

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян

(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

(освітньо-професійного ступеня)

на тему: «Розробка проекту технічного обслуговування 3D принтера Bambu Lab P1S»

Виконав: студент IV курсу, групи KI-405п

Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Юрій ГЛАДИШ

(ім'я та прізвище)

Керівник

Галина РАДЧИК

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ»**

Відділення інформаційних технологій, менеджменту, туризму
та підготовки іноземних громадян

Циклова комісія комп'ютерної інженерії

Освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр

Освітньо-професійна програма: Обслуговування комп'ютерних систем і мереж

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії
_____ Андрій ЮЗЬКІВ
“30” березня 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гладишу Юрію Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка проєкту технічного обслуговування 3D принтера Bambu Lab P1S

керівник роботи Радчик Галина Іванівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Відокремленого структурного підрозділу «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя» від 27.03.2026р № 4/9-167.

2. Строк подання студентом роботи: 15 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: інструкція користувача 3D принтера Bambu Lab P1S; сервісна інструкція 3D принтера Bambu Lab P1S; методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Загальний розділ. Розробка технічного та робочого проєкту. Спеціальний розділ. Економічний розділ. Охорона праці та безпека життєдіяльності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - структурно-функціональна схема об'єкту обслуговування;
 - алгоритм технічного обслуговування (пошуку і усунення несправностей);
 - блок схема технічного обслуговування (пошуку і усунення несправностей);
 - таблиця техніко-економічних показників для пристрою обслуговування.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Богдана МАРТИНЮК викладач		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	01.04	
2	Збір і узагальнення інформації	08.05	
3	Написання першого розділу	15.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	22.05	
5	Написання спеціального розділу	28.05	
6	Розрахунок економічної частини	1.06	
7	Написання розділу охорони праці	3.06	
8	Виконання графічної частини	8.06	
9	Оформлення проекту	10.06	
10	Погодження нормоконтролю	11.06	
11	Попередній захист роботи	12.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання: 31 березня 2026 року

Студент

(підпис)

Юрій ГЛАДИШ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Галина РАДЧИК

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Гладиш Ю.М. Розробка проєкту технічного обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. Тернопіль: ВСП «Тернопільський фаховий коледж ТНТУ ім. І. Пулюя», 2026. – 57с.

Метою даної роботи є розробка проєкту технічного обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S для забезпечення його надійної, безпечної та ефективної експлуатації. У процесі виконання роботи проведено аналіз конструктивних особливостей принтера, досліджено принципи його роботи та визначено основні вузли, що потребують регулярного технічного обслуговування. Виконано аналіз типових несправностей обладнання, причин їх виникнення та способів усунення.

У роботі розроблено структурну та функціональну схеми 3D-принтера, складено регламент проведення технічного обслуговування, розроблено інструкції з діагностики, калібрування, очищення та ремонту основних вузлів. Значну увагу приділено питанням охорони праці, техніки безпеки та безпечної експлуатації обладнання. Також проведено економічне обґрунтування розробленого проєкту та визначено його техніко-економічні показники.

Кваліфікаційна робота містить графічну частину, виконану на 4 аркушах формату А1, та пояснювальну записку обсягом 57 сторінок, яка містить 9 таблиць, 23 рисунків.

Ключові слова: 3D-принтер, Bambu Lab P1S, технічне обслуговування, діагностика, ремонт, технологія FDM, регламент ТО, надійність обладнання, охорона праці, економічна ефективність.

ANNOTATION

Hladysh Y.M. Development of a Maintenance Project for the Bambu Lab P1S 3D Printer: qualification thesis for obtaining the professional junior bachelor's degree in Specialty 123 Computer Engineering. Ternopil: Separated Structural Subdivision “Ternopil Professional College of TNTU named after Ivan Puluj”, 2026. – 57 p.

The purpose of this thesis is to develop a maintenance project for the Bambu Lab P1S 3D printer in order to ensure its reliable, safe and efficient operation. During the research, the design features of the printer were analyzed, its operating principles were investigated, and the main units requiring regular maintenance were identified. Typical equipment failures, their causes and troubleshooting methods were also analyzed.

The thesis includes the development of structural and functional diagrams of the 3D printer, maintenance procedures, and instructions for diagnostics, calibration, cleaning and repair of the main components. Special attention is paid to occupational safety, health protection and safe operation of the equipment. Economic justification of the proposed maintenance project and calculation of technical and economic indicators were also carried out.

The qualification thesis includes a graphical section presented on 4 A1 sheets and an explanatory note consisting of 57 pages containing 9 tables, 23 figures.

Keywords: 3D printer, Bambu Lab P1S, maintenance, diagnostics, repair, FDM technology, preventive maintenance, equipment reliability, occupational safety, economic efficiency.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Загальний розділ.....	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт обслуговування.....	8
1.2 Аналіз вихідних даних.....	9
1.2.1 Основні характеристики пристрою обслуговування.....	10
1.2.2 Принципи функціонування пристрою обслуговування.....	11
1.2.3 Техніко-економічні показники пристрою обслуговування.....	13
1.3. Опис структурної схеми об'єкта обслуговування.....	15
2. Спеціальний розділ.....	23
2.1. Інструкція з експлуатації.....	23
2.2. Інструкція з технічного обслуговування та ремонту.....	25
2.2.1 Порядок пошуку та усунення несправностей.....	28
2.2.2 Вибір та обґрунтування засобів технічного обслуговування.....	29
2.2.3 Розробка алгоритму технічного обслуговування.....	34
2.3 Розробка програмного забезпечення.....	36
3.Економічний розділ.....	41
3.1Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР.....	41
3.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи...	42
3.3 Розрахунок матеріальних витрат.....	44
3.4Розрахунок витрат на електроенергію.....	44
3.5Визначення транспортних затрат.....	45
3.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань.....	45
3.7 Обчислення накладних витрат.....	46

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка проєкту технічного обслуговування 3D принтера Vambi Lab PIS Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Гладий Ю.М.</i>					5	58
<i>Перевір.</i>		<i>Радчик Г.І.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Юзьків А.В.</i>						
<i>Затверд.</i>						ВСПТФК ТНТУ КІ-405		

3.8	Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР.....	46
3.9	Розрахунок ціни НДР.....	46
3.10	Визначення економічної ефективності.....	47
4.	Охорона праці.....	48
4.1	Комплексний аналіз вимог промислової безпеки щодо умов експлуатації та регламентних робіт при обслуговуванні 3D принтера Bambu Lab P1S.....	48
4.2	Небезпечні прояви статичної електризації.....	51
4.3	Актуальність безпеки життєдіяльності людини.....	54
	Висновки.....	56
	Перелік посилань.....	57

					<i>2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку науки і техніки адитивні технології (3D-друк) пройшли шлях від експериментальних розробок до базового інструменту в прототипуванні, малосерійному виробництві, інженерії, медицині та освіті. Можливість швидкого створення фізичних об'єктів складної геометричної форми безпосередньо з цифрових моделей кардинально змінила підходи до конструювання та виробництва.

Серед великої кількості обладнання для тривимірного друку особливе місце посідають FDM-принтери (Fused Deposition Modeling) нового покоління, яскравим представником яких є Bambu Lab P1S. Завдяки кінематиці CoreXY, високій швидкості друку (до 500 мм/с), прискоренню та наявності закритого корпусу для роботи з технічними пластиками (ABS, ASA, PC, PA), цей пристрій став стандартом високопродуктивного та доступного 3D-друку.

Проте інтенсивна експлуатація обладнання на граничних швидкостях, значні динамічні навантаження на елементи кінематики, робота за високих температур та використання композитних матеріалів неминуче призводять до зносу вузлів, деградації мастильних матеріалів та накопичення технічних похибок. Раптові відмови обладнання тягнуть за собою виробничі простої, фінансові збитки та псування матеріалів. У зв'язку з цим виникає гостра потреба в розробці чітко регламентованого, науково обґрунтованого проєкту технічного обслуговування (ТО), який дозволить підтримувати високу точність друку, мінімізувати ризики аварійних зупинок та продовжити термін служби компонентів принтера.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комплексного проєкту технічного обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S для забезпечення його безвідмовної, високоточної та безпечної роботи в умовах інтенсивної експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні готового до впровадження прикладного проєкту технічного обслуговування. Реалізація проєкту дозволяє знизити витрати на позаплановий ремонт та підвищити коефіцієнт корисного використання обладнання.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про об'єкт обслуговування

Об'єктом обслуговування є 3D-принтер Bambu Lab P1S. Даний пристрій використовується у виробництві фізичних моделей методом пошарового нанесення матеріалу. Принтер працює за технологією FDM (Fused Deposition Modeling), тобто формує виріб шляхом плавлення пластикової нитки (філаменту) та її послідовного нанесення шарами. На рисунку 1.1 зображено зовнішній вигляд 3D-принтера Bambu Lab P1S.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд принтера.

Даний пристрій відноситься до настільних принтерів призначений для використання в навчальних закладах, майстернях та малому виробництві. Він забезпечує високу швидкість друку, точність виготовлення деталей та зручність у використанні.

Основними складовими частинами принтера є:

- екструдер (вузол подачі та плавлення філаменту);
- друкувальна головка (сопло);

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- нагрівальний стіл;
- система переміщення по осях X, Y, Z;
- корпус із закритою камерою;
- електронний блок керування.

Для роботи принтера використовуються різні види пластикових матеріалів, такі як PLA, ABS, PETG та інші. Управління здійснюється за допомогою дисплея на принтері але перед цим має бути карта пам'яті із файлом або за допомогою мобільної програми, яке готує модель до друку.

1.2 Аналіз вихідних даних Bambu Lab P1S

Об'єктом дослідження є сучасний FDM-принтер закритого типу Bambu Lab P1S. На основі технічної документації проведено аналіз ключових характеристик, що визначають його експлуатаційні можливості.

Технічні характеристики системи:

Кінематика CoreXY. Забезпечує високу швидкість (до 500 мм/с) та прискорення (до 20 000 мм/с²) при збереженні точності.

Об'єм друку 256 × 256 × 256 мм. Це є стандартом для прототипування деталей середнього розміру.

Максимальна температура сопла 300°C (дозволяє працювати з інженерними пластиками).

Максимальна температура столу 100°C.

Тип екструдера Direct Drive з нержавіючими сталевими шестернями (коефіцієнт редукції 9.42:1).

Матеріальна база та сумісність. Принтер має закритий корпус, що є ключовим вихідним даним для аналізу переліку використовуваних матеріалів.

Базові пластики: PLA, PETG, TPU, PVA.

Технічні пластики: PA, PC, ABS, ASA (завдяки наявності вбудованої системи фільтрації повітря з активованим вугіллям та стабілізації температури всередині камери).

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ				

Програмно-апаратне забезпечення.

Наявність Wi-Fi та Bluetooth для дистанційного керування через Bambu Studio або мобільний додаток Bambu Handy.

Датчик закінчення філаменту, функція відновлення після збою живлення, камера для моніторингу (720p).

Вбудована підтримка екосистеми AMS (Automatic Material System) для мультиматеріального друку (до 16 кольорів).

На основі вихідних даних можна зробити наступні висновки:

Висока готовність до роботи (Out-of-the-box). Пристрій не потребує тривалого калібрування завдяки автоматичному вирівнюванню столу (Auto Bed Leveling) та компенсації вібрацій.

Поєднання закритого корпусу та високотемпературного хотенду робить пристрій придатним як для побутового використання, так і для дрібносерійного виробництва інженерних деталей.

Використання закритої екосистеми виробника (прошивка) обмежує можливість глибокої кастомізації коду, проте гарантує стабільність роботи в межах стандартних сценаріїв.

1.2.1 Основні характеристики пристрою обслуговування

1. Основні характеристики (технічні дані):

- Швидкість друку до 500 мм/с (прискорення до 20 000 мм/с²).
- Повністю закритий корпус (акрилові/скляні панелі), що забезпечує стабільну температуру для ABS, ASA, PC, Nylon.
- Область друку (256 * 256 * 256 мм)
- Екструдер: Прямий привід (Direct Drive) з подвійними шестернями для кращого контролю філаменту.
- Макс. температура сопла 300 градусів (суцільнометалевий хотенд).
- Температура столу до 100 градусів (або 110 градусів за певних умов).

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- Підтримує роботу з AMS для багатоколірного друку (до 16 кольорів при об'єднанні 4-х AMS).

- Автоматичне калібрування столу (Auto-bed leveling) та компенсація вібрацій.

2. Обслуговування принтера P1S

- Принтер розроблений так, щоб обслуговування було мінімальним і простим.

- Змащування (щомісяця). Змащування гвинтових пар осі Z та протирання вугільних стрижнів (карбонових направляючих).

- Регулярне очищення сопла від залишків пластику та очищення друкованої платформи (текстурованого листа PEI).

- Періодична перевірка тефлонової трубки (PTFE) на знос та вентиляторів на наявність пилу.

1.2.2 Принципи функціонування пристрою обслуговування

1. Кінематична схема CoreXY. На відміну від звичайних принтерів, де один двигун відповідає за одну вісь, у P1S два нерухомі двигуни (A та B) працюють спільно через довгий ремінь для переміщення друкуючої головки в площині XY.

Якщо обидва двигуни обертаються в один бік — головка рухається по горизонталі; якщо в різні — по вертикалі (в межах площини). Двигуни закріплені на корпусі, що полегшує саму головку. Це дозволяє досягати швидкості 500 мм/с без значної інерції.

2. Процес екструзії та плавлення

Принтер працює за принципом перетворення твердого полімеру (філаменту) у напіврідкий стан:

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Подаючий механізм Direct Drive розташований безпосередньо над соплом. Це забезпечує точне дозування пластику та кращу роботу з гнучкими матеріалами (наприклад, TPU).

Нагрівальний елемент потужністю близько 60 Вт швидко розігріває хотенд до заданої температури (наприклад, 220°C для PLA). Вентилятор хотенду запобігає розплавленню пластику вище термобар'єра, щоб уникнути заторів.

3. Активна компенсація вібрацій (Input Shaping)

При високих швидкостях виникають мікровібрації конструкції, що створюють дефекти на деталі («ехо»).

Перед друком принтер проводить автокалібрування він «протрушує» головку на різних частотах, а вбудовані акселерометри фіксують резонанс.

Під час друку контролер генерує випереджальні імпульси, які гасять вібрацію в протифазі, забезпечуючи ідеальну гладкість поверхні.

4. Автоматичне вирівнювання (ABL)

P1S використовує тензометричні датчики під робочим столом. Сопло торкається столу в багатьох точках (зазвичай від 16 до 36). Коли сопло тисне на стіл, датчик фіксує зміну опору.

Програма створює цифрову «карту висот». Під час друку першого шару вісь Z мікроскопічно піднімається або опускається, компенсуючи будь-яку нерівність поверхні.

5. Керування повітряними потоками (Enclosure logic)

Оскільки P1S — це закрита система, він активно керує внутрішнім середовищем:

Для тугоплавких пластиків (ABS/ASA) вентилятори сповільнюються, щоб утримувати тепло всередині камери, запобігаючи деформації (усадки) деталей.

Для швидкого друку (PLA) активується потужний допоміжний вентилятор (Auxiliary fan), який миттєво охолоджує пластик відразу після виходу з сопла, щоб він встиг затвердіти на високій швидкості.

6. Робота з мультиматеріальною системою (AMS)

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ				

Якщо підключено модуль AMS, принтер додає етап промивання при зміні кольору старий філамент відкочується назад у катушку.

Новий філамент подається в сопло.

Екструдер витискає залишки старого кольору в спеціальний жолоб («waste chute»), утворюючи характерні пластикові «какульки», доки колір не стане чистим.

Система подачі філаменту AMS - це інтелектуальна автоматична система подачі філаменту від Bambu Lab, яка дозволяє завантажувати до 4 різних катушок пластику одночасно.

На рисунку 1.2 зображено зовнішній вигляд AMS станції.



Рисунок 1.2 - Зовнішній вигляд AMS станції.

1.2.3 Технічно-економічні показники пристрою обслуговування

1. Технічні показники продуктивності.

Ці цифри визначають, скільки продукції пристрій може виробити за одиницю часу. Коефіцієнт використання матеріалу, приблизно від 95% до 98%. Втрати виникають лише на підтримки, "спідниці" (brims) та очищення сопла.

Швидкість друку до 500 мм/с. У порівнянні з класичними принтерами (60 мм/с), P1S забезпечує збільшення продуктивності у 3-5 разів на складних деталях.

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

4. Приблизний розрахунок точки безбитковості:

- Якщо використовувати принтер для комерційного друку.
- Середня вартість друку для клієнта 5–10 грн за грам (включаючи роботу).
- Собівартість грама пластику ~1–2 грн.
- Маржинальний прибуток ~4–8 грн/грам.
- Окупність при середньому завантаженні (200 г пластику на добу) принтер окупає свою вартість за 4–6 місяців.

1.3 Опис структурної схеми об'єкта обслуговування

На рисунку 1.3 зображена структурна схема FDM-принтера закритого типу Bambu Lab P1S.

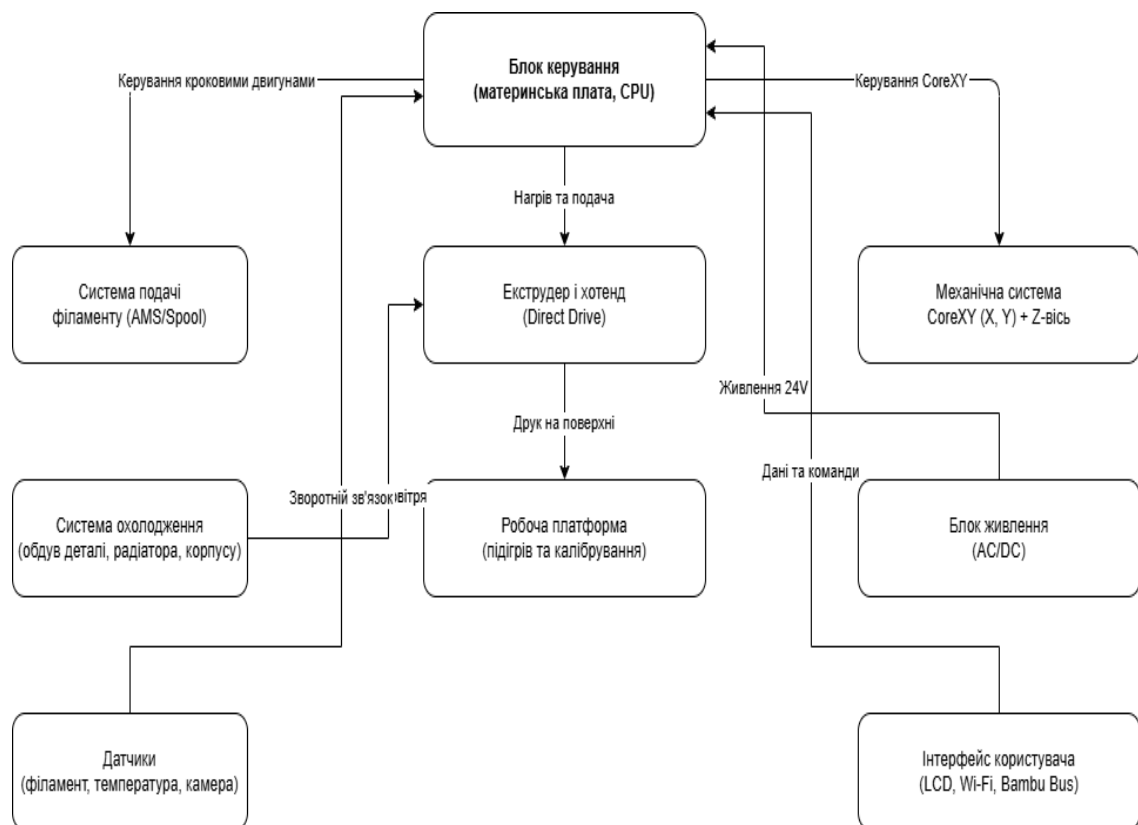


Рисунок 1.3- Структурна схема принтера.

Структурна схема пристрою включає в себе наступні складові.

Блок живлення. Силовий модуль являє собою перетворювач змінного струму в постійний зі змінним входом 100-240 В і виходом 24 В. Він забезпечує живлення всього принтера, за винятком нагрівального столу.[5]

На рисунку 1.4 зображений блок живлення пристрою, який надає струм для роботи принтера .



Рисунок 1.4- Блок живлення принтера.

Інтерфейс користувача для керування. Екранний модуль із РК-екраном і фізичними кнопками, який призначений для відображення параметрів друку та керування принтером.[6]

На рисунку 1.5 зображено інтерфейс користувача для керування.



Рисунок 1.5- Інтерфейс користувача

Механічна система для керування напрямком на осях (X,Y,Z).

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Датчик наявності філаменту. Датчик використовується в екструдері для визначення наявності нитки, а також для виявлення важеля різача нитки.[10]

Філамент - це термопластична полімерна нитка, яка використовується як витратний матеріал для 3D-принтерів.

На рисунку 1.6 зображений датчик наявності філаменту.



Рисунок 1.6 -Датчик наявності філаменту.

Датчик температури столу, який зображений на рисунку 1.7, який призначений для безперервного моніторингу та контролю нагріву робочої поверхні 3D-принтера. [9]



Рисунок 1.7 - Датчик теператури столу.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Датчик температури та терморезистор (термістор) 3D-принтера Bambu Lab P1P/P1S об'єднані в єдиний модуль із вбудованим клемним роз'ємом. Така інтегрована конструкція підвищує надійність з'єднання та забезпечує стабільну роботу контактного вузла в екстремальних температурних умовах та при високих вібраціях. [8]

На рисунку 1.8 зображений датчик нагріву та термомісток.



Рисунок 1.8- Датчик нагріву та термомісток.

Система охолодження друкувальної головки, інтегрована у збірку передньої частини корпусу екструдера, в основному використовується для швидкого охолодження розплавленого пластику безпосередньо в зоні друку. Це забезпечує ефективно та точне формування геометрії деталі, запобігаючи деформації та напливам матеріалу під час пошарового наплавлення. Крім того, інтенсивне обдування є критично важливим при друці підвісних елементів (містків) та крутих кутів нахилу, оскільки дозволяє матеріалу затвердіти до того, як він почне провисати під власною вагою. Таке конструктивне рішення суттєво підвищує загальну якість поверхні та деталізацію готових виробів. Окрім цього, правильне керування роботою вентилятора обдування деталі (Part Cooling Fan) є ключовим фактором для досягнення оптимальної міжшарової адгезії при використанні різних типів філаментів.[17]

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

На рисунку 1.9 зображена система охолодження головки.



Рисунок 1.9- Головка з вентилятором.

Витяжний вентилятор камери. Вентилятор регулятора температури камери відповідає за регулювання температури всередині камери. Вентилятор працює на основі виявленої температури камери, визначаючи його статус увімкнення/вимкнення та швидкість, з якою він працює.[7]

Витяжний вентилятор у сучасному 3D-принтері закритого типу, такому як Bambu Lab P1S, є критично важливим елементом системи терморегуляції та фільтрації. Оскільки принтер має повністю закритий корпус, керування потоками повітря безпосередньо впливає на якість друку та безпеку користувача.

У Bambu Lab P1S цей вентилятор розташований на задній панелі корпусу і виконує головну функцію витяжного вентилятора.

Контроль температури всередині камери (Chamber Temperature Control): При друці матеріалами з низькою температурою плавлення (наприклад, PLA або PETG), занадто гаряче повітря всередині закритої камери може призвести до розм'якшення філаменту ще до його потрапляння в екструдер (так званий *heat creep* або застрягання пластику). Витяжний вентилятор виводить надлишкове тепло, підтримуючи оптимальний мікроклімат.

Вентилятор проганяє повітря через вугільний фільтр, встановлений всередині корпусу. Це допомагає затримувати летючі органічні сполуки (VOCs)

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

та неприємні запахи, які виділяються під час плавлення деяких пластиків (особливо актуально для ABS, ASA або CoPA).

Створення негативного тиску: Завдяки витягуванню повітря назовні, всередині камери створюється невелике розрідження (негативний тиск). Це заважає ультрадрібним частинкам (UFP) та випарам неконтрольовано просочуватися через щілини в дверцятах чи верхній кришці принтера.

На рисунку 1.10 зображений витяжний вентилятор камери.



Рисунок 1.10- Витяжний вентилятор камери.

Допоміжний бічний вентилятор охолодження (рисунок Х.Х) - це спеціалізований елемент системи терморегуляції, який встановлюється на внутрішній боковій стінці корпусу 3D-принтера та спрямовує додатковий потужний потік повітря по всій площі робочої зони. Його основне завдання полягає у забезпеченні рівномірного та прискореного охолодження масивних шарів пластику, що є критично важливим при високошвидкісному друці. Завдяки інтенсивному теплообміну мінімізується температурне короблення (усадка) матеріалу, усувається деформація тонких стінок великих деталей, а також підвищується стабільність геометрії при роботі з такими матеріалами, як PLA, PETG та TPU.

Інтеграція цього модуля у загальну систему керування дозволяє гнучко регулювати потужність обдування через G-код залежно від висоти поточного шару та специфіки геометрії виробу. [11].

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

На рисунку 1.11 зображений допоміжний бічний вентилятор охолодження.



Рисунок 1.11-Допоміжний бічний вентилятор охолодження.

Система подачі філаменту AMS (Automatic Material System). Інтелектуальна автоматична система подачі філаменту від Bambu Lab, яка дозволяє завантажувати до 4 різних котушок пластику одночасно. Цей модуль забезпечує автоматичне перемикання між різними кольорами або типами матеріалів (наприклад, основним пластиком та розчинною підтримкою) без безпосереднього втручання оператора під час друку. Крім того, герметичний корпус системи оснащений датчиками вологості та силікагелем, що дозволяє підтримувати оптимальні умови зберігання гігроскопічних філаментів, запобігаючи їх псуванню. [18]

На рисунку 1.12 зображена система подачі філаменту AMS.



Рисунок 1.12- Система подачі філаменту AMS.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Хотенд у повному зборі (рисунок Х.Х) — це готовий до встановлення функціональний модуль термоблока для 3D-принтерів серії Bambu Lab P1. До складу комплекту входять безпосередньо хотенд із соплом, керамічний нагрівальний елемент, термістор (датчик температури), вентилятор охолодження термобар'єра та захисний силіконовий чохол (носок). Конструктивною особливістю цієї лінійки є матеріал сопла, який залежить від його діаметра: модифікація з розміром 0,2 мм виготовляється з нержавіючої сталі для забезпечення максимальної точності подачі, тоді як сопла інших калібрів (0,4 мм, 0,6 мм та 0,8 мм) виконані із загартованої сталі, що гарантує високу зносостійкість при роботі з абразивними філаментами. Модульне виконання вузла дозволяє здійснювати його швидко заміну "в зборі", мінімізуючи час простою обладнання під час сервісного обслуговування чи зміни технологічного завдання. Окрему увагу в конструкції приділено ефективній термоізоляції: захисний силіконовий чохол запобігає розсіюванню тепла у робочу камеру, підтримуючи стабільну температуру в зоні розплаву та захищаючи вузол від налипання залишків пластику. [19]

На рисунку 1.13 зображено хотенд у повному зборі.



Рисунок 1.13- Хотенд у повному зборі.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Нагрівальна платформа (робочий стіл). Нагрівальна платформа у принтерах серії Bambu Lab P1 — це прецизійний конструктивний вузол, розташований усередині закритої робочої камери пристрою. Платформа здійснює контрольоване вертикальне переміщення вгору та вниз уздовж осі Z за допомогою трьох ходових гвинтів, що забезпечує високу точність позиціонування кожного шару. Вузлова система оснащена інтегрованим електричним нагрівальним елементом, потужність якого регулюється мікроконтролером через зворотний зв'язок від датчика температури відповідно до заданих користувачем параметрів. Встановлення оптимального термічного режиму робочої поверхні є критично важливим для забезпечення первинної адгезії розплавленого філаменту до гнучкої магнітної пластини, що повністю запобігає термічній усадці, відшаруванню та викривленню (коробленню) геометрії нижніх шарів моделі в процесі друку. [13]

На рисунку 1.14 зображений нагрівальний стіл.



Рисунок 1.14- Нагрівальний стіл.

Блок керування (Плата AP). Плата AP (Application Processor) є головним обчислювальним модулем та належить до класу плат додатків. Ця багатошарова друкована плата виступає в ролі центрального вузла керування, який координує та контролює всі інформаційні потоки та міжмодульну взаємодію всередині 3D-принтера. Вона забезпечує самодостатнє та ізольоване операційне середовище (на базі вбудованої ОС), що надає повний спектр системних ресурсів, необхідних для

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

стабільного функціонування керуючого програмного забезпечення пристрою. Плата AP відповідає за апаратне керування динамічною та флеш-пам'яттю, виконання системного мікропрограмного забезпечення (firmware), обробку графічного інтерфейсу користувача, координування мережевих інтерфейсів Wi-Fi/Bluetooth, а також декодування мультимедійних даних та криптографічний захист каналів зв'язку. Інтеграція цього процесорного модуля дозволяє розвантажити головну керуючу плату (MC Board), передаючи на AP-плату складні високорівневі обчислення, інтерпретацію G-коду та обробку сигналів від хмарних сервісів і локальних додатків (Vambu Studio / Vambu Handy).[6]

На рисунку 1.15 зображено блок керування.



Рисунок 1.15- Блок керування .

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Інструкція з експлуатації

Перед підготовкою пристрою до роботи потрібно виконати наступні дії:

1 Встановлення принтера:

- Встановити принтер на рівну та стійку поверхню.
- Забезпечити достатню вентиляцію.
- Не розміщувати поблизу джерел тепла та вологи.

2 Підключення:

- Підключити кабель живлення.
- Увімкнути принтер кнопкою живлення.
- Підключити принтер до Wi-Fi або ПК.

3 Завантаження філаменту:

- Встановити катушку пластику.
- Вибрати в меню: Filament → Load
- Дочекатися нагріву екструдера.
- Вставити філамент у механізм подачі.

4 Підготовка моделі до друку:

- Створення або завантаження моделі.
- Використовувати STL або 3MF файли.
- Робота у slicer.

5 Використовується програма:

- Bambu Studio .

6 Основні дії:

- Відкрити модель.
- Вибрати параметри друку.
- Виконати Slice.
- Надіслати файл на принтер.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

7 Під час друку необхідно дотримуватися таких дій:

- контролювати подачу пластику;
- стежити за температурою;
- перевіряти адгезію першого шару.

8 Після завершення друку необхідно дотримуватися таких дій:

- Дочекатися охолодження столу.
- Аккуратно зняти модель.
- Очистити поверхню друку.

9 Технічне обслуговування:

- очищення сопла;
- очищення напрямних;
- перевірку ременів;
- змащення рухомих елементів;
- очищення вентиляторів від пилу.

В таблиці 2.1 перераховано основні проблеми роботи пристрою Bambu Lab P1S та способи їх усунення.

Таблиця 2.1-основні проблеми роботи пристрою та способи їх усунення

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Немає подачі пластику	Засмічення сопла	Очистити сопло
Погане прилипання	Брудний стіл	Очистити платформу
Зсув шарів	Ослаблений ремінь	Натягнути ремені
Перегрів	Несправний вентилятор	Перевірити охолодження

Під час експлуатації пристрою потрібно постійно дотримуватися правил техніки безпеки:

- Не торкатися гарячого сопла та столу.
- Не відкривати корпус під час роботи.

- Використовувати справний кабель живлення.
- Вимикати принтер перед обслуговуванням.

При вимкненню пристрою потрібно дотримуватися таких дій:

- Завершити друк.
- Охолодити екструдер.
- Вимкнути живлення кнопкою.
- Від'єднати кабель живлення при тривалому зберіганні.

2.2. Інструкція з технічного обслуговування та ремонту

Загальні положення. Технічне обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S виконується для забезпечення стабільної роботи обладнання, підтримання високої якості друку, своєчасного виявлення несправностей та продовження терміну служби пристрою.

Перед виконанням будь-яких робіт необхідно:

- завершити друк;
- вимкнути принтер кнопкою живлення;
- від'єднати кабель живлення від мережі;
- дочекатися повного охолодження сопла та нагрівальної платформи.

Періодичне технічне обслуговування поділяється на :

Щоденне обслуговування:

- Перед початком роботи необхідно.
- перевірити чистоту робочої поверхні.
- переконатися у відсутності залишків пластику на соплі.
- перевірити стан філаменту.
- оглянути кабелі та роз'єми .
- перевірити відсутність сторонніх предметів у зоні друку.

Щотижневе обслуговування. При цьому виконуються такі роботи:

- очищення напрямних осей X, Y та Z від пилу;

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- перевірка натягу приводних ременів;
- очищення вентиляторів охолодження;
- перевірка кріплення екструдера;
- очищення механізму подачі філаменту.

Щомісячне обслуговування. При цьому Необхідно виконати:

- змащування напрямних спеціальним мастилом;
- перевірку стану підшипників;
- перевірку точності переміщення друкуючої головки;
- перевірку стану нагрівальних елементів;
- очищення внутрішніх вузлів принтера від пилу.

Обслуговування друкуючого сопла:

Очищення сопла:

- Нагріти сопло до робочої температури.
- Видалити залишки пластику спеціальною голкою або засобами очищення.
- Перевірити рівномірність виходу матеріалу.

Заміна сопла:

- Розігріти хотенд до температури друку.
- Вимкнути живлення принтера.
- Відкрити старе сопло спеціальним ключем.
- Встановити нове сопло.
- Перевірити герметичність з'єднання.

Обслуговування робочої платформи

Для забезпечення якісного прилипання моделей необхідно:

- регулярно очищати поверхню ізопропіловим спиртом ;
- видаляти залишки пластику після друку;
- контролювати стан покриття платформи;
- перевіряти калібрування столу.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

При обслуговування системи подачі філаменту необхідно:

- очищати зубчасті колеса екструдера;
- перевіряти справність датчика філаменту;
- контролювати легкість проходження матеріалу;
- замінювати пошкоджені трубки подачі

В таблиці 2.2 описані типові несправності пристрою Bambu Lab P1S та способи їх усунення .

Таблиця 2.2 -Типові несправності та способи їх усунення

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Відсутня подача пластику	Засмічення сопла	Очистити або замінити сопло
Погане прилипання першого шару	Забруднена поверхня столу	Очистити платформу та виконати калібрування
Зсув шарів	Ослаблений ремінь	Натягнути ремені
Нерівномірний друк	Зношене сопло	Замінити сопло
Перегрів екструдера	Забруднення вентилятора	Очистити вентилятор
Сторонні шуми	Зношення підшипників	Перевірити та замінити підшипники
Помилки датчиків	Несправність з'єднань	Перевірити контакти та кабелі

Порядок виконання ремонту:

- Виявити несправність шляхом візуального огляду та діагностики.
- Визначити несправний вузол.
- Вимкнути принтер від мережі живлення.
- Демонтувати несправний елемент.
- Виконати ремонт або заміну деталі.
- Провести складання пристрою.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- Виконати тестовий друк.
- Переконатися у правильній роботі принтера.

Заходи безпеки під час ремонту:

- Виконувати роботи лише при вимкненому живленні.
- Не торкатися нагрітих елементів.
- Використовувати справний інструмент.
- Уникати потрапляння вологи всередину пристрою.
- Після ремонту перевіряти надійність усіх з'єднань.

2.2.1 Порядок пошуку та усунення несправностей

Пошук та усунення несправностей 3D-принтера Bambu Lab P1S здійснюється послідовно з метою швидкого виявлення причин відмов та відновлення працездатності обладнання.

Порядок виконання робіт:

1. Виявлення несправності

- аналіз повідомлень про помилки на дисплеї або в програмному забезпеченні
- визначення характеру несправності (механічна, електрична або програмна).

2. Візуальний огляд обладнання

- перевірка стану кабелів, роз'ємів та контактів
- огляд екструдера, сопла, ременів та рухомих механізмів
- перевірка наявності сторонніх предметів і залишків пластику.

3. Перевірка електроживлення

- контроль підключення до мережі
- перевірка блоку живлення та запобіжників
- вимірювання напруги за потреби.

4. Діагностика окремих вузлів

- перевірка роботи екструдера та системи подачі філаменту

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевірка нагріву сопла і столу
 - тестування датчиків та кінцевих вимикачів
 - перевірка крокових двигунів та вентиляторів.
5. Визначення причини несправності
- аналіз отриманих результатів;
 - локалізація несправного вузла або компонента.
6. Усунення несправності
- очищення сопла від засмічень
 - підтягування або заміна ременів
 - заміна пошкоджених кабелів, датчиків або вентиляторів
 - оновлення або перевстановлення програмного забезпечення
 - заміна несправних електронних компонентів.
7. Контрольна перевірка
- запуск системи після ремонту
 - проведення автоматичного тестування
 - виконання пробного друку для перевірки працездатності.
8. Документування результатів
- фіксація виявленої несправності
 - запис виконаних ремонтних робіт
 - внесення рекомендацій щодо подальшої експлуатації.

2.2.2 Вибір та обґрунтування засобів технічного обслуговування

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи 3D-принтера Bambu Lab P1S необхідно використовувати спеціалізовані інструменти, вимірювальні прилади та програмне забезпечення. Вибір засобів технічного обслуговування здійснюється з урахуванням конструктивних особливостей пристрою, вимог безпеки та ефективності виконання робіт.

Основні засоби технічного обслуговування:

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

1. Набір ручного інструменту. До складу набору входять викрутки різних типів (хрестові та шестигранні). На рисунку 2.17 представлено набір викруток.



Рисунок 2.17 - Набір викруток та шестигранників

- гайкові ключі, які зображені на рисунку 2.18



Рисунок 2.18 - Набір гайкових ключів

- пінцет зображений на рисунку 2.19



Рисунок 2.19 - Набір пинцетів

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- кусачки, зображені на рисунку 2.20



Рисунок 2.20- Набір кусачок

Для демонтажу та монтажу вузлів принтера, регулювання механічних елементів і заміни деталей використовується набір кусачок.

2. Мультиметр, зображений на рисунку 2.21



Рисунок 2.21 - Мультиметр

Мультиметр призначений для вимірювання:

- напруги
- сили струму
- опору електричних кіл.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Цей інструмент дозволяє швидко виявляти несправності блоку живлення, нагрівальних елементів, датчиків та електричних з'єднань.

3. Засоби очищення:

- ізопропіловий спирт;
- безворсові серветки;
- м'які щітки;
- стиснене повітря.

Забезпечують очищення сопла, робочої поверхні, вентиляторів та електронних компонентів без ризику пошкодження обладнання.

4. Мастильні матеріали. До них відносяться:

- силіконове мастило;
- спеціальні мастила для напрямних і підшипників (див. рис. 2.22).



Рисунок 2.22 - Мастила для змащування

Ці спеціальні мастила зменшують тертя між рухомими деталями та продовжують термін їх служби.

5. Засоби діагностики та калібрування. До них належать:

- програмне забезпечення принтера;
- вбудовані функції самодіагностики;
- тестові моделі для друку (див. рис. 2.23).



Рисунок 2.23 - Тестові моделі для друку

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Тестові моделі для друку дають змогу контролювати технічний стан обладнання та перевіряти точність друку після виконання обслуговування або ремонту.

6. Для роботи пристрою Bambu Lab P1S використовується комп'ютер із програмним забезпеченням Bambu Studio, драйверами та утилітами для оновлення прошивки.

Драйвери та утиліти забезпечує налаштування параметрів друку, діагностику пристрою та оновлення програмного забезпечення.

2.2.3 Розробка алгоритму технічного обслуговування

Алгоритм технічного обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S розроблено з метою забезпечення його надійної роботи, своєчасного виявлення несправностей та підтримання високої якості друку. Виконання операцій у визначеній послідовності дозволяє зменшити ймовірність відмов обладнання та продовжити термін його експлуатації.

Послідовність виконання технічного обслуговування:

1. Підготовка робочого місця.
2. Вимкнення принтера та від'єднання від електромережі.
3. Візуальний огляд корпусу, кабелів та роз'ємів.
4. Перевірка стану механічних вузлів (ременів, напрямних, підшипників).
5. Очищення робочої платформи від залишків пластику та забруднень.
6. Очищення сопла та екструдера.
7. Перевірка системи подачі філаменту.
8. Очищення вентиляторів та системи охолодження.
9. Змащування напрямних та рухомих механізмів.
10. Перевірка електричних з'єднань та датчиків.
11. Увімкнення принтера та виконання самодіагностики.

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ					

12. Калібрування робочої платформи.
13. Виконання тестового друку.
14. Аналіз результатів тестування.
15. Оформлення запису про виконане технічне обслуговування.

В даному розділі наведено блок-схему алгоритму технічної діагностики 3D-принтера Bambu Lab, яка зображено на рисунку 2.25.

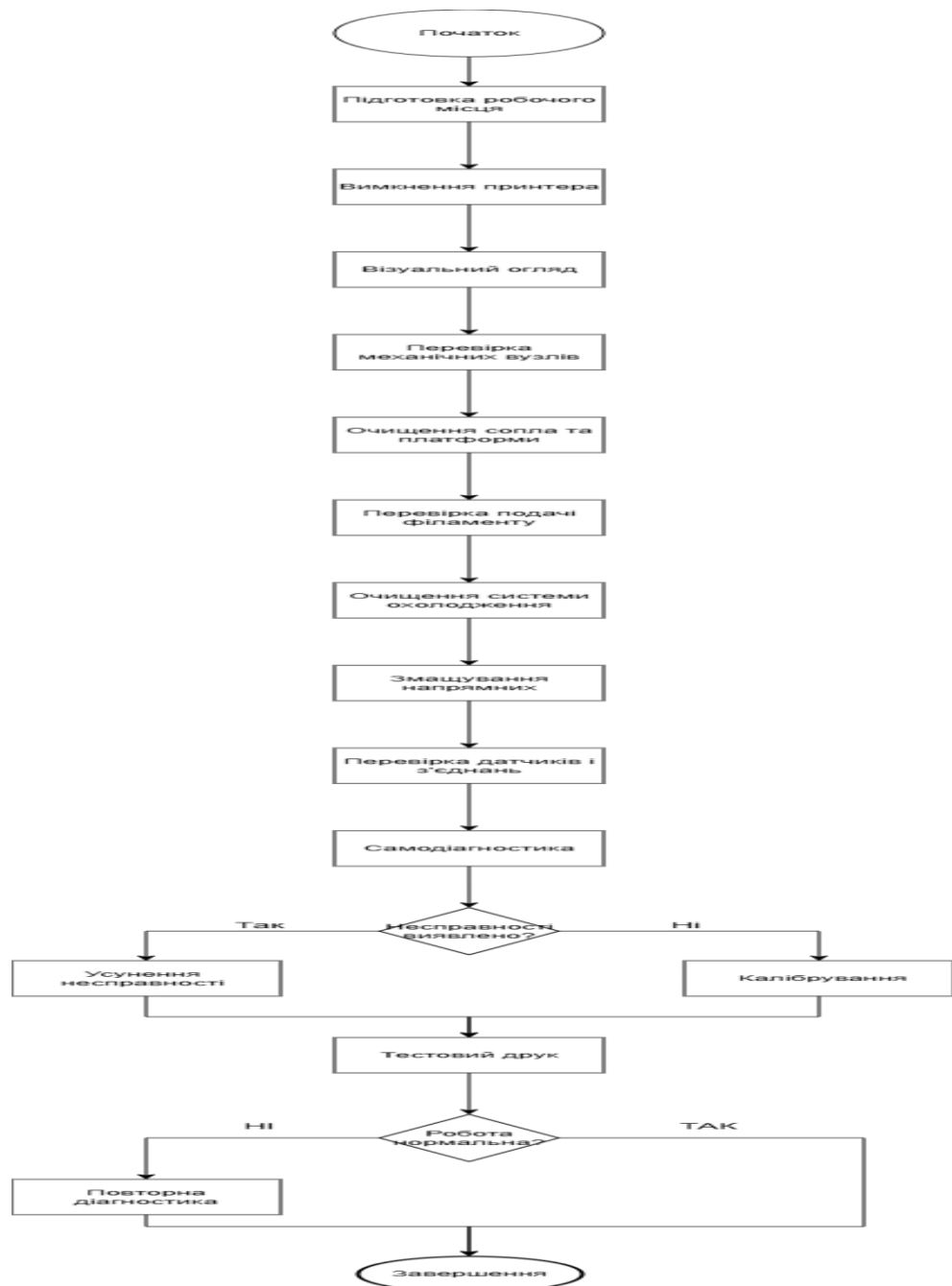


Рисунок 2.25-Алгоритм діагностики пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ

Арк.

36

2.3 Розробка програмного забезпечення

Для повноціної роботи із принтером потрібне програмне забезпечення. Для цього можна використовувати спеціальне програмне забезпечення від виробника:

- Bambu Studio [16]
- Bambu Handy [15]
- Bambu Connect [14]

На рисунку 2.26 зображено вікно ПЗ Bambu Studio. Це сучасне, багатофункціональне програмне забезпечення для нарізки з відкритим кодом. Воно містить робочі процеси на основі проектів, систематично оптимізовані алгоритми нарізки та простий у використанні графічний інтерфейс, що забезпечує користувачам неймовірно плавний досвід друку.

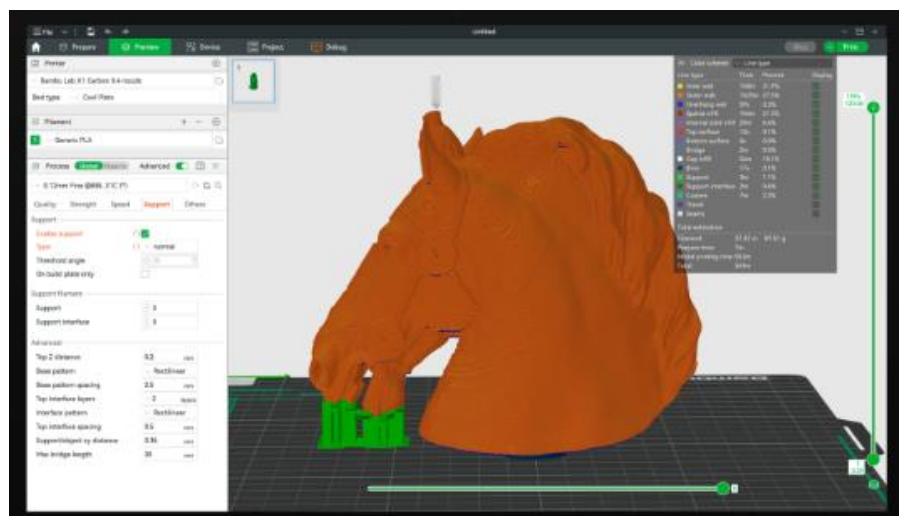


Рисунок 2.26 – Вікно програми

Bambu Studio має такі основні функції:

- Проектно-орієнтований робочий процес.
- Високошвидкісне друкування з якістю.
- Багатокольоровий друк
- Віддалене управління та моніторинг
- Формат STEP

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- 3D Текст

Проектно-орієнтований робочий процес. Bambu Studio пропонує передовий робочий процес для створення по-справжньому "все в одному" проекту. Заснований на популярному форматі 3MF, він надає ряд революційних функцій, таких як підтримка кількох плит, менеджер ресурсів проекту та режим перегляду складання/деталей. Це значно підвищує ефективність як для творців, так і для звичайних користувачів.

Високошвидкісне друкування з якістю. Друк на високій швидкості без втрати якості – це складне завдання, але Bambu Studio робить це можливим. "Arch Move" забезпечує плавний рух друкуючої головки та зменшує вібрацію пристрою. Інтелектуальне охолодження ґрунтується на точно налаштованих параметрах для кожного типу філаменту. Функція "Автоматичне сповільнення" запобігає деформації звисаючих стінок при високій швидкості друку.

Багатокольоровий друк. Bambu Studio надає зручні інструменти для фарбування моделей. Ви можете вільно додавати та видаляти філаменти в проекті та фарбувати модель різними пензлями. Перед друком кожен філамент автоматично прив'язується до відповідного слоту AMS, що позбавляє необхідності вручну міняти катушки.

Віддалене управління та моніторинг. Bambu Studio дозволяє надсилати завдання на друк по мережі WAN/LAN, а також керувати та контролювати всі аспекти 3D-принтера та процесу друку. Якщо у вас кілька принтерів, ви можете легко перемикатися між ними в списку пристроїв.

Формат STEP. Порівняно з STL, формат STEP надає більше корисної інформації. Завдяки -високій точності STEP багато шляхів екструзії можуть бути сформовані у вигляді дуг. STEP також зберігає взаємозв'язок деталей моделі, що дозволяє відновити складання після її розділення.

3D Текст. За допомогою інструмента 3D Текст користувачі можуть легко створювати різні 3D-напису в проекті, роблячи модель більш персоналізованою. Bambu Studio пропонує десятки шрифтів, а також підтримку жирного та курсивного накреслення для більшої гнучкості.

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ				

На рисунку 2.27 зображено вікно програми Bambu Handy. Це універсальна платформа для 3D-друку, створена для зручного, бездоганного та приємного 3D-друку. За допомогою Bambu Handy ви можете керувати принтерами будь-де, підключатися до бібліотеки моделей MakerWorld і легко друкувати улюблені проекти.

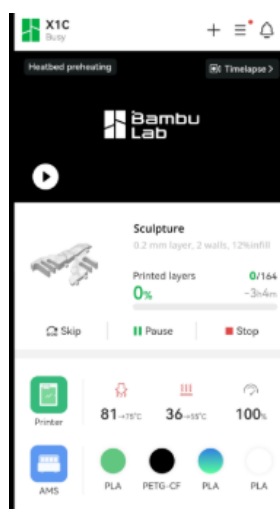


Рисунок 2.27 - Вигля програми

Bambu Handy має такі основні функції :

- Масові високоякісні моделі.
- Друк в один крок.
- Віддалене керування принтером
- Автоматична діагностика
- Діліться моментами друку
- Приваблива система нагород

Масові високоякісні моделі. Подорож у світ багатоколірного 3D-друку з моделями різних категорій.

Друк в один крок. Зниження технічних бар'єрів для більш доступного та захоплюючого 3D-друку. Віддалене керування принтером. Перегляд у реальному часі та зміна налаштувань під час друку

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Автоматична діагностика. Перевірка та виправлення помилок друку за допомогою HMS.

Автоматичні таймлапс-відео дозволяють ділитися моментами друку з друзями

Приваблива система нагород. Кожна взаємодія з 3D-моделями приносить вам бали

Vambu Connect — це інтуїтивно зрозумілий і ефективний інструмент, розроблений для забезпечення безперебійного зв'язку з 3D-принтерами Vambu Lab. Він безпечно передає нарізані файли G-коду та 3MF на ваш принтер, забезпечуючи плавний і надійний процес друку.

Основні функції Vambu Connect:

- Авторизація в хмарному акаунті: Можливість входу в хмарний акаунт Vambu Lab для керування принтерами, прив'язаними до вашого облікового запису.
- Керування принтерами: Перегляд і керування принтерами, пов'язаними з вашим хмарним акаунтом.
- Підключення в режимі локальної мережі (LAN): Виявлення та підключення до принтерів, що працюють у режимі локальної мережі, для забезпечення гнучкості та зручності.
- Імпорт файлів і відправка на друк: Імпорт файлів G-коду або 3MF і їх передача на принтер для безперебійного друку
- Базове керування принтером: Доступ до функцій керування, таких як переміщення осей принтера, для точної налаштування та обслуговування.

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою економічної частини роботи є розрахунок фінансової ефективності проекту технічного обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S та обґрунтування доцільності його впровадження.

Розрахунок вартості НДР виконується в декілька етапів:

- описати технологічний процес розробки із зазначенням трудомісткості кожної операції;
- визначити суму витрат на оплату праці основного і допоміжного персоналу, включаючи відрахування на соціальні заходи;
- визначити суму матеріальних затрат;
- обчислити витрати на електроенергію для науково-виробничих цілей;
- розрахувати транспортні витрати;
- нарахувати суму амортизаційних відрахувань;
- визначити суму накладних витрат;
- скласти кошторис та визначити собівартість НДР;
- розрахувати ціну НДР;
- визначити економічну ефективність та термін окупності продукту;
- зробити висновок про доцільність розробки проекту щодо обслуговування даного пристрою.

3.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення робіт

Таблиця 3.1 – Середній час виконання робіт з технічного обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S

№	Назва операції	Виконавець	Час, год
1	Діагностика технічного стану принтера	Інженер	0,5
2	Очищення сопла, екструдера та робочої камери	Технік	0,5
3	Перевірка та очищення системи подачі філаменту	Технік	0,25
4	Перевірка ременів, напрямних та рухомих вузлів	Технік	0,25
5	Калібрування платформи та тестовий друк	Інженер	0,5
Разом			2

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Сумарний час виконання робіт становить 2 години, з них 1 година – робота інженера та 1 година – робота техніка.

3.2 Визначення витрат на оплату праці

Відповідно до Закону України “Про оплату праці” заробітна плата – це «винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу».

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн.} = T_c \cdot K_r, \quad (3.1)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_r – кількість відпрацьованих годин.

Виходячи з рекомендованих тарифних ставок встановимо часову ставку для інженера 180 грн./год. та для техніка 90 грн./год.

Отже основна заробітна плата для:

інженера $Z_{осн1} = 180 \cdot 1 = 180,00$ грн.

техніка $Z_{осн2} = 90 \cdot 1 = 90,00$ грн.

Сумарна основна заробітна плата становить:

$Z_{осн} = 180,00 + 90,00 = 270,00$ грн.

Додаткова заробітна плата становить 10–15% від суми основної заробітної плати.

$$Z_{дод.} = Z_{осн.} \cdot K_{допл.}, \quad (3.2)$$

де $K_{допл.}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам, 0,1–0,15.

Отже додаткова заробітна плата становить:

інженера $Z_{дод1} = 180,00 \cdot 0,1 = 18,00$ грн.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

техніка $Z_{\text{дод}2}=90,00 \cdot 0,1=9,00$ грн.

Загальна додаткова заробітна плата становить:

$Z_{\text{дод}}=18,00+9,00=27,00$ грн.

Звідси загальні витрати на оплату праці ($V_{\text{о.п.}}$) визначаються за формулою:

$$V_{\text{о.п.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод.}}, \quad (3.3)$$

$V_{\text{о.п.}}=270,00+27,00=297,00$ грн.

Крім того, слід визначити суму нарахування на заробітну плату:

- єдиний соціальний внесок – 22 %;

Отже, сума нарахувань на заробітну плату буде становити:

$$V_{\text{с.з.}} = \text{ФОП} \cdot 0,22 \quad (3.4)$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

$V_{\text{с.з.}}=297,00 \cdot 0,22=65,34$ грн.

Таблиця 3.2 - Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарахування на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн.
		Тарифна ставка, грн.	К-сть відпрацьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
1	Інженер	180,00	1	180,00	18,00	-	-
2	Технік	90,00	1	90,00	9,00	-	-
Разом				270,00	27,00	65,34	362,34

Отже загальні витрати на оплату праці становлять 362,34 грн.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

3.3 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни:

$$M_{Bi} = q_i \cdot p_i, \quad (3.5)$$

де q_i – кількість витраченого матеріалу i -го виду;

p_i – ціна матеріалу i -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити:

$$Z_{м.в.} = \sum M_{Bi}. \quad (3.6)$$

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 3.3.

В таблиці 3.3 записані розрахунки матеріальних витрат

№	Найменування	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
1	Ізопропіловий спирт	0,2 л	180	36
2	Серветки безворсові	1 компл.	50	50
3	Мастило для напрямних	1 шт.	120	120
4	Засіб для очищення сопла	1 шт.	150	150
Разом				356

Отже, загальна сума матеріальних витрат на обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S становить 356 грн

3.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (3.7)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Потужність принтера під час діагностики та тестування:

$W = 0,35$ кВт, $T = 2$ год, $S = 15,94$ грн/кВт·год

$Z_e = 0,35 \times 2 \times 15,94 = 11,16$ грн

3.5 Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати слід прогнозувати у розмірі 8–10 % від загальної суми матеріальних затрат.

$$T_B = Z_{м.в.} \cdot 0,08 \dots 0,1, \quad (3.8)$$

де T_B – транспортні витрати.

$T_B = 356 \times 0,1 = 35,60$ грн

3.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Мінімально допустимі терміни корисного їх використання – 2 роки.

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_B \cdot N_A}{100\%}, \quad (3.9)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.;

B_B – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.;

N_A – норма амортизації, %.

T – кількість годин роботи обладнання, год.

Оскільки для обслуговування використовується один ПК, вартість якого становить 30000 грн., що працює 2 год., то амортизаційні відрахування становлять:

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$A = \frac{30000 \cdot 0,04}{150} \cdot 2 = 16 \text{ грн}$$

3.7 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників.

$$H_v = B_{o.n.} \cdot 0,2...0,6 \quad (3.10)$$

де H_v – накладні витрати.

$$H_v = 297,00 \cdot 0,5 = 148,50 \text{ грн.}$$

3.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 - Кошторис витрат на обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S

Стаття витрат	Сума, грн	В % до загальної суми
Оплата праці	297,00	32,62 %
ЄСВ	65,34	7,18 %
Матеріальні витрати	356,00	39,09 %
Електроенергія	11,16	0,33 %
Транспортні витрати	35,60	3,91 %
Амортизація	16,00	0,56 %
Накладні витрати	148,50	16,31 %
Собівартість	929,60	100,0 %

Собівартість (C_B) НДР розрахуємо за формулою:

$$C_B = B_{o.n.} + B_{c.z.} + Z_{m.v.} + Z_e + T_e + A + H_e \cdot \quad (3.11)$$

Отже, собівартість дорівнює $C_B = 929,60$ грн.

3.9. Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (3.12)$$

де $P_{рен}$ – рівень рентабельності; K – кількість замовлень, од.; $B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн.; ПДВ – ставка податку на додану вартість, (30 %).

$$Ц = 929,60 \times (1 + 0,3) \times (1 + 0,2) = 1450,18 \text{ грн}$$

3.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Для визначення ефективності продукту розраховують чисту теперішню вартість (ЧТВ) і термін окупності (ТОК).

$$ЧТВ = -K_B + \sum_{i=1}^t \frac{\Gamma_B}{(1+i)^t} \geq 0, \quad (3.13)$$

де K_B – затрати на проект;

Γ_B – грошовий потік за t -ий рік;

t - відповідний рік проекту;

i – величина дисконтної ставки (10-15%).

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$ЧТВ = -929,60 + \frac{520,58}{1 + 0,1} + \frac{520,58}{(1 + 0,1)^2} + \frac{520,58}{(1 + 0,1)^3} = 365 \text{ грн}$$

Якщо ЧТВ ≥ 0 , то проект може бути рекомендований до впровадження.

Термін окупності визначається за формулою:

$$T_{OK} = T_{ПВ} + \frac{H_B}{Г_{пр}} \quad (3.14)$$

де $T_{ПВ}$ – період до повного відшкодування витрат, років;

H_B – невідшкодовані витрати на початок року, грн.;

$Г_{пр}$ – грошовий потік на початку року, грн..

Отже, за формулою (3.14), термін окупності:

$$T_{OK} = 2 + \frac{26,12}{520,58} = 2,1$$

Всі дані внесемо в зведену таблицю 3.5 економічних показників.

Таблиця 3.5 – Економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1.	Собівартість, грн.	929,60
2.	Плановий прибуток, грн.	520,58
3.	Ціна, грн.	1450,18
4.	Чиста теперішня вартість	365
5.	Термін окупності, рік	2,1

Проведені розрахунки доводять високу ефективність запропонованого технічного обслуговування. При собівартості робіт у 929,60 грн, термін окупності витрат становить 2,1 року, що є хорошим показником.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЛЬНОСТІ

4.1 Комплексний аналіз вимог промислової безпеки щодо умов експлуатації та регламентних робіт при обслуговуванні 3D принтера Bambu Lab P1S

Загальні положення та ідентифікація небезпечних виробничих факторів

Експлуатація FDM-принтера Bambu Lab P1S у промислових, лабораторних або навчальних умовах супроводжується дією низки супутніх ризиків. Комплексний аналіз безпеки вимагає класифікації небезпечних факторів відповідно до стандартів охорони праці та промислової безпеки:

Термічні небезпеки: Температура робочого сопла (Hotend) досягає 300°C, а нагрівальної платформи (Heatbed) — 110°C. Існує високий ризик отримання термічних опіків під час роботи пристрою або одразу після її завершення.

Механічні небезпеки: Кінематична система CoreXY забезпечує високу швидкість переміщення друкуючої головки (до 500 мм/с). Рухомі ремені, шківи, крокові двигуни та вали створюють зони можливого захоплення пальців, волосся або вільного одягу оператора.

Хімічні небезпеки (емісія шкідливих речовин): При термодеструкції полімерів виділяються леткі органічні сполуки (ЛОС) та ультрадисперсні частинки (УДЧ). Особливо небезпечними є процеси плавлення технічних пластиків (ABS, ASA, PA, PC), які виділяють стирол, формальдегід та інші токсичні гази.

Електрична небезпека: Пристрій живиться від промислової мережі змінного струму 100–240 В (50/60 Гц) з максимальним споживанням до 1000 Вт (у момент нагріву столу). Несправність заземлення або пошкодження ізоляції створює ризик ураження електричним струмом.

Пожежна небезпека: Тривала робота нагрівальних елементів під високою напругою за умови виникнення аварійних збоїв у системі терморегулювання

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ				

(Thermal Runaway) або короткого замикання створює ризик займання пластику та конструкційних елементів.

Вимоги промислової безпеки до умов експлуатації

Для мінімізації ризиків та забезпечення безаварійної роботи Bambu Lab P1S у робочій зоні мають суворо виконуватися такі параметри:

Параметри виробничого середовища

Температурний режим: Оптимальна температура навколишнього середовища має становити від 10°C до 30°C. Вихід за ці межі порушує температурний баланс закритої камери та системи охолодження плати керування.

Вентиляція та повітряне середовище: Принтер оснащено вбудованою системою фільтрації з активованим вугіллям, проте при серійному виробництві або друці токсичними матеріалами (ABS/ASA) обов'язково є наявність припливно-витяжної вентиляції або локального витяжного зонта

Просторові допуски: Навколо корпусу принтера необхідно забезпечити вільний простір не менше 10 см з кожного боку для безперешкодного функціонування вентиляторів охолодження електроніки та безпечного скидання відходів пластику через сервісний жолоб (Excess Chute) на задній панелі.

Електротехнічні вимоги

Підключення пристрою дозволено виключно до трипровідної мережі із глухозаземленою нейтраллю (наявність лінії PE — захисного заземлення є обов'язковою).

Ланцюг живлення повинен бути захищений автоматичним вимикачем відповідного номіналу та пристроєм захисного відключення (ПЗВ) з лімітом струму витоку не більше 30 мА.

Регламент технічного обслуговування та карти безпеки робіт

Виконання планового технічного обслуговування (ТО) є критичною умовою забезпечення експлуатаційної надійності та безпеки.

Критичне правило безпеки: >Будь-які маніпуляції з очищення, змащування, заміни вузлів чи механічного переміщення друкуючої головки вручну повинні

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

або висмикнути шнур живлення з розетки. Не намагатися торкатися елементів голови до повного охолодження системи.

2. Займання в камері пристрою: * Знеструмити пристрій.

Не відкривати фронтальні скляні двері та верхню кришку, щоб не забезпечити приплив кисню до вогнища всередині закритого корпусу.

Для гасіння використовувати виключно вуглекислотний (ВВ) або порошковий (ВП) вогнегасник, спрямовуючи розтруб через технологічні отвори або сервісний жолоб ззаду. Гасіння водою категорично заборонено через наявність високої напруги!

3. Механічне заклинювання або травмування оператора: Натиснути кнопку аварійної зупинки у програмному забезпеченні (Vambu Handy / Vambu Studio) або повністю вимкнути живлення тумблером. Заборонено намагатися си силою витягти застряглий об'єкт під час утримання двигунами крутного моменту.

4.2 Небезпечні прояви статичної електризації

У контексті експлуатації 3D-принтера Vambu Lab P1S статична електризація не є абстрактною загрозою, а фактором, який безпосередньо впливає на стабільність друку, ресурс мікроелектроніки та пожежну безпеку.

Специфіка P1S полягає в тому, що він має закритий корпус, високі швидкості руху (до 500 мм/с) та активно працює з діелектриками (пластикові філаменти, акрилові/скляні елементи корпусу).

Нижче наведено детальний аналіз небезпечних проявів статичної електрики конкретно для цієї моделі.

1. Вплив на електроніку та сенсори (ESD-загрози)

Vambu Lab P1S оснащений великою кількістю чутливої низьковольтної електроніки. Головна небезпека — електростатичний розряд (ESD), який виникає при дотику оператора або терті деталей.

Пошкодження плати керування інструментальної головки (Toolhead Board): Друкуюча головка P1S постійно перебуває в русі. Тертя ременів та рух філаменту

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

в екструдері генерують статичний заряд. При незаземленому корпусі або накопиченні заряду може відбутися пробій на плату головки, що виведе з ладу датчик прогинання (хотенду), плату зв'язку або вентилятори охолодження.

Збої датчика закінчення філаменту (Filament Runout Sensor): Проходження пластикової нитки через датчик діє як трибоелектричний генератор. Накопичений заряд може викликати хибні спрацьовування датчика (принтер ставатиме на паузу з помилкою, що пластик закінчився) або повністю спалити його мікросхему.

Зависання інтерфейсу та екрана: Розряд статичної електрики з пальця оператора на металеву рамку поруч із кнопковим екраном P1S може призвести до перезавантаження процесора принтера, скидання завдання друку або білих смуг на дисплеї.

2. Технологічні проблеми друку та брак виробів

Статичний заряд суттєво погіршує якість деталей та стабільність подачі матеріалу:

Притягання пилу на котушці та філаменті: Пластики (особливо PLA, PETG, ABS) при розмотуванні з котушки сильно електризуються і притягують з повітря пил, мікрОВОлокна та шерсть домашніх тварин. Це сміття разом із ниткою потрапляє в екструдер і забиває сопло діаметром 0.4 мм, призводячи до недоекструзії або повної зупинки друку.

Порушення укладання першого шару: Текстурована пластина (PEI-plate), яка використовується в P1S, є діелектриком. При знятті попередніх моделей на ній залишається статичний заряд. Цей заряд може відштовхувати або деформувати тонку нитку розплавленого пластику під час укладання першого шару, що призводить до відшарування деталі (Warping).

Спотворення геометрії при друці тонкими стінками: При друці високих, тонкостінних виробів пластик накопичує однойменний заряд. Шари починають мікроскопічно відштовхуватися один від одного, що викликає ефект "луни" (ghosting), зміщення шарів або розшарування (деламінацію) моделі.

					2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

3. Пожежна небезпека та загроза вибуху

Для P1S цей фактор стає критичним при роботі в закритих або слабо вентиляльованих приміщеннях з певними матеріалами.

Займання парів ізопропілового спирту (IPA): Для очищення робочого столу P1S та промивання деталей (особливо після друку смолами чи технічними пластиками) активно використовується 99% ізопропіловий спирт. Оскільки корпус принтера закритий, всередині камери або навколо неї можуть накопичуватися пари IPA. Іскра статички від дотику до принтера або зняття деталі зі столу може підпалити ці пари.

Вибухонебезпека пилу від пластиків із вуглеволокном (Carbon Fiber - CF): Принтер P1S серійно підтримує друк матеріалами типу *PETG-CF*, *PA-CF*, *PLA-CF*. При терті та обрізанні нитки вбудованим ножом (Cutter) утворюється мікроскопічний струмопровідний вуглецевий пил. Якщо цей пил накопичується на наелектризованих пластикових деталях корпусу (наприклад, на пластиковій кришці вентилятора камери), виникає ризик короткого замикання або локального спалаху.

Методи для мінімізування статичної електризації в Bambu Lab P1S?

Обов'язкове заземлення: Переконайтеся, що принтер увімкнено в розетку з реальним (а не зануленим) заземленням. Металева рама P1S має внутрішнє заземлення, яке скидає статичку через кабель живлення.

Встановлення пилоочисників (Filament Dust Filter): Перед входом філаменту в PTFE-трубку (особливо перед системою AMS або на задній стійці) рекомендується встановити простий поролоновий фільтр-прищіпку. Він зніме статичний заряд та здебільшого збере пил.

Контроль вологості: Не допускайте падіння вологості в приміщенні, де стоїть принтер, нижче 40%. За потреби використовуйте зволожувач повітря.

Антистатична обробка: Регулярно протирайте скляні та пластикові елементи корпусу (зовні) антистатичними серветками, щоб зменшити осідання пилу на принтері.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ				54

4.3 Актуальність безпеки життєдіяльності людини

Актуальність безпеки життєдіяльності (БЖД) у сучасному світі не просто зростає — вона набула критичного, стратегічного значення. Якщо на світанку людства головними загрозами були дикі звірі та негода, то сьогодні людина опинилася в пастці середовища, яке сама ж і створила.

Сучасна актуальність БЖД базується на чотирьох масштабних факторах:

1. Стрімкий розвиток техносфери та "плату за прогрес"

Людина оточила себе технологіями, які полегшують життя, але водночас несуть приховані загрози. Це так званий техногенний ризик:

Складність систем: Сучасні виробництва, транспортні вузли та енергетичні системи (включаючи атомну енергетику) стали настільки складними, що будь-яка помилка проєктування або "людський фактор" може призвести до катастрофи глобального масштабу.

Побутова небезпека: Навіть у власній оселі людина оточена десятками електроприладів, хімічних речовин (побутова хімія, пластик), джерелами електромагнітного та статичного випромінювання, які вимагають специфічних знань для безпечного співіснування.

2. Глобальні екологічні та кліматичні зміни

Антропогенне (людське) навантаження на планету змінить кліматичний баланс. Сьогодні знання з БЖД необхідні для виживання в умовах нових природних реалій:

Зростання частоти та сили аномальних природних явищ (урагани, повіді, затяжні теплові хвилі, лісові пожежі).

Забруднення базових елементів життєзабезпечення — води, повітря та ґрунту мікропластиком, важкими металами та пестицидами. Людина має вчитися мінімізувати цей хронічний вплив на свій організм.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3. Соціально-політичні загрози та воєнні ризики

Для багатьох регіонів світу, і особливо для України, актуальність БЖД трансформувалася у фундаментальне питання фізичного виживання через військові дії:

Мінна безпека: Робота з ризиками вибухонебезпечних предметів (ВНП), які залишаються в землі на десятиліття.

Алгоритми дій у надзвичайних ситуаціях: Правила поведінки під час повітряних тривог, артобстрілів, руйнування інфраструктури (блекаути) та хімічних чи радіаційних загроз.

Інформаційна та кібербезпека: Захист психіки від маніпуляцій, ПСО (інформаційно-психологічних операцій) та захист персональних даних у цифровому просторі.

4. Зміна характеру праці та "хвороби цивілізації"

Сучасне робоче місце змістилося від важкої фізичної праці до інтелектуальної та комп'ютеризованої, що породило нові небезпечні фактори:

Гіподинамія (сидячий спосіб життя) та хронічний стрес, що веде до серцево-судинних захворювань.

Професійне вигорання та синдром хронічної втоми.

Ергономічні ризики (неправильна організація робочого простору, яка руйнує опорно-руховий апарат та зір).

Головна суть сучасної БЖД: Раніше безпека полягала в реакції на небезпеку (втекти від хижака, загасити пожежу). Сьогодні безпека — це прогнозування, моделювання та запобігання. Людина має володіти культурою безпеки, щоб виявляти ризики ще до того, як вони переростуть в аварію чи катастрофу.

Знання з безпеки життєдіяльності сьогодні є єдиним інструментом, який дозволяє зберегти найвищу цінність — людське життя та здоров'я — в умовах динамічного, високотехнологічного та нестабільного світу.

									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ				

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи на тему «Розробка проєкту технічного обслуговування 3D-принтера Bambu Lab P1S» було проведено аналіз конструкції, принципу роботи та особливостей експлуатації 3D-принтера Bambu Lab P1S. Досліджено основні вузли та системи пристрою, визначено можливі несправності, причини їх виникнення та способи усунення.

У роботі розроблено структурну та функціональну схеми принтера, описано порядок проведення технічного обслуговування, діагностики та ремонту обладнання. Також обґрунтовано вибір інструментів, приладів і програмних засобів, необхідних для виконання регламентних робіт та контролю технічного стану пристрою.

Особливу увагу приділено питанням охорони праці, електробезпеки та безпеки життєдіяльності під час експлуатації й обслуговування 3D-принтера. Проведений аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів дозволив визначити заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

У економічному розділі виконано розрахунок витрат на проведення технічного обслуговування принтера, визначено собівартість робіт та оцінено економічну доцільність запропонованого проєкту. Отримані результати підтвердили ефективність впровадження розроблених заходів з технічного обслуговування.

					2026.КВР.123.405.05.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

18. Інформація про систему охолодження головки. Bambu.net.ua. URL: <https://bambu.net.ua/products/perednya-krishka-golovi-z-ventilyatorom-oholodzhennya-bambu-lab-p1> (дата звернення: 05.06.2026).
19. Інформація про систему подачі філаменту AMS. Bambu.net.ua. URL: <https://bambu.net.ua/products/blok-ams-dlya-avtomatichnoi-zamini-filamentu> (дата звернення: 06.06.2026).
20. Інформація про хотенд у повному зборі. Bambu.net.ua. URL: <https://bambu.net.ua/products/hotend-u-povnomu-zbori-02-04-06-08mm-dlya-bambu-lab-x1c-zagartovana-stal> (дата звернення: 06.06.2026).
21. Методичні вказівки для виконання дипломного проекту. Прямок: «Обслуговування технічних засобів комп'ютерних систем». eGuru1.tk.te.ua. URL: https://eguru1.tk.te.ua/pluginfile.php/20316/mod_resource/content/1/Metod_dypl_obs1_2019_1557946788.pdf (дата звернення: 06.06.2026).
22. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з віртуальними дисплейними терміналами : наказ М-ва соц. політики України від 14.02.2018 № 207.
23. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
24. Технічні характеристики 3D-принтера Bambu Lab P1S. Лабораторія Bambu. URL: <https://shop.bambulab.com.ua/products/bambulab-p1s> (дата звернення: 07.06.2026).
25. Цікаві факти про 3D-принтери. Pro3D. URL: <https://pro3d.com.ua/a359745-tsikavi-fakti-pro.html> (дата звернення: 07.06.2026).

					<i>2026.KBP.123.405.05.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59