X{x_wait} Y{y_wait} Z15 F9000 # Іде у центр
```

```
M190 S{target_bed} # Нагріває стол до заданої  
температури
```

```
#"Якщо температура столу не перевищує 90°C, то програма пропускає  
прогрівання і просто нагріває до заданої температури з 1-хвилинним  
витримуванням."
```

```
{% else %} G1 X{x_wait} Y{y_wait} Z15 F9000 # Іде у центр
```

```
M190 S{target_bed} # Нагріває стол до заданої температури
```

```
G4 P30 # чекає відповідний час поки темпеература  
стабілізується
```

```
{% endif %}
```

```
M107 # Вимиикає вентилятор обдуву деталі
```

```
M109 S{target_extruder} # Нагріває хотед до потрібної
```

```
температру G1 X5 Y10 Z0.4 F10000 # Іде до точки старту
```

```
друку G1 X115 E20 F1000 # малює очисну лінію.
```

```
Макрос підготовки принера до друку.
```

```
Gcode:
```

```
# Безпечні координати переміщення для уникнення ниткоутворення
```

```
# Це стосується таких рухів принтера (зазвичай без екструзії), які  
мінімізують утворення тонких ниток пластику між різними частинами  
моделі.
```

```
{% set th = printer.toolhead %}
{% set x_safe = th.position.x + 20 * (1 if
th.axis_maximum.x - th.position.x > 20 else -1) %}

{% set y_safe = th.position.y + 20 * (1 if
th.axis_maximum.y - th.position.y > 20 else -1) %}

{% set z_safe = [th.position.z + 2,
th.axis_maximum.z]]min %}
• SAVE_GCODE_STATE NAME=STATE_PRINT_END
  #зберегти поточний стан G-коду під ім'ям STATE_PRINT_END
  M400 ; очікування
  завершення обробки всіх команд у черзі G92 E0 ;
  встановити позицію екструдера (величину поданого філаменту) в
  0. G1 E-2.0 F2700 ; відкат філаменту
• G1 — команда руху
• E-2 — відкат філаменту на 2 мм
• F2700 — швидкість (2700 мм/хв або 45 мм/сек)
```

TURN_OFF_HEATERS

#вимкнути нагрівачі

G90 # абсолютна позиція G0

X{x_safe} Y{y_safe} Z{z_safe} F20000 # **перемістити сопло (nozzle) для запобігання струнінню**

G0 X{th.axis_maximum.x//2} Y{th.axis_maximum.y - 2} F3600 #

паркування сопла (nozzle) на задній частині платформи M107

вимкнути вентилятори **відновлення попереднього стану G-коду** після того, як були зроблені зміни в координатах або налаштуваннях швидкості. Це дозволяє принтеру повернутися до тих значень, які були до цього, і уникнути небажаних рухів головки. RESTORE_GCODE_STATE NAME=STATE_PRINT_END MOVE=0

<----- SAVE_CONFIG ----->

DO NOT EDIT THIS BLOCK OR BELOW. The contents are autogenerated.

##

[bed_mesh default]

version = 1

points =

0.553750, 0.395000, 0.447500, 0.363750, 0.376250

0.520000, 0.317500, 0.202500, 0.137500, 0.117500

0.476250, 0.287500, 0.143750, 0.065000, 0.028750

0.378750, 0.150000, 0.042500, -0.018750, -0.077500

0.226250, 0.007500, -0.116250, -0.163750, -0.158750

x_count = 5

y_count = 5

mesh_x_pps = 2

mesh_y_pps = 2

algo = lagrange

tension = 0.2

min_x = 35.0

max_x = 240.0

min_y = 6.0

##**max_y = 240.0*

Цей блок коду є частиною налаштувань месажного калібрування (mesh bed leveling) у прошивці Klipper, і вказує на конфігурацію рівняння поверхні стола.

ВИСНОВКИ

У процесі дипломної роботи було глибоко вивчено технологію 3D-друку як сучасний і універсальний інструмент для швидкого прототипування, виготовлення функціональних деталей, освітніх моделей та засобів підтримки у воєнних умовах. 3D-друк — це інноваційна технологія, що суттєво трансформує підходи до виробництва, дозволяючи виготовляти об'єкти складної форми без потреби у традиційних інструментах чи прес-формах.

У межах практики розглянуто:

- класифікацію 3D-принтерів за типами технологій (FDM, SLA, SLS, SLM, DLP, EBM), їх принципи роботи, матеріали для друку, а також переваги й недоліки кожного з підходів;
- реальні проблеми, що виникають при впровадженні 3D-друку в різних сферах: для звичайного користувача, підприємця, творчої особистості, промисловості та військових;
- перспективи розвитку 3D-друку в контексті децентралізованого виробництва, автономного виготовлення запчастин, кастомізації спорядження та застосування у медичних цілях, зокрема при створенні протезів та імплантатів;
- програмну складову — взаємодію OrcaSlicer (слайсер), GCODE (мова команд) і Klipper (прошивка), що разом забезпечують керування процесом друку з високою точністю;
- етапи збирання власного 3D-принтера: від вибору електроніки та механічних компонентів до складання, прошивки, конфігурування та тестового друку;
- конфігурацію сучасної апаратної платформи на основі BigTreeTech (Manta M8P, CB1, EBB36, U2C), драйверів TMC2209, сенсорів, вентиляторів, екструдера BMG, а також реалізацію CAN-шини для ефективного обміну даними між модулями.

У результаті було зібрано функціональний FDM-принтер, налаштовано програмне забезпечення Klipper, проведено перші успішні тестові друки. Зокрема, надруковано макет двигуна мін ПГ для навчання курсантів, що продемонструвало реальну цінність 3Dдруку в освітніх і військових цілях.

Отже, практична частина підтвердила теоретичні знання, а також показала, що 3D-друк — це не лише технологія майбутнього, а вже сьогоднішній інструмент, що може стати вагомим внеском у розвиток освіти, промисловості, оборони та медицини. Особливо важливою ця технологія є в умовах війни, де швидкість, автономність та доступність виготовлення можуть суттєво впливати на ефективність дій та збереження життів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Pro3d.com.ua get3d.tech
2. Berserk.design
3. Easy3dprint.com.ua
4. <https://klipper.discourse.group/>
5. <https://github.com/bigtreotech>
6. <https://www.youtube.com/watchv=AIT1QGe YRao&t=547s>
7. https://github.com/bigtreotech/candleLight_f w
8. <https://github.com/bigtreotech/CB1>