

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

Оптимізація технологічних режимів роботи 3D принтера

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

групи ІМм-21

Голодюк Майран Євгенович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Сичук Віктор Анатолійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 20__ р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2023 року

Луцький національний технічний університет

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Другий (магістерський) рівень

освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Р.Г. Редько

“ _____ ” _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Голодюк Майран Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація технологічних режимів роботи 3D принтера, керівник кваліфікаційної роботи магістра Сичук В.А. затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» січня 2023 р., № 42/01-02.

2. Строк подання студентом роботи 14.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: документація 3D принтера Solidoodle 2 Pro, документація Arduino Uno.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Загальна частина. 2 Конструкторська частина. 3 Технологічна частина. 4 Дослідна частина. Висновок. Список використаних джерел.

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

Електрична схема системи стабільного температурного середовища – 1 лист (ф. А1), Порівняльна таблиця ниток для 3Д друку – 1 лист (ф. А1), Система моніторингу та підтримання стабільної температури – 1 лист (ф.А1), Тестова деталь – 1 лист (ф. А1), Етапи виготовлення тестової деталі – 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Загальний	Сичук В.А.		
Конструкторський	Сичук В.А.		
Технологічний	Сичук В.А.		
Дослідний	Сичук В.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Загальна частина.</i>		
2.	<i>Конструкторська частина.</i>		
3.	<i>Технологічна частина.</i>		
4.	<i>Дослідна частина.</i>		
5.	<i>Представлення роботи до захисту</i>		
6.	<i>Електронний варіант кваліфікаційної роботи магістра</i>		

Студент _____

(підпис)

Голодюк М.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Сичук В.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Голодюк М.Є. Оптимізація технологічних режимів роботи 3D принтера. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття кваліфікації другого (магістерського) рівня вищої освіти із спеціальності 131 Прикладна механіка спеціалізації технологія машинобудування. – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2023.

Робота присвячена покращенню роботи 3D принтера шляхом контролю температури повітря в зоні 3D друку. Для цього було спроектовано та виготовлено спеціальний короб, який за допомогою електроніки автоматично впускає прохолодне повітря та випускає перегріте. Тобто таким чином відбувається забезпечення визначеної сталої температури. Такий стан речей унеможливорює дефектну роботу принтера, що може виникнути через температурні коливання.

Ключові слова: 3D принтер, температурний режим, Arduino.

ANNOTATION

Holodiuk M.E. Optimization of technological modes of operation of the 3D printer. - Manuscript.

Master's Qualification for Qualification of the Second (Master's) Level of Higher Education in Specialty 131 Applied Mechanics of Specialization mechanical engineering technology. - Lutsk National Technical University. - Lutsk, 2023.

The work is devoted to improving the operation of the 3D printer by controlling the air temperature in the 3D printing area. For this, a special box was designed and manufactured, which, with the help of electronics, automatically let in cool air and let out overheated. That is, in this way, a certain constant temperature is ensured. This state of affairs makes it impossible for the printer to malfunction, which may occur due to temperature fluctuations.

Keywords: 3D printer, temperature regime, Arduino.

Зміст

Вступ.....	.....
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА .....	.....
1.1 Види 3Д друку.....	.....
1.2 Види пластику для FDM 3Д принтерів.....	.....
1.3 Проблеми які виникають при друці на 3Д принтерах.....	.....
1.4 Висновки по розділу.....	.....
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	.....
2.1 Технічні характеристики обраного 3Д принтера.....	.....
2.2 Логіка роботи системи та вибір електронних компонентів для її функціонування.....	.....
2.3 Електрична схема системи стабільного температурного середовища.....	.....
2.4 Висновки по розділу .....	.....
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	.....
3.1 Проектування корпусу системи стабільного температурного середовища..	.....
3.2 Програмування роботи системи стабільного температурного середовища..	.....
3.3 Проектування тестової деталі.....	.....
3.4 Висновки по розділу.....	.....
4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	.....
4.1 Практичне під'єднання електричної схеми системи стабільного температурного середовища.....	.....
4.2 Процес налагодження роботи 3Д принтера в Repetier Host.....	.....
4.3 Проведення експериментального 3Д друку.....	.....
4.4 Висновки по розділу .....	.....
Висновок.....	.....
Список використаних джерел.....	.....

ВСТУП

На сьогодні технологія 3Д друку надзвичайно стрімко розвивається. За допомогою такого методу виготовлення деталей можна отримати їх з надзвичайно складною формою, яку неможливо отримати іншими методами створення деталей. Також варто відмітити, що матеріали які можна застосувати при друці є досить різноманітні, такі як пластик, метал, полімерні смоли, шоколад, біологічні речовини, бетон, суміш пластику і дерева, суміш пластику і металу, тобто можна отримувати деталі композитного складу. Проте при 3Д друці можуть виникати певні проблеми і відповідно деталі будуть бракованими.

Актуальність теми та доцільність магістерського дослідження важко переоцінити, бо в даній роботі запропоновано спосіб стабілізації температури повітря в зоні 3Д друку. Відповідно вплив зміни температури не буде впливати на якість друку. Також підтримання визначеної температури позитивно вплине на економію енергії нагрівання необхідних вузлів 3Д принтера, що з економічної точки зору є вигідним

Мета роботи полягає у розробці спеціального короба, який буде накривати 3Д принтер. Електроніка яка розміщена на коробі буде слідкувати за температурними коливаннями в зоні друку і відповідно підтримувати температуру на однаковому рівні.

Об'єкт дослідження – 3Д принтер, короб який створює визначений стабільний температурний режим. Також варто згадати і про програмний код згідно якого і буде відбуватися стабілізація температури повітря.

Предмет дослідження – можливість уникнути браку 3Д друку деталей, при якому зміна температури може негативно вплинути на якість виготовлення виробів.

Методи дослідження, що застосовувалися при виконанні роботи пов'язані з 3D моделюванням, розробці електричних схем приєднання електронних компонентів для автоматизації процесу підтримки стабільної визначеної температури, також застосування програмного забезпечення для слайсингу тестової деталі Repetier Host.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці та реалізації ідеї щодо автоматичного підтримання необхідного рівня

температури повітря при 3Д друці в частково замкненому середовищі 3Д принтера.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці спеціального короба з електронними елементами які керують подачею та випуском повітря в зону виготовлення. Відповідно до цього 3Д принтери можна взагалі використовувати на відкритих просторах.

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які становлять суть магістерської роботи, висновки і рекомендації не викликають сумніву. Було поставлено мету та задачі досліджень, також проведено усі роботи щодо аналізу роботи 3Д принтерів з врахуванням їх можливого браку в роботі. Відповідно виникла ідея щодо усунення одного з недоліків, а саме стабілізації температури повітря в зоні 3Д друку. Відповідно до цього розроблено обладнання та його алгоритм роботи.

Апробація отриманих результатів роботи. Основні ідеї та результати роботи розглядалися на науково-практичних семінарах кафедри.

Структура та обсяг роботи. Випускна робота магістра має вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел. Результат досліджень наведений на ___ сторінках машинописного тексту, ілюструється ___ рисунками та ___ таблицями. Список використаних джерел складає ___ найменувань.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Види 3D друку

Термін 3D-друк охоплює кілька виробничих технологій, які створюють деталі шар за шаром. Кожна з них відрізняється способом формування пластикових і металевих частин і може відрізнятися вибором матеріалу, обробкою поверхні, довговічністю, а також швидкістю виготовлення та вартістю.

Існує кілька видів 3D-друку, до яких відносяться:

Стереолітографія (SLA)

Вибіркове лазерне спікання (SLS)

Моделювання плавленого осадження (FDM)

Цифровий світловий процес (DLP)

Багатоструменевий синтез (MJF)

PolyJet

Пряме лазерне спікання металу (DMLS)

Електронно-променеве плавлення (EBM)

3D-друк стає майбутнім ери виробництва. Це тому, що існує багато різних процесів, які підходять для різних типів матеріалів. Деякі з них проаналізуємо далі.

СТЕРЕОЛІТОГРАФІЯ (SLA)

Це перша у світі інновація 3D-друку, представлена Чаком Халлом у 1986 році. Вона працює за допомогою технології 3D-друку під назвою Vat Polymerization, де матеріал під назвою фотополімерна камедь спеціально відновлюється за допомогою джерела світла. Стереолітографія (SLA) є першим сучасним способом 3D-друку. Принтери SLA домінують у забезпеченні високого рівня деталізації, гладких поверхонь і міцності. Якісна поверхня деталей SLA виглядає на високому рівні. Даний вид друку зазвичай використовується в медицині, а основні виробники включають анатомічні моделі

та мікрофлюїдику. Зокрема, SLA-принтер (рис. 1.1.) використовує дзеркала, які називаються гальванометрами. Один розташований на X-точка опори, інший на Y-хабі. Вони вказують лазерному променю поперек резервуара еластичного матеріалу, зокрема, розвантажуючи та встановлюючи поперечну частину виробу в зоні формування, розвиваючи її шар за шаром.



Рисунок 1.1 – Приклад SLA принтера

SLA — це спосіб швидкого створення прототипів, де точність і достовірність виробу повинні бути на найвищому рівні. Даний друк може створювати об'єкти з інформації 3D CAD лише за пару годин. Це 3D-друк, який визначає точність, перетворюючи рідкі фотополімери (унікальний вид пластику) на міцні 3D-елементи, кожен шар по черзі. Пластик спочатку нагрівається, щоб перетворити його в напіврідку структуру, а потім твердне при контакті. Принтер створює кожен із цих шарів за допомогою яскравого лазерного променя, координованого X та Y фільтруючими дзеркалами.

Гострий край пристрою для повторного нанесення покриття також проходить по поверхні безпосередньо перед наступним кроком, щоб гарантувати, що кожен тонкий шар еластичного матеріалу рівномірно розподіляється по виробу. Таким чином відбувається цикл друку, створюючи тривимірні елементи від основи до верху. Після завершення 3D-деталі зазвичай матиме синтетичне миття, щоб усунути надлишок матеріалу. Крім того, базовою практикою є пост-фіксація деталі в яскравому середовищі. Це робить виріб більш стабільним і більш стійким.

Друк SLA отримав визнання від багатьох різноманітних підприємств. Деякі з них включають автомобільні, медичні, авіаційні, крім того, для виготовлення різних видів товарів для клієнтів. Використовуються 3D-принтери Vipers, ProJets і iPros, виготовлені 3D Systems.

СПЕЦИФІЧНЕ ЛАЗЕРНЕ СПІКАННЯ (SLS)

SLS розм'якшує порошки на основі нейлону в міцний пластик. Оскільки деталі SLS виготовляються з використанням справжнього термопластичного матеріалу, вони міцні, прийнятні для утилітарного тестування та можуть підтримувати рухомі шарніри та заціпки. На відміну від SL, деталі більш ґрунтовніші, але мають жорсткішу поверхню. SLS не потребує допоміжних структур, тому весь етап форми можна використовувати для розміщення різних частин в одній формі, що робить його придатним для більшої кількості деталей, ніж інші засоби 3D-друку. Численні частини SLS використовуються для моделювання геометрій, які одного дня матимуть форму інфузії.

Він використовує засіб 3D-друку під назвою Power Bed Fusion. Ємність із термопластичним порошком (нейлон 6, нейлон 11, нейлон 12) нагрівається просто під точкою розплавлення. У цей момент гострий край для повторного покриття або стирання зберігає мізерний шар порошку – зазвичай товщиною 0,1 мм – на стадії формування. Лазерний промінь починає досліджувати поверхню, де спеціально «спікає» порошок, тобто зміцнює поперечну частину виробу. Подібним чином, з SLA (рис. 1.2), лазер центрується

навколо області пари гальво. Коли відфільтровано весь крос-сегмент, рівень опускається приблизно на одну товщину шару, і весь цикл повторюється, доки елемент не буде повністю виготовлений. Порошок, який не був спечений, інші частини, створені для підтримки елемента, який був спечений, не потребує підтримки структур. Небагато застосувань для SLS – це складання практичних деталей, складних повітропроводів, що вимагають порожніх оболонки, і малосерійне виготовлення. Його якість полягає у виробництві утилітарних деталей, які залишають за собою чудові механічні властивості та низьку вартість. SLS обмежений тим, що він потребує довшого часу виконання та більшої вартості в порівнянні з FDM/FFF.



Рисунок 1.2 – Приклад SLS принтера

POLYJET

PolyJet — це ще один спосіб 3D-друку (рис. 1.3) з пластику, але тут є крива. Він може створювати різні деталі з різними властивостями, наприклад, тонами та матеріалами. Архітектори можуть використовувати інновацію для створення прототипів еластомерних або формованих деталей.

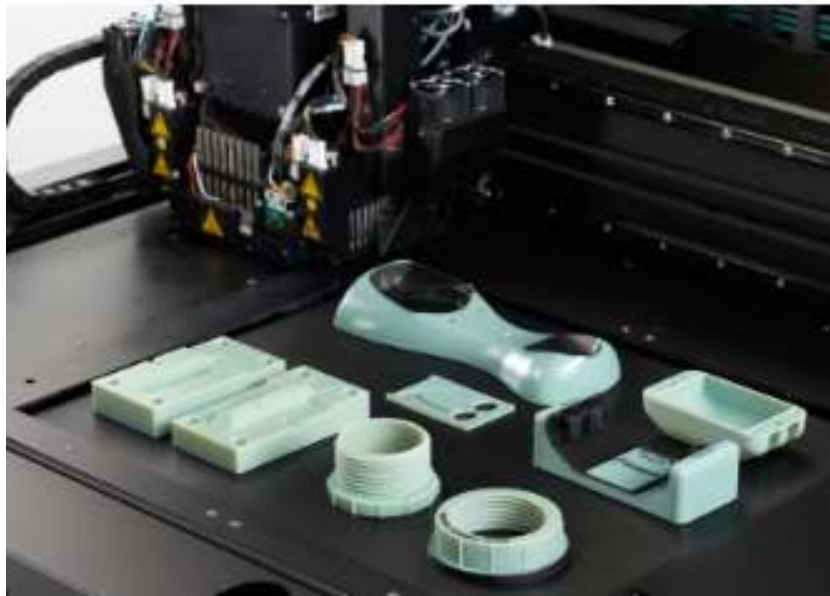


Рисунок 1.3 – Приклад PolyJet принтера

МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАВЛЕНИМ ОСАДЖЕННЯ (FDM) АБО ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛАВЛЕНИХ НИТОК (FFF)

FDM-принтер (рис. 1.4) працює, видаючи пластикове волокно шар за шаром на формувальний етап. Це розумна та швидка стратегія отримання справжніх моделей. Є кілька випадків, коли FDM можна використовувати для практичних випробувань, однак інновація обмежена через деталі, які мають загалом жорстку поверхню та недостатню міцність. Це інновація 3D-друку, яка використовує цикл під назвою екструзія матеріалу. Гаджети для екструзії матеріалів доступні та найпоширеніші з усіх. Вони працюють за циклом, коли котушка волокна з міцного термопластичного матеріалу (PLA, ABS, PET) укладається в 3D-принтер. Потім двигун проштовхує його через розігріте сопло, де він розріджується. У цей момент головка принтера рухається в певних напрямках, утримуючи матеріал для 3D-друку на етапі форми, де волокно принтера охолоджується та цементується, формуючи міцний елемент. Після завершення шару принтер накладає інший шар, доки елемент не буде завершено. Основні елементи для FDM включають електричне розміщення по осях, випробування конструкції та підгонки, затискні пристосування та інші пристосування, а також шаблони литва за

виплавленими моделями. Найкраща перевага FDM полягає в тому, що він пропонує найкраще виготовлення поверхні на додаток до повного тону поряд з реальністю, що існують різні матеріали, доступні для його використання.

ЦИФРОВИЙ СВІТЛОВИЙ ПРОЦЕС (DLP)



Рисунок 1.4 – Приклад FDM принтера

DLP має швидший час друку, ніж SLA, на тлі того факту, що кожен шар відкривається одночасно, а не слідує за поперечною частиною зони з лазера. Регулярними застосуваннями SLA та DLP є полімерні моделі інфузійної форми, прикраси, стоматологічні вироби та підсилювачі. Вони мають тонкі елементи та гладку поверхню. Вони обмежені у використанні через те, що вони слабкі, тому їх не можна використовувати як механічні частини.

БАГАТОСТРУМЕНЕВИЙ СИНТЕЗ (MJF)

Multi Jet Fusion збирає практичні деталі з нейлонового порошку. На відміну від використання лазера для спікання порошку, MJF використовує струменевий кластер для нанесення речовин з плавленням на шар нейлонового

порошку. У цей момент утеплюючий компонент ігнорує основу, щоб поєднати кожен шар. Цей результат у більш передбачуваних механічних властивостях контрастує з SLS, оскільки покращує якість обробки поверхні. Ще однією перевагою циклу MJF є прискорений час виготовлення, що спонукає до зниження витрат на створення. MJF відрізняється від інших типів технологій 3D-друку, які осаджують, спікають або затверджують основний матеріал точковим осадженням. Замість цього друкуюча голівка видає сотні крапель фотополімеру та твердне за допомогою ультрафіолетового світла. Після нанесення та затвердіння шару платформа опускається на один шар, і процес повторюється, доки не буде побудовано 3D-об'єкт. Ще одна відмінність від технологій 3D-друку полягає в тому, що замість використання однієї точки для проходження траєкторії, яка окреслює шар поперечного перерізу, машини MJF наносять основний матеріал швидким, лінійним способом. Вироби, виготовлені за допомогою MJF (рис. 1.5), потребують підтримки під час друку та друкуються протягом усього циклу форми за допомогою розчинного матеріалу, який виймається після обробки. MJF — це один із видів інновацій 3D-друку, який може створювати об'єкти з використанням різноманітних матеріалів із повним відтінком.



Рисунок 1.5 – Приклад MJF друку

Перевагою цього є те, що принтери MJF можуть виготовляти кілька об'єктів в одну лінію, не впливаючи на швидкість виготовлення. За умови, що моделі розташовані правильно з оптимальним інтервалом, MJF може виготовляти деталі швидше, ніж інші типи 3D-принтерів.

Отже, існує кілька видів для різних проектів, тому вибір найкращого процесу для конкретної деталі є надзвичайно важливим.

1.2 Види пластику для FDM 3D принтерів

Нижче наведено типи ниток 3D-принтера, які підлягатимуть аналізу:

ABS нитка

PLA нитка

PET нитка

PETG нитка

Нейлонова нитка

PVA нитка

Нитка піщаника

Деревна нитка

Металева нитка

НIPS нитка

Магнітна залізна нитка

Струмопровідна нитка

Нитка з вуглецевого волокна

TPE нитка

Нитка, що світиться в темряві

Амфорна нитка

1. Нитка ABS 3D

ABS популярний завдяки своїй міцності та ударостійкості. Ця міцність і помірна гнучкість роблять його чудовим вибором для 3D-друку.

Діапазон температур друку ABS: 210°C – 250°C

Нитка ABS є чудовим вибором для друку пластикових автомобільних деталей, рухомих частин, музичних інструментів, кухонної техніки, електронних корпусів та різних іграшок, таких як LEGO. Окрім 3D-друку, у нього є й інше використання. Наприклад, традиційні виробники використовують ABS для виготовлення поліетиленової плівки, пляшок для води та стаканів тощо. Незважаючи на свою популярність для 3D-друку, ABS не є найкращою ниткою для більшості домашніх користувачів. Це пояснюється тим, що він має високу температуру плавлення, тому друкувати потрібно на нагрітій поверхні або основі. Основа принтера з підігрівом — це не те, чим оснащені багато бюджетних 3D-принтерів. Друк із використанням ABS також утворює неприємні випари, які шкідливі для людей. Зайве говорити, що хороша вентиляція є важливою. Ці речі разом роблять ABS матеріалом, який більше люблять професіонали, ніж користувачі-любители.

Плюси

Міцна, 3D нитка

Досить гнучкий і легкий

Найдешевший термопластик

Найпопулярніший матеріал серед професійних 3D-принтерів

Мінуси

ABS виготовляється на основі нафти, тому він не піддається біологічному розкладанню

Для досягнення точки плавлення потрібна висока температура

Утворює неприємні пари, найбільш помітні в погано вентильованих приміщеннях

2. Нитка PLA 3D

PLA (Полімолочна кислота) — це особливий тип термопластику, виготовленого з органічних матеріалів, а саме кукурудзяного крохмалю та цукрової тростини. Основні переваги PLA полягають у тому, що він безпечніший і простіший у використанні. Порівняно з ABS, PLA виробляє

3D-деталі, які є більш естетичними. Це покриття завдяки унікальному блиску та гладкому вигляду.

Температура плавлення PLA набагато нижча, ніж ABS, і це робить його слабкішим. Це важливо, якщо ви друкуєте рухомі частини або піддаєте їх дії високих температур. Обидві ці речі можуть призвести до тріщин, деформації або навіть плавлення 3D-об'єктів.

Діапазон температур друку PLA: 180°C – 230°C

PLA має широке застосування. На професійному рівні використання нитки PLA включає медичне зшивання. Ми також можемо побачити PLA, який використовується для різних хірургічних імплантатів, включаючи хірургічно імплантовані штифти, стрижні, гвинти та сітки. Застосування працюють завдяки властивостям матеріалу розкладатися. На аматорському рівні нитка PLA чудово підходить для виготовлення цілого ряду товарів народного споживання. Інші переваги PLA полягають у тому, що він друкує швидше, ніж ABS, і немає потреби в підігріві основи принтера. Кінцеві продукти мають пристойну міцність, довговічність і певну ступінь ударостійкості. Крім 3D-друку, інші виробы, які використовують PLA, включають упаковку для харчових продуктів, одноразовий посуд.

Плюси

Немає шкідливих випарів, видає солодкуватий аромат при нагріванні

Легше працювати порівняно з ABS (чудовий матеріал для початківців)

У порівнянні з ABS, PLA менш схильний до деформації

Доступні спеціальні ефекти, такі як кольори, що світяться в темряві, і напівпрозорість

Мінуси

Вразливість до засмічення сопла принтера

Може притягувати вологу, що робить його потенційно крихким і ускладнює друк

Загалом менш міцний, ніж ABS

3. Нитка PET/PETG

На сьогодні поліетилентерефталат (PET) є популярним 3D матеріалом. Іншим поширеним прикладом PET є звичайні пластикові пляшки. Цей пластик стійкий і нешкідливий, не виділяє неприємних або шкідливих запахів і на 100% підлягає переробці. У необробленому стані нитка не має кольору і кришталєво прозора. Під впливом холоду або тепла матеріал швидко переходить у непрозорий стан. Більш просунута версія, якщо PET - це нитка під назвою PETG, також продається як Amphora AM1800.

Діапазон температур друку PETG: 210°C – 230°C

PET входить до списку схвалених FDA полімерів. Це робить його повністю «безпечним для харчових продуктів», тобто він безпечний для таких продуктів, як чашки, тарілки тощо. Зайве говорити, що PET нитку зазвичай використовують для харчових контейнерів і різноманітного кухонного начиння.

Плюси

Міцний, гнучкий і біосумісний

Не коробиться

Не дає усадки

Не вбирає вологу з повітря

Не розкладається у воді

Схвалено FDA, безпечно для харчових продуктів

Ціни на PET низькі

Мінуси

Непростий матеріал для роботи новачків

Для отримання найкращих результатів потрібно точно налаштувати температуру сопла і принтера

4. Нитка PETT

PETT, довга назва якого PolyEthylene Trimethylene Terephthalate, відомий як нитка T-Glase. Як і PET, це також популярний матеріал для 3D-принтерів, зручний, може контактувати з їжею. Нитка не піддається біологічному розкладанню, хоча є матеріалом, який можна переробити.

Діапазон температур друку PETT: 210°C – 230°C

PETT є ще одним із тих полімерів, схвалених FDA. Це робить його безпечним для використання з їжею. Більшість застосувань PETT - це різноманітні харчові контейнери та інше кухонне начиння.

Плюси

Міцний і гнучкий

Біологічна сумісність

Не деформується і не стискається в процесі друку

Не вбирає вологу та воду з навколишнього повітря

Не розкладається у воді

Схвалено FDA, безпечно для харчових продуктів

Ціни на PETT низькі

Мінуси

Важкий матеріал для початківців

Для досягнення найкращих результатів необхідно точно налаштувати температуру сопла принтера

5. Нейлонова нитка

Нейлонова нитка також називається поліамідом. Це синтетичний полімер, який міцніший і довговічніший, ніж ABS і PLA, і економічно ефективний. Він також гнучкий, легкий, зносостійкий і менш крихкий, ніж ABS і PLA. Існують різні види нейлонової нитки.

Різниця між ними полягає в здатності нитки склеювати шари, міцності на розрив і водопоглинанні. Можна вибрати нейлонову нитку з напівпрозорим або непрозорим покриттям і зменшеною усадкою.

Діапазон температур друку нейлону: 210°C – 250°C

Нейлонова нитка чудово підходить для використання в цілому ряді застосувань завдяки своїй міцності, гнучкості та довговічності. Він особливо підходить для різних споживчих товарів, інструментів, механічних компонентів, деталей машин, структурних частин, контейнерів і багато іншого.

Плюси

Міцний, довговічний і гнучкий

Менш крихкий, ніж ABS і PLA

100% термопластичний матеріал

Нитку можна повторно розплавити та використати знову без втрати зв'язку

Мінуси

Потребує високої температури плавлення

При нагріванні руйнується і виділяє токсичні пари

Легко поглинає вологу — необхідне правильне зберігання

6. Нитка PVA

PVA (полівініловий спирт) є хорошою тривимірною ниткою, яка типово є допоміжним матеріалом під час друку з ABS або PLA. Допоміжні матеріали необхідні під час друку 3D-деталей із помітними виступами. Без підтримки ці частини неможливо було б надрукувати чи вдосконалити. Як допоміжний матеріал PVA найкраще працює з принтерами, які мають двосторонні екструдери. Усі популярні настільні FDM-принтери можуть використовувати PVA з підігрівом, оскільки це запобігає викривленню під час процесу збирання.

Діапазон температур друку PVA: 190°C – 220°C

У 3D-друці PVA працює як допоміжний матеріал. Окрім 3D-друку, PVA має багато інших застосувань. Ми можемо знайти його як загусник у клеях для паперу, у засобах особистої гігієни, як засіб для видалення цвілі, дитячу шпаклівку та товари для прісноводного рибальства тощо.

Плюси

Біорозкладаний, нетоксичний матеріал

Водорозчинний

Хороша довговічність

Полегшує друк, при використанні як підтримка

Мінуси

Легко притягує воду

Висока вартість порівняно з іншими 3D нитками

7. Нитка з піщаника (PLA + цегла)

Нитки з піщаника пропонують унікальну обробку 3D-друкованим деталям. Це матеріал PLA, який містить дрібний крейдавий порошок для створення кольору та текстури, схожих на камінь. Також можна змінити характеристики поверхні, просто регулюючи температуру екструзії принтера під час процесу друку. 3D-матеріал з піщаника — це цегляна нитка, яку пропонують різні постачальники під різними назвами. Найвідомішим зараз є Lay Brick.

Діапазон температур друку на пісковіку: 165°C – 210°C

Творче використання тривимірних ниток з піщаника має небагато обмежень, хоча варто сказати, що воно має доволі специфічне використання. Він найпопулярніший для таких речей, як пейзажі та архітектурні моделі.

Плюси

Цікавий зовнішній вигляд

Для друку не потрібна основа з підігрівом

Відсутність деформації або усадки в процесі охолодження

Мінуси

Не дуже міцний або гнучкий матеріал

Деталі можуть бути крихкими, що робить їх більш схильними до ламання

8. Деревна нитка

Це чудовий матеріал для тих, хто хоче або має бути більш творчим у своїх проектах, надрукованих на 3D. Ці нитки містять суміш переробленої деревини зі спеціальним сполучним полімером. Вихідна модель не тільки виглядає як справжнє дерево, але й пахне ним. Немає дефіциту вражаючих прикладів, які ілюструють дивовижну обробку деревних ниток, які досягають досконалості.

Діапазон температур друку на дереві: 200°C – 260°C

Ця нитка використовується для декору, декоративних коробок, столів і стільців, статуєток і всього іншого.

Плюси

Містить справжні деревні волокна

Виготовляє унікальні дерев'яні предмети різних відтінків і поверхонь

Вищі температури призведуть до більш темних коричневих відтінків

Зміна температури 3D-друку стимулює ефект кільця росту дерев

Дозволяє легко працювати з готовою деталлю для досягнення необхідної обробки

Мінуси

Більш слабкий, м'який матеріал порівняно з PLA

Менша гнучкість і довжина при розтягуванні

Легко ламається

9. Металева нитка PLA / ABS

Металеві нитки пропонують дуже вражаючу унікальну обробку деталей, надрукованих на 3D. Матеріали складаються з PLA у поєднанні з високим відсотком дрібних металевих порошоків. Надруковані на 3D-принтері деталі виглядають і відчуються так само, якби вони були зроблені з 100% металу. Серед популярних варіантів – алюміній, латунь, бронза, мідь і нержавіюча сталь. Будь-хто, хто хоче більше творчого ефекту, може попрацювати над кінцевою частиною.

Діапазон температур друку на металі: 195°C – 220°C (залежить від нитки)

3D-металева нитка ідеально підходить для апаратних виробів, ювелірних виробів, статуй, реплік артефактів і багато іншого. Те, що ви друкуєте за допомогою 3D-металів, багато в чому залежить від вибраних ниток.

Плюси

Надзвичайно міцний

Нерозчинний

Унікальний металевий вигляд і обробка

Невелика усадка під час охолодження

Немає потреби в підігріві друкувальної основи

Мінуси

Нелегко друкувати для новачка

Необхідно точно налаштувати температуру форсунок

Потрібно регулювати швидкість потоку

10. Нитка HIPS

Удароміцний полістирол (HIPS) — це яскравий 3D-біорозкладаний матеріал білого кольору. Він безпечний у використанні, тобто не має шкідливого впливу на користувачів, які знаходяться в тісному контакті з ниткою. Як і PVA, HIPS також працює як чудовий вторинний (допоміжний) матеріал.

Діапазон температур друку HIPS: 230°C – 250°C

Для 3D-друку найпоширенішим застосуванням HIPS є опорний матеріал для інших ниток. Окрім 3D-друку, інші галузі використовують HIPS, оскільки це міцний ребристий пластик, яким вони можуть маніпулювати відповідно до своїх потреб. У харчовій промисловості його широко використовують для упаковки. Інше використання включає медичні лотки, знаки, всілякі дитячі іграшки та багато іншого.

Плюси

Виконує роль опорного матеріалу ABS, який легко знімається

У поєднанні з ABS HIPS є чудовою подвійною екструзійною опорною структурою

Нетоксичний на близькій відстані

Мінуси

Деякі проблеми з адгезією та скручуванням

Нелегко працювати без підігрітої основи

11. Магнітна залізна нитка PLA

Як випливає з назви, магнітна залізна PLA нитка має магнітні властивості. Ця унікальна нитка являє собою матеріал PLA, наповнений порошком заліза. Ці частинки заліза надають 3D-частинам зернистого металевого вигляду. Об'єкти також будуть приклеюватися до магнітів, що може бути корисним у різних творчих проектах.

Діапазон температур друку з магнітного заліза PLA: 195°C – 220°C

Якщо необхідно виготовити магніти на холодильник на замовлення та інші подібні новинки, використовується магнітне залізо PLA. Магнітна нитка корисна для створення різноманітних проектів DIY, датчиків, навчальних інструментів тощо.

Плюси

Дуже міцний і надзвичайно довговічний

Матеріал нерозчинний

Невелика усадка або відсутність усадки під час процесу охолодження

Мінуси

Температура сопла потребує точного налаштування

Негнучкий

Основа з підігрівом не потрібна

Матеріал дорогий порівняно з іншими популярними нитками

12. Електропровідна нитка PLA

Це особливий тип 3D-матеріалу, який містить електропровідні частинки вуглецю. Це означає, що матеріал здатний друкувати низьковольтні електричні схеми. Зазвичай це датчики та світлодіоди (LED). У поєднанні зі звичайною ниткою PLA та 3D-принтером подвійної екструзії користувачі можуть виготовляти прості друковані плати прямо з корпусу принтера.

Діапазон температур провідного PLA: 215°C – 230°C

Струмопровідна нитка PLA ідеально підходить для проектів електронної платформи Arduino з відкритим кодом.

Плюси

Користувачі можуть виготовляти низьковольтні електронні схеми

Нерозчинний

Не потребує підігріву основи, хоча підігрів дає кращі результати

Мінуси

Не дуже гнучкий або міцний

Багаторазове згинання може пошкодити матеріал

Дещо стискається в процесі охолодження

Висока вартість нитки

13. Нитка для 3D-принтера з вуглецевого волокна

Матеріал містить крихітні нитки вуглецевого волокна, завдяки чому матеріал має чудову структуру. Він також жорсткий і має чудову адгезію шару. Вуглецеве волокно PLA має схожі властивості зі стандартним PLA, але воно жорсткіше. Він також забезпечує більшу стабільність розмірів, що означає друк без деформацій.

Діапазон температур друку з вуглецевого волокна: 190°C – 230°C

Нитка PLA з вуглецевого волокна є чудовим вибором для виготовлення якісних і міцних предметів. Сюди входять такі предмети, як захисні кожухи, різні механічні деталі та багато інших видів використання високої міцності.

Плюси

Друкує якісні деталі

Розчинний і міцний

Основа з підігрівом не потрібна

Невелике викривлення та усадка в процесі охолодження

Мінуси

Матеріал містить абразивні нитки

Надмірний знос сопел принтера, особливо латунних

Звичайним користувачам потрібно застосувати більш тверді метали для друкарських сопел

14. Гнучка нитка TPE

Нитка для 3D-принтера TPE надзвичайно еластична завдяки термопластичним еластомерам. Він має такі високі властивості еластичності,

що відчуває себе як справжня гума, легко повертаючись у форму, як гумка. TPE чудово підходить для використання з більшістю 3D-принтерів FDM. Якщо вам потрібно виготовити еластичні 3D-деталі, які можуть витримати більше гноття, ніж будь-який звичайний ABS або PLA, TPE матеріал підійде для цього.

Діапазон температур друку TPE: 225°C – 235°C

Існують різноманітні сфери застосування, які отримують переваги від нитки TPE. Ми бачимо його використання в побутовій техніці та автомобільному секторі. Він також популярний для дитячих іграшок, одягу, чохлів для смартфонів тощо. Для комерційного використання TPE міститься в медичних приладах, ущільнювачах для вікон і дверей, електроізоляції та підшвах взуття тощо.

Плюси

Висока еластичність і виняткова стійкість до стирання

Рівний постійний діаметр

Добре з'єднується між шарами (важливо для високоякісних об'єктів)

Міцний матеріал з невеликою усадкою в процесі охолодження

Основа з підігрівом не потрібне

Мінуси

3D-друк із TPE складний для новачків

Друкуюче сопло потребує точного налаштування для оптимальної роботи

Матеріал нитки може нерівномірно виходити з сопла

15. Нитка, що світиться в темряві

Назва не потребує особливого представлення, оскільки ця нитка розжарювання робить саме те, що вона світиться в темряві. Однак виріб не буде світитися нескінченно довго, оскільки на 3D-друкований об'єкт потрібно виставити джерело світла, щоб зарядити його. Після заряджання він буде випромінювати світло в будь-яких кольорах. Чудово використовувати цей матеріал для прикраси дитячих спалень або створення тем для Хелловіна

та інших подібних творчих ідей. Це безпечна, екологічно чиста нитка, що робить її нешкідливою для використання.

Діапазон температур друку, що світиться в темряві: 180°C – 240 °C

Уява керує багатьма способами використання цього веселого матеріалу. Він популярний для дитячих іграшок, гаджетів для носіння, чохлів для телефонів на замовлення та багатьох інших новинок. Деякі творчі художники також вважають його чудовим засобом для роботи з художнім дизайном. Інше, більш практичне застосування — це вимикачі світла, оскільки їх легко знайти в темряві.

Плюси

Екологічно чистий, безпечний у використанні, біорозкладний

Низька усадка в процесі охолодження

Міцний

Для друку не потрібна основа з підігрівом

Подібно до звичайного PLA, що полегшує друк

Мінуси

Не безпечний для їжі

16. Нитка для 3D-принтера Amphora

Amphora — чудова нитка для тих, хто хоче виготовляти блискучі, яскраві та непрозорі предмети. Компанія Eastman Chemical створила цей матеріал спеціально для 3D-друку. Більшість поширених термопластів використовують не лише для технологій 3D-друку, але не цей.

Діапазон температур амфорного друку: 220°C – 250°C

Amphora — це скоріше спеціалізований тип легкої, ударостійкої нитки для 3D-принтера. Звичайні сфери застосування включають механічні частини та інші об'єкти, для яких потрібен матеріал відмінної міцності, дуже гнучкий і довговічний.

Плюси

Відсутність помітних запахів під час друку

Міцний матеріал з високою температурою плавлення (вищою за звичайний PLA)

Краща адгезія шару, що призводить до покращеного покриття

Вражаюча продуктивність для подолання розривів

Майже не деформується, чистіші звали в цілому

Схвалено FDA, що робить Amphora безпечною для їжі

Мінуси

Непростий матеріал для друку

Сопло та основа принтера потребують тонкого налаштування для найкращих результатів

1.3 Проблеми які виникають при друці на 3Д принтерах

1. Недостатня і надмірна екструзія (рис. 1.6)



Рисунок 1.6 – Недостатня і надмірна екструзія виробу

Недостатня екструзія трапляється, коли 3D-принтер не видавлює достатньо пластику, залишаючи проміжки між периметром і заповненням.

Якщо насадка не видавлює достатньо пластику, ви помітите проміжки між сусідніми видавлюваннями кожного шару. Це впливає на якість друку та

порушує структурну цілісність деталей, що призводить до механічних пошкоджень.

Надмірна екструзія відбувається, коли принтер друкує занадто багато пластику, що спричиняє накопичення надлишку пластику, через що деталі виглядають так, ніби вони плавляться.

Причина

Найпоширенішою причиною недостатнього та надмірного екструзії є неправильний коефіцієнт екструзії – параметр у програмному забезпеченні, який визначає швидкість, з якою ваш принтер буде екструдувати матеріал.

Іншою поширеною причиною недостатнього та надмірного екструдування є неправильний діаметр нитки, що впливає на швидкість потоку та адгезію між шарами.

Рішення

Можна вирішити проблеми недостатньої та надмірної екструзії, відрегулювавши множник угору або вниз у програмному забезпеченні та переконатись, що нитки, які використовуються, мають правильний діаметр.

2. Натягування (рис. 1.7) (волохатість)

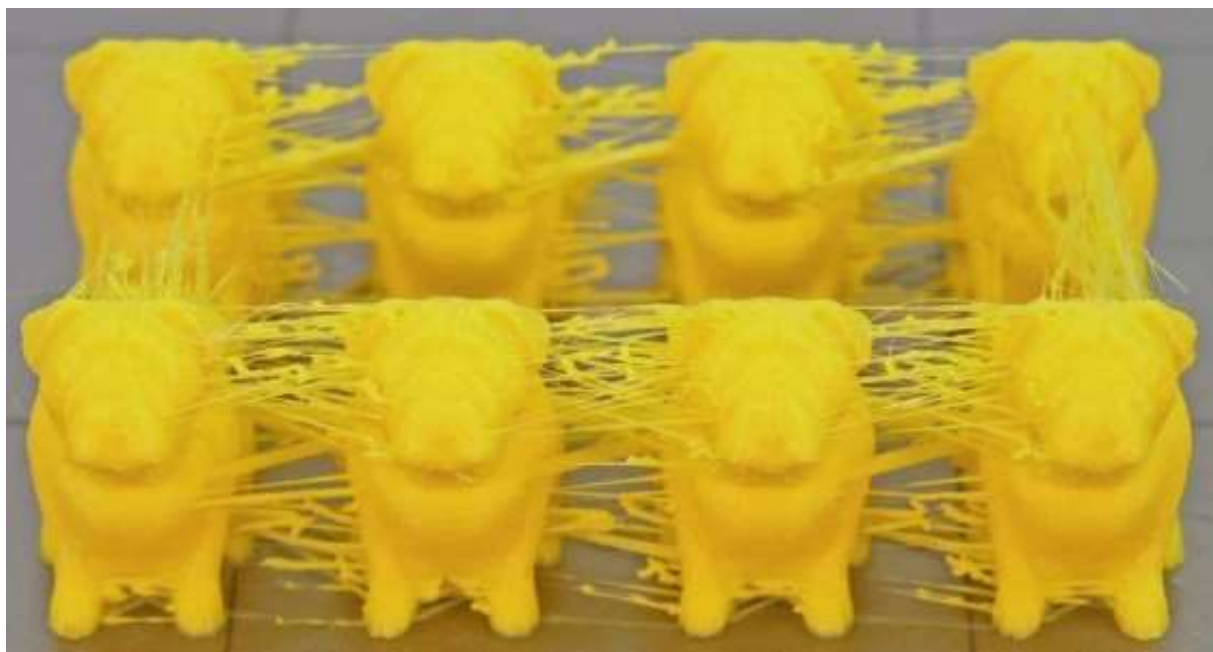


Рисунок 1.7 – Натягування виробу

Нитки є поширеною проблемою під час друку за високих температур, і це відбувається, коли невеликі нитки пластику залишаються позаду сопла, залишаючи сліди. Пластик, що сочиться з сопла, також витрачає матеріал і збільшує витрати на друк.

Натягування найчастіше зустрічається під час друку невеликих деталей і моделей, що зменшує рух між соплом і наступним місцем.

Причина

Найчастішою причиною є неправильні налаштування ретракції. Відстань втягування (кількість пластику витягується з сопла) і швидкість втягування (як швидко пластик втягується з сопла) є типовими проблемами.

Можливо також, що температура екструдера занадто висока – це розріджує термопласт, спричиняючи надмірне витікання.

Рішення

Необхідно налаштування ретракції на 3D-принтері. Налаштування відстані і швидкості втягування для матеріалу, який друкується. Можна збільшити/зменшити відстань втягування на 1 мм, щоб побачити покращення.

Якщо температура екструдера надто висока, її треба зменшити, навіть якщо це суперечить вимогам виробника матеріалу – 3D-принтер може нагрітися більше, ніж зазначено.

Також можна спробувати різні нитки, щоб усунути натягування. PLA схильний до сочиння та звуження, тоді як ABS менш схильний до цих проблем.

3. Розділення і розшарування

Коли шари розділяються (рис. 1.8), вони розходяться під час друку, руйнуючи виріб. Кожен наступний шар потребує друку з ідеальним міжшаровим зчепленням. Інакше деталі можуть розколотися та деформуватися, створюючи багато відходів.

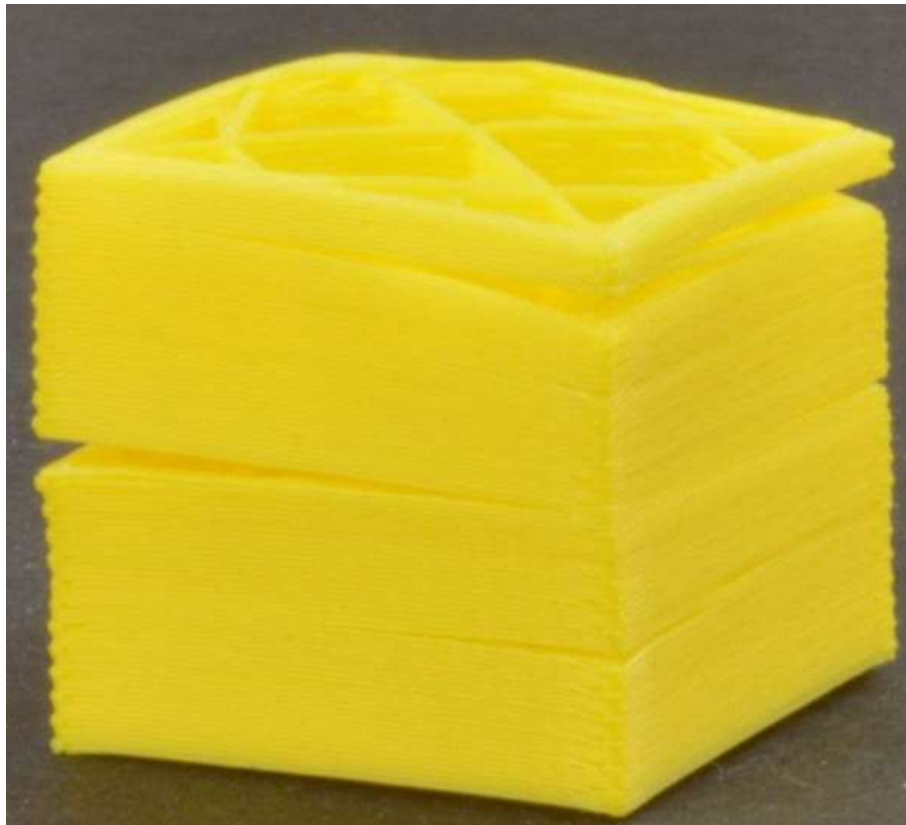


Рисунок 1.8 – Розшарування виробу

Причина

Загальною причиною відокремлення шарів є надмірна висота шарів, через які пластик проштовхується у занадто великому об'ємі. Потрібно, щоб висота шару була приблизно на 20% меншою за діаметр сопла, щоб шари з'єднувалися правильно.

Іншою причиною поділу шарів є низькі температури друку, які перешкоджають процесам термопластичного хімічного з'єднання.

Рішення

Уточнити висоту шару для сопла. Рекомендація висоти шару на 20% меншу за діаметр сопла (наприклад, висота шару 0,32 мм для сопла 40 мм). Можна зменшити висоту шару та оцінити результат.

Із більшістю твердих термопластів безпечно пробувати збільшення на 3°C.

Варто регулювати температуру середовища для друку. Якщо принтер має камеру з підігрівом, варто спробувати нагріти її на 5°C.

4. Краплі та горбки на поверхні

Надруковані 3D вироби в першу чергу оцінюють за якістю їх поверхні, з краплями та горбками на поверхні (рис. 1.9), характерними для низькоякісного 3D-принтера або аматора.



Рисунок 1.9 – Краплі та горбки на поверхні виробу

Після вмикання та вимикання принтера часто виникають плями та плями через зміни, що впливають на систему екструдера.

Причини

Налаштування втягування та руху накатом можуть спричинити плями та горбки. Якщо дефекти з'являються в момент друку периметра, параметри втягування потрібно відрегулювати, щоб врахувати відстань між моментом зупинки та запуску екструдера.

Якщо у принтері є екструдер Боудена, корисно уникати втягування, щоб не довелося повертати назад, хоча це може спричинити затягування.

Рішення

Налаштування параметрів втягування дозволяє уникнути дрібних дефектів поверхні, таких як плями та горбки. Якщо дефект виникає, коли екструдер зупиняється, корисно вимкнути екструдер трохи раніше, ніж він досягне периметра, за допомогою налаштування вибігу. Вибіг встановлює швидкість руху сопла, коли екструдер не виштовхує матеріал.

5. Завивка і грубі кути

Під час друку високотемпературних ниток можна виявити скручування та грубі кути (рис.1.10). Кути та краї скручуються, тому що шари не охолоджуються швидко, що дозволяє їм деформуватися та формувати вигнуті форми.

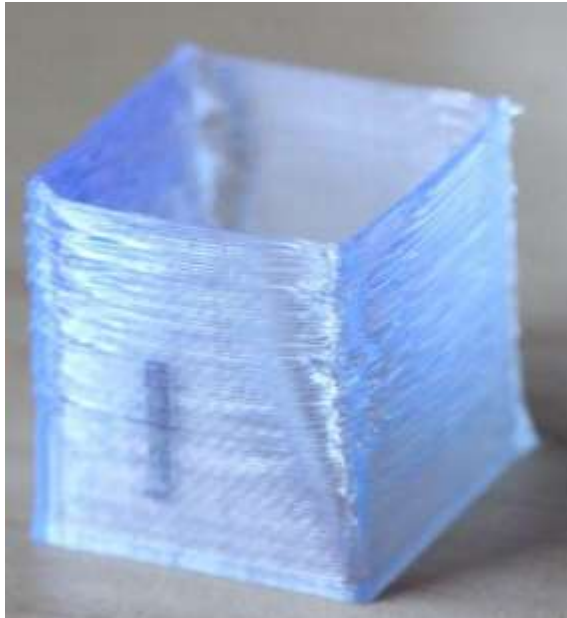


Рисунок 1.10 – Завивка і грубі кути виробу

Причина

Скручення та грубі кути є поширеними проблемами, коли камера/середовище 3D-друку недостатньо швидко охолоджує шари. Наприклад, високотемпературні нитки є м'якими в камері та схильні до скручування, якщо їх не охолоджувати.

Іншою причиною скручування є те, що деталі не прилягають до друкованого шару, що спричиняє механічне навантаження всередині шарів, що призводить до деформації.

Рішення

Варто зробити щоб шари швидше охолоджувалися. Встановивши нижчу температуру камери з нагріванням, можна вирішити проблему, або можна відрегулювати температуру екструзії, щоб нитка виходила з сопла менш рідкою.

Якщо під час друку відбувається скручування, можливо, платформа нерівна або перший шар друкується надто швидко.

6. Слабке заповнення (рис. 1.11)

Заповнення при 3D-друку має вирішальне значення за своєю міцністю та жорсткістю. Заповнення відповідає за з'єднання поверхні друку з внутрішнім, створюючи напівтверду модель. Якщо заповнення слабе, це може вплинути на точність і цілісність розмірів.

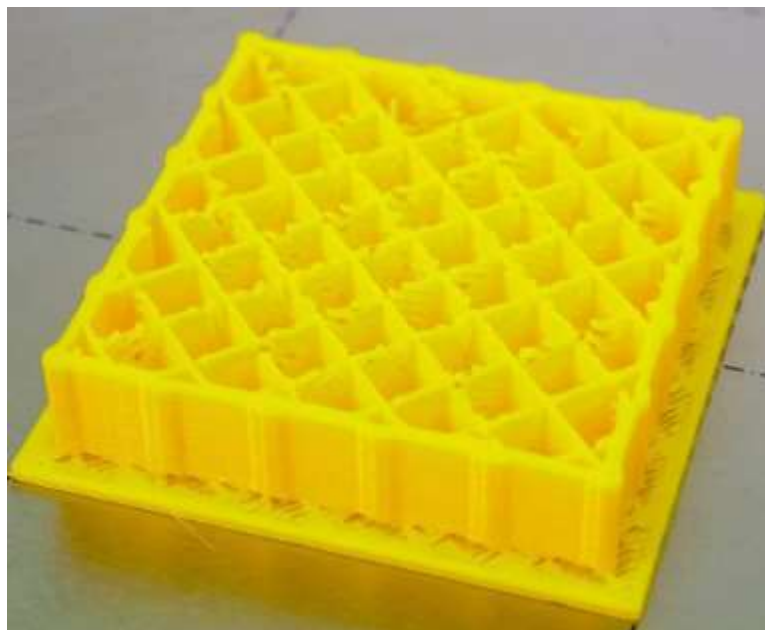


Рисунок 1.11 – Слабке заповнення виробу

Проблеми із затисканням наповнювача на зародку є важливими для запобігання втратам матеріалу та забезпечення того, щоб усі моделі працювали належним чином.

Причина

Іноді 3D-принтери мають проблеми з певними заповненнями, коли висока швидкість друку перенапружує екструдер. Іншою причиною є тонкі стінки наповнювача, які роблять деталі легшими, послаблюють структуру наповнення та роблять її легкою на замикання.

Рішення

Варто спробувати альтернативний шаблон заповнення. Сітка, трикутник, сотовий, кубічний і прямолінійний — це заповнення, з якими можуть працювати більшість 3D-принтерів.

Також можна спробувати друкувати з більш товстими стінками заповнення, що збільшить час друку, але полегшить принтеру роботу зі складними формами.

Також варто спробувати знизити швидкість друку.

7. Проміжки між заповненням і контуром (рис. 1.12)



Рисунок 1.12 – Проміжки між заповненням і контуром виробу

Можливо, це найнепривабливіша помилка 3D-друку, проміжки між заповненням і контуром означають, що щось сталося з накладанням контурів. Іноді надто швидкий друк також може погіршити склеювання, спричиняючи роз'єднання заповнення та контуру.

Для естетичних і механічних якостей надзвичайно важливо, щоб заповнення та контур з'єднувалися – зазори є слабкими місцями, що негативно впливають на продуктивність.

Причина

Найпоширенішою причиною є неправильна конфігурація параметрів перекриття заповнення в програмному забезпеченні, через що між заповненням і контуром розміщується занадто мало матеріалу – коли він стискається під час висихання, він відривається через відсутність пластику.

Проміжки між заповненням і контуром також спричинені занадто високою швидкістю друку, зокрема, коли заповнення друкується швидше, ніж контур. Це не дає заповнюванню достатньо часу для зчеплення з периметром, змушуючи його стискатися.

Рішення

Варто в програмному забезпеченні здійснити налаштування накладання контурів. Позначається у відсотках. Наприклад, контур заповнення 12% означає, що заповнення перекриватиме 12% внутрішнього периметра. Збільшення відсоткового рівня для більшого перекриття заповнення покращує склеювання.

Висока швидкість друку, коли друкується заповнення швидше, ніж контур – або швидше, ніж сопло любить працювати для візерунка – може створити прогалини.

1.4 Висновки по розділу

Здійснивши аналіз різних технологій 3D друку, в якості такого над яким буде проводитися дослідження, було обрано FDM тип друку. Даний метод 3D друку є найбільш розповсюдженим відповідно наукова розробка буде мати максимальне поширення. Також проаналізувавши матеріал з якого друкуються 3D вироби було помічено, що всі вони є дуже чутливими до зміни температурних режимів під час процесу друку. В додаток було проаналізовано найбільш поширені проблеми при 3D друці. Приймаючи до уваги вище представлену інформацію було вирішено створити систему для 3D принтера в якій температурні режими будуть максимально стабільними, відповідно брак друкованих виробів буде зволитися до нуля.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Технічні характеристики обраного 3Д принтера

В якості 3Д принтера, який береться для проведення його модернізації, а саме для створення для нього спеціальної системи в якій буде зберігатися визначений температурний режим, було обрано пристрій Solidoodle 2 Pro. Даний принтер зображено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – 3Д принтер Solidoodle 2 Pro

Далі представимо його характеристики:

Виробник	Solidoodle
Тип обладнання	3D Printer
Технологія Моделювання методом пошарового наплавлення (FDM)	
Матеріали	PLA, ABS
Об'єм збірки	152 x 152 x 152 мм
Низька роздільна здатність шару	400 мікрон

Висока роздільна здатність шару	100 мікрон
Діаметр сопла	0,4 мм
Діаметр нитки	1,75 мм
Мінімальна швидкість друку	50 мм/с
Максимальна швидкість друку	100 мм/с

Стандартні функції:

- Створює пластикові деталі розміром до 6 x 6 x 6 дюймів
- Використовується пластикова нитка 1,75 мм (ABS/PLA)
- Розмір корпусу 11,5 x 11,75 x 11,75 дюймів (Д x Ш x В)
- Міцний металевий каркас
- Повністю зібраний і протестований
- Основа з підігрівом
- Джерело живлення 120 Вт
- Найвний тримач котушки з матеріалом для друку
- Внутрішнє світлодіодне освітлення
- Відкрита конструкція (без зовнішніх стінок та дверцят)

Технічні характеристики:

- Виготовлення плавленням нитки (FFF), також відомої як термопластична екструзія (посилання)
- Материнська плата Solidoodle
- Екструдер рухається в горизонтальній площині (X-Y), основа з підігрівом рухається у вертикальному напрямку (Z)
- Підпружинений акриловий екструдер із кроковим двигуном, соплом 0,4 мм
- Рекомендується використовувати нитку з матеріалу ABS, але можливе використання PLA.
- Джерело живлення працює від напруги (240 В)

Середня ціна 599,00 \$

Варто відмітити, що даний принтер немає зовнішніх стінок, тому створення середовища в зоні друку з стабільно визначеною температурою є актуальним вдосконаленням.

2.2 Логіка роботи системи та вибір електронних компонентів для її функціонування

Конструкція системи полягає в проектуванні спеціального корпуса який буде накривати вище згаданий 3Д принтер. В корпусі повинно бути два основних отвори. Перший отвір повинен бути призначеним для контрольованого забору прохолодного повітря з зовнішнього середовища, а другий отвір для випуску гарячого повітря яке нагрілося в корпусі під час здійснення процесу друку. Відповідно даний процес подачі свіжого повітря і видалення гарячого повітря повинен проходити контрольовано для збереження стабільної та оптимальної температури в зоні друку.

Для забору та видалення повітря необхідно застосувати 12В вентилятори, які будуть включатися та виключатися згідно програми яка повинна бути зашита в контролер плати Arduino Uno. Відповідно включення та виключення вентиляторів необхідно реалізувати через реле. Також в даній системі необхідно застосувати цифровим термометром який і буде надавати дані про температуру в зоні друку контролеру плати Arduino Uno.

Отже для складання такої системи необхідно підібрати електронні компоненти з визначеними характеристиками.

Плата Arduino Uno (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд плати Arduino Uno.

Мікроконтролер (MCU):

IC: Microchip ATmega328P (8-розрядне ядро AVR)

Тактова частота: 16 МГц на платі Uno, хоча IC здатна до 20 МГц максимум при 5 Вольтах

Флеш-пам'ять: 32 КБ, з яких 0,5 КБ використовується завантажувачем

SRAM: 2 КБ

EEPROM: 1 КБ

Периферійні пристрої USART: 1 (програмне забезпечення Arduino за умовчанням налаштовує USART як 8N1 UART)

Периферійні пристрої SPI: 1

Периферійні пристрої I²C: 1

Робоча напруга: 5 Вольт

Цифрові контакти введення/виведення: 14

Виводи ШІМ: 6 (Вивід № 3, 5, 6, 9, 10 і 11)

Контакти аналогового входу: 6

Постійний струм на контакт введення/виведення: 20 мА

Постійний струм для контакту 3,3 В: 50 мА

Розмір: 68,6 мм x 53,4 мм

Вага: 25 г

Заголовок ICSP: Так

Джерела живлення:

роз'єм USB. Специфікація шини USB має діапазон напруги від 4,75 до 5,25 вольт. Офіційні плати Uno мають роз'єм USB-B, але плати сторонніх виробників можуть мати роз'єм miniUSB / microUSB / USB-C.

5,5-мм/2,1-мм роз'єм. Офіційні плати Uno підтримують від 6 до 20 вольт, хоча рекомендується від 7 до 12 вольт. Максимальна напруга для плат Uno сторонніх виробників залежить від виробника плати, оскільки використовуються різні стабілізатори напруги, кожен з яких має різну максимальну вхідну потужність. Живлення в цей роз'єм направляється через

послідовний діод перед підключенням до VIN для захисту від випадкових ситуацій зворотної напруги.

Штифт VIN на заголовку щита. Він має аналогічний діапазон напруги, як і гніздо входу живлення. Оскільки цей висновок не має захисту від зворотної напруги, живлення можна вводити або знімати з нього. При подачі живлення на пін VIN потрібен зовнішній послідовний діод у випадку, якщо використовується роз'єм типу Barrel. Коли плата живиться від гнізда, живлення можна отримати з цього піна.

Температурний датчик DS18B20 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд температурного датчика DS18B20.

Технічні характеристики датчика DS18B20

Програмований цифровий датчик температури

Зв'язок здійснюється за допомогою методу 1-Wire

Робоча напруга: від 3 В до 5 В

Діапазон температур: від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$

Точність: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Вихідна роздільна здатність: від 9 до 12 біт (програмована)

Унікальна 64-розрядна адреса забезпечує мультиплексування

Час перетворення: 750 мс на 12 біт

Програмовані параметри сигналізації

Доступний як То-92, SOP і навіть як водонепроникний датчик

Модуль реле 2-канальний для Arduino 5V (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Вигляд модуля реле 2-канального для Arduino 5V.

Сигнал керування: TTL напруга

Номінальне навантаження:

10A 250VAC

10A 125VAC

10A 30VDC

10A 28VDC

Номінальний наскрізний струм: 10A(NO) 5A(NC)

Максимальна напруга комутації: 250 В змінного струму 30 В постійного струму

Час спрацьовування контакту: <10 мс

Визначення контактів модуля:

Джерело живлення (VCC)

Земля (GND)

Вентилятор комп'ютерний (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд вентилятора 12V.

Розміри - 0,98 дюйма Д x 3,15 дюйма Ш x 3,15 дюйма В

Тип роз'єму живлення - 2-контактний

Напруга - 12 В (DC)

Потужність - 1,8 Вт

Спосіб охолодження - повітря

Сумісні пристрої: інвертор, настільний комп'ютер, сервер, корпуси ПК,
джерела живлення

Рівень шуму - 31 дБ

Матеріал - пластик

Максимальна швидкість обертання - 2800 об/хв

2.3 Електрична схема системи стабільного температурного середовища

Обрані елементи необхідно об'єднати в одне електричне коло щоб вони взаємодіяли між собою відповідно виконуючи роботу щодо створення середовища в якому буде стабільна температура.

На рисунку 2.6 представлена електрична схема елементів.

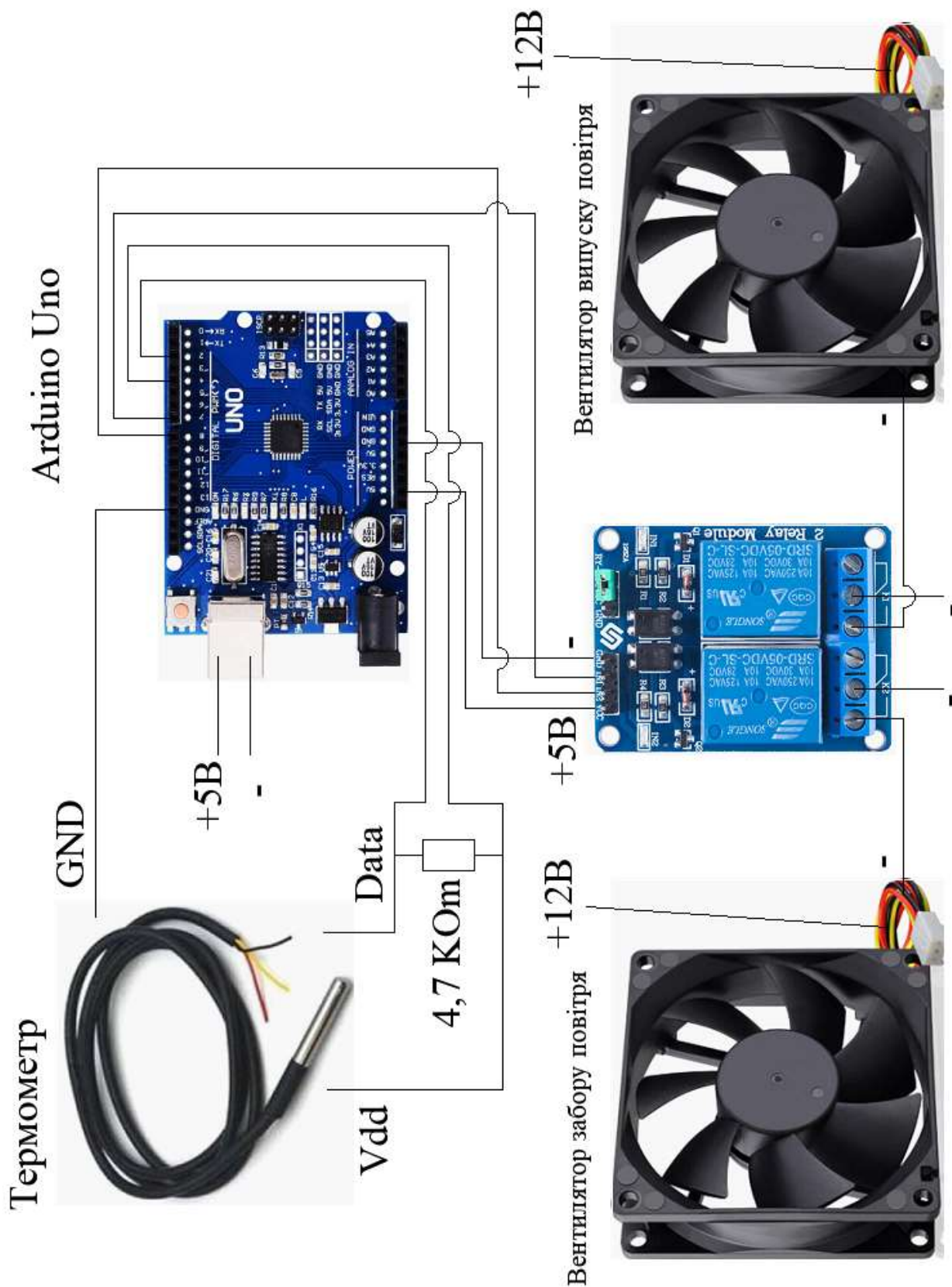


Рисунок 2.6 – Електрична схема системи стабільного температурного середовища.

Отже, під'єднання здійснено за таким наступним принципом. Плата Ардуіно живиться через USB кабель напругою 5В. Приєднання термометра наступне – GND з Ардуіно приєднано до дроту чорного кольору, пін 2 з Ардуіно через резистор приєднано жовтого дроту (канал даних), пін 4 з Ардуіно через резистор приєднано до червоного дроту (канал живлення термометра). Реле з Ардуіно приєднані так - +5В з Ардуіно приєднано до Vcc реле, GND з Ардуіно приєднано до GND реле. Пін 7 з Ардуіно приєднано до Int1 реле (даний вхід відповідає за включення вентилятора забору повітря), а пін 8 з Ардуіно приєднано до Int2 реле (даний вхід відповідає за включення вентилятора випуску повітря). Далі +12В вентилятора приєднано до блока живлення на 12 В, а мінус вентилятора приєднано також до мінуса блока живлення, але через реле (так як показано на рисунку 2.6).

2.4 Висновки по розділу

В даному розділі проведено вибір 3Д принтера, який підлягає модернізації. Відповідно проаналізовано технічні характеристики згідно яких можна здійснити процес стабілізації температурного середовища.

Також було підібрано усі необхідні електронні компоненти для проєктованої системи. Проаналізувавши технічні характеристики обраних елементів, а саме плати контролера, вентиляторів, реле та цифрового термометра було спроектовано схему приєднання цих всіх компонентів.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Проектування корпусу системи стабільного температурного середовища

Для формування простору в якому буде зберігатися стабільна температура необхідно спочатку спроектувати короб, який буде накривати обраний в попередньому розділі 3Д принтер. Для проектування застосуємо програму SolidWorks. В нашому випадку короб буде складатися з п'яти стінок, де в деяких місцях будуть отвори для вентиляторів, віконця для спостереження процесу друку, отвору для подачі нитки пластику.

Отже проектування фронтальної стінки проходило наступним чином. В режимі ескізу креслимо прямокутник необхідних розмірів та за допомогою функції Extruded boss/base витягуємо прямокутник на товщину 4мм в результаті отримаємо 3Д деталь. Далі знову в режимі ескізу будуємо прямокутник визначеного розміру у визначеному місці на поверхні уже отриманої 3Д моделі та скористаємося функцією Extruded cut і виріжемо наскрізь віконце. В результаті отримаємо фронтальну стінку (рис. 3.1)

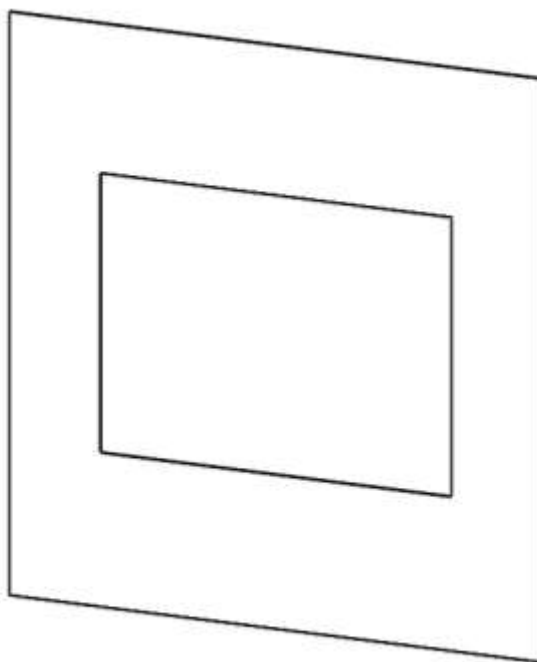


Рисунок 3.1 – 3Д модель фронтальної стінки.

Аналогічним чином будуюмо усі інші стінки рис. 3.2 – 3.5.

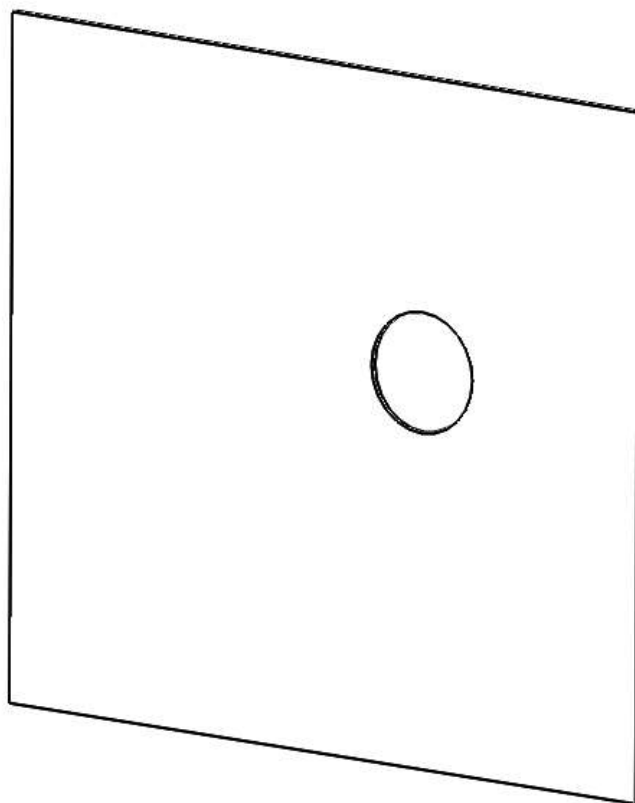


Рисунок 3.2 – 3Д модель правої стінки.

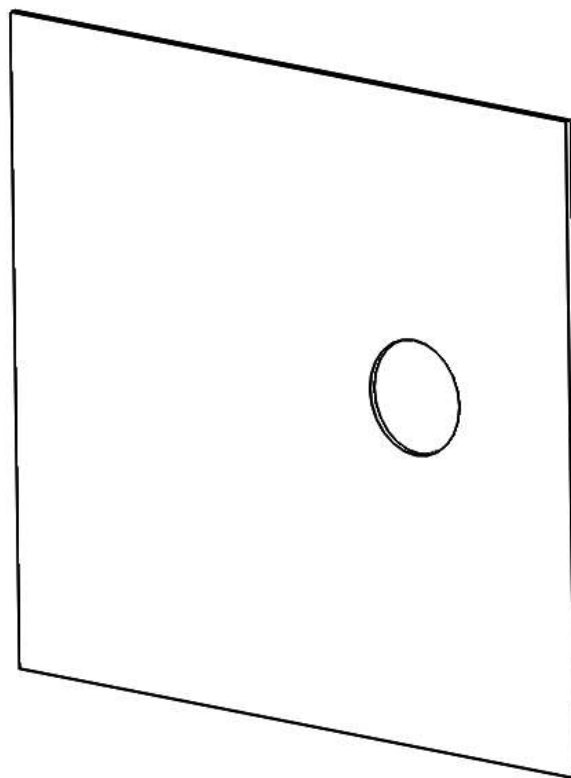


Рисунок 3.3 – 3Д модель лівої стінки.

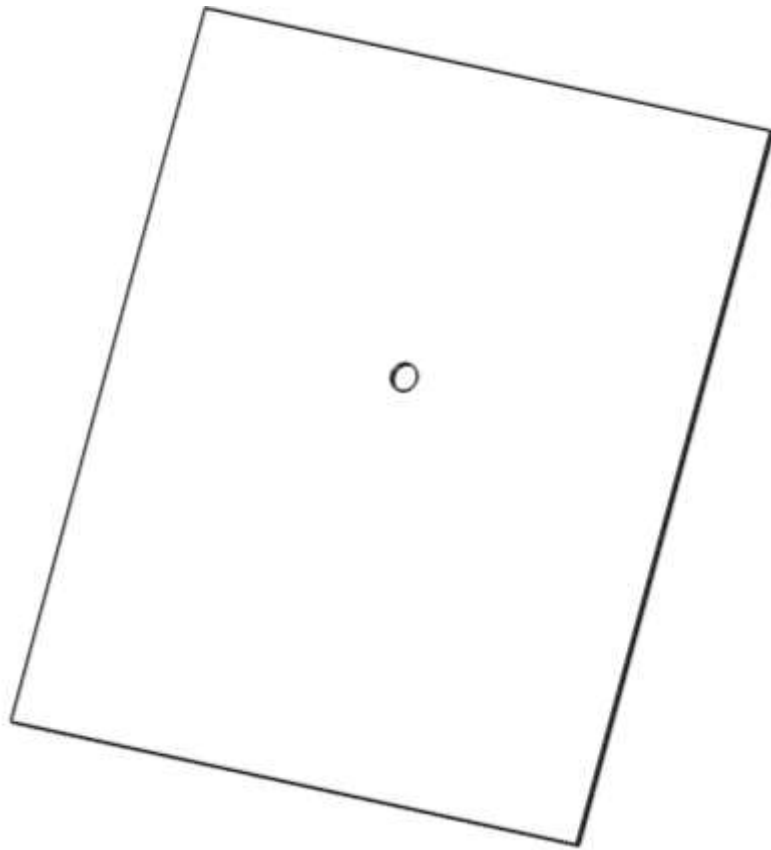


Рисунок 3.4 – 3Д модель верхньої стінки.

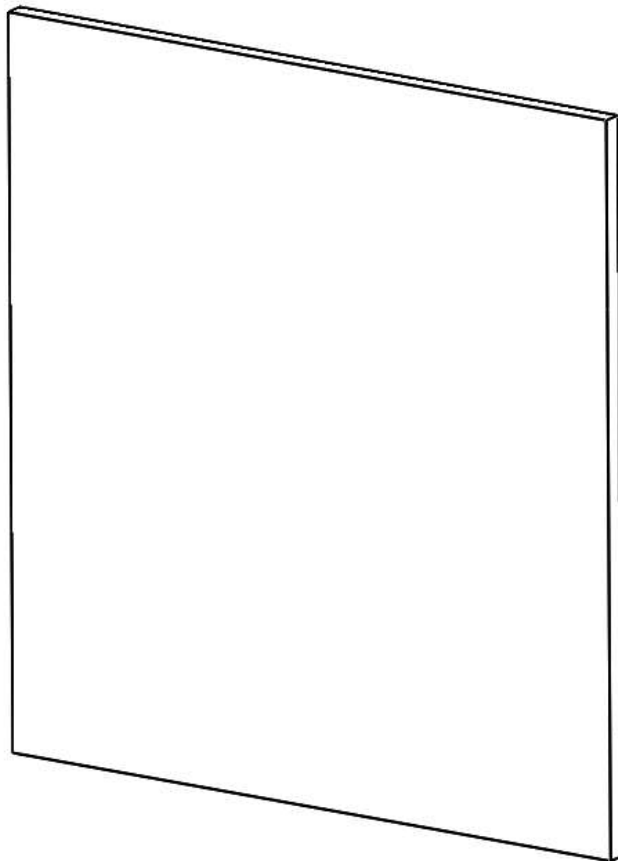


Рисунок 3.5 – 3Д модель задньої стінки.

Далі побудувавши усі стінки в програмі необхідно їх об'єднати для утворення 3Д моделі короба. Необхідно скористатися інструментарієм в режимі Mate, де певні поверхні одних деталей визначеним чином повинні суміщатися з певними поверхнями інших деталей. Між собою поверхні можуть бути перпендикулярними, паралельними, під визначеним кутом, дотичними, можуть співпадати і т.д. В результаті проведених операцій отримали 3Д модель короба представленого на рисунку 3.6 (вид перший) та рисунку 3.7 (вид другий).

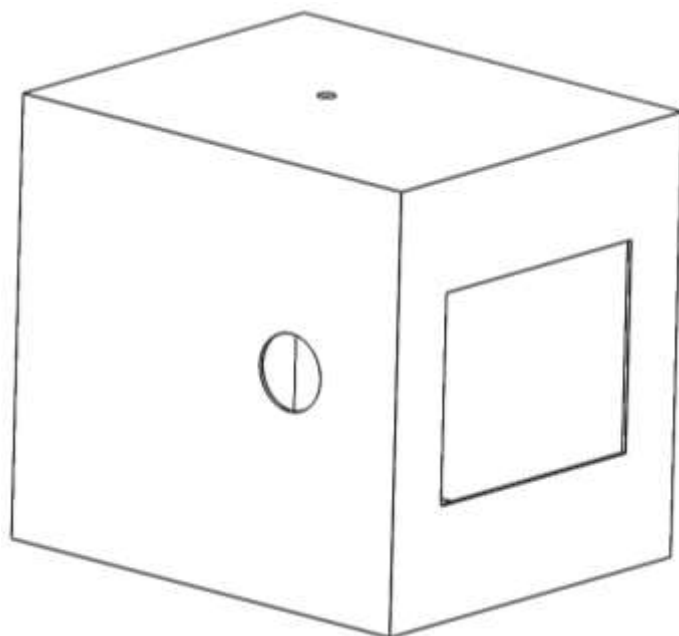


Рисунок 3.6 – 3Д модель короба вид перший.

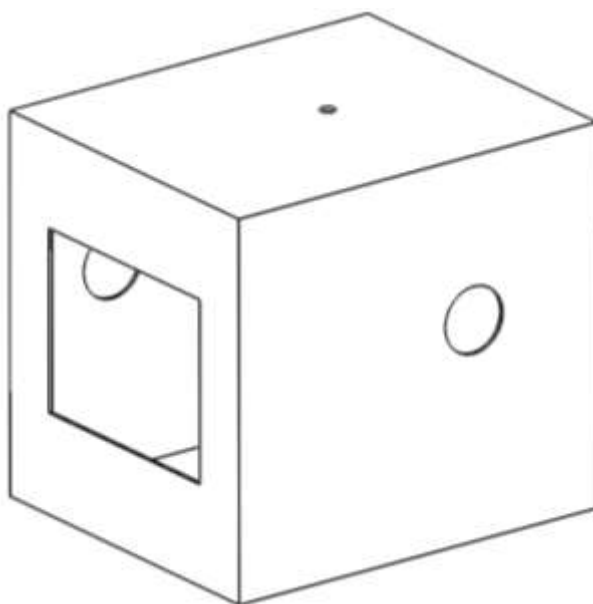


Рисунок 3.7 – 3Д модель короба вид другий.

Також для перевірки коректності геометричних розмірів коробка було змодельовано сам 3Д принтер, вентилятори, та електронні плати, що складаються комплекс який стабілізує температуру середовища зони 3Д друку. Відповідно на рисунку 3.8 представлено 3Д принтер з накритим спроектованим коробом

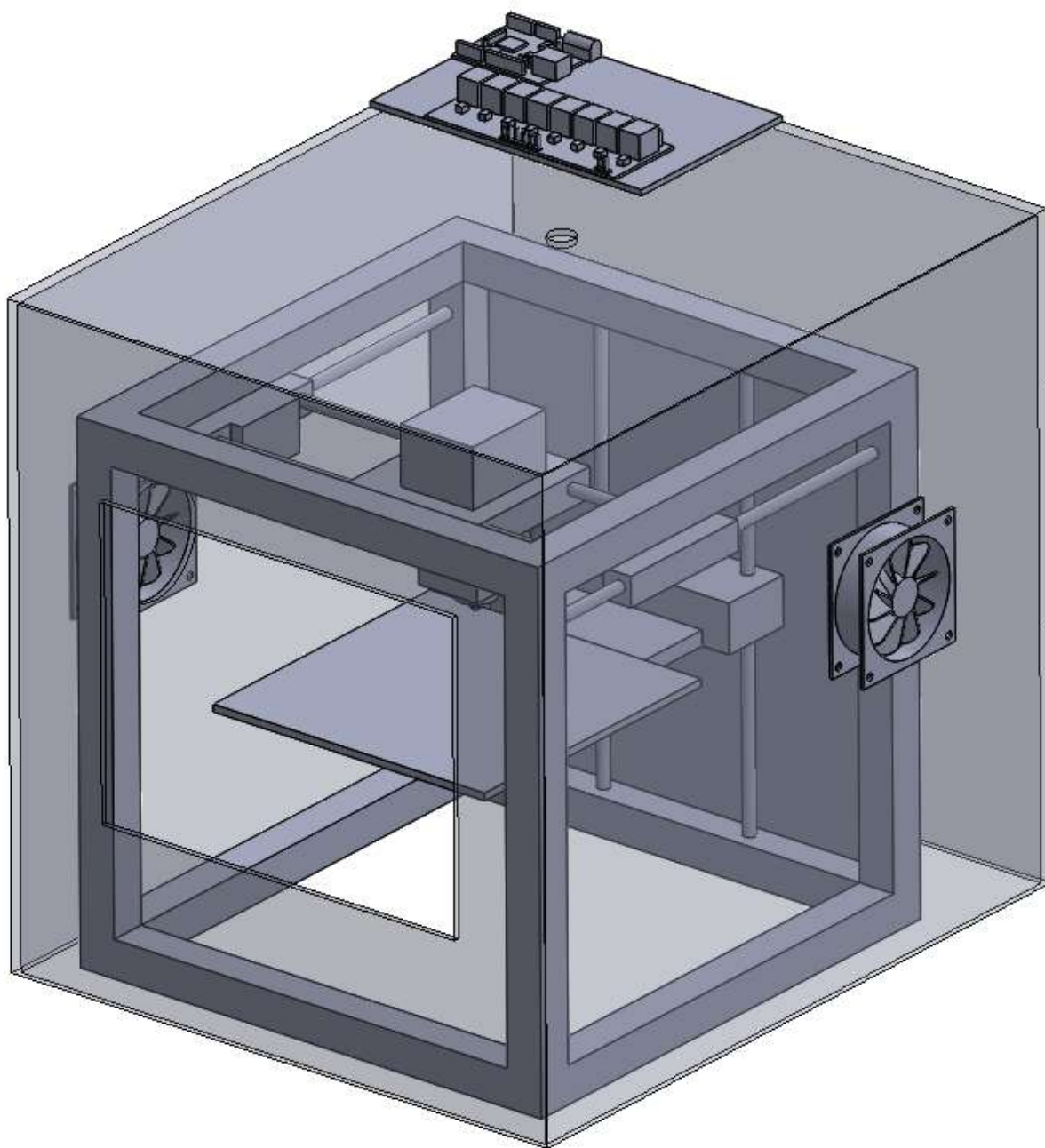


Рисунок 3.8 – Змодельований комплекс стабілізації температури.

Здійснивши усі моделювання та по суті коректності усіх важливих геометричних розмірів можна переходити до наступних етапів роботи.

3.2 Програмування роботи системи стабільного температурного середовища

Для автоматизованої роботи системи її потрібно запрограмувати на коректну роботу. Сутність алгоритму програми полягає в тому, що коли при 3Д друзі внутрішнє повітря нагрівається до певної температури, припустимо 34 градуси за Цельсієм, то контролер скеровує сигнали на реле, які в свою чергу включають вентилятори що відповідають за подачу прохолодного повітря та видалення уже перегрітого повітря. Відповідно коли термометр під дією свіжого повітря охолоне, то вентилятори відключаються. Представимо програмний код алгоритму роботи написаний в середовищі Arduino IDE.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2
#define term_power 4

OneWire oneWire (ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
int vent_in = 7;
int vent_out = 8;

void setup(void)
{
  pinMode (vent_in, OUTPUT);
  pinMode (vent_out, OUTPUT);
  digitalWrite(vent_in, HIGH);
  digitalWrite(vent_out, HIGH);
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
  pinMode(term_power, OUTPUT);
```

```

}

float temperature()
{
    digitalWrite(term_power, HIGH);
    delay(100);
    sensors.requestTemperatures();
    delay(500);
    sensors.requestTemperatures();
    float t = float(sensors.getTempCByIndex(0));
    digitalWrite(term_power, LOW);
    delay(2400);
    return(t);
}

void loop(void)
{
    Serial.println(temperature(), 1);

    if (temperature() > 34)
    {
        digitalWrite(vent_in, LOW);
        digitalWrite(vent_out, LOW);
    }

    if (temperature() < 34)
    {
        digitalWrite(vent_in, HIGH);
        digitalWrite(vent_out, HIGH);
    }
}
}

```

Згідно даного коду система буде працювати.

3.3 Проектування тестової деталі

Для перевірки роботи системи в процесі друку варто спроектувати деталь за якою можна оцінити вплив стабільної температури при друці. На рисунках 3.9 – 3.12 представлені етапи проектування тестової деталі.

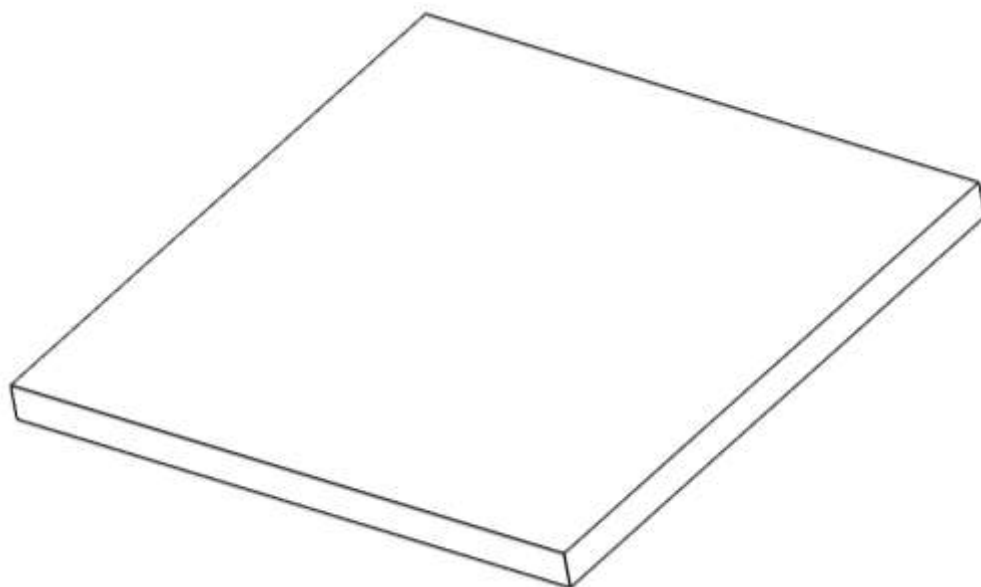


Рисунок 3.9 – Основа деталі.

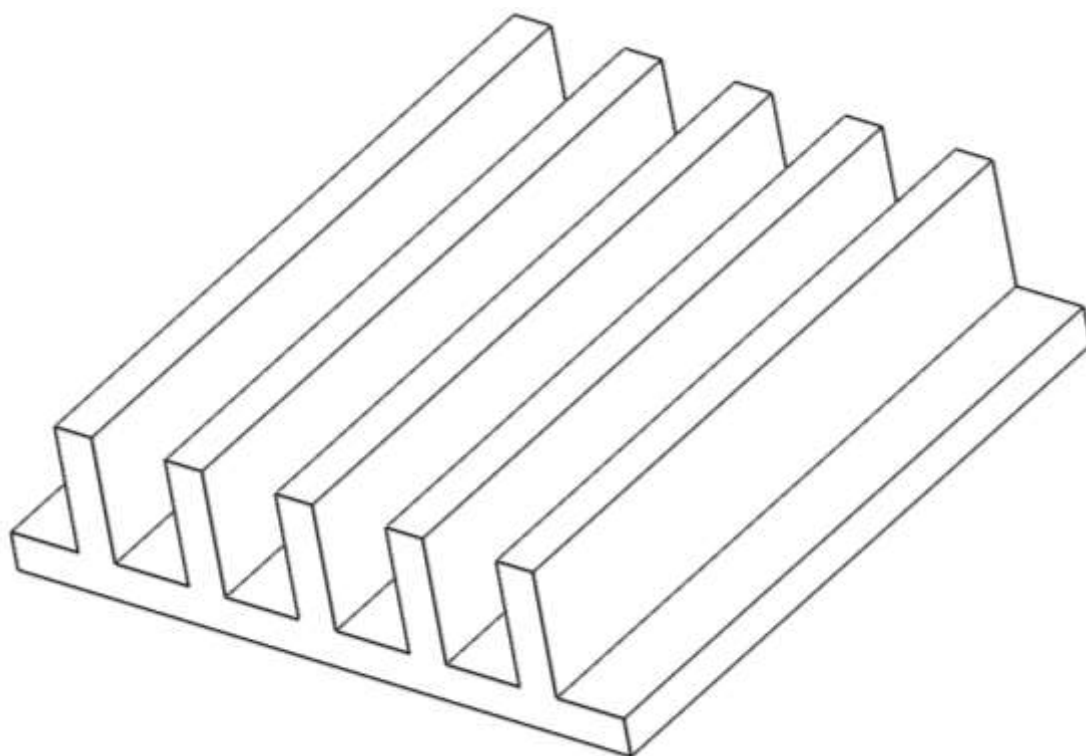


Рисунок 3.10 – Поздовжні ребра.

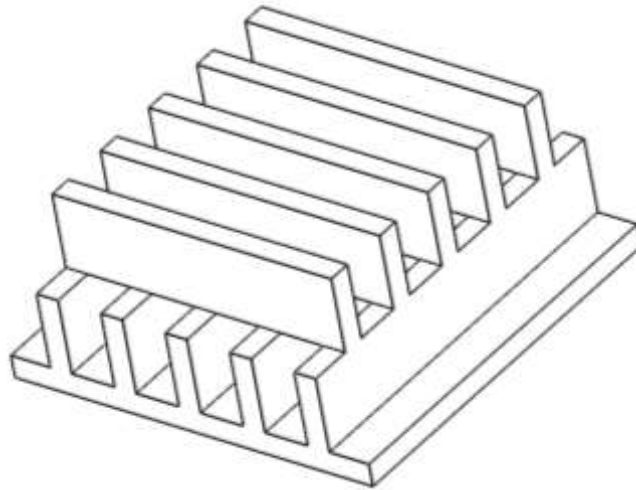


Рисунок 3.11 – Поперечні ребра на поздовжніх ребрах.

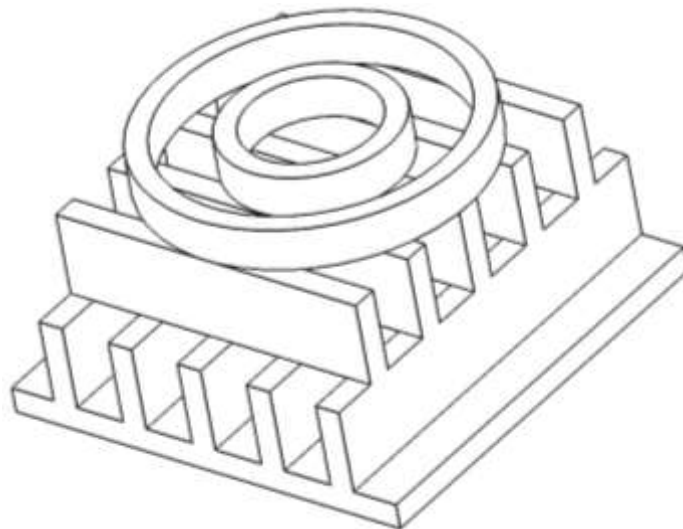


Рисунок 3.12 – Кільця на поперечних ребрах.

Така конфігурація деталі була обрана враховуючи відносну складність її виготовлення, відповідно таким чином можна перевірити рівень якості з стабільним температурним середовищем і без нього.

3.4 Висновки по розділу

В вище представленому розділі здійснено проектування короба в якому буде стабілізуватися температурний режим роботи 3Д принтера в зоні друку. Також представлено програмний код згідно якого весь комплекс буде працювати. В додаток до цього спроектована деталь для тестового друку, щоб побачити переваги друку при стабільній температурі повітря.

4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1 Практичне під'єднання електричної схеми системи стабільного температурного середовища

Користуючись попередньо розробленою електричною схемою приєднання елементів системи стабільної температури було практично складене відповідне електричне коло. Результат приєднання наведено на рисунку 4.1.

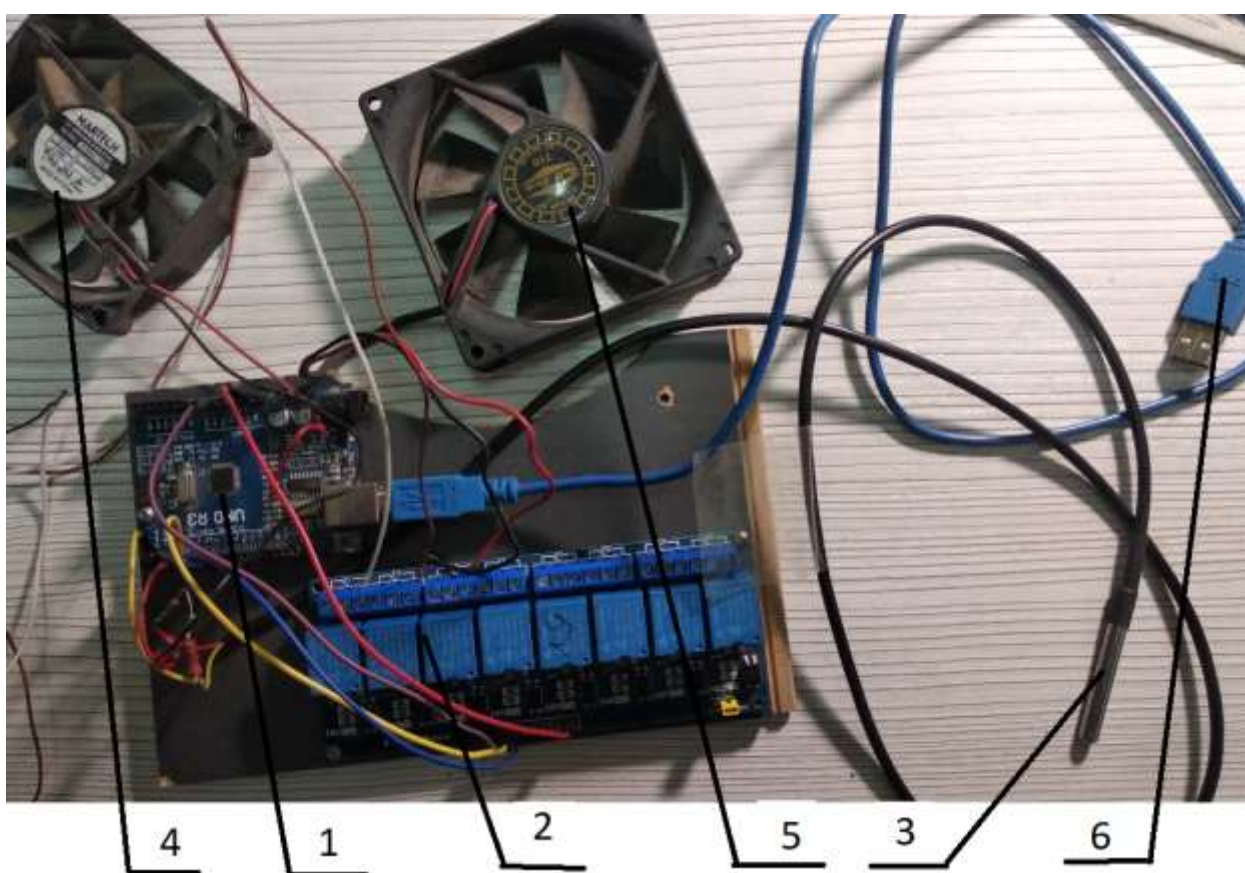


Рисунок 4.1 – Приєднані електричні компоненти системи стабільного температурного середовища

З рисунка 4.1 видно що до плати Ардуіно 1 приєднано термометр 3. Від плати Ардуіно 1 йдуть дроти до блоку реле 2. Вентилятори 4 та 5 приєднано в свою чергу також до блоку реле 2. Плата Ардуіно живиться через USB

кабель. Також варто відмітити до вентилятори живляться від блока живлення (на рисунку не показано), що може працювати при напрузі 12 В.

4.2 Процес налагодження роботи 3Д принтера в Repetier Host

Підготовка деталі до 3Д друку полягає в тому щоб в програмному забезпеченні типу Repetier Host здійснити наступні дії. Перш за все необхідно в вікні програми відкрити файл з попередньо змодельованою деталлю (рис. 4.2) для тестового друку.

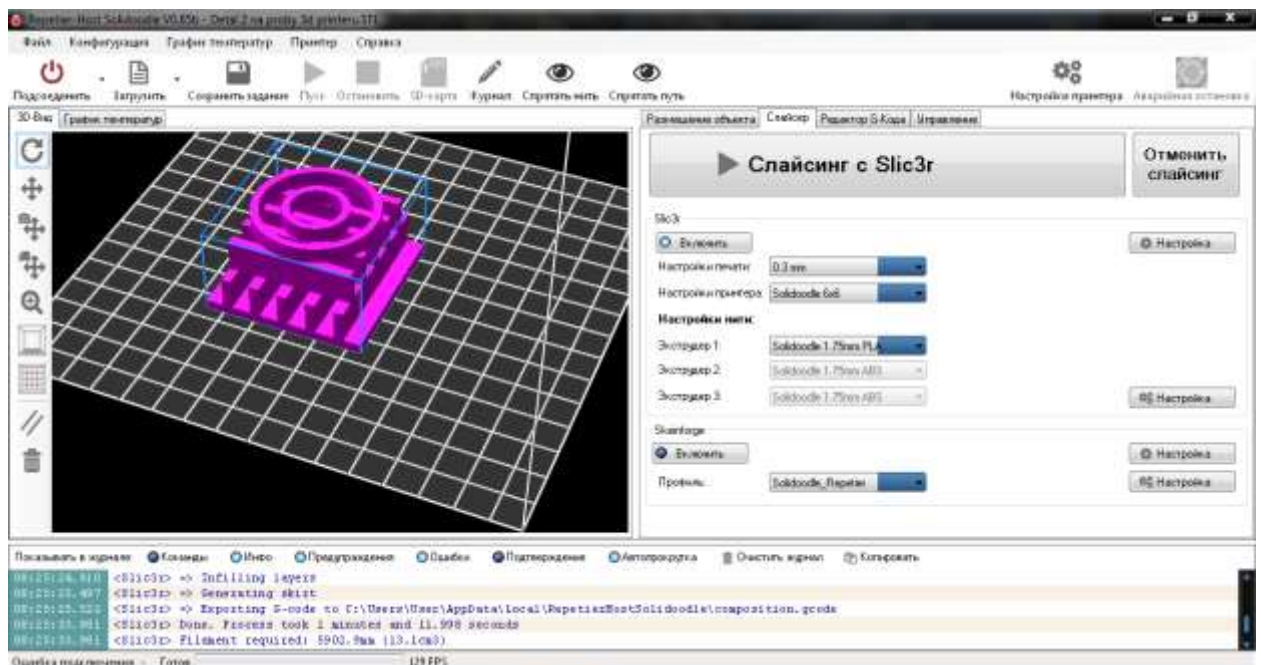


Рисунок 4.2 – Деталь для тестового друку

В даному вікні можна здійснити різні налагодження такі як товщина шару, стратегія друку, монолітна товщина першого та останнього шару, швидкість подачі пластику, швидкість переміщення екструдера, температура основи, температура екструдера, геометрія заповнення внутрішнього тіла, тип пластику, діаметр отвору сопла екструдера і т.п.

Відповідно здійснивши описані вище налаштування можна отримати слайси (рис. 4.3) майбутньої деталі яка буде друкуватися.

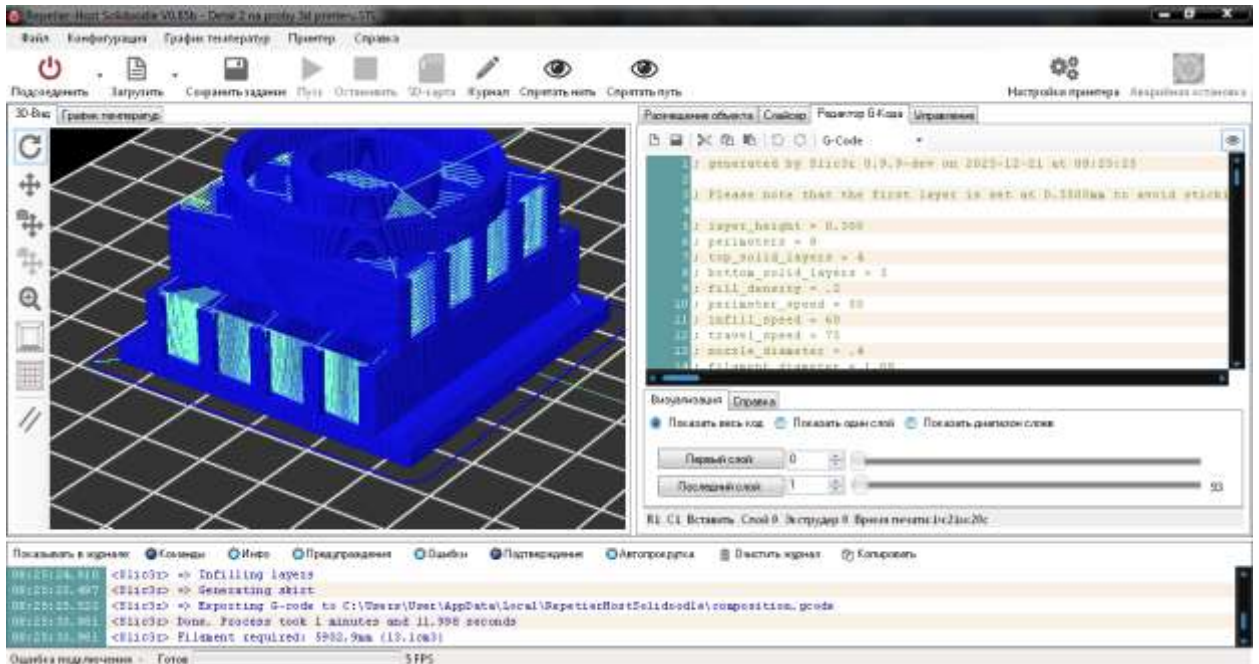


Рисунок 4.3 – Деталь розбита на слайси

Як результат отримаємо G-код (рис. 4.4) згідно якого 3Д принтер виконає свою роботу щодо друку тестової деталі.

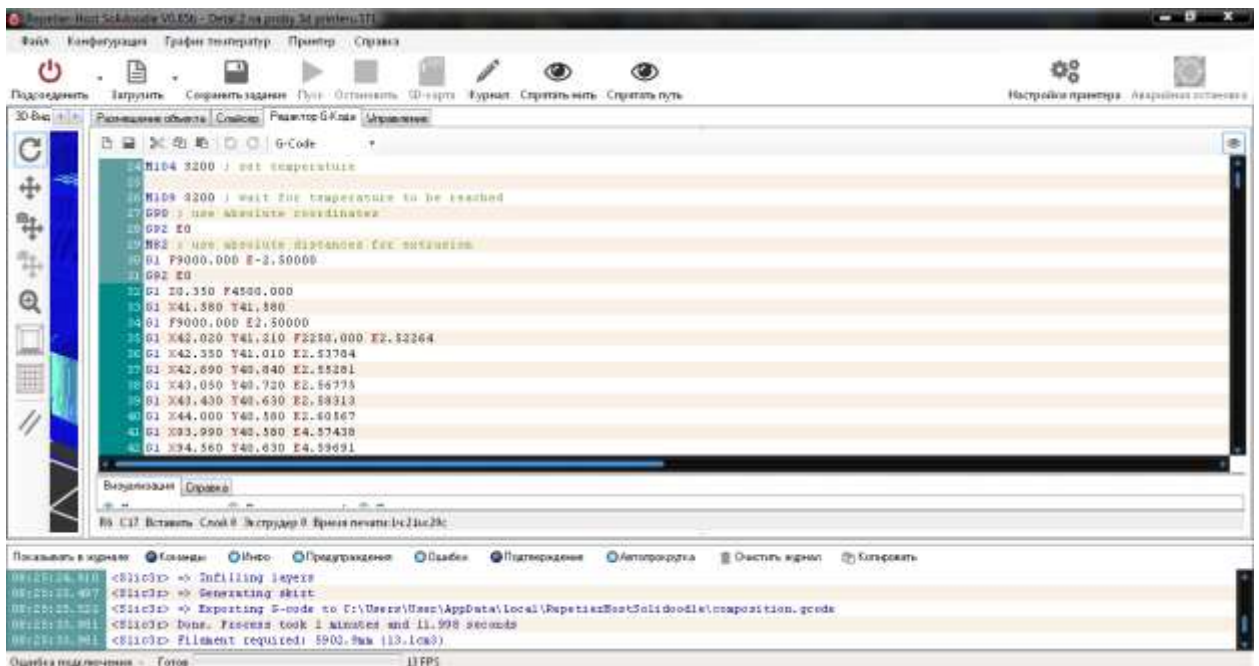


Рисунок 4.4 – G-код друку тестової деталі

Можна переходити до експериментів 3Д друку тестової деталі.

4.3 Проведення експериментального 3Д друку

Експериментальний 3Д друк проходив в приміщенні в якому була температура +12°C. Такий стан речей є не дуже хорошим для проходження успішного процесу друку, оскільки пластик під час друку може охолоджуватися швидше ніж треба і відповідно кожен наступний шар буде погано щеплюватися з уже попередньо надрукованим.

На рисунку 4.5 показано початок друку тестової деталі без забезпечення температурного контролю.

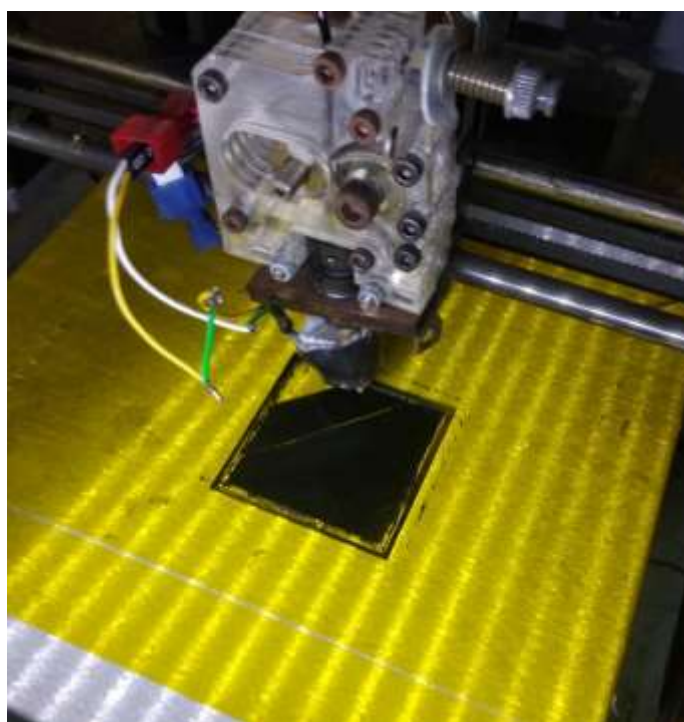


Рисунок 4.5 – Початок друку тестової деталі без температурного контролю.

Аналогічний процес також проходив і при друці з накритим коробом, який служить для підтримання сталої температури повітря. Приклад друку з коробом зображено на рисунку 4.6.

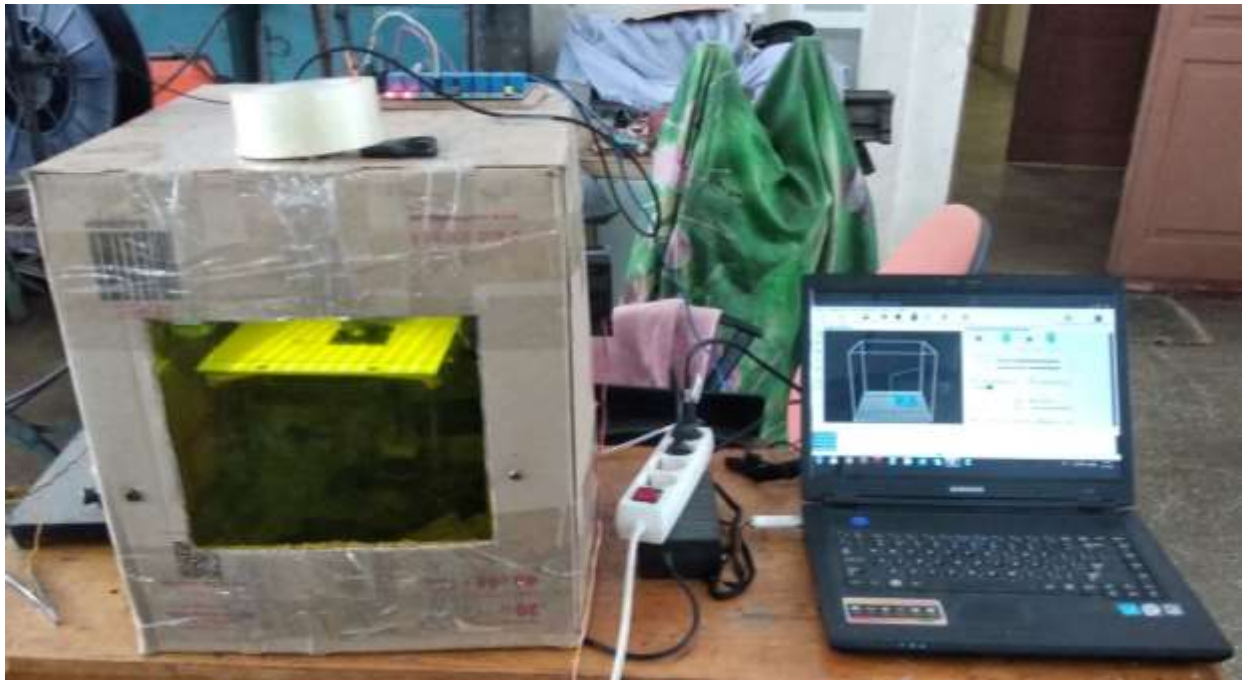


Рисунок 4.6 – Друк з температурним контролем.

Під час 3Д друку при досягненні в коробі температури $+34^{\circ}\text{C}$ вентилятори вмикалися і один з них засмоктував прохолодне повітря, а інший витягував перегріте.

Тестові деталі друкувалися по 2 рази при температурному контролі і без нього. Відповідно результати представлено на рисунку 4.7 та рисунку 4.8.



Рисунок 4.7 – Деталь надрукована з температурним контролем.



Рисунок 4.7 – Деталь надрукована без температурного контролю.

Як бачимо з температурним контролем деталі надруковані якісно, а без контролю температури принтер взагалі почав друкувати з неполадками.

4.4 Висновки по розділу

В даному розділі описане наступне: приєднання усіх елементів комплексу в єдину електричну схему, налагодження режимів 3Д друку спроектованої тестової деталі проходило в програмному забезпеченні Repetier Host.

Також в розділі приведені зображення проходження процесу друку в двох дослідних режимах, а саме звичайному і з контролем температури.

Враховуючи отримані результати можемо судити, що короб з температурним контролем допомагає друкувати деталі якісні, а без температурного контролю 3Д принтер працює в несприятливому температурному режимі і при друці виникають неполадки в його роботі.

ВИСНОВОК

В першому розділі проаналізовано різноманітні види 3Д друку, типи пластиків які можуть використовуватися в FDM друці. Також приділено увагу до проблем які можуть виникати в процесі 3Д друку, а саме які дефекти при виготовленні деталей виникають.

В другому розділі здійснено вибір обладнання, а саме 3Д принтера Solidoodle 2 Pro який і буде дослідним. Відповідно для реалізації автоматичного відслідковування температури повітря в зоні друку було підбрано необхідні електронні пристрої, такі як цифровий термометр, контролер, вентилятори, реле. Для того щоб система працювала в автоматичному режимі усі перелічені вище елементи треба об'єднати в одне електричне коло, схему якого відповідно і було розроблено.

В третьому розділі було розроблено та виготовлено спеціальний короб який накриває 3Д принтер і там повітряне середовище стає стабільним з точки зору температури. Відповідно розроблено алгоритм роботи системи та програмний код який зашивається в контролер. Також для перевірки роботи системи спроектована тестова деталь для 3Д друку.

В четвертому розділі здійснено практичне приєднання усіх електронних компонентів. Показано сам короб який був виготовлений. Налаштування режимів роботи тестової деталі проводилося в програмному забезпеченні Repetier Host. Також проведено експерименти щодо друку деталей при контролі температури і без контролю температури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічна документація 3D принтера Solidoodle 2 Pro.
2. Datasheet плати Arduino Uno.
3. Довідка програмного забезпечення SolidWorks.
4. Довідка програмного забезпечення Repetier Host.
5. Довідка програмного забезпечення Arduino IDE.
6. Різні типи 3D друку. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.futurelearn.com/info/courses/getting-started-with-digital-manufacturing/0/steps/184102>
7. Типи філаменту для 3D друку. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://robu.in/3d-printer-filament-types/>
8. 7 поширених проблем із 3D-друком із рішеннями [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://additive-x.com/blog/7-common-3d-printing-problems-with-solutions/>
9. Arduino Uno [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno
10. Датчик температури DS18B20 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://components101.com/sensors/ds18b20-temperature-sensor>