

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулога
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій БЛАЖЕНКО _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Олександр ГАВВА _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Інжиніринг поліграфічних та пакувальних виробництв»

на тему: Проектування виробництва з виготовлення та поліграфічного оформлення функціональної упаковки для олівців продуктивністю 10000 шт./рік

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ВП-2-7М

_____ Савчук Роман Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Чепелюк Олена Олександрівна _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Освітньо-професійна програма: Інжиніринг поліграфічних та пакувальних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАХФВ

_____ **Олександр ГАВВА**
“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Савчука Романа Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування виробництва з виготовлення та поліграфічного оформлення функціональної упаковки для олівців продуктивністю 10000 шт./рік

керівник роботи Чепелюк О. О., доцент, кандидат технічних наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

1. затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.10.2024 р. № 859-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 08.02.2024

3. Вихідні дані до роботи Продуктивність виробництва 10000 шт/рік; розмір олівців: довжина — 175 мм, діаметр — 7 мм

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація (українською та англійською мовами); аналіз вихідних даних; розробка конструкції функціональної упаковки для олівців; результати наукових досліджень; проектування комплексного технологічного процесу виробництва; життєвий цикл упаковки; техніко-економічне обґрунтування проекту; висновки; список використаних джерел; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Креслення: 3D зображення упаковки; розгортка кожуха упаковки; 2D зображення план-цеху із компонуванням лінії виробництва упаковки; результати наукових досліджень, креслення 3D-принтера.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розділи пояснювальної записки:		
1	Вступ	06.10.2024	виконано
2	Аналіз вихідних даних	12.10.2024	виконано
3	Розробка конструкції функціональної упаковки для олівців	20.10.2024	виконано
4	Результати наукових досліджень	01.11.2024	виконано
5	Проектування комплексного технологічного процесу виробництва	20.11.2024	виконано
6	Життєвий цикл упаковки	28.11.2024	виконано
7	Техніко-економічне обґрунтування проекту	01.12.2024	виконано
8	Висновки	03.12.2024	виконано
9	Список використаних джерел	04.12.2024	виконано
10	Презентація та креслення	08.12.2024	виконано

Здобувач

(підпис)Роман САВЧУК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)Олена ЧЕПЕЛЮК

(ім'я, прізвище)

Анотація

Кваліфікаційна робота присвячена розробці функціональної упаковки для олівців із використанням екологічно безпечних матеріалів та технологій 3D-друку. Основним матеріалом є PLA пластик – біорозкладний полімер, який виготовляється з поновлюваних ресурсів. Використання технологій пошарового наплавлення FDM дозволяє виготовляти конструкції з високою точністю, забезпечуючи надійне зберігання олівців і зручність їх використання.

Проект включає розробку конструкції упаковки та паперової обгортки, яка виконує роль інформаційного носія. Виконано розрахунки міцності пластикових компонентів, моделювання та оптимізацію виробничого процесу. Упаковка має компактний дизайн, запобігає пошкодженню олівців під час транспортування та містить спеціальні елементи для полегшення користування.

Розроблена упаковка відповідає сучасним вимогам екологічності, економічності та функціональності. Вона може бути використана у виробництві канцелярських товарів, сприяючи зменшенню впливу на довкілля та забезпечуючи індивідуальні потреби користувачів. Результати роботи демонструють можливість створення інноваційних рішень для сталого розвитку промисловості.

Ключові слова: проектування, упаковка, олівці, FDM 3D-друк, PLA-пластик, технологічний комплекс

Annotation

The thesis is dedicated to the development of functional packaging for pencils using environmentally friendly materials and 3D printing technologies. The primary material is PLA plastic, a biodegradable polymer made from renewable resources. The use of Fused Deposition Modeling (FDM) technology allows for the production of high-precision designs, ensuring reliable storage of pencils and ease of use.

The project includes the development of the packaging structure and an accompanying paper wrapper that serves as an informational carrier. Strength calculations for the plastic components, modeling, and optimization of the production process have been carried out. The packaging features a compact design, prevents pencil damage during transportation, and includes special elements for improved usability.

The developed packaging meets modern requirements for environmental sustainability, cost efficiency, and functionality. It can be utilized in the production of stationery, reducing environmental impact and catering to individual user needs. The results of the work demonstrate the potential for creating innovative solutions that support sustainable industrial development.

Key words: design, packaging, pencils, FDM 3D printing, PLA plastic, technology complex.

Зміст

Вступ

1.	Аналіз вихідних даних.....	9
1.1.	Сучасні технології та тенденції розвитку 3D-друку	9
1.1.1.	Розвиток новітніх матеріалів.....	11
1.1.2.	Масова кастомізація	11
1.2.	Додрукарська підготовка 3D-друку	12
1.3.	Післядрукарська обробка.....	14
1.4.	Програмне забезпечення для 3D-друку.....	17
1.5.	Опис та недоліки існуючих упаковок для олівців.....	18
1.6.	Предмет і регламент патентного пошуку інформації по виготовленню упаковок для олівців.....	21
1.7.	Тенденції розвитку за результатами патентного пошуку.....	31
2.	Розробка конструкції пакування для олівців	32
2.1.	Обґрунтування технології.....	32
2.2.	Розробка конструкції.....	34
2.3.	Розробка паперової обгортки	38
2.4.	Розрахунки на міцність пластикової частини.....	39
2.5.	Вибір кольорових рішень, композиції та шрифтів.....	41
2.6.	Вимоги до макетів та кольороподіл.....	42
3.	Результати наукових досліджень.	44
3.1.	Тенденції розвитку 3D-друку	44
3.2.	Використання екологічно безпечних матеріалів.....	47
3.3.	Моделювання технологічного процесу.	48
4.	Проектування комплексного технологічного процесу виробництва	51
4.1.	Промислове завдання на розроблення проекту підприємства по виготовленню продукції з PLA пластику.....	51
4.2.	Вибір технології та структури виробничих процесів.	54
4.3.	Вибір обладнання та матеріалів	56

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження</i>	<i>Вид документа Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>	
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		230660.KP.06.000.ПЗ	
НУХТ	<i>Документ затверджено</i>	Зміст		<i>нд. змін</i>	<i>Дата видання</i>
		ІІА	ІІА	ІІА	ІІА
				ш	ш

4.4. Організаційна структура виробництва	57
4.5. Конструкція та принцип роботи обладнання Prusa MK4S	58
5. Життєвий цикл упаковки	61
6. Техніко-економічне обґрунтування проекту	63

Висновок

Список використаних джерел

Вступ

Сучасний розвиток технологій, зокрема у сфері 3D-друку, відкриває нові можливості для створення функціональних та екологічних виробів. Однією з актуальних проблем сьогодення є пошук інноваційних рішень у сфері пакувальних матеріалів, які б відповідали сучасним вимогам екологічності та функціональності. Використання таких матеріалів, як PLA пластик, дозволяє забезпечити високу якість продукції, мінімізуючи негативний вплив на довкілля. Особливе значення це має у виробництві упаковки для канцелярських товарів, яка повинна бути водночас зручною у використанні та екологічно безпечною.

Актуальність роботи зумовлена зростаючим попитом на екологічно чисту продукцію, орієнтовану на сталий розвиток. Традиційні пакувальні матеріали, такі як пластик на нафтовій основі, створюють серйозну загрозу для довкілля через тривалий процес розкладання. Натомість PLA пластик виготовлений із поновлюваних ресурсів, стає гідною альтернативою, що поєднує екологічність, економічну доцільність та технологічну ефективність. Використання 3D-друку для створення упаковки сприяє підвищенню адаптивності виробничих процесів і дозволяє задовольняти індивідуальні потреби споживачів.

Метою роботи є розробка конструкції функціональної упаковки для олівців із використанням PLA пластику та технології пошарового наплавлення (FDM), яка забезпечувала б екологічність, надійність і зручність у використанні.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	230660.KP.06.000.ПЗ			
НУХТ	<i>Документ затверджено</i>		<i>нд. змін</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ПЛ</i>	<i>Арку ш</i>

1. Аналіз вихідних даних

1.1. Сучасні технології та тенденції розвитку 3D-друку

Сучасний розвиток технологій 3D-друку супроводжується впровадженням новітніх матеріалів, методів друку, а також розширенням можливостей застосування цієї технології у різних галузях промисловості. Завдяки постійному вдосконаленню процесів та розширенню спектру застосовуваних матеріалів 3D-друк стає важливим інструментом для виготовлення складних структур, прискорення виробничих циклів, оптимізації витрат і забезпечення високої точності та якості продукції.

На даний момент існують декілька основних видів 3D-друку:

- FDM (Fused Deposition Modeling) — один з найпоширеніших типів 3D-принтерів, який використовує термопластичний матеріал для створення об'єктів шар за шаром. Цей метод популярний завдяки своїй доступності та відносно низькій вартості, що робить його ідеальним для початківців і професіоналів.
- SLA (Stereolithography) — це метод 3D-друку, що використовує фотополімерні смоли, які затвердівають під дією ультрафіолетового (UV) світла або лазера. Ця технологія відома своєю високою точністю, здатністю створювати дуже детальні об'єкти і гладенькі поверхні. Її застосовують у таких галузях, як ювелірне виробництво, медицина та прототипування.
- SLS (Selective Laser Sintering) — це інноваційна технологія 3D-друку, яка використовує лазер для спікання порошкових матеріалів, створюючи тверді об'єкти шар за шаром. На відміну від SLA чи FDM, де використовується рідина або пластик, SLS використовує

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	230660.КР.06.001.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено		нд. змін	Дата видачі	Мова ІІА	Аркуш 9/68
		Аналіз вихідних				

порошкоподібні матеріали, що дає можливість створювати міцні та функціональні деталі з чудовими механічними властивостями.

Однією з тенденцій є підвищення ефективності вже наявних методів 3D-друку, таких як FDM (Fused Deposition Modeling), SLA (Stereolithography), SLS (Selective Laser Sintering). Наприклад, технологія FDM, яка переважно використовувалася для створення прототипів, сьогодні активно застосовується для виготовлення функціональних деталей, а нові покоління фотополімерів, що використовуються в SLA, забезпечують підвищену стійкість до ультрафіолету та високу хімічну стійкість. Метод SLS стає популярним для створення виробів із металевих порошків, що має особливе значення для машинобудування та авіаційної промисловості.

Також використовуються гібридні методи друку. Вони поєднують в собі 3D-друк з іншими виробничими методами, такими як фрезерування, лазерне різання тощо, що дозволяє виготовляти вироби з високим рівнем деталізації та міцності. Інтеграція різних методів обробки в єдиний процес значно знижує витрати часу та ресурсів на обробку деталей після друку, а також сприяє розширенню застосування 3D-друку для виготовлення складних виробів.

Одним із найбільш прогресивних напрямків є біодрук, який передбачає використання біологічних матеріалів, зокрема клітин та біосумісних гідрогелів, для створення тканин і органів, придатних для медичних досліджень і трансплантації. Біочорнила, що використовуються в цій галузі, дозволяють формувати тривимірні структури, які підтримують життєдіяльність клітин та можуть інтегруватися з тканинами організму, що відкриває нові перспективи у лікуванні і регенеративній медицині.

Висока швидкість виробництва та можливість виготовлення виробів з індивідуальними характеристиками сприяють застосуванню 3D-друку у серійному виробництві.

Також не потрібно забувати про інновації в галузі великомасштабного 3D-друку, які дозволяють друкувати будівлі та інфраструктурні об'єкти, такі як мости та укриття. Такі проекти, як використання бетонних сумішей для друку будівель, знижують вартість і час будівництва, особливо в регіонах з обмеженим доступом до ресурсів.

1.1.1. Розвиток новітніх матеріалів

Застосування новітніх матеріалів, зокрема фотополімерів, металевих порошків та біоматеріалів, дає можливість значно розширити сферу застосування 3D-друку, надаючи змогу створювати вироби з високою температурною та хімічною стійкістю. Наприклад, композитні матеріали з вуглецевими волокнами забезпечують високу міцність при низькій вазі, що робить їх придатними для авіаційної та автомобільної промисловості.

Матеріали для 3D-друку можуть бути удосконалені та мати здатність до самовідновлення та електропровідності, що дозволяє виготовляти «розумні» деталі для різних індустрій. Наприклад, електропровідні матеріали дозволяють інтегрувати прості електронні функції безпосередньо у структуру виробу, що є перспективним для використання у електроніці та Інтернеті речей.

1.1.2. Масова кастомізація

3D-друк сприяє персоналізації виробництва, особливо у сфері медичних послуг, де використовується для виготовлення імплантатів, протезів та інших виробів. Завдяки можливості інтеграції цифрових 3D-сканів можна виготовляти продукти з урахуванням індивідуальних потреб пацієнта.

За допомогою штучного інтелекту можна оптимізувати 3D-друк, дозволяючи проводити аналіз моделей і обирати найефективніші параметри друку для досягнення високої якості кінцевого продукту. Крім того, автоматизація процесів друку знижує вплив людського фактору і зменшує ризик помилок, що є важливим для масового виробництва.

1.2. Додрукарська підготовка 3D-друку

Додрукарська підготовка для 3D-друку є важливим етапом, що впливає на якість кінцевого виробу. Вона включає кілька основних кроків:

1. Створення 3D-моделі.
2. Перевірка та виправлення моделі.
3. Конвертація у формат для 3D-друку.
4. Розміщення та налаштування на платформі друку.
5. Налаштування параметрів друку (в слайсері).
6. Симуляція та попередня перевірка.
7. Остаточні перевірки.

1. Створення 3D-моделі.

Моделі для друку створюються за допомогою 3D-моделювання. Програми, які можуть використовуватися для моделювання, це: Blender, TinkerCAD, SolidWorks та інші. Під час створення моделі необхідно враховувати матеріал, який буде використано, і технологію друку.

Після моделювання створену модель потрібно оптимізувати. Оптимізація моделі – це зменшення полігонів або редагування складних деталей для уникнення помилок під час друку.

2. Перевірка та виправлення моделі.

Після моделювання потрібно зробити перевірку моделі на наявність відкритих поверхонь, самоперетинів та інших дефектів.

Якщо використане згладжування, потрібно усунути помилки моделі, які можуть вплинути на якість друку.

Потрібно перевірити, чи виставлена правильна товщина стінок, оскільки для кожного матеріалу є свої мінімальні розміри товщини стінки. Їх потрібно враховувати, щоб під час друку модель не почала ламатися.

3. Конвертація у формат для 3D-друку.

Після перевірки потрібно зробити експорт моделі у формат STL або OBJ. Це найбільш поширені формати для 3D-друку. Їх можна завантажити у програму для 3D-друку (слайсер) для подальшої підготовки.

4. Розміщення та налаштування на платформі друку.

Після того як конвертували модель, потрібно правильно розташувати модель на платформі друку, щоб мінімізувати використання підтримок і підвищити якість.

Додавання підтримок може бути автоматичне або ручне. Додавання підтримок необхідне для частин моделі, які можуть провисати під час друку.

5. Налаштування параметрів друку (в слайсері).

В налаштуваннях програми для друку моделей потрібно правильно вибрати товщини шару, швидкість друку, заповнення та інші параметри. Товщина шару впливає на деталізацію, а заповнення – на міцність і вагу. Також потрібно зробити налаштування температури для нагрівання екструдера і платформи, а також швидкості подачі матеріалу. Після чого проводиться перевірка на віртуальному друці, що дозволяє візуально перевірити можливі проблеми.

6. Симуляція та попередня перевірка.

Симуляцію друку проводять для того, щоб виявити можливі проблеми, такі як невідповідні шари чи скупчення матеріалу. За необхідності, для складних деталей часто виконують тестовий друк на невеликому масштабі або лише частині моделі.

7. Перевірка та підготовка обладнання.

Вирівнювання платформи 3D принтера потрібне для правильності друку. Особливо це потрібно для FDM-принтерів. Неправильне вирівнювання може призвести до деформації моделі.

Перед початком друку потрібно переконатися у відсутності залишків від попередніх матеріалів, що можуть вплинути на новий друк.

Після проведення всіх операцій розпочинається друк моделі на 3D принтері.

3D друк сам по собі витрачає дуже багато часу. Друк однієї моделі може складати від декількох годин до декількох діб, це залежить від типу друку, а також розмірів самої моделі.

Після закінчення друку потрібно провести після друкарські операції.

1.3. Післядрукарська обробка

Післядрукарська обробка моделей є важливим етапом, що покращує зовнішній вигляд, міцність та функціональність надрукованих виробів.

Розглянемо основні методи обробки для різних типів 3D-друку:

1. Зняття підтримок.
2. Шліфування та полірування.
3. Хімічна обробка.
4. Фарбування та покриття.
5. Збільшення міцності.
6. З'єднання деталей.
7. Спеціалізовані методи обробки.
8. Термічна обробка.
9. Підготовка до функціонального використання

1) Зняття підтримок.

Для видалення підтримок використовують плоскогубці, ножі або спеціальні інструменти. Це початковий етап, який допомагає позбутися зайвих частин. Цей процес виконується вручну.

Деякі матеріали підтримок (наприклад, PVA) можна розчиняти у воді, що зручно для точних моделей.

2) Шліфування та полірування.

Шліфування – видалення нерівностей та слідів шарів за допомогою шліфувального паперу (різної зернистості). Починають з грубозернистого, поступово переходячи до дрібнозернистого для отримання гладенької поверхні.

Полірування – додатково використовують спеціальні полірувальні пасти або інструменти для досягнення глянцевого ефекту на поверхні.

3) Хімічна обробка.

Надруковану модель можна обробити парами ацетону для досягнення гладенької, блискучої поверхні. Випаровування використовується для ABS пластику.

Деякі матеріали можна обробити іншими хімікатами для покращення зовнішнього вигляду. Наприклад, спирт використовують для полірування моделей з PLA.

4) Фарбування та покриття.

Після шліфування модель можна заґрунтувати, а потім фарбувати акриловими фарбами або аерозолями. Це покращує зовнішній вигляд та додає кольору.

Також є можливість наносити лак або захисний шар який додає блиск, стійкість до подряпин і захист від вологи.

5) Збільшення міцності.

Збільшити міцність моделі можна за допомогою епоксидної смоли. Нанесення епоксидної смоли підвищує міцність і додає блиску. Це особливо корисно для великих або тонкостінних об'єктів.

Заливка смолою або іншими зміцнювальними речовинами підходить для порожнистих моделей, де смола використовується для заповнення і підвищення міцності.

6) З'єднання деталей.

Якщо модель складається з окремих частин, тоді їх склеюють спеціальними клеями, наприклад: цианоакрилат для PLA або ABS. Після цього шви можна шліфувати і фарбувати.

Для деяких моделей може бути необхідним використання гвинтів або болтів для надійного з'єднання.

7) Спеціалізовані методи обробки.

На модель також можна наносити металеве покриття. Використовується в декоративних та функціональних елементах, де потрібен металевий вигляд або електропровідність.

Т також може бути використана піскоструменева обробка. Вона створює однорідну матову поверхню. Підходить для пластиків і металевих моделей, особливо у виробках, де потрібне специфічне текстурування.

8) Термічна обробка.

Деякі моделі можна обробити гарячим повітрям для усунення дрібних дефектів або деформацій.

Т також деякі матеріали можуть зміцнитися і стати більш довговічними після обробки у спеціальних печах.

9) Підготовка до функціонального використання.

Залежно від призначення моделі, її перевіряють на відповідність розмірам, функціональність і точність рухомих елементів.

Якщо модель призначена для зберігання рідини або експлуатації у вологих умовах, її покривають герметичним шаром для збільшення вологозахисту.

Правильна післядрукарська обробка робить модель більш естетичною, довговічною і функціональною, розширюючи її можливості та сфери застосування.

1.4. Програмне забезпечення для 3D-друку

Програмне забезпечення для 3D-друку зазвичай включає в себе кілька категорій, кожна з яких виконує свою роль в процесі створення 3D-об'єктів. Нижче наведено основні типи програмного забезпечення, яке може використовуватися:

1. CAD (Computer-Aided Design) програмне забезпечення:

AutoCAD – широко використовується для створення 2D та 3D моделей.

SolidWorks – потужне CAD програмне забезпечення, яке спеціалізується на солід 3D-моделюванні.

Fusion 360 – програмне забезпечення від Autodesk, яке поєднує CAD, CAM та CAE.

2. Програмне забезпечення для підготовки до друку (Slicing software):

Cura – популярна безкоштовна програма для розрізання готових моделей для 3D-друку.

PrusaSlicer – програмне забезпечення для розрізання готових моделей, розроблене для 3D-принтерів Prusa, але підходить і для інших моделей.

Simplify3D – платне програмне забезпечення, що пропонує розширені функції для оптимізації друку.

3. Програмне забезпечення для редагування моделей:

Blender – безкоштовне програмне забезпечення для полігонального 3D-моделювання, анімації та рендерингу.

Meshmixer – інструмент для редагування та підготовки 3D-моделей до друку.

4. Програмне забезпечення для контролю принтера:

OctoPrint – веб-інтерфейс для контролю 3D-принтера через Raspberry Pi.

Repetier-Host – програмне забезпечення для управління 3D-принтером, яке включає в себе функції моніторингу та контролю.

5. Програмне забезпечення для 3D-сканування:

Agisoft Metashape – створює 3D-моделі з фотографій.

3DF Zephyr – програмне забезпечення для 3D-сканування з підтримкою фотограмметрії.

1.5. Опис та недоліки існуючих упаковок для олівців

Сучасні упаковки для олівців представлені широким вибором варіантів, що відрізняються за матеріалом, дизайном, функціональністю та рівнем захисту. Основні види упаковок включають картонні коробки, металеві кейси, пластикові футляри, тканинні пенали та рулони, а також тубуси. Кожен з них має свої особливості та призначений для різних цілей і аудиторій.

Картонні коробки – найпоширеніший тип. Легкі, компактні та мають барвистий дизайн. Часто використовуються для наборів від 6 до 24 кольорів, призначені для школярів та аматорів.

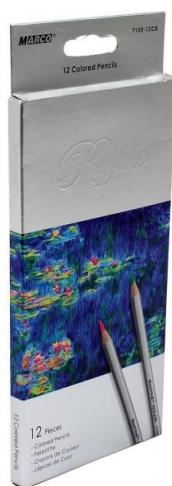


Рисунок 1.1 Приклад картонних коробок.

Металеві коробки – міцні та надійні, захищають олівці від зламу. Використовуються переважно для професійних наборів, з кількістю олівців до 72 і більше. Декоровані малюнками або брендovими логотипами.



Рисунок 1.2 Приклад металевих коробок.

Тубуси – зазвичай виготовлені з картону чи пластику, циліндричної форми. Зручні для транспортування, легко закриваються, компактні, використовуються як для професійних, так і для аматорських наборів.



Рисунок 1.3 Приклад тубусів.

Тканинні пенали та рулони – популярні серед художників професіоналів. Виготовлені з тканини або шкіри, з окремими відділеннями для кожного олівця. Згортаються в рулон для зручності зберігання та транспортування.



Рисунок 1.4. Приклад пеналу та рулону.

Пластикові коробки – міцні та стійкі до ударів. Використовуються для дитячих наборів, часто мають застібки або кришки з фіксацією, що допомагає тримати олівці організованими.



Рисунок 1.5 Приклад пластикових контейнерів.

Дизайн упаковок варіюється від простих до креативних і яскравих, з ілюстраціями, що підходять для різних цільових аудиторій – від дітей до професійних художників.

1.6. Предмет і регламент патентного пошуку інформації по виготовленню упаковок для олівців.

З метою відповідності сучасним вимогам було важливим здійснити пошук інформації щодо наявних варіантів виготовлення упаковки, включаючи можливості 3D-друку, які можуть бути використані для вирішення завдань, поставлених у межах проєкту. Застосування технологій 3D-друку дозволяє створювати інноваційні, персоналізовані упаковки, які можуть бути адаптовані до специфічних вимог продукту та сприяти оптимізації виробничих процесів.

Таблиця 1.1 Регламент патентного пошуку.

Предмет пошуку	Мета	Країни	Класифікаційні індекси	Ретро-спективність	Джерела інформації
1.Pencil box 2.Pencil case	Визначення тенденції розвитку та вдосконалення пакування для олівців.	Україна, Китай, Корея, Японія, США.	B65 A45 C11	10 років	Інтернет джерела: ua.patents.su espacenet.com patents.google.com

Таблиця 1.2 Патенти відібрані за результатом пошуку.

Вид і номер охоронного документу, класифікаційний номер МКВ, країна, що видала патент, у квадратних дужках номер посилання зі списку використаних джерел.	Заявник з вказівкою країни, номеру заявки, дати пріоритету, конвенційний пріоритет, дата публікації.	Суть поданого технічного рішення і мета його здійснення за змістом опису винаходу.
1	2	3
Номер патенту: 73204 Індекс: B65D 85/00 Країна походження: Україна	Хоружий Р. В. (Україна) 04.04.2012	Розроблений контейнер придатний для зберігання будь-яких предметів, а наявність пазла на бічній поверхні надає додаткові можливості по використанню контейнера як розважального пристрою, гри чи головоломки
Номер патенту: US D903,301 S Індекс: D3 / 205 , 206 , 315-317 Країна походження: США	Li Chen, (Китай) 01.12.2020	Запропонований дизайн пеналу для олівців, основними перевагами якого є можливість зручного доступу до них та, за потреби, фіксації
Номер патенту: CN203740369U Індекс: B65D5/18; B65D5/42; B65D5/70; B65D85/28; Країна походження: Китай	Ma Yingda (Китай) 30.07.2014	Корисна модель описує пакувальну коробку для кольорових олівців, виготовлену з плоского аркуша паперу, який складається та склеюється, утворюючи корпус коробки і верхню кришку. Корпус має передню та задню поверхні з отворами для вставки, що забезпечують зручний доступ до вмісту. Верхня кришка складається з передньої та задньої поверхонь, з'єднаних ділянкою для склеювання, та містить вставний язичок для закриття. На верхній кришці є отвір для гачка і оглядовий отвір для зручного перегляду

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
		олівців. Така конструкція спрощує зберігання і використання коробки, роблячи її зручною для студентів.
<p>Номер патенту: CN104544872A</p> <p>Індекс: A45C11/34; A45C15/00;</p> <p>Країна походження: Китай</p>	<p>WU PEIJING (Китай) 29.04.2015</p>	<p>Портативний пенал має науковий дизайн, зручний у використанні та носінні, має функцію протиковзання, а також функцію відображення температури, вологості та календаря, а також має кращу фактичну цінність застосування та популяризаційну цінність</p>
<p>Номер патенту: KR200474789Y1</p> <p>Індекс: A45C11/34;</p> <p>Країна походження: Корея</p>	<p>안민석 (Корея) 07.10.2014</p>	<p>Дана модель вирішувала завдання створення складаного пеналу, в якому пенал, що містить письмовий інструмент, можна легко зберігати в місці зберігання шляхом зміни форми пенала відповідно до форми місця зберігання</p>
<p>Номер патенту: JP2020039765A</p> <p>Індекс: A45C11/34;</p> <p>Країна походження: Японія</p>	<p>Tochio Yosuke (Японія) 19.03.2020</p>	<p>В патенті описано двосторонній пенал для зберігання письмового приладдя у передній і задній секціях зберігання. Він був розроблений для зручності користування на обмеженому просторі парти школярам як з правою ведучою рукою, так і лівою</p>
<p>Номер патенту: KR20190006860A</p> <p>Індекс: B43K19/02; B43K23/00; B43K23/02;</p> <p>Країна походження: Корея</p>	<p>Shin Gyeom Min (Корея) 21.01.2019</p>	<p>Суттєвою проблемою при використанні олівців є їх падіння під час використання. Розроблено кольоровий пенал, який згинається під час використання олівців і слугує підставкою для них. Використання магнітів у</p>

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
		цьому винаході (в олівцях і пеналі) сприяє уникненню падіння олівців
<p>Номер патенту: CN104490061A</p> <p>Індекс: A45C11/34;</p> <p>Країна походження: Китай</p>	<p>Huang Xinqiong (Китай) 08.04.2015</p>	<p>Багатофункціональний пенал можна закрити після того, як учень візьме олівець тощо, і автоматично закриває магнітний всмоктувальний блок коробки кришкою пенала, завдяки чому він зручний у використанні.</p>
<p>Номер патенту: KR102553313B1</p> <p>Індекс: A45C11/34; A45C13/00; A45C13/10; B43K19/02;</p> <p>Країна походження: Корея</p>	<p>Kim Taeheung; Choi Hyeoncheol (Корея) 04.07.2023</p>	<p>Кольоровий пенал містить: корпус футляра, що має безліч отворів для вставлення кольорових олівців; точилка для олівців, розташована на корпусі; кришка, з'єднана з верхньою частиною корпусу для покриття кольорового олівця і магніт, який підтримує з'єднаний стан корпусу і кришки.</p>
<p>Номер патенту: KR102570176B1</p> <p>Індекс: A45C11/34; A45C15/04; A45C15/06;</p> <p>Країна походження: Корея</p>	<p>김태성 (Корея) 21.08.2023</p>	<p>Тонюча плівка з пропусканням видимого світла від 15% до 25%, прикріплена до прозорої кришки пенала. Є внутрішнє освітлення, встановлене всередині основного корпусу пенала. Коли торкнутися перемикача плівки, від нього надходить сигнал роботи освітлення і активує його. Світло випромінюється всередину корпусу пеналу, який закрито прозорою кришкою, так що користувач може перевіряти вміст пеналу, навіть не відкриваючи його.</p>

Серед запатентованих ідей, розроблених винахідниками різних країн, переважають спроби зробити коробки для олівців більш функціональними, надати можливість використовувати їх не лише за прямим призначенням – як упаковку чи контейнер для зберігання. Так, Хоружий Р. В. (<https://ua.patents.su/6-73204-universalnijj-kontejjner.html>) вирішував задачу підвищення зручності використання і розширення області застосування при створенні упаковки з пакувального шаруватого матеріалу на основі паперу. Розроблений ним контейнер придатний для зберігання будь-яких предметів, а наявність пазла на бічній поверхні надає додаткові можливості по використанню контейнера як розважального пристрою, гри чи головоломки.

Li Chen

([https://patents.google.com/patent/USD903301S1/en?q=\(Pencil+box\)&oq=Pencil+box](https://patents.google.com/patent/USD903301S1/en?q=(Pencil+box)&oq=Pencil+box)) запропонував дизайн пеналу для олівців, основними перевагами якого є можливість зручного доступу до них та, за потреби, фіксації (рис.1.6).

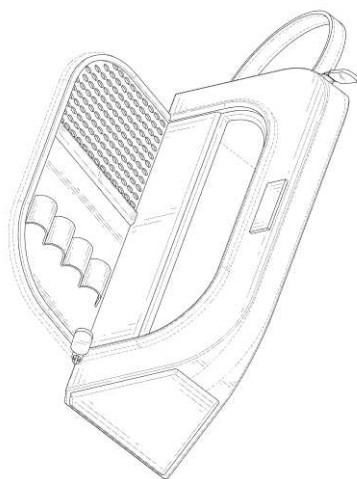


Рисунок 1.6 Пенал для олівців, патент USD903301S1

В якості аналогів і прототипів свого винаходу Li Chen вказував чохли і футляри для інших речей, наприклад інгалятора (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN203740369U>), основною перевагою яких є легкість відкривання і можливість закріпити чохол в зручному місці.

Портативний пенал (патент CN104544872A, належить фірмі WU PEIJING) має науковий дизайн, зручний у використанні та носінні, має функцію протиковзання, а також функцію відображення температури, вологості та календаря, а також має кращу фактичну цінність застосування та популяризаційну цінність

(<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN104544872A>)

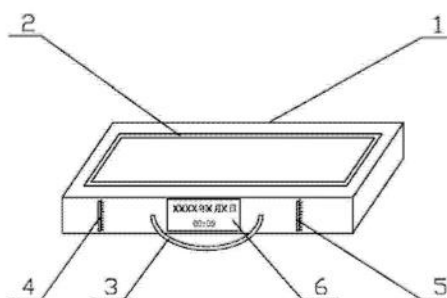


Рисунок 1.7 Портативний пенал:

1 — корпус пеналу, 2 — гумова прокладка, що не ковзає, 3 — вигнута ручка, 4 — термометр, 5 — гігрометр, 6 — електронний календар.

Представники південнокорейської фірми 안민석

(<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052142866/publication/KR200474789Y1?q=pn%3DKR200474789Y1>) вирішували завдання створення складаного пеналу, в якому пенал, що містить письмовий інструмент, можна легко зберігати в місці зберігання шляхом зміни форми пенала відповідно до форми місця зберігання (рис. 1.8).

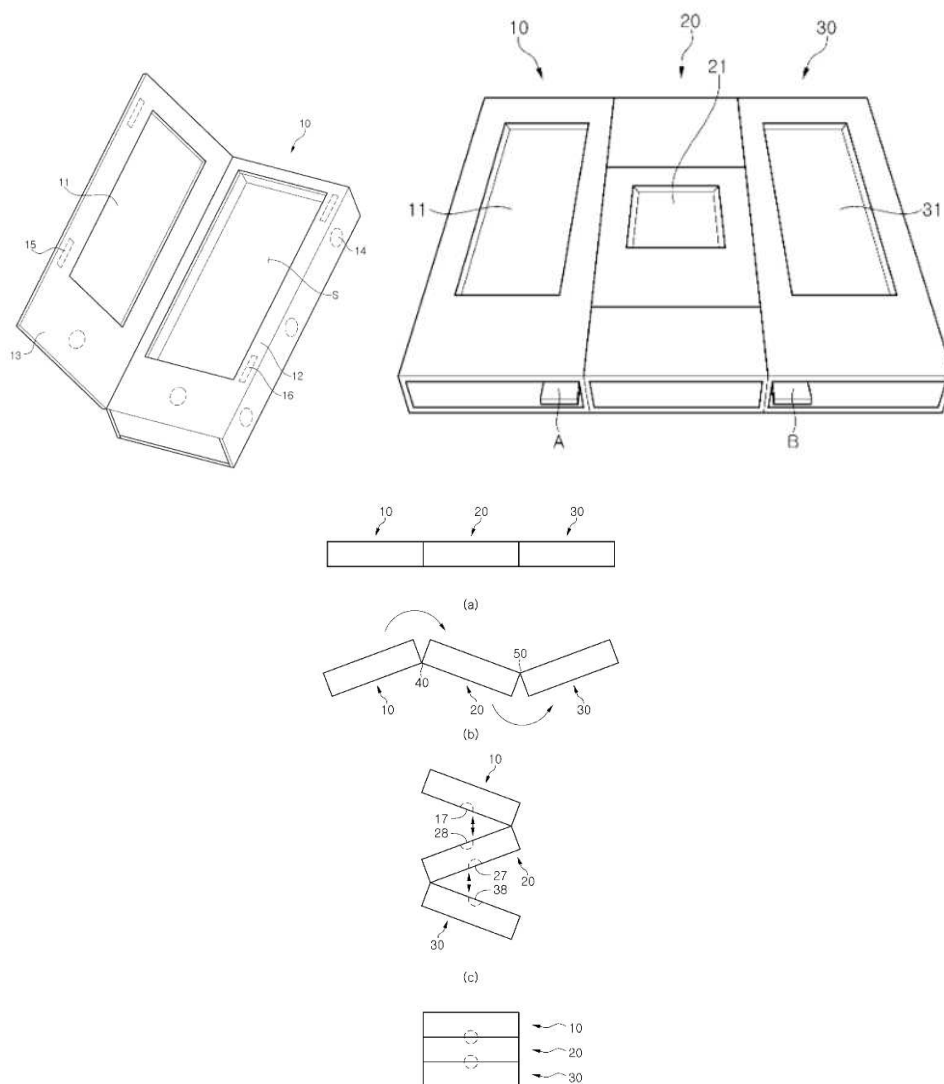


Рисунок 1.8 Складний пенал (патент KR200474789Y1; KR20140005211U)

В патенті японського винахідника Tochio Yosuke описано двосторонній пенал для зберігання письмових інструментів у передній і задній секціях зберігання (рис.1.9). Він був розроблений для зручності користування на обмеженому просторі парти школярам як з правою ведучою рукою, так і лівою (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/069799046/publication/JP2020039765A?q=pn%3DJP2020039765A>).

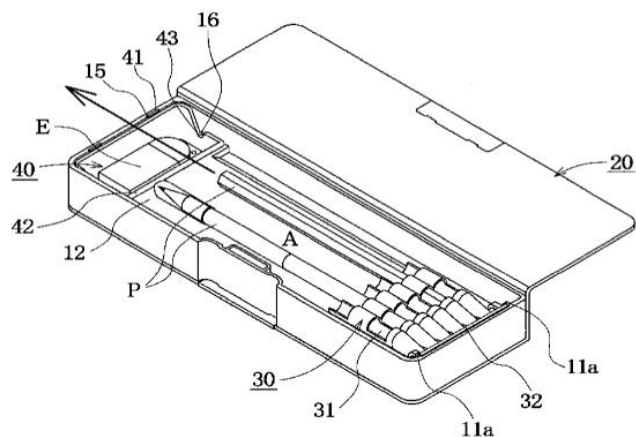


Рисунок 1.9 Двосторонній пенал (патент JP2020039765A; JP6897978B2)

Суттєвою проблемою при використанні олівців є їх падіння під час використання. Варіант запобігання цьому запропонував SHIN GYEOM MIN, розробивши кольоровий пенал, який згинається під час використання олівців і слугує підставкою для них. Використання магнітів у цьому винаході (в олівцях і пеналі) сприяє уникненню падіння олівців (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/065277792/publication/KR20190006860A?q=pn%3DKR20190006860A>)

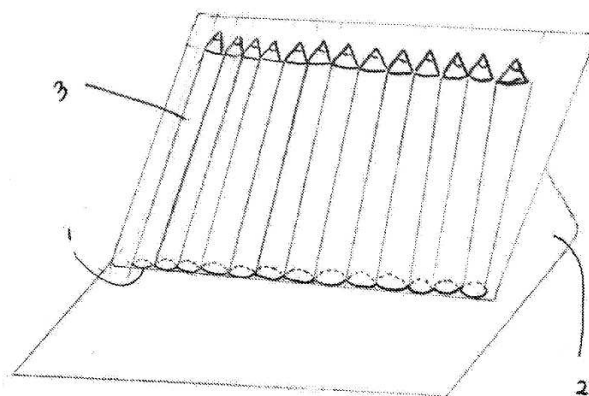


Рисунок 1.10 Кольорові олівці і пенал для них:

1 – магніт; 2 – футляр; 3 – кольорові олівці

Багатофункціональний пенал, запатентований Huang Xinqiong (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN104490061A>), можна закрити після того, як учень візьме олівець тощо, і автоматично закриває

магнітний всмоктувальний блок коробки кришкою пенала, і він зручний у використанні.

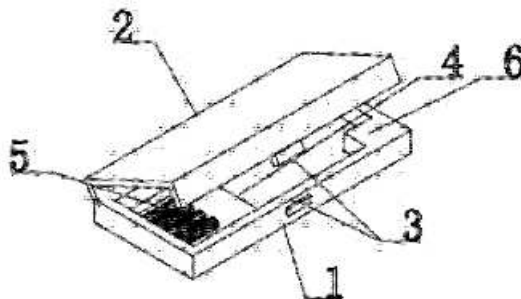


Рисунок 1.11 Багатофункціональний пенал

Використовувати магніти пропонують і Kim Taeheung; Choi Hyeoncheol (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DKR102553313B1>).

Кольоровий пенал (рис.1.12) містить: корпус (110) футляра, що має безліч отворів (115) для вставлення кольорових олівців; точилка для олівців (120), розташована на корпусі (110); кришка (130), з'єднана з верхньою частиною корпусу (110) для покриття кольорового олівця (10); і магніт (140), який підтримує з'єднаний стан корпусу (110) і кришки (130).

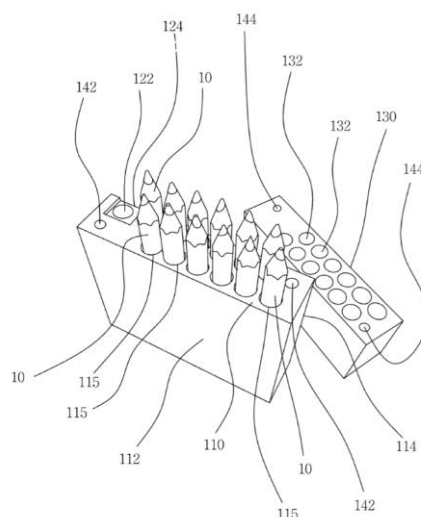


Рисунок 1.12 Пенал для кольорових олівців

Розроблені й конструкції пеналів, зручні у використанні, які мають досить складну конструкцію, включно з блоком керування

230660.КР.06.001.ПЗ

Інд.
.....

Дата
.....

Мер

Аркуш
29/68

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DKR102570176B1>).

Тонуюча плівка з пропусканням видимого світла від 15% до 25%, прикріплена до прозорої кришки пенала так, щоб прозору кришку пенала можна було використовувати як дзеркало. Внутрішнє освітлення, встановлене всередині основного корпусу пенала; перемикач плівки, прикріплений до зовнішньої сторони тонувальної плівки; Коли торкнутися перемикача плівки, від нього надходить сигнал роботи освітлення і активує його. Світло випромінюється всередину корпусу пеналу, який закрито прозорою кришкою, так що користувач може перевіряти вміст пеналу, навіть не відкриваючи його.

Таким чином, протягом останніх 10 років в світі видано багато патентів на коробки, футляри, пенали для олівців. Переважна більшість цих розробок спрямована на забезпечення зручності користування і підвищення функціональності.

1.7. Тенденції розвитку за результатами патентного пошуку

Аналізуючи дані патентного пошуку, можна дійти висновку, що для виготовлення упаковки для олівців виробники часто використовують різні форми з певними конструкційними елементами, які регламентуються внутрішніми нормами, зазначеними у технічних умовах (ТУ).

При розробці нового пакування технологічна карта включає такі етапи:

- Розрахунок обсягу продукції та вибір відповідних матеріалів для упаковки.
- Підбір обладнання для виготовлення упаковки з урахуванням потреб виробництва.
- При потребі — додавання додаткових елементів або модулів чи внесення змін у вже готові частини машин.
- Інтеграція обладнання у виробничу лінію.

Для досягнення унікальних елементів дизайну виробник може додавати додаткові технологічні операції, спираючись на можливості власного обладнання або звертаючись до інших виробників, які виконують окремі елементи. До кожної додаткової операції розробляються власні технічні умови.

2. Розробка конструкції пакування для олівців

2.1. Обґрунтування технології

Виготовлення упаковки для олівців з використанням технології 3D-друку методом моделювання пошарового наплавлення (FDM) є обґрунтованим і перспективним рішенням, що відповідає сучасним вимогам екологічності, функціональності та адаптивності виробничих процесів.

Основним матеріалом для виробництва виступає PLA пластик, що є термопластичним та біорозкладним полімером, який виготовляється з відновлюваних ресурсів, наприклад, кукурудзяного крохмалю або цукрової тростини. PLA є ідеальним для 3D-друку завдяки своїй здатності утворювати міцні, стабільні структури при порівняно низьких температурах плавлення, що знижує енерговитрати на виробництво та мінімізує вплив на навколишнє середовище. Використання PLA в упаковці для олівців, зокрема з заданими характеристиками олівців (довжина — 175 мм, діаметр — 7 мм), є стратегічним вибором, який підкреслює прихильність до екологічних стандартів і сталого розвитку, адже така упаковка легко піддається переробці або безпечному розкладанню.

Технологія FDM-друку забезпечує точне відтворення розробленої конструкції упаковки з урахуванням розмірів та форми олівців, що дозволяє створювати ідеально підігнану упаковку, в якій олівці зберігаються надійно і компактно. Оскільки олівці мають стандартні розміри, конструкція упаковки може бути розрахована так, щоб передбачити спеціальні відділення або напрямні для кожного олівця. Це дозволить уникнути їх переміщення всередині упаковки під час транспортування або

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Розробка	230660.KP.06.002.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено					

використання, що підвищує зручність для споживача. Завдяки такій модульності конструкції можна створювати упаковки, що легко адаптуються під індивідуальні запити клієнта, при цьому зберігаючи необхідний рівень захисту та естетичну привабливість продукції.

FDM-друк PLA-пластиком є також економічно вигідним для створення невеликих партій та швидкого прототипування, що є важливим на етапі тестування дизайну чи при виробництві індивідуальних замовлень. Це дозволяє виробнику гнучко підходити до виготовлення різних варіантів упаковки без потреби в дорогих прес-формах, характерних для традиційних методів виготовлення, таких як лиття під тиском. У разі необхідності зміни конструкції або додавання нових елементів виробник може швидко вносити корективи у цифровий файл моделі та миттєво виготовляти нову партію з оновленими характеристиками.

Завдяки використанню 3D-друку упаковки можуть також містити унікальні конструкційні елементи, які підвищують зручність користування: це можуть бути закруглені краї для комфорту при відкритті, спеціальні внутрішні обмежувачі, що забезпечують фіксацію кожного олівця. Додавання таких елементів не потребує складних механічних операцій, оскільки 3D-принтер може легко сформувати їх разом із основною частиною упаковки, створюючи цілісну і функціональну конструкцію.

Таким чином, використання технології 3D-друку методом FDM із PLA-пластиком для виготовлення упаковки для олівців забезпечує поєднання екологічності, гнучкості та економічної ефективності. Це рішення відповідає вимогам сучасного ринку щодо стійкості виробництва, адаптивності під різні обсяги та можливості персоналізації продукту, що дозволяє надавати споживачам інноваційну та екологічно безпечну упаковку, яка підкреслює цінність продукту та зручність його використання.

2.2. Розробка конструкції

В основі розробки була ціль покращити користування олівцями, для чого і була розроблена і розрахована упаковка. Головною особливістю упаковки стало розташування олівців та зручність їх використання.

У ході розробки були поставлені такі цілі:

- упаковка має бути екологічною;
- зручне та легке використання;
- виготовлення має бути на сучасному обладнанні із сучасними технологіями;
- має давати достатній захист для олівців.

Враховавши дані вимоги, було поставлено задачу розробити нову конструкцію упаковки і надати їй гарний зовнішній вигляд.

У першу чергу було розраховано габаритні розміри з урахуванням розмірів олівців в кількості 12 штук. Для розрахунків було взято олівці з розмірами: довжина — 175 мм, діаметр — 7 мм. Після чого розроблялася 3D модель, як враховувала розміри олівців та їх кількість.

Під час створення моделі було вирішено робити її з трьох деталей:

- нижньої частини (рис.2.1);
- кришки (рис.2.2);
- внутрішньої частини (рис.2.3).

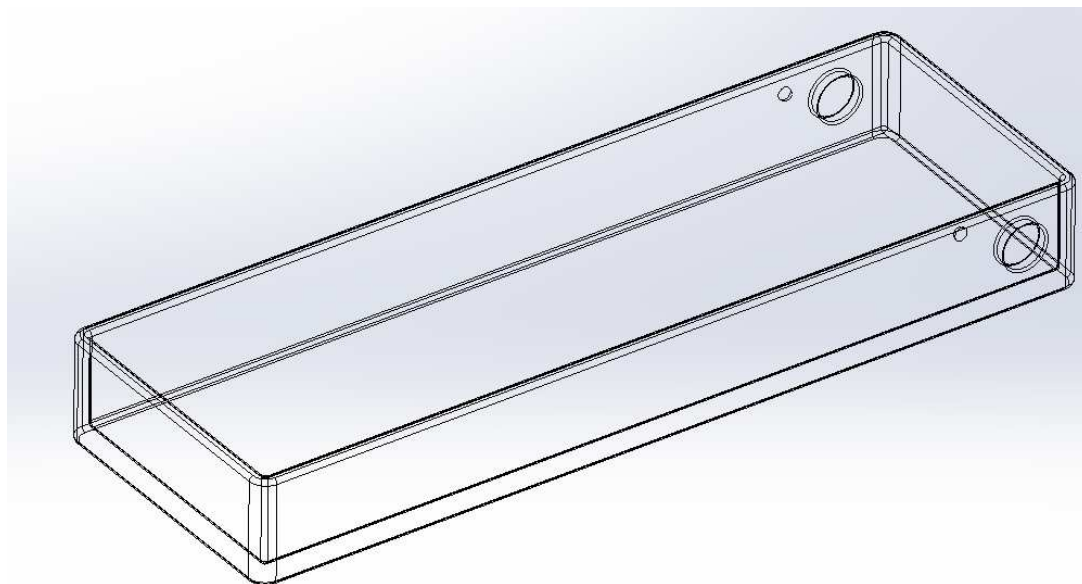


Рисунок 2.1 Нижня частина

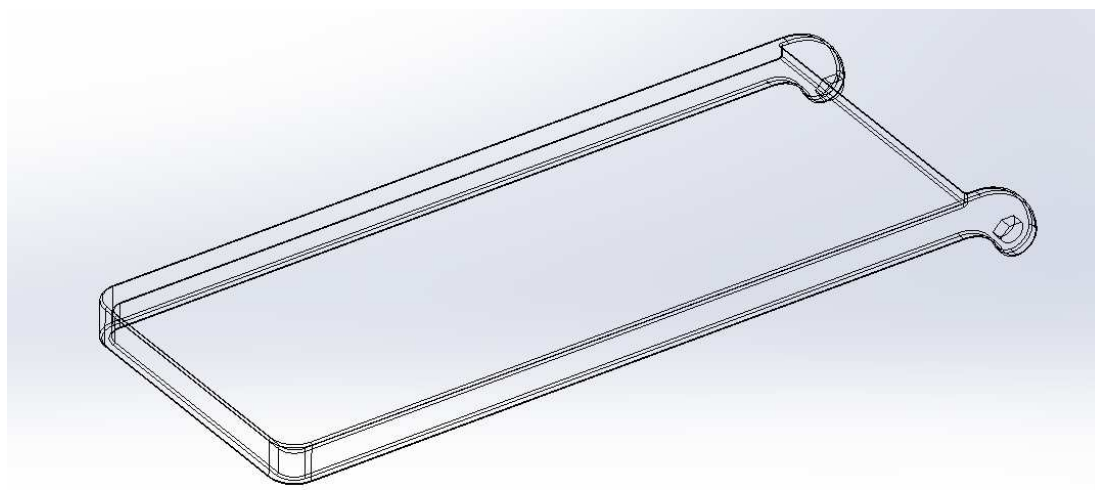


Рисунок 2.2 Кришка

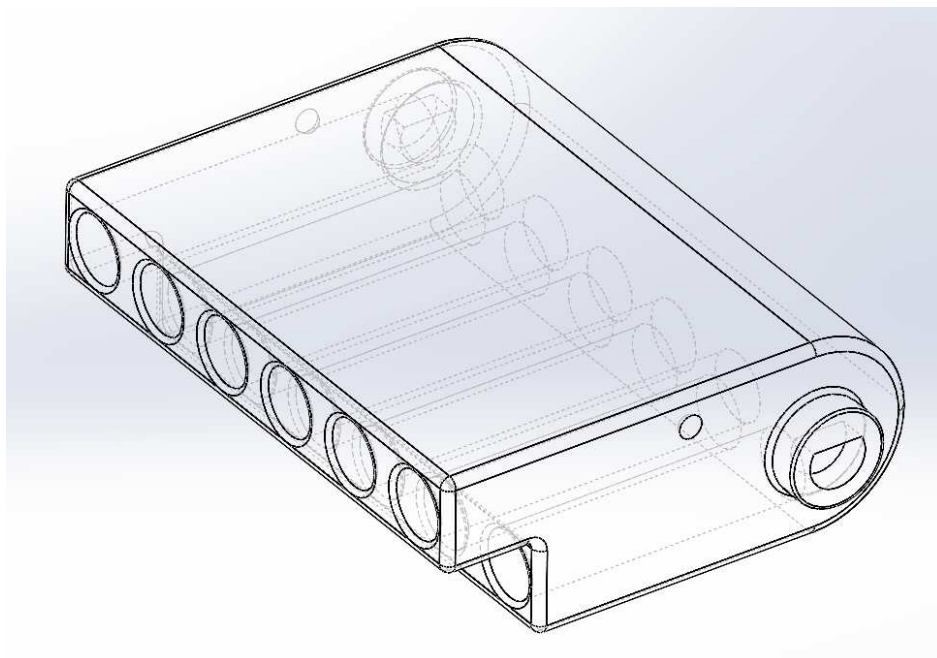


Рисунок 2.3 Середня частина.

Під час розробки цих моделей було розроблено механізм кріплення та відкривання кришки. Кришка має спеціальний механізм, за допомогою якого під час її відкривання також рухається і внутрішня частина (рис.2.4).

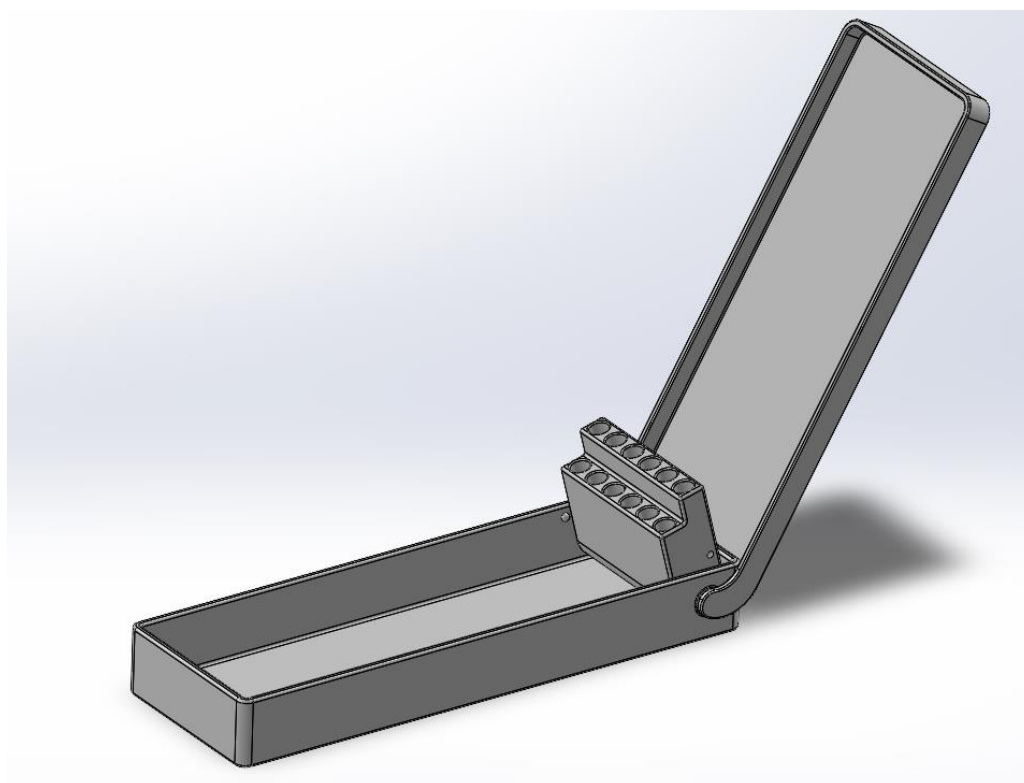


Рисунок 2.4 Зібрана модель в розкладеному вигляді.

Дана модель має у внутрішній частині 12 посадкових отворів для олівців у два ряди. Завдяки такому розміщенню зручно брати олівці як і з першого ряду, так і з другого.

Так як для виготовлення будуть використовуватися 3D принтери, потрібно було розрахувати, скільки можливо одночасно друкувати моделей за один раз. Тому було використана спеціальна програма Cura в яку потрібно завантажити дану модель. Після чого програма сама розрахує і розмістить максимальну кількість моделей на робочій поверхні. Потім дана програма розраховує час, кількість використаного матеріалу для друку даних моделей.

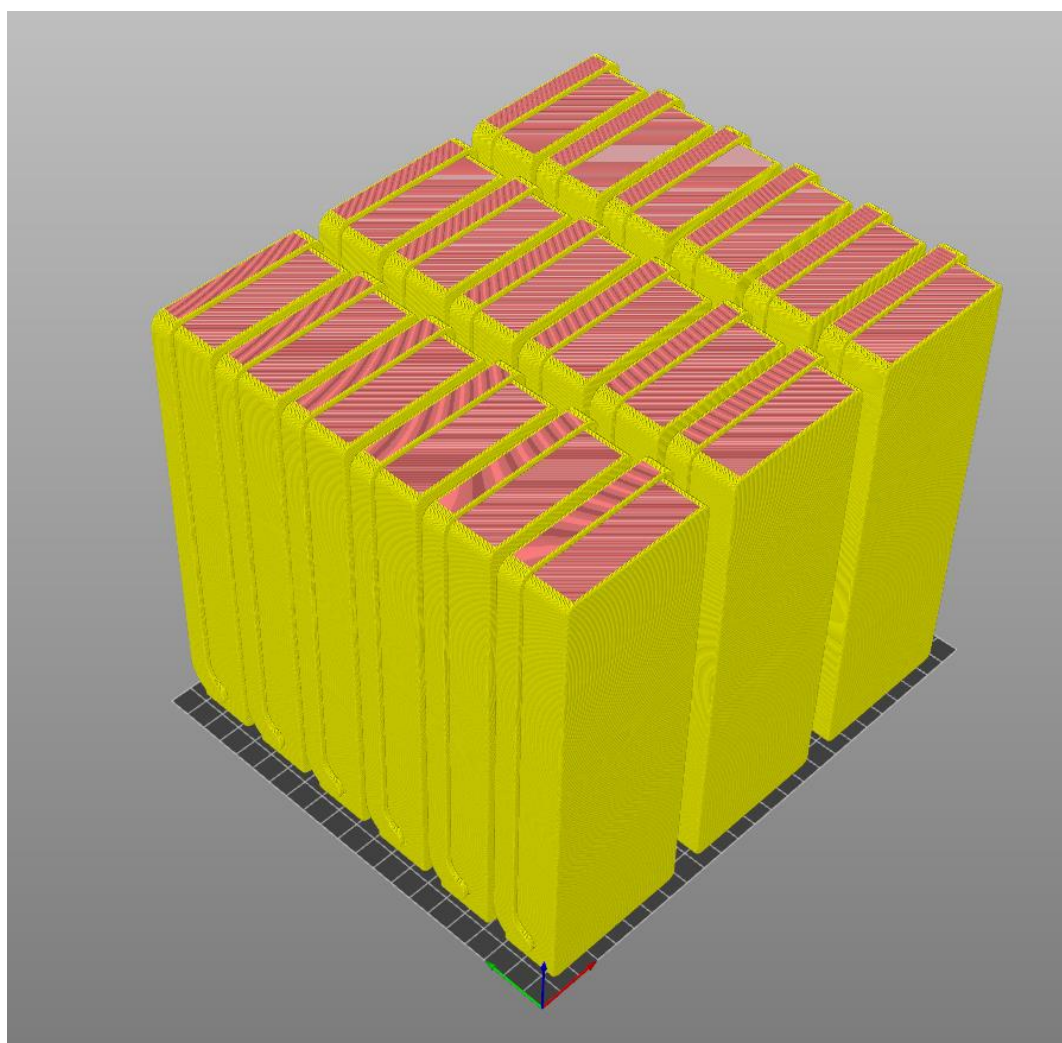


Рисунок 2.5 Розміщення моделей на робочій поверхні принтера.

На робочу поверхню даного принтера поміщається 18 екземплярів моделі в складеному вигляді (рис.2.5). Також програма спеціально для принтерів ділить

всі моделі на шари, по яким вже принтер буде друкувати, вони складають 0,2 мм. Завдяки такій товщині шару буде найкраща якість друку, в результаті чого після друку потрібно буде витратити менше часу на після друкарську обробку.

2.3. Розробка паперової обгортки

У ході розробки була створена спеціалізована паперова обгортка для виробу, яка виконує функцію інформаційного носія. Ця обгортка дозволяє розміщувати ключову інформацію, що сприяє більш повному розумінню властивостей і призначення виробу. Такий підхід надає можливість ефективно інтегрувати інструкції, технічні характеристики та рекомендації з використання, що є суттєвою перевагою з точки зору функціональності та ергономічності.

Паперова обгортка також виконує роль інтерактивного елемента, який значно підвищує цінність продукту з точки зору його користувацької інформативності. Вона забезпечує легкий доступ до важливих даних, зокрема щодо екологічності, експлуатаційних властивостей та правил безпеки.

Розробка такого елемента відповідає сучасним тенденціям інтеграції додаткових інформаційних носіїв у пакування продукції, що забезпечує ефективну передачу інформації без необхідності додаткових електронних чи технічних засобів. Використання паперової обгортки для цих цілей є екологічно доцільним рішенням, яке дозволяє знизити обсяги додаткових пакувальних матеріалів і відповідає принципам сталого розвитку.

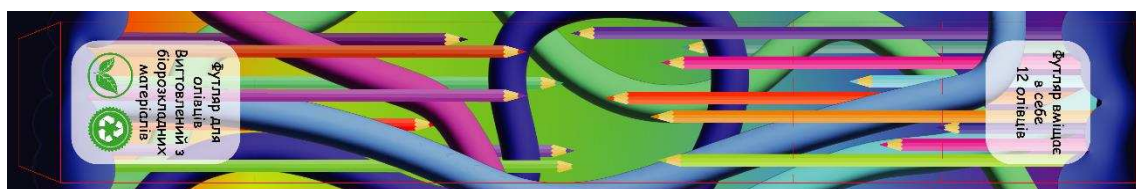


Рисунок 2.6 Графічне зображення даної обгортки.

Нижче (Рис. 2.7) представлено розгортку даної паперової обгортки, яка демонструє всі її елементи. На розгортці детально показано розташування інформаційних блоків, включаючи зони для технічних характеристик, інструкцій з експлуатації та рекомендацій з безпеки. Завдяки оптимізованому

дизайну, інформація на обгортці розміщена логічно та інтуїтивно зрозуміло, що полегшує її сприйняття користувачем.

Крім того, розгортка враховує можливість компактного складання обгортки навколо моделі, зберігаючи при цьому цілісність усіх інформаційних блоків. Такий підхід забезпечує ефективне використання площі поверхні, мінімізує надмірність матеріалів і сприяє зручному розміщенню обгортки під час виробничого процесу.

Розробка розгортки також передбачає можливість використання різних видів паперу, що дозволяє адаптувати матеріал до специфічних умов використання моделі. Це підвищує загальну функціональність обгортки, роблячи її не тільки інформативною, але й практичною у застосуванні, незалежно від умов експлуатації.

2.4. Розрахунки на міцність пластикової частини

Для проведення розрахунків на міцність була використана програма Solid Works, в якій і було змодельовано 3D-модель. За допомогою додатка Simulation було проведено розрахунок на міцність. Його результати свідчать, що розроблена конструкція упаковки витримає прикладені навантаження.

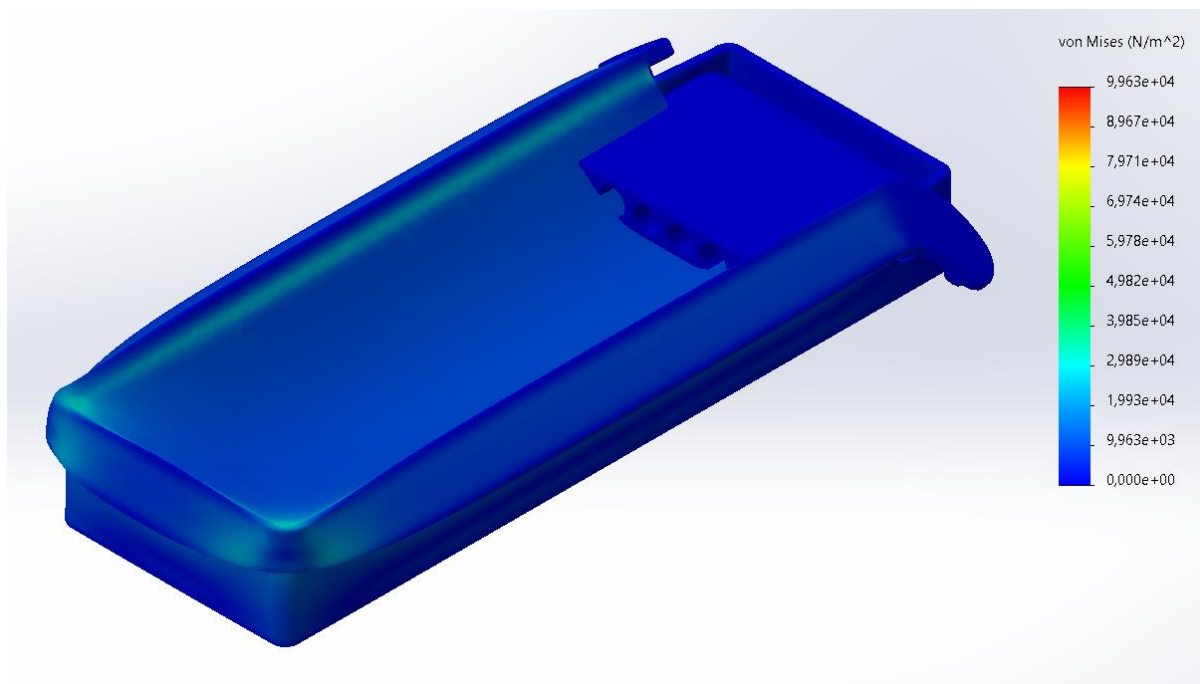


Рисунок 2.7 Еквівалентні напруження

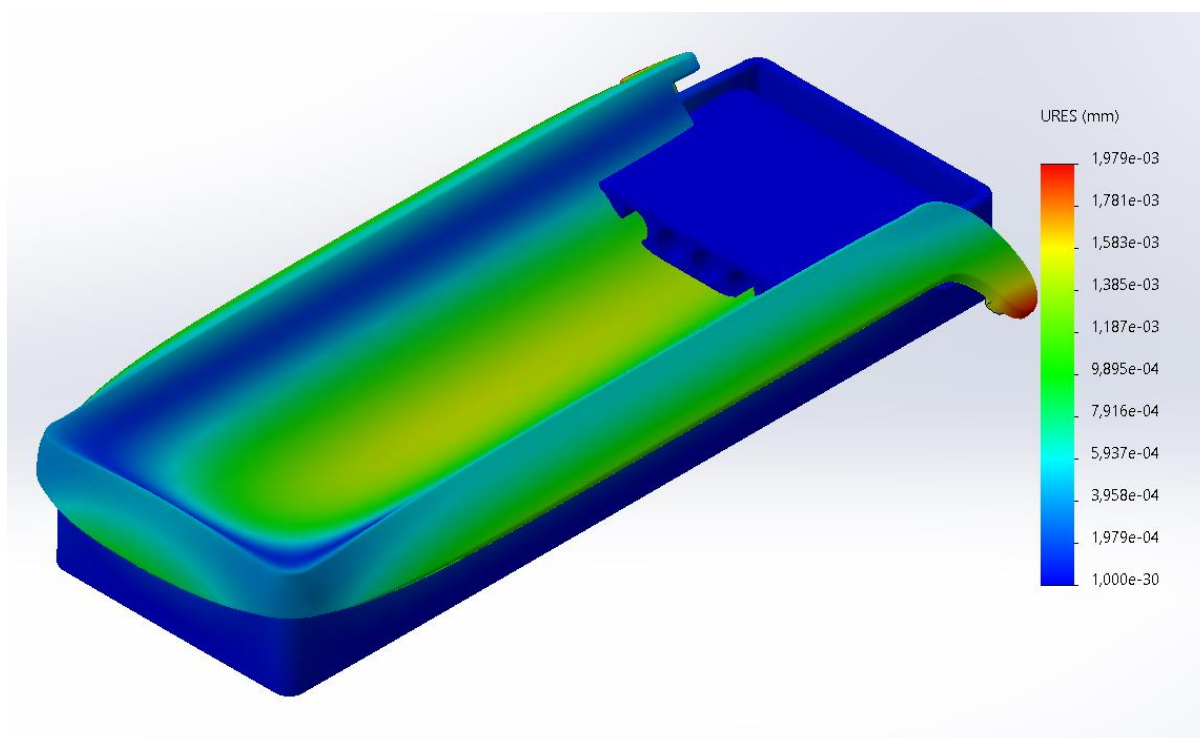


Рисунок 2.8 Переміщення

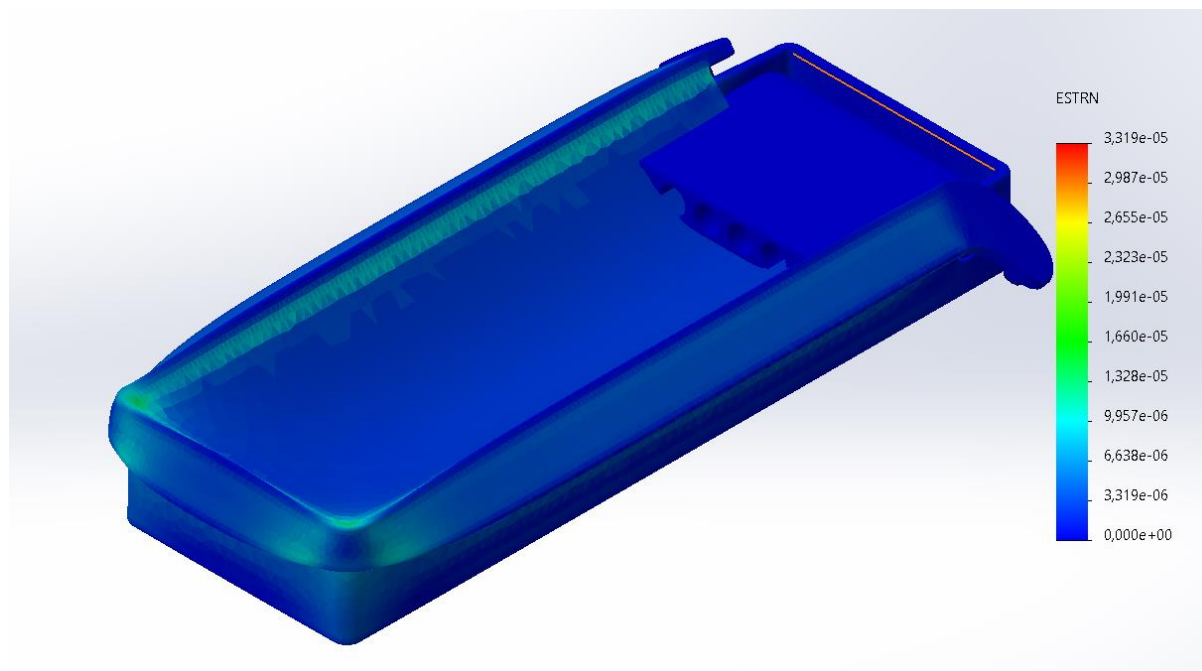


Рисунок 2.9 Деформація

2.5. Вибір кольорових рішень, композиції та шрифтів.

Для дизайну упаковки олівців було обрано яскраву кольорову гаму, що привертає увагу та викликає асоціації з творчістю і натхненням. Використання насичених кольорів, таких як червоний, жовтий, синій і зелений, сприяє емоційному залученню споживача, особливо молодшої аудиторії, для якої важливою є візуальна привабливість.

Окрім кольорів, для оформлення упаковки було обрано абстрактний стиль зображення, що включає геометричні форми та асиметричні елементи. Такий підхід додає відчуття вільного самовираження, що ідеально відповідає концепції продукту, орієнтованого на розвиток креативності. Абстрактний дизайн не лише створює естетичний ефект, але й дозволяє споживачеві відчути гнучкість і багатогранність використання олівців.

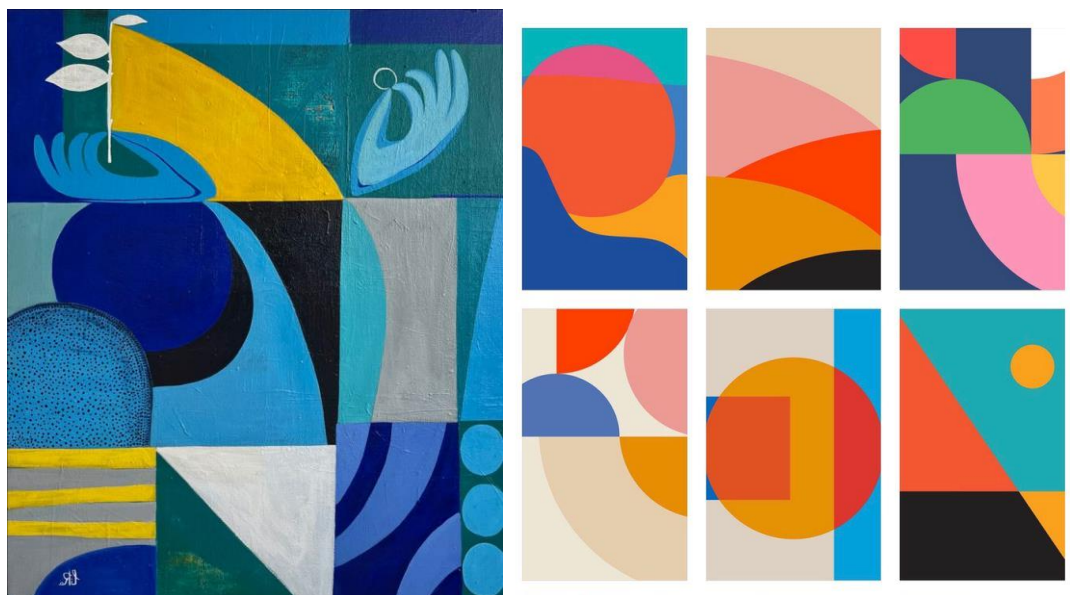


Рисунок 2.10 Приклад абстрактних картин.

Таким чином, яскраві кольори в поєднанні з абстрактними зображеннями допомагають підкреслити універсальність і творчий потенціал продукту, створюючи привабливий і сучасний вигляд упаковки.

2.6. Вимоги до макетів та кольороподіл

При виготовленні будь-якої упаковки важливо враховувати формат файлів, наданий замовником, адже від цього залежить точність і якість реалізації проєкту. Замовник надає всі необхідні матеріали для забезпечення безперешкодної роботи над упаковкою, включно зі специфікаційними розмірами, окремими елементами дизайну, логотипами, шрифтами та іншими графічними компонентами. Це дозволяє дизайнеру правильно розмістити всі деталі й забезпечити узгодженість елементів у макеті.

Формат файлів безпосередньо залежить від програмного забезпечення, яке використовує дизайнер або замовник для створення елементів упаковки.

Кожне виробництво має певний список форматів файлів, які воно може прийняти, оскільки різні виробничі процеси та обладнання вимагають своїх стандартів для забезпечення оптимальної роботи. Важливо, щоб формати відповідали технічним вимогам друкарського обладнання, що мінімізує ризик

помилки під час друку й забезпечує відповідність кінцевого продукту дизайну.

При розробці даного продукту було використано наступні програми, які є стандартом індустрії:

- Solid Works – в цій програмі було спроектовано 3D-модель пластикової частини упаковки.
- PrusaSlicer – спеціалізована програма для 3D друку.
- Adobe Illustrator – програма, в якій був створений макет паперової обгортки.

Розробка даної упаковки була спрямована на використання 3D друку на 3D принтерах, в яких є можливість друкувати PLA пластиком. А для паперової частини був обраний цифровий спосіб друку, щоб при необхідності можна було легко змінювати як матеріали друку, так і макети.



Рисунок 2.11 Кольори Key та Yellow



Рисунок 2.12 Кольори Magenta та Cyan відповідно

3. Результати наукових досліджень.

3.1. Тенденції розвитку 3D-друку

У сучасному світі 3D-друк розвивається дуже динамічно, і цей розвиток охоплює різні аспекти. Зростає кількість галузей, де застосовують адитивні технології (АТ). Наприклад, у медицині створюють індивідуальні протези, імплантати та навіть тканини для трансплантації. В авіакосмічній галузі 3D-друк використовують для виготовлення легких і міцних деталей складної геометрії, які значно підвищують ефективність літаків та космічних апаратів. Автомобільна промисловість також активно впроваджує цю технологію для виробництва унікальних деталей, зокрема у преміум сегменті.

Технології 3D-друку постійно вдосконалюються. Розробляються нові матеріали, які раніше було важко використовувати у виробництві. Наприклад, пластики з підвищеною стійкістю до механічних пошкоджень, металеві порошки та композити відкривають нові можливості. Поліпшується і програмне забезпечення, сьогодні воно дозволяє не лише проектувати деталі, але й оптимізувати весь процес друку, мінімізуючи ризики браку.

Великим проривом є інтеграція адитивних технологій з іншими цифровими інструментами, такими як штучний інтелект. Це дає змогу автоматизувати процеси та підвищувати продуктивність. Знижується і вартість технологій – це робить їх доступними не лише для великих компаній, а й малого бізнесу.

У майбутньому очікується подальше розширення застосування 3D-друку, особливо у високотехнологічних галузях, таких як медицина, авіа та автомобілебудування, Галузь продовжуватиме розвиватися завдяки новим матеріалам, технологіям і зростанням попиту на кастомізовану продукцію.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	230660.КР.06.003.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено					

Світовий ринок адитивних технологій в період з 2014 по 2020 рр. мав середньорічний ріст на 19,3%, сягнувши до 2020 р. обсягу майже в 12 млн. дол. Згідно зі звітом GlobalData, нині на частку ринку 3D-друку припадає менше 0,1% від загального світового виробничого ринку, який оцінюється в 12,7 трлн.дол.(рис 3,1)

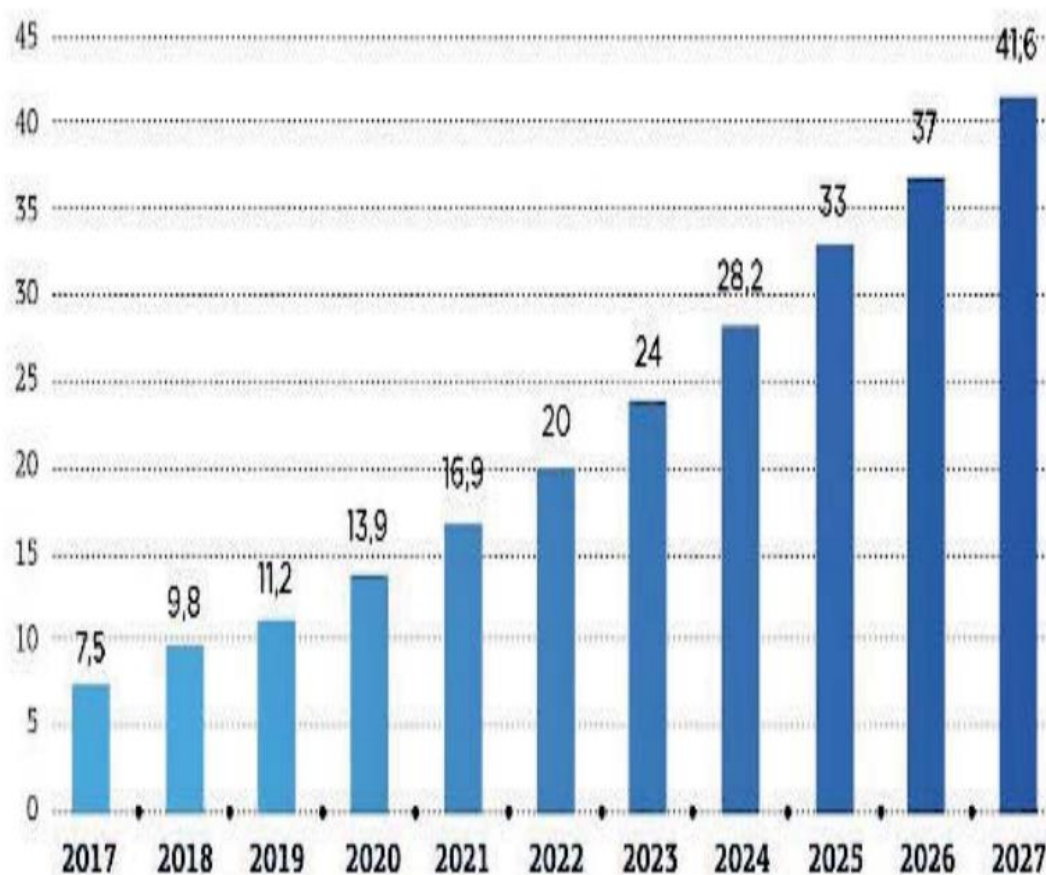


Рисунок 3.1 Стан і прогноз (2020-2027 рр.) обсягу світового ринку АТ, млрд.дол.

Основний оборот галузі дають послуги, швидко ростуть сегменти продажу матеріалів і устаткувань. За прогнозами світових експертів, світовий ринок АТ до 2027 р. сягне показника 41,6 млрд.дол. Високий попит матимуть саме послуги 3D-друку.(рис 3,2)

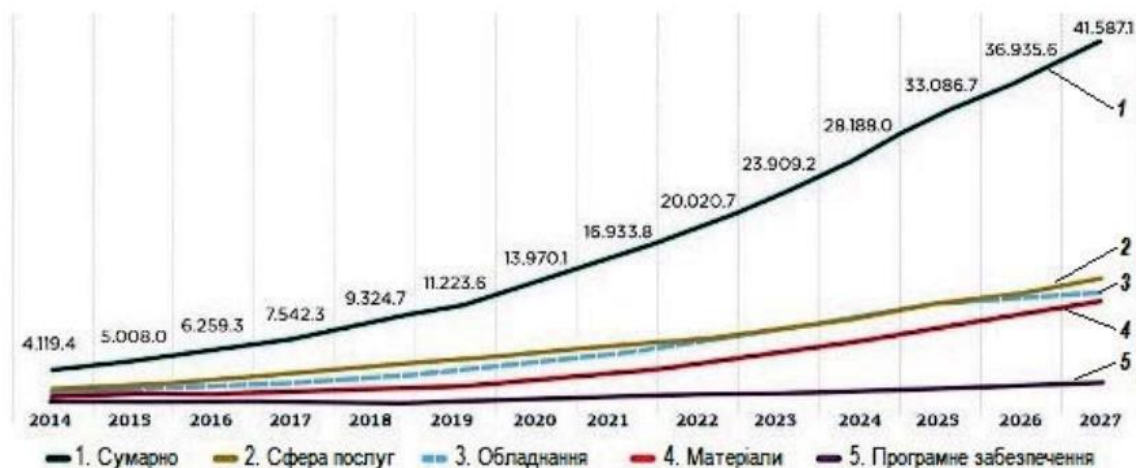


Рисунок 3.2 Динаміка і прогноз загального обсягу ринку АТ.

Передусім, як і в даний час, прогнозується активне зростання світових розробок і впровадження АТ в авіа та оборонній галузях, електроніці та автомобільній промисловості (рис 3,3а). Поряд з цими галузями активно розвивається адитивне виробництво і сфері стоматології та виробництві імплантів. Разом ці галузі будуть займати більше 50% ринку (рис 3,3б)

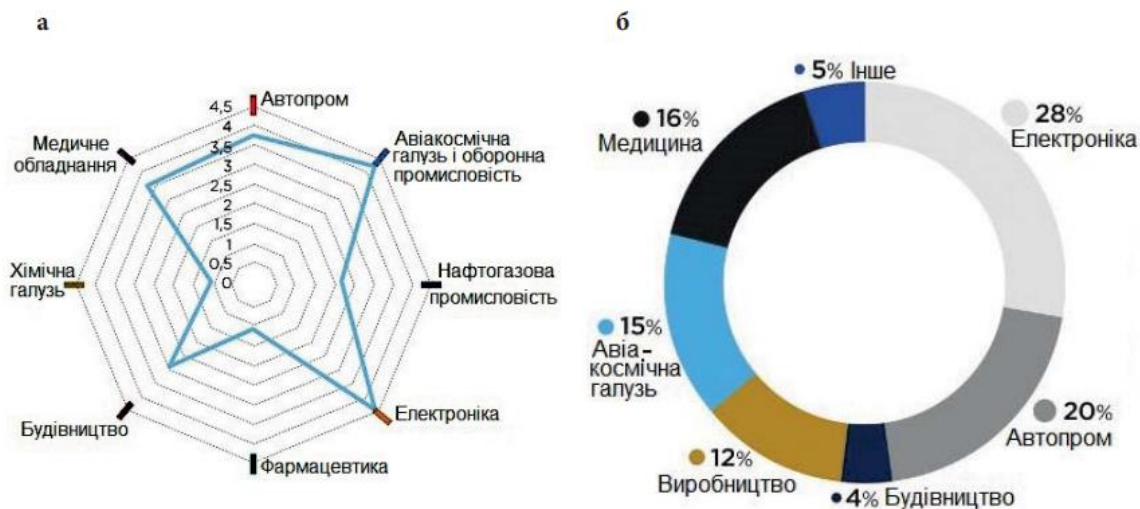


Рисунок 3.3 Рівень впровадження 3D-друку по галузях.

3.2. Використання екологічно безпечних матеріалів

Сучасний світ активно переходить до використання екологічно чистих матеріалів, зумовлений необхідністю зменшення шкідливого впливу на довкілля та запровадження принципів сталого розвитку.

Одним із найбільших напрямів є розвиток біорозкладних матеріалів, таких як PLA-пластик, біополіетилен і інші. Вони виготовляються з поновлюваних ресурсів, таких як кукурудзяний крохмаль, цукрова тростина або водорості. Такі матеріали розкладаються у природному середовищі за короткий час. Основні галузі застосування біопластиків включають упаковку, харчову промисловість та 3D-друк.

Технології вдосконалення цих матеріалів дозволять підвищити їхню стійкість до тепла, вологості та механічних навантажень, що робить біопластики придатними для використання в широкому спектрі виробництва. Крім того, компанії активно працюють над створенням змішаних матеріалів, таких як папір з біополімерним покриттям, які поєднують екологічність і функціональність.

Матеріали з вторинної сировини, такі як перероблений папір, текстиль або пластик, стали популярними завдяки їхній екологічній доцільності та економічним перевагам. Компанії впроваджують замкнені цикли виробництва, де відходи стають новою сировиною.

Розвиток технологій переробки дозволяє зменшити енергоспоживання і втрати якості матеріалів під час вторинного використання. Це створює можливості для інтеграції перероблених матеріалів у більш технологічно складні продукти, такі як автомобільні деталі або високотехнологічне обладнання.

Попри активний розвиток, використання екологічно чистих матеріалів стикається з рядом викликів. До них належать висока вартість біопластиків порівняно з традиційними, потреба в спеціальних умовах компостування, а також необхідність модернізації виробничих потужностей для обробки нових матеріалів.

Таким чином, екологічно чисті матеріали стають ключовим елементом сталого розвитку, пропонуючи рішення, які сприяють збереженню природних ресурсів та зменшенню негативного впливу на довкілля.

3.3. Моделювання технологічного процесу.

Оцінка та вибір пріоритетних параметрів для продукції, що проектується.

Експертами проаналізовані такі властивості і характеристики упаковки: зручність (З), доступність (Д), екологічність (Е), економічність (ЕК), практичність (П), складність виготовлення (С), широка цільова аудиторія (Ш).

Таблиця 3.1 Матриця експертних оцінок функцій упаковки.

Хі	(З)	(Д)	(Е)	(ЕК)	(П)	(С)	(Ш)	Сума а _і	Вага параметра
(З)	1,00	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	0,75	5,50	16%
(Д)	0,75	1,00	1,00	0,75	1,25	1,50	1,25	4,75	14%
(Е)	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,75	14%
(ЕК)	1,00	1,25	1,00	1,00	0,50	1,00	1,25	4,75	14%
(П)	1,00	0,75	1,00	1,50	1,00	1,00	1,25	5,25	16%
(С)	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,50	13%
(Ш)	1,25	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	4,25	13%
								33,75	100%
								34,00	100%

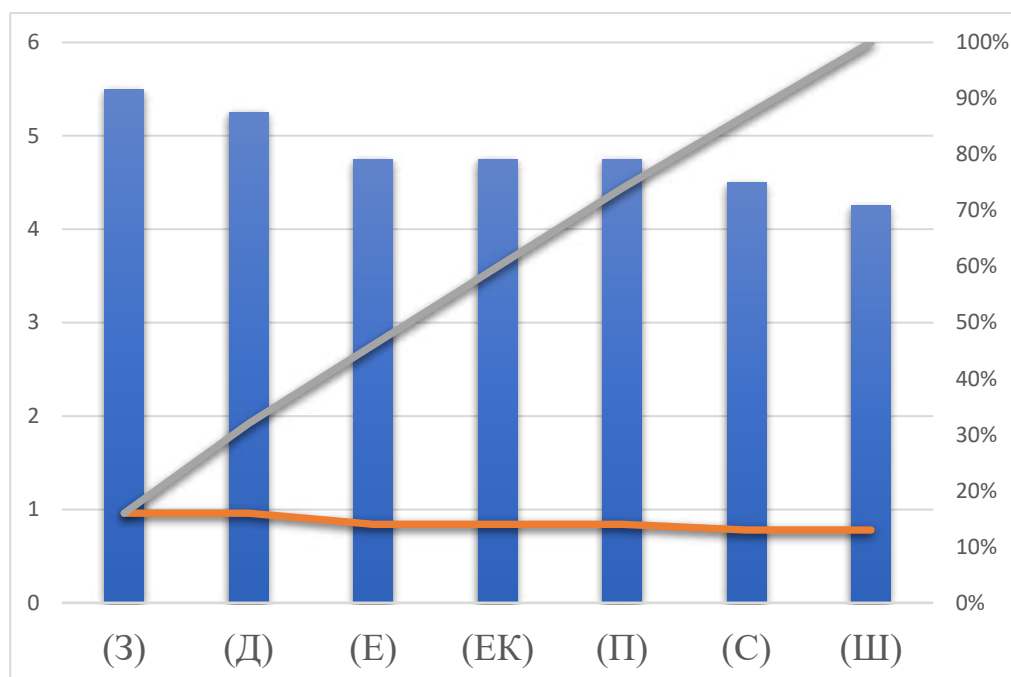


Рис. 3.4. Діаграма оцінок експертів

За результатами експертних оцінок можна зробити такі висновки:

- Зручність – є найбільшим параметром за діаграмою. Для забезпечення зручності було розроблено спеціальну форму та механізм для роботи з олівцями. За допомогою цього механізму є можливість зручно ними користуватися.
- Практичність – полягає в тому що завдяки 3D-друку PLA пластиком наш футляр є легким, міцним і має естетичний вигляд. І при цьому даний пластик не виділяє токсичних речовин і є безпечним у використанні, тому ним можуть користуватися навіть діти без шкоди для здоров'я.
- Довговічність – цей показник залежить від умов експлуатації. У приміщенні та при дбайливому використанні такий футляр буде служити роками, оскільки матеріал міцний і стійкий до зношування. Проте даний матеріал чутливий до високих температур, що в результаті при довгому впливі цього фактору може призвести до розтріскування.
- Екологічність — використовуємо PLA пластик, який є екологічнішим за більшість матеріалів, оскільки виготовляється з відновлюваних ресурсів, таких як кукурудзяний крохмаль, і є біорозкладний за відповідних умов.

- Економічність – полягає в зменшенні матеріальних витрат завдяки мінімізації відходів і можливості використовувати перероблений пластик, відсутності потреби у дорогих інструментах та прес-формах, швидкому прототипуванню і гнучкості у зміні дизайну. 3D-друк дозволяє виробляти деталі безпосередньо на місці, що в свою чергу скорочує витрати на транспортування і є енергозберігаючим порівняно з традиційними методами. Завдяки цьому зменшуються витрати на виробництво, логістику і тестування продукції, що робить цей метод особливо вигідним для малосерійних або середньосерійних виробництв.
- Складність виготовлення – причиною складності виготовлення є те, що потрібно правильно зробити модель, вміти правильно налаштувати принтер, а саме: швидкість друку, товщину шару, температуру плавлення. Якщо зробити неправильні налаштування, можуть виникнути проблеми з друком, такі як деформація або погане прилипання шару пластику.
- Широка цільова аудиторія – даний аспект може включати в себе використання даного футляра такою аудиторією як: студенти, школярі, офісні працівники, художники і багато інших людей, які шукають зручне, екологічне та естетичне рішення для зберігання та використання олівців.

4. Проектування комплексного технологічного процесу виробництва

4.1. Промислове завдання на розроблення проекту підприємства по виготовленню продукції з PLA пластику

Для забезпечення продуктивності 10000шт/рік, зазначеної у завданні на проектування, з урахуванням швидкості друкування 7годин на одну модель потрібно встановити 9 принтерів для 3D друку. На кожному з принтерів одночасно друкується 18 пластикових футлярів для олівців, тому загальна кількість моделей для одночасного друку $18 \times 9 = 162$.

Таблиця 4.1 Промислове завдання для 3D-друку.

№	Типи продукції.	Кількість назв на рік	Розміри моделі, мм.	Довжина пластику в рулоні, м.	Кількість моделей для одночасного друку, шт.	Тираж, шт.	Фарбовість
1	Пластиковий футляр для олівців	1	74×28×203	300	162	10000	Залежить від кольору пластику

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка			<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Документ затверджено</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Проектування комплексного технологічного процесу		230660.KP.06.004.ПЗ			
		<i>нд. змін</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ПЛ</i>	<i>Аркуш</i> 51/68		

Таблиця 4.2 Промислове завдання для паперового виробництва

№	Типи продукції.	Кількість назв на рік	Формат, мм.	Формат друкарського аркуша, мм.	Кількість одиниць на одному аркуші, розгортці. шт.	Тираж, шт.	Фарбовість
1	Кожух для коробки олівців (друк, плотерна різка)	1	204×35	SRA3 320×450	18	10000	4+0
2	Візитівки (друк, плотерна різка)	25	90×50 85×55	SRA3 320×450	25	-	4+4
3	Листівки (друк, плотерна різка)	10	210×297 148×210 100×210 105×148	SRA3 320×450 SRA4 225×320	2	-	4+4

4	Коробки для різної продукції (друк, плотерна різка, бігування)	10	-	SRA3 320×450	2	-	4+0
5	Стікер-паки, наліпки (друк, плотерна різка)	15	148×210	SRA3 320×450	4	-	4+0

4.2. Вибір технології та структури виробничих процесів.

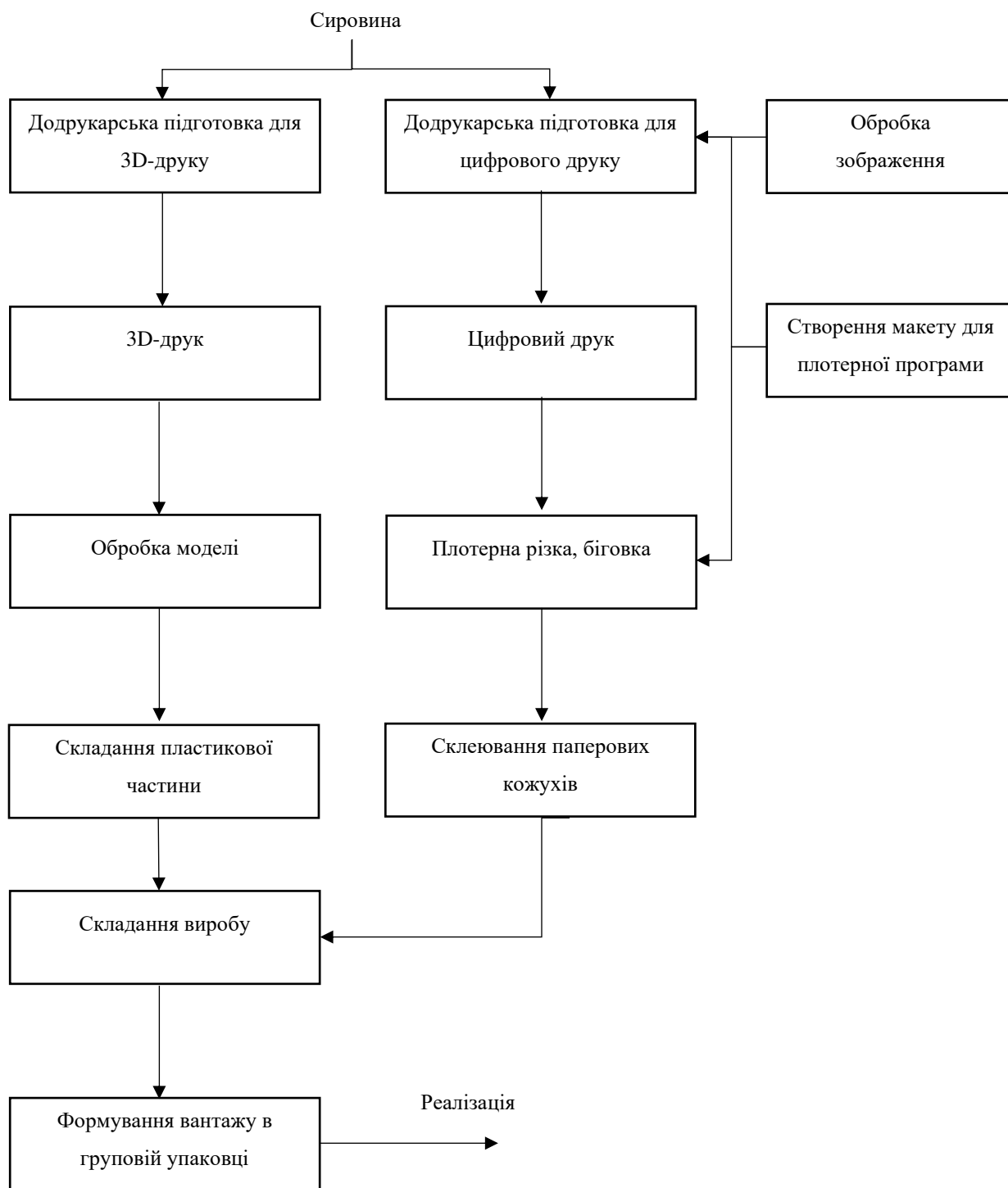


Рисунок 4.1 Блок-схема процесу виготовлення упаковки.

Першим етапом для даного виробництва є підготовка сировини для подальшого використання:

- Для 3D-друку – це пластик, який буде використовуватись в друці.
- Для цифрового друку – підготовка паперу, який використовується для виготовлення кожухів.

Другим етапом є додрукарська підготовка:

- Для 3D-друку – це підготовка моделі та налаштування принтера.
- Для цифрового друку – підготовка дизайну, перевірка на відповідність розмірам, та кольоровій схемі. Також розробка плотерної програми для подальшої різки.

Третім етапом є безпосередньо сам друк:

- Для 3D-друку – виконання друку на 3D принтерах самої моделі.
- Для цифрового друку – нанесення зображення на папір за допомогою цифрового друкувального пристрою.

Четвертим етапом є післядрукарська обробка:

- Для 3D-друку – зняття опор, шліфування, покриття фарбою або лаком за необхідністю.
- Для цифрового друку – проводиться різка та біговка на плотері для подальшої роботи з виробом.

П'ятим етапом є складання виробів разом. Сюди входить складання і склеювання кожуха та надівання його на футляр.

Після цього процес переходить на завершальний етап виробництва – це складання продукції в групову упаковку для подальшої реалізації.

4.3. Вибір обладнання та матеріалів

Для виготовлення даного футляру для олівців головними виробничими машинами будуть:

- 3D-принтер.
- Друкарська машина.
- Плотер.

Якщо звернути увагу на продуктивність 10000шт./рік, можна зробити висновок, що для даного виробництва можна використовувати неавтоматичну техніку. Для задоволення потреб підприємства, було вирішено використовувати обладнання з продуктивністю невеликих виробництв.

Першим етапом буде вибір принтерів для 3D-друку. Для нашої моделі та продуктивності було прийнято обирати принтери з типом друку FDM. Головною характеристикою для вибору принтера є можливість друку PLA пластиком з правильним співвідношенням швидкості і якості друку. За такими критеріями було обрано принтер Prusa MK4S. Даний принтер має помірну ціну в розмірі 40000 грн., робоча поверхня даного принтера 220×210×250, ці параметри повністю підходять для нашої моделі. Для нашого виробництва нам потрібно 9 принтерів Prus MK4S, щоб забезпечити виробництво даного футляра в розмірі 10000шт.

Наступним етапом буде вибір друкарської машини з технологією цифрового друку. Головними характеристиками такої машини має бути можливість друкувати на аркушах формату SRA3 та сервісна підтримка в Україні для технічного обслуговування. За даними показниками було обрано принтер фірми Konica Minolta Accurio Press C3080. Перевагами даної машин є те що вона має високу продуктивність для малих та середніх обсягів друку, високу якість друку на різних матеріалах, наявність сервісного обслуговування в Україні.

Після чого потрібно обрати обладнання для різання та бігування кожуха, який буде одягатися на пластиковий футляр. Головними характеристиками при виборі

даного обладнання є наявність флюгерного ножа та наявність інструмента для бігування продукції. За цими критеріями було обрано автоматичний ріжучий плотер іЕСНО РК0604 PLUS. Дана модель має всі необхідні характеристики для нашого виробництва, максимальна робоча площа даного плотера є 600×400мм. Що в свою чергу задовольняє наші вимоги і дає можливість для роботи з більшими форматами друкованої продукції.

4.4. Організаційна структура виробництва

Підприємство з виготовлення паковань може мати такі підрозділи

Організаційний підрозділ:

- керівництво по роботі з персоналом;
- бухгалтерія.

Додрукарська та друкарська обробка:

- відділ додрукарської обробки;
- друкарська дільниця;
- місце для візуальної оцінки друку як цифрового, так і 3D.

Післядрукарська обробка:

- дільниця для плотерної різки продукції;
- місце для візуальної оцінки якості та правильності різки;
- місце для склеювання паперової частини виробу;
- місце для повного складання виробу.

Обслуговуючий відділ:

- кімната для зберігання інструментів та документації;
- місце для зберігання прибиральних засобів.

Технічні приміщення:

- сантехнічний вузол.

Кімнати персоналу:

- роздягальні;
- вбиральні;
- кімната відпочинку.

Складські приміщення:

- склад з сировиною (папір, пластик);
- склад з готовою продукцією.

4.5. Конструкція та принцип роботи обладнання Prusa MK4S

Для демонстрації функціональності та зовнішнього вигляду було обрано 3D-принтер Prusa MK4S. Цей пристрій призначений для виготовлення моделей методом пошарового наплавлення пластику. Робочий процес організований таким чином, щоб забезпечити стабільність якості друку та зручність використання.

Філамент встановлюється на тримач котушки, після чого подається у екструдер через напрямні трубки. Nextruber оснащений планетарним редуктором і сенсором Loadcell що забезпечує точну подачу матеріалу. За допомогою нагрітої соплової головки пластик плавиться та пошарово наноситься на друковану пластину, створюючи об'єкт.

Друкована пластина із магнітним кріпленням розташована на нагрівальній платформі і забезпечує рівномірний розподіл температури по всій робочій поверхні. Завдяки цьому створюються умови для надійної адгезії першого шару, а після завершення друку модель легко знімається.

Принтер працює з тривимірною системою координат:

- Z-вісь забезпечує вертикальні переміщення завдяки двом кроковим двигунам та різьбовим стрижням.
- X-вісь, яка складається з гладких стрижнів, мотора та ременя, дозволяє екструдеру рухатися праворуч та ліворуч.

- Y-вісь керує рухом друкованої платформи вперед і назад.

Управління принтером здійснюється за допомогою сенсорної панелі або за допомогою поворотної ручки з кнопкою скидання, розташованою нижче. Для завантаження моделей використовується USB-порт або підключення через Wi-Fi.

Після завершення друку готовий виріб можна зняти з пластини та за потреби виконати фінішну обробку. Даний принтер демонструє високу продуктивність, якість друку та надійність, що робить його оптимальним варіантом для професійного використання.

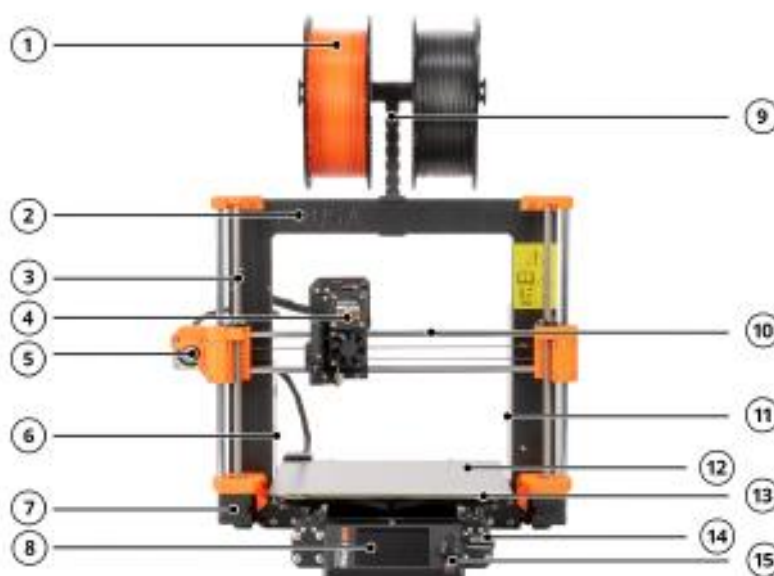


Рисунок 4.2 Загальний вигляд машини Prusa MK4S.

1. Котушка з філаментом.
2. Рама.
3. Z-вісь – вертикальна вісь, що складається з різьбових і гладких стрижнів, переміщує NextTruder.
4. NextTruder – нова екструдерна система наступного покоління з планетарним редуктором і сенсором Loadcell.
5. Кроковий двигун осі X – переміщує NextTruder ліворуч та праворуч.
6. Електронний блок – корпус для плати xBuddy.

7. Кроковий двигун осі Z – один із двох двигунів, які переміщують Nextruder вгору та вниз.
8. LCD екран – використовується для курування та налаштування принтера.
9. Тримач катушки.
10. Вісь X – загальна назва всієї горизонтальної складальної одиниці, яка складається з двох гладких стрижнів, мотора осі X, ременя та пластикових частин.
11. Блок живлення.
12. Друкована пластина – утримується за допомогою сильних магнітів.
13. Нагрівальна платформа
14. USB-порт – використовується для друку і оновлення системи.
15. Поворотна ручка – основний елемент керування.

5. Життєвий цикл упаковки

Розроблений нами футляр для олівців проходить всі етапи життєвого циклу. Основна ідея такого виробу – забезпечити зручність у використанні, одночасно мінімізуючи негативний вплив на довкілля.

На початковому етапі створення футляра здійснюється виробництво сировини. Пластиковий корпус виготовляється з PLA-пластику, який є біорозкладним матеріалом. Його отримують з відновлюваних ресурсів, таких як кукурудзяний крохмаль або цукрова тростина. Ця сировина є екологічною альтернативою традиційним нафтохімічним пластикам, адже під час утилізації розкладається у природних умовах. Для виготовлення паперової частини використовується папір, який часто отримують з переробленої сировини. Це зменшує навантаження на лісові ресурси та сприяє повторному використанню матеріалів.

Процес виробництва футляра розпочинається з виготовлення пластикового корпусу методом пошарового наплавлення (FDM-друк) за допомогою сучасних 3D-принтерів. Цей метод дозволяє досягти максимальної точності та мінімізувати кількість відходів, оскільки пластик витрачається лише на створення функціональних елементів виробу. Далі за допомогою друкарських цифрових машин виготовляється паперовий кожух. Аркуші паперу друкуються відповідно до дизайну, після чого їх ріжуть і обробляють для досягнення точного прилягання до корпусу. Завершальним етапом виробництва є складання, під час якої пластиковий корпус і паперовий кожух об'єднують в єдиний виріб.

Готовий футляр потрапляє до споживача, де виконує свою основну функцію – зберігання та транспортування олівців. Завдяки пластиковому корпусу футляр

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва		230660.KP.06.005.ПЗ		
НУХТ	Документ затверджено					
		Життєвий цикл				

має тривалий термін служби, а паперовий кожух, що слугує декоративним і інформаційним елементом, можна утилізувати, перед цим ознайомившись з інформацією.

У разі завершення терміну використання футляра важливим є правильне поводження з відходами. Пластиковий корпус, виготовлений з PLA-пластику, може бути відправлений на промислове компостування, де він розкладеться на прості сполуки, воду та вуглекислий газ. Це відбувається у спеціальних умовах, таких як підвищена температура й вологість. Паперовий кожух також легко піддається утилізації. Його можна викинути в спеціальні контейнери для макулатури.

Також можна зазначити, що обидва матеріали – пластик та папір – можуть бути повторно використані. PLA-пластик після утилізації може бути переплавлений для створення нових виробів, а папір – перероблений для виготовлення нової паперової продукції. Таким чином, життєвий цикл даного футляру набуває замкнутого характеру, що є важливим для зменшення екологічного сліду.

Роблячи підсумки, життєвий цикл даного футляра з паперовим кожухом відображає сучасний підхід до виробництва – прагнення створити функціональний і довговічний продукт з мінімальним впливом на природу.

6. Техніко-економічне обґрунтування проекту

Таблиця 6.1 Абсолютні техніко-економічні показники проекту

№	Найменування параметру	Одиниця виміру	Величина
1	Річний випуск паковань	млн. шт.	0,01
2	Чисельність промислово-виробничого персоналу	осіб	5
3	Загальна чисельність працівників	осіб	12
4	Загальна площа виробництва	м ²	648
5	Висота поверху виробництва	м	6
6	Загальна кубатура виробництва	м ³	3888
7	Загальна площа землі	м ²	750
8	Вартість впровадження проекту виробництва	млн. грн	10

Таблиця 6.2 Відносні техніко-економічні показники проекту

№	Техніко-економічні показники проекту	Одиниця виміру	Розраховане значення
1	Кількість продукції а) на 1 кв. м площі; б) на 1 куб. м об'єму приміщення; с) на 1 кв. м землі	тис. шт	а) 0,015 б) 0,002 с) 0,013
2	Витрати електроенергії для технологічних потреб а) на річний випуск продукції б) на 1000 штук упаковки	млн. грн	а) 0,27 б) 0,02
3	Витрати електроенергії на освітлення	тис. грн	2,3
4	Витрати води а) на річний випуск продукції б) на 1000 штук упаковки	тис. грн	а) 0 б) 0
5	Трудомісткість а) на річний випуск продукції б) на 1000 штук упаковки	нормо-год	а) 7400 б) 740
6	Повна собівартість	тис. грн	521,241
7	Ціна пакування	тис. грн	800
8	Прибуток, грн: а) на 1 кв. м площі; б) на 1 куб. м об'єму приміщення; с) на 1 кв. м землі	тис. грн	а) 0,43 б) 0,072 с) 0,37
9	Рентабельність	%	25
10	Термін окупності	років	5,3

Відповідальна організація НУХТ	Технічне <i>визначення</i>	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	230660.КР.06.006.ПЗ			
НУХТ	Документ затверджено	Техніко-економічне обґрунтування	нд. змін	Дата видачі	Мова ІЛ	Аркуш 63/68

Розрахунок терміну окупності

Показники ефективності впровадження лінії					
показники					
Капітальні витрати	тис.грн	10000			
Балансовий прибуток	тис.грн	2500			
Додатковий прибуток за відрахуванням податку	тис.грн	2050			
Амортизація	тис.грн	500			
Життєвий цикл заходу	роки	5			
Ставка дисконту	%	13,5			
ЧГП, тис.грн		2550			
Показники	1	2	3	4	5
ЧГП, тис.грн	-10000	2550	2550	2550	2550
ЧГП з наростаючою сумою, тис.грн	-10000	-7450	-4900	-2350	200
коефіцієнт приведення $1/(1+p)^n$	1	0,8810573	0,776262	0,6839312	0,602583
ЧТВ, тис.грн.	-10000	2246,696	1979,468	1744,0246	1536,586
ЧТВ з наростаючою сумою, тис.грн.	-10000	-7753,304	-5773,84	-4029,8115	-2493,226
	0	2246,696	1979,468	1744,0246	1536,586
індекс доходності	0,7506774				
середньорічна теперішня вартість грошового потоку, тис.грн	1876,6935				
період повернення інвестицій, років	5,3285206				
балансова норма рентабельності, %	25				

Висновок

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено функціональну упаковку для олівців із використанням екологічно безпечного PLA-пластику та сучасних технологій 3D-друку. Проведено комплексний аналіз сучасних технологій 3D-друку. Проведено комплексний аналіз сучасних тенденцій у сфері адитивних технологій, обґрунтовано вибір матеріалів і методів виробництва, а також спроектовано конструкцію упаковки, яка поєднує в собі екологічність, зручність і естетичну привабливість.

Основним результатом роботи є створення моделі упаковки, яка відповідає сучасним вимогам сталого розвитку. Використання PLA-пластику як основного матеріалу дозволяє знизити негативний вплив на довкілля, забезпечуючи при цьому високу якість і довговічність продукції. Завдяки застосуванню технології пошарового наплавлення (FDM) стало можливим створення упаковки з високою точністю, адаптованої під стандартні розміри олівців, а також реалізація економічно вигідного дрібносерійного виробництва – період повернення інвестицій становить 5,3 роки.

Розроблена упаковка демонструє, як інноваційні підходи можуть сприяти вирішенню сучасних екологічних викликів. Представлені в роботі рішення можуть бути успішно впроваджені у виробництво канцелярських товарів, що орієнтується на екологічно свідомих споживачів. Це підтверджує доцільність використання 3D-друку та екологічних матеріалів для створення пакувальної продукції, яка відповідає вимогам ринку та сприяє збереженню навколишнього середовища.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновок	230660.KP.06.000.ПЗ			
НУХТ	<i>Документ затверджено</i>		<i>нд. змін</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова ПЛ</i>	<i>Аркуш 65/68</i>

Список використаних джерел

1. Г.о Андрощук. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3d-друку. DSpace Repository :: Electronic Kyiv-Mohyla Academy Institutional Repository. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a3298ea5-614c-4937-9771-b5f54600bfb2/content> (дата звернення: 26.10.2024).
2. Дорошенко В. Стан і тенденції розвитку ринку 3d-технологій як елементу цифровізації виробництва продукції з полімерів і металів. Головна. URL: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2021-16-6/svit-6-2021-doroshenko-012.pdf> (дата звернення: 26.10.2024).
3. О. В. Струтинська. Перегляд Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. Наукові часописи УДУ імені Михайла Драгоманова. URL: <https://sj.udu.edu.ua/index.php/kosn/article/view/60/62> (дата звернення: 26.10.2024).
4. Посібник після обробки для 3d-друкованих фігур та моделей - технологія знань - makeit | FACFOX, INC. Послуги 3D-друку в Китаї, лиття з уретану, виробники, постачальники, фабрика для лиття під тиском - FACFOX. URL: <http://ua.insta3dm.com/info/a-post-processing-guide-for-3d-printed-figures-42700959.html> (дата звернення: 26.10.2024).
5. Шибко Д. Перспективи розвитку 3d-технологій. Сучасний стан та перспективи розвитку науки / chair О. Пономарьова. 2020. URL: <https://doi.org/10.36074/18.12.2020.v6.08> (дата звернення: 26.10.2024).
6. 3D друк. 10 найпростіших кроків для підготовки файлу. – 3dprinter. 3Dprinter – Сайт з продажу 3d принтерів, послуг 3d друку тощо. URL: <https://www.3dprinter.ua/3d-druk-10-najprostishyh-kroktiv-dlya-pidgotovky-fajlu/> (дата звернення: 26.10.2024).

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва Список використаних		230660.KP.06.000.ПЗ		
НУХТ	Документ затверджено					

7. SUGINO представляє новий покращений гібридний 3D-принтер. MonoFilament - Матеріали для 3d принтера, пластик для 3d ручки, нити. Київ, Харків, Львів, Дніпр. URL: <https://monofilament.com.ua/ua/blog-novini-3d-druku-ta-additivnih-tehnologij/sugino-predstavljaje-novij-rokraschenij-gibridnij-3d-printer> (дата звернення: 26.10.2024).
8. Автоматичний ріжучий плотер iECHO PK PLUS. Media Print Ukraine. URL: <https://mediaprint.ua/product/avtomaticheskij-rezhushchiy-plotter-iecho-pk-plus.html> (дата звернення: 16.12.2024).
9. Зелена революція в 3D-друку: як Bambu Lab змінює індустрію. 3D друк, 3D принтери, 3D ручки, 3D пластик в Україні. URL: https://3d4u.com.ua/uk/blog/post/146-eco-friendly-3d-printing-bambu-lab-innovations-for-sustainable-future?srsId=AfmBOor246Tfx3ebvRA6gvm_pw1btLzJnquc0EXoghpv6gdBUCD9fpfd (дата звернення: 16.12.2024).
10. Принтер для професійного друку AccurioPress C3080. KONICA MINOLTA Ukraine – надійний IT партнер на шляху до трансформацій | KONICA MINOLTA. URL: <https://www.konicaminolta.ua/uk-ua/hardware/professional-printing/accuriopress-c3080> (дата звернення: 16.12.2024).
11. Original Prusa 3D printers directly from Josef Prusa. Prusa3D by Josef Prusa. URL: <https://www.prusa3d.com/product/original-prusa-mk4s-3d-printer-5/> (date of access: 16.12.2024).
12. Патент: 73204 <https://ua.patents.su/6-73204-universalnij-kontejjner.html>
13. Патент: USD903301S1
[https://patents.google.com/patent/USD903301S1/en?q=\(Pencil+box\)&oq=Pencil+box](https://patents.google.com/patent/USD903301S1/en?q=(Pencil+box)&oq=Pencil+box)
14. Патент: 3DCN203740369U
<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN203740369U>
15. Патент: 3DCN104544872A
<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN104544872A>

16. Патент: 3DKR200474789Y1

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052142866/publication/KR200474789Y1?q=pn%3DKR200474789Y1>

17. Патент: 3DJP2020039765A

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/069799046/publication/JP2020039765A?q=pn%3DJP2020039765A>

18. Патент: 3DKR20190006860A

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/065277792/publication/KR20190006860A?q=pn%3DKR20190006860A>

19. Патент: 3DCN104490061A

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN104490061A>

20. Патент: 3DKR102553313B1

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DKR102553313B1>

21. Патент: 3DKR102570176B1

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DKR102570176B1>