



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерних наук \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ Медіасистем та технологій \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 186 Видавництво та поліграфія \_\_\_\_\_  
Тип програми \_\_\_\_\_ Освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Технології друкованих видань \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри МСТ \_\_\_\_\_  
(підпис)

«26» жовтня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ**

Студентові \_\_\_\_\_ Трусовій Таї Юріївній \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Дослідження цифрових технологій та розробка рекомендацій \_\_\_\_\_  
друку на текстилі \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від \_\_\_\_\_ 23.10.2020 № 1431 Ст \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_ «10» грудня 2020 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ Мета – дослідження цифрових технологій друку та розробка \_\_\_\_\_  
рекомендацій щодо друку на текстилі. \_\_\_\_\_

Об'єкт – процес цифрового друку на текстилі. \_\_\_\_\_

Предмет – технології цифрового друку. \_\_\_\_\_

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_ Вступ; 1 Аналіз стану проблеми та \_\_\_\_\_  
постановка задач дослідження; 2 Теоретичні дослідження; 3 Експериментальна частина \_\_\_\_\_  
дослідження; 4 Економічне обґрунтування проекту; Висновки. \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, \_\_\_\_\_  
комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) \_\_\_\_\_ Титульна сторінка; Завдання на магістерську атестаційну \_\_\_\_\_  
роботу; Актуальність дослідження; Мета і задачі роботи; Об'єкт і предмет дослідження; \_\_\_\_\_  
Аналіз стану проблеми; Опис процесу проведення експерименту і отримання даних, \_\_\_\_\_  
Економічне обґрунтування проекту; Висновки. \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультанта (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		Підпис	Дата
Основна частина	доц. Колесникова Т. А.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз стану проблеми і постановка задач дослідження	26.10.2020	викон.
2	Теоретичні дослідження	02.11.2020	викон.
3	Експериментальна частина дослідження	09.11.2020	викон.
4	Економічне обґрунтування проекту	30.11.2020	викон.
5	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2020	викон.
6	Оформлення графічної частини	02.12.2020	викон.

Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 р.

Студент \_\_\_\_\_ Трусова Т.Ю.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Колесникова Т.А.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 70 сторінок, 5 рисунків, 10 таблиць, 18 використаних джерел.

ЦИФРОВИЙ ДРУК, ДРУК НА ТЕКСТИЛІ, ПРЯМИЙ ЦИФРОВИЙ ДРУК, ТЕКСТИЛЬ, ТКАНИНА, ЧОРНИЛА, РЕКОМЕНДАЦІЇ.

Метою атестаційної роботи є дослідження цифрових технологій друку та розробка рекомендацій щодо друку на текстилі.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес цифрового друку на текстилі. Предмет дослідження – цифрові технології друку.

В процесі виконання роботи було проведено аналіз цифрових технологій друку, аналітичний огляд літератури за темою атестаційної роботи. Також було зроблено порівняльний аналіз існуючих технологій друку на текстилі. Було розглянуто текстиль, чорнила та обладнання, що використовується для друку на текстилі. За результатами було сформовано рекомендації, використовуючи які можна досягти якісного результату, рекомендації було перевірено на прикладі.

Проведено економічне обґрунтування науково дослідної роботи та розраховано економічну ефективність даного дослідження.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 70 страниц, 5 рисунков, 10 таблиц, 18 использованных источников.

ЦИФРОВАЯ ПЕЧАТЬ, ПЕЧАТЬ НА ТЕКСТИЛЕ, ПРЯМАЯ ЦИФРОВАЯ ПЕЧАТЬ, ТЕКСТИЛЬ, ТКАНЬ, ЧЕРНИЛА, РЕКОМЕНДАЦИИ.

Целью аттестационной работы является исследование цифровых технологий печати и разработка рекомендаций для печати на текстиле.

Объектом исследования данной работы являются процесс цифровой печати на текстиле. Предмет исследования – цифровые технологии печати.

В процессе выполнения работы был проведен анализ цифровых технологий печати, аналитический обзор литературы по теме аттестационной работы. Также было сделано сравнительный анализ существующих технологий печати на текстиле. Были рассмотрены текстиль, чернила и оборудование, используемое для печати на текстиле. По результатам были сформированы рекомендации, используя которые можно добиться качественного результата, рекомендации были проверены на примере.

Проведено экономическое обоснование научно-исследовательской работы рассчитан экономическую эффективность данного исследования.

## ABSTRACT

The explanatory note contains 70 pages, 5 pictures, 10 tables, 18 sources used.

DIGITAL PRINTING, TEXTILE PRINTING, DIRECT DIGITAL PRINTING, TEXTILES, FABRICS, INKS, RECOMMENDATIONS.

The purpose of the certification work is to study digital printing technologies and develop recommendations for printing on textiles.

The object of this work is the process of digital printing on textiles. The subject of research is digital printing technology.

In the course of performance of work the analysis of digital technologies of the press, the analytical review of the literature on a subject of attestation work was carried out. A comparative analysis of existing textile printing technologies was also performed. Textiles, inks and equipment used for textile printing were examined. Based on the results, recommendations were formed, using which you can achieve a quality result, the recommendations were tested by example.

The economic substantiation of research work is carried out and economic efficiency of this research is calculated.

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП .....	9
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ, АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1 Аналіз актуальності теми дослідження .....	11
1.2 Аналітичний огляд літератури по темі дослідження .....	13
1.3 Постановка мети та завдань дослідження .....	17
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	19
2.1 Основні види та способи друку на текстилі .....	19
2.2 Чорнила для друку на текстилі .....	25
2.3 Текстильні матеріали для цифрового друку.....	29
2.4 Технологічний процес способів друку та обладнання .....	32
2.5 Екологічність цифрового друку.....	35
2.6 Вплив пандемії на цифрові технології друку .....	38
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ .....	42
3.1 Підготовка макету та вибір текстильного матеріалу для друку.....	43
3.2 Вибір способу друку для заданої цілі .....	45
3.3 Вибір чорнил для обраного способу друку .....	48
3.4 Вплив гідрофобних властивостей тканини на предрукарську обробку текстилю.....	50
3.5 Підбір оснащення .....	52
3.6 Оцінка результативності обраного набору.....	54
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ .....	58
4.1 Характеристика науково-дослідного рішення .....	58
4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата.....	58
4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР.....	61
4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи.....	66
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	69

## ВСТУП

Сьогодні диктує нові правила життя. Найціннішим для кожної людини став час. Тож технології друку у часи новітніх технологій також не стоять на місці. І на заміну важким довготривалим друкарським процесам приходять цифровий оперативний та зручний друк, що принципово відрізняється від тих, що існували раніше. Економічність, персоніфікація, екологічність, швидкість – всі ці та ще багато інших факторів призивають до вибору технологій цифрового друку.

Одним з найперспективніших напрямів цифрового друку являється друк на текстилі. У всьому світі спостерігається тенденція до виробництва персоніфікованої продукції з текстилю. Перш за все це найкращий спосіб реклами будь-якого бренду чи товару, або самовираження. Попитом користуються як і індивідуальні разові замовлення, так і великі тиражі брендovanого одягу для компаній, дизайнерські рішення в одязі, постільна білизна, елементи домашнього текстилю, спортивного одягу, одягу для дітей, тощо. Цифровий друк дозволяє оперативно отримати таке різноманіття рисунків на тканині в різних кольорових гаммах, котре неможливо отримати іншими видами друку.

Та не дивлячись на таку легкість з першого погляду, існує багато факторів, що впливають на друк на текстилі. Тому головним стає розуміння та можливість урахування усіх ризиків при друці на різних типах тканин. Важливо розуміти, що кожна друкарська машина, кожен принтер має свої можливості та характеристики, також як і матеріал на якому буде проводитись друк має свої властивості.

В першому розділі атестаційній роботі пропонується обґрунтувати актуальність обраної теми, розглянути літературу по темі, та визначити мету і задачі дослідження.



У розділі теоретичних досліджень розглянути, насамперед основні види та способи друку на текстилі, чорнила, що використовують, текстильні матеріали та оснащення. Також цей розділ містить інформацію щодо технології прямого цифрового друку та її екологічності.

Експериментальна частина атестаційної роботи містить планування дослідження, його проведення, формування рекомендацій щодо друку на текстилі, а також перевірку результатів дослідження, використовуючи розроблені рекомендації на реальному прикладі.

У четвертому розділі проаналізовано науково-дослідну роботу в економічному плані. Наведено характеристику дослідження, розраховано трудомісткість і заробітну плату на кожному етапі науково-дослідної роботи, а також розраховано одноразові витрати на етапах. Також, проведено оцінку економічних результатів науково-дослідної роботи та визначено її економічну ефективність.

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ, АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Аналіз актуальності теми дослідження

Людство охоче користується швидкістю і новими можливостями, які забезпечує цифровий друк. Серед цих можливостей – висока гнучкість (коротші тиражі, різні типи тканин, складні конструкції), унікальні можливості цифрового друку по відтворенню кольорів, оперативність процесу. Раніше цифровий друк використовувався лише кількома новаторами для виготовлення зразків, прототипів і експериментів з матеріалами. Однак ситуація змінюється, оскільки переваги цифрового друку на текстилі стають більш очевидними, і технологія друку продовжує покращення. Оцінки ринку цифрового текстильного друку свідчать про його стрімке зростання. Згідно з дослідженнями, що проводяться очікується великий приріст у використанні даних технологій. Безліч причин цього зростання, включаючи стійкість, нові технології, прихильність тенденціям.

Цифровий друк на текстилі має наступні переваги:

- фотографічна якість нанесеного зображення;
- можливість нанесення необхідного зображення практично на будь;
- які тканини: джинс, льон, бавовна, шовк, шифон, змішані тканини;
- нанесення зображення на вироби світлих і темних тонів;
- використання нешкідливих фарб;
- друкована поверхня прекрасно зберігає структуру матеріалу;
- тканина дихає, вона не запакується захисними плівками;
- високий рівень стійкості до зношування;
- нанесене зображення стійке до ультрафіолетових сонячних променів, завдяки чому одяг не вигорає.

Технологія цифрового друку на текстилі дозволяє використовувати для нанесення різні тканини від натуральних до змішаних. Дозволяє друк на білих і кольорових основах. Для друку існують унікальні органічні чорнила на водяній основі. Чорнила призначені спеціально для текстилю та буквально «зростаються» з тканиною – зображення стає невідчутним.

Щодня в світі за допомогою цифрового обладнання виробляються близько 15 мільярдів метрів тканини. Одним з найважливіших питань сьогодення є екологічність процесу. Згідно з досліджень діджиталізація області друку на текстилі позитивно впливає на екологію, адже кожні 1000 м тканини, вироблені з допомогою цифрового обладнання, дозволяють зменшити викиди парникових газів на 73 кг CO<sub>2</sub> і економлять 32% використаної води. У масштабах сучасного виробництва це призведе до зменшення викидів CO<sub>2</sub> на сотні тон. Відповідно до сучасних досліджень, сьогодні друкований текстиль становить близько п'ятої частини загального виробництва текстилю. При цьому процес прямого друку на текстилі буде генерувати більше 50% загальних доходів протягом десятиліття.

Кількість українських виробників, які використовують цифровий друк в своїй діяльності, стрімко зростає завдяки можливості персоналізації і відносної екологічності в умовах фаст-фешн. Щорічно світ демонструє можливості використання цифрового принта на українських та світових фешн-віках. Завдяки цифровому обладнанню молоді дизайнери представляють свої унікальні колекції, а виробництва можуть оптимізувати свою діяльність шляхом локалізації, адже досить закупити білу тканину будь-якого складу у місцевого виробника і нанести необхідний принт за допомогою цифрового обладнання, і не потрібно буде замовляти вже готову тканину закордоном. Крім цього, діджиталізація відкрила можливість "друку на вимогу", що допомагає виробництвам мінімізувати залишки продукції.

## 1.2 Аналітичний огляд літератури по темі дослідження

Напрямок цифрового друку на текстилі розвивається досить стрімко. Велика кількість матеріалів поступово стає неактуальною, та все ж існує певна база, яку має знати кожен фахівець, що планує працювати в даному напрямку.

Книга «Цифровий друк на текстилі» Генрі Уюджі (рис. 1.1) є унікальною, оскільки видана вона ще в 2006 році, та автор вже показує читачеві перехід в епоху цифрових технологій, та як розвиток цифрового друку на папері дедалі більше адаптується до текстильного ринку. «У міру вдосконалення технологій цифрового друку, які забезпечують більш швидке виробництво та більші економічні тиражі, цифровий друк стане технологією, що забезпечує більшість друкованих текстильних виробів у світі.» – пише Уюджі. Книга містить основні технічні пояснення разом з дослідженнями та є безцінним посібником для розробників продуктів, роздрібних торговців, дизайнерів та наукових дослідників. Висвітлює такі важливі сфери, як технології друку, програмне забезпечення принтера, кольоровий друк цифрового друку та дизайн та бізнес для цифрового друку [1].



Рисунок 1.1 – «Цифровий друк на текстилі», Генрі Уюджі

Книга «Цифровий друк на текстилі (Текстиль, який змінив світ)» Сьюзен Карден (рис. 1.2) розповідає як цифровий друк у поєднанні з досягненнями хімії тканин та барвників дозволив швидко, недорого та у гнучкій кількості виготовляти на тканині складні зображення, що містять мільйони кольорів, революція, яка призвела до швидкого зростання попиту, який, як передбачається, зростатиме ще більше. Сьюзен є першим автором, хто описує історичний та культурний контекст, з якого вийшов цифровий друк на текстилі, і критично займається багатьма проблемами, які він піднімає: зміна ролі дизайнера у створенні друкованого текстилю, способи, за допомогою яких процес проектування трансформується за допомогою нових технологій [2].

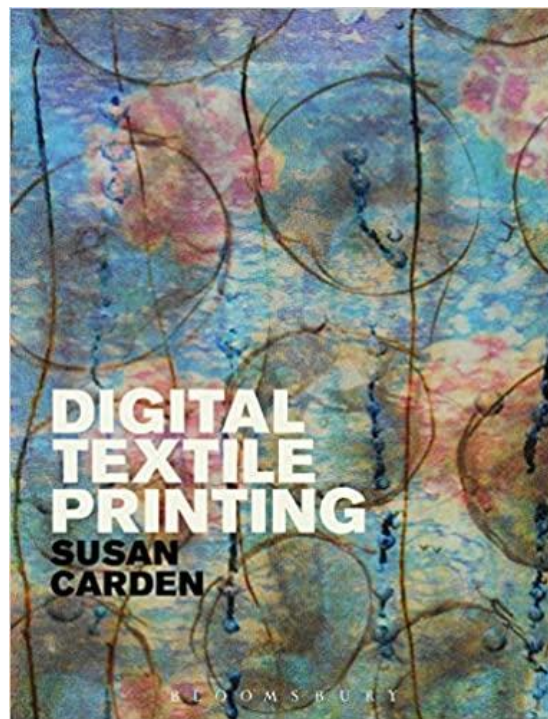


Рисунок 1.2 – «Текстиль, який змінив світ» Сьюзен Карден

Книга «Революція друку» Тамасін До (рис. 1.3) розповідає про текстильний дизайн в епоху цифрових технологій. Різноманітність кольорів і швидке поширення насичених відбитків є результатом нової простоти комп'ютерного друку в дизайні тканин. Цифрова техніка поширилася не лише

серед невеликих, але інноваційних студій, але й серед більш традиційних будинків моди, таких як Chanel та Armani. Книга є безцінним посиланням, а також візуальним захопленням натхнення та творінь які породили нинішній вибух інтересу до друкованого текстилю [3].

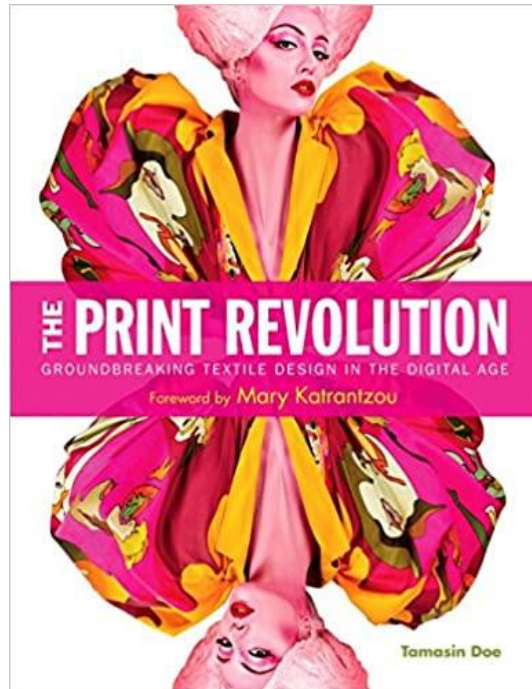


Рисунок 1.3 – «Революція друку», Тамасін До

Які революційні зміни приніс цифровий друк розповідає книга «Практичний посібник з цифрового друку» Віктора Штонда (рис. 1.4). Його види, технології та можливості в цілому, описуючі друк не тільки на текстилі, а й при виробі іншої поліграфічної продукції. Книга ознайомлює також з видами пристроїв, які використовують для цифрового друку. щоб запропонувати цей великий ресурс із усіх стандартів, методів та інструментів, які знадобляться фахівцям [4].

В авторському посібнику «Оволодіння мистецтвом друку та дизайну тканин» Лорі Вісбурна (рис. 1.5) викладено все, що читачі повинні знати, щоб створювати чудові тканини. На ринку нічого подібного немає.



Рисунок 1.4 – «Практичний посібник з цифрового друку», Віктор Штонд

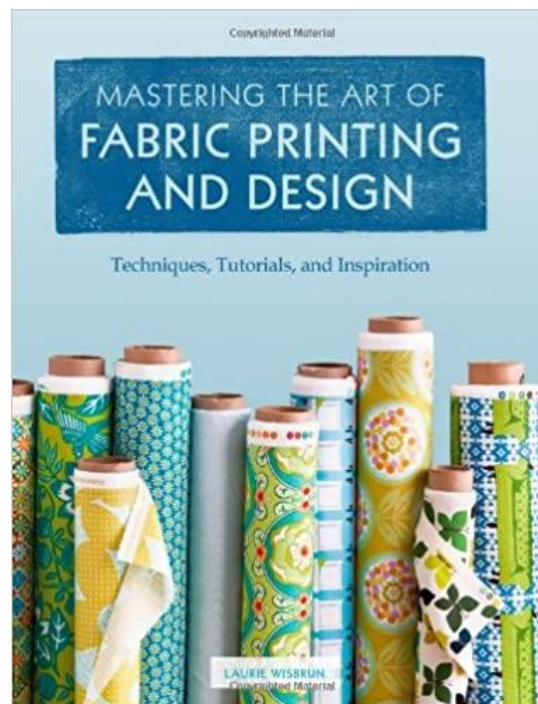


Рисунок 1.5 – «Оволодіння мистецтвом друку та дизайну тканин», Лорі Вісбурн

У ньому зібрано покрокові навчальні посібники з проектування зразків (як у цифровому, так і вручну), вичерпний розділ про техніку друку – включаючи цифровий друк, трафаретний друк, трафаретний друк, та стійкість до

фарбування – і навіть інсайдерські поради щодо розробки збирання та вивезення його на ринок. Прекрасно проілюстрований зразками вишуканих тканин та сотнями фотографій, а також інтерв'ю із відомими дизайнерами, такими як Skinny laMinx, Ink & Spindle та Джулією Ротман, що дає змогу розширити їхній набір навичок або знайти дизайнерське натхнення [5].

Стаття: «Огляд сучасних технологій нанесення зображення на тканеві матеріали із природних та синтетичних матеріалів» [6], написана викладачами КНДТУ досліджує сучасні технології нанесення зображення на тканинні матеріали з природних і синтетичних полімерів. У статті виявлено, що технологія друку підбирається в залежності від хімічного складу волокон тканини, кольору матеріалу, кількості виробів і кольоровості зображення.

У статті «Способи друку на матеріалах з бавовняних та синтетичних волокон» Г.А. Грифуліна [7] розглядаються різні варіанти технології нанесення зображення на тканину на основі існуючого асортименту матеріалів для друку на бавовняних та синтетичних тканинах. Праведно короткий огляд спектру технологій друку на тканині збережень, надрукованих способом шовкографії та цифровим друком.

### 1.3 Постановка мети та завдань дослідження

Метою атестаційної роботи є дослідження цифрових технологій друку та розробка рекомендацій щодо друку на текстилі.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз актуальності обраної теми ;
- провести аналітичний огляд літератури за темою атестаційної роботи
- провести порівняльний аналіз існуючих способів друку на текстилі;
- провести аналіз чорнил, матеріалів та обладнання, що використовують для друку на текстилі;



- розробити рекомендацій щодо друку на текстилі;
- перевірити ефективність розроблених рекомендацій на реальному прикладі.

Об'єкт – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію і взяте дослідником для вивчення. Предмет – це те, що знаходиться в рамках, в межах об'єкта. Об'єкт – це та частина наукового знання, з якою дослідник має справу. Предмет дослідження – це той аспект проблеми, досліджуючи який, ми пізнаємо цілісний об'єкт, виділяючи його головні, найбільш суттєві ознаки. Предмет дослідження найчастіше збігається з визначенням його теми або дуже близький до нього. Об'єкт і предмет дослідження як наукові категорії співвідносяться як загальне і часткове.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес цифрового друку на текстилі. Предмет дослідження – цифрові технології друку.

Таким чином, в ході дослідження пропонується проаналізувати можливості цифрового друку, виявити критерії, що впливають на якість цифрового друку на текстилі, розробити рекомендації для цифрового друку на текстилі.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Основні види та способи друку на текстилі

Шовкографія вона ж трафаретний друк є одним з найбільш популярних способів нанесення зображень і тексту на різні матеріали. Що обумовлено її широкими можливостями і високою якістю одержуваного результату. Унікальність технології дозволяє друкувати на широкому спектрі як плоских, так і криволінійних поверхонь. Залежно від особливостей матеріалів. Шовкографія на тканині може бути як повно кольорового в чотири фарби формату, так і чорно-біла. При цьому особливість способу допускає нанесення не тільки фарб, але і інших рідких або пастоподібних субстанцій: лаків, клею, включаючи можливість додавання глітерів, електропровідних частинок, люмінофорів. Технологія шовкографії відома давно, її прообразом послужив трафаретний друк, винайдений ще в Давньому Китаї. Принцип шовкографії полягає в нанесенні на виріб в'язкої фарби продавлювання її крізь дрібне сито-трафарет за допомогою спеціального еластичного ножа – ракеля. Завдяки можливості трафаретного друку отримують на відбитку шар, товщина якого в багато разів більше, ніж при інших технологіях, зображення виходять яскравими і насиченими, в тому числі і на матеріалах з вираженою фактурою. Цим методом можна друкувати на будь-яких текстильних матеріалах, тому він є одним з найбільш поширених способів нанесення невеликих зображень на тканину [8]. Ця технологія дозволяє добитися відмінних показників стійкості до прання, багато в чому завдяки, можливості отримувати товстий шар фарби та яскравий колір. До переваг цього способу можна віднести можливість друкувати практично на будь-яких матеріалах. Також варто відмітити, що це по-справжньому промисловий метод, розрахований на величезні тиражі і високу швидкість виготовлення продукції. Робота використання трафаретів дозволяє

діяти без великих витрат на виробництві, а ще з легкістю регулювати товщину шару фарби і її кольору так, як завгодно виробнику. Все б добре, але у шовкографії є свої недоліки, які впливають з додрукарської роботи на виробництві: виготовлення шаблонів і трафаретів для кожного кольору, використовуюваного в шовкографії, займає багато часу. А якщо використовуваний принт потрібно буде якось змінити, то все доведеться вибудувувати і виготовляти заново. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що шовкографія це промисловий метод, що не терпить ніяких змін в ході робочого процесу. Вона займає багато часу та зусиль.

Термотрансферний друк – спосіб передачі зображення на різні поверхні при короткочасному впливі температур від 120 до 190° С. В сучасній поліграфії поширені два основних напрямки термотрансферного переносу зображень: це аплікаційний метод і метод термопринта. Часто цей друк називають термонаклейка, термоаплікація – всі ці назви відносяться до першого методу, а терміни термопринт, термодрук, відносяться до другого методу, який має більш складну технологію. Технологія термотрансферного друку полягає в перенесенні зображення на поверхню (в нашому випадку на матерію) із застосуванням спеціальних проміжних матеріалів. Зображення наноситься на спеціальний папір або плівку, а потім за допомогою термопреса переноситься на поверхню. Поверхня повинна витримувати високі температури. У домашніх умовах термотрансферний друк можна виконати за допомогою праски, особливо такий спосіб підходить для прикраси дитячих або святкових речей. Але при використанні побутового варіанту термотрансфера потрібно враховувати, що подібні зображення будуть недовговічними через недостатню температуру і тиск, які застосовуються для закріплення зображень. Для отримання якісного результату потрібно дотримуватися трьох технологічних параметрів: тиск (сила, що застосовується для перенесення зображення), температура і час впливу температури при тиску на носій.

Термотрансферне перенесення зображень на поверхню виробів називається також термопереносом. Завдяки простоті застосування, технологія термотрансферного друку стала використовуватися в різних областях: маркування штрихкодом різних виробів і продуктів, маркування вантажів в логістиці. У промисловості цей спосіб дозволяє наносити змінну інформацію на товари. Найбільше застосування термотрансферний друк знаходить в текстильній та швейній промисловості. Технологія термотрансферного друку дозволяє застосовувати додаткові методи обробки (вишивка, сублімація). Термотрансфери можуть бути виконані гліттерними фарбами або з їх частковим застосуванням, світловідбиваючими фарбами і плівками, фарбами зі стразами, голографічними плівками.

Технологія термотрансфера не вимагає багатоколірних пристосувань, сушки та інших атрибутів шовкографії, немає необхідності в дорогому обладнанні наявність одного термопреса замінює кілька проміжних операцій при інших видах друку. Витратні матеріали для термотрансферного друку виготовляються в основному за кордоном, так як технологія виробництва термотрансферних паперів і плівок досить складна, а тому помітно впливає на собівартість друку. Сама ж технологія термопереносу не представляє нічого складного. На трансферний папір наноситься зображення або методом плотерної порізки зображення вирізається з готових трансферних плівок різних кольорів. Потім папір з нанесеним зображенням (або плівка) накладається на тканину і притискається нагрівальним елементом термопреса.

Цифрова сублімація це вид друку коли дисперсні барвники наносяться безпосередньо на поліефірний носій. Закріплення нанесеного малюнка проводиться шляхом нагрівання. Цифровий друк сублімації проводиться на цифрових принтерах. Під управлінням комп'ютера зображення друкуються на тканині дисперсними чорнилами декількома базовими кольорами. Сублімація можлива тільки для виробів з відсотком вмісту синтетичних волокон

більше 50%. Для реалізації цієї технології може застосовуватися спеціальна двошарова тканина: зовнішній шар, синтетичний, він і дозволяє барвнику закріпитися. А внутрішній шар, бавовняний, завдяки якому, одяг залишається комфортним і приємним для тіла. При фарбуванні будь-якої тканини матеріал просочується фарбою і колір змінюється і залишається далі таким. При сублімації речовина при нагріванні переходить в газоподібний стан без перетворення в рідину. При сублімації тверді частинки фарби переходять в газоподібний стан за допомогою тепла і тиску, а потім зв'язуються з полімером і переходять назад в твердий стан. Процес створення друкованого малюнка сьогодні пов'язаний з цілим комплексом технологічного обладнання та прикладних матеріалів. Іншими формами сублімації можуть виступати друк із застосуванням термічного перенесення, офсетний друк, друк на монохромних лазерних принтерах і може навіть проводитися шляхом трафаретного друку. Барвники, що застосовуються в даному вигляді сублімації, винайдені виключно для взаємодії з полімерами. Можливим носієм для сублімації текстиль з 100% палестру, прапори, канва і багато інших найменування. Таким чином, чим вищий вміст полієфіру в матеріалі, тим більш сильна взаємодія. Результатом буде більш яскраве зображення. За допомогою сублімації і термопереносу можна нанести зображення на фотографії, синтетичні тканини або будь-які інші поверхні, мають полімерні покриття. Обов'язково повинна підтримуватися постійна вологість і температура точне дотримання цих параметрів особливо важливо при друку великих форматів. Високі температури термопереносу й особливості хімічної взаємодії барвників з волокном обумовлюють дуже високу стійкість зображення до всіх видів зовнішніх впливів.

Прямий друк на тканині застосовується при виготовленні різного роду текстильної продукції. При прямому друці принтер наносить чорнило не на проміжний паперовий носій, а безпосередньо на тканину. Цим пояснюється ряд спеціальних вимог до його конструкції. Перш за все вони стосуються

рівномірності натягу тканини в процесі друку, стабільності і точності роботи системи подачі і підмотки носія. Також необхідно, щоб конструкція принтера виключала попадання чорнила на зворотну сторону носія. Тому для технології прямого друку на тканині застосовують спеціально призначені для цих цілей принтери (хоча їх система друку нічим не відрізняється від звичайного широкоформатного принтера). При прямому друці на тканині застосовується так зване наскрізне фарбування, яке дозволяє наносити зображення, як на синтетичні тканини, так і на натуральний текстиль. Наскрізне фарбування можливо не при будь-якому методі друку на тканині. При цьому при друку на деяких виробках, наприклад, прапорах, потрібно тільки наскрізне фарбування, щоб зображення на тканині було однаковим з обох сторін. Що ж стосується кольору тканинної основи він може бути будь-яким. Просто при нанесенні зображення на кольорову або темну тканину спочатку друкують підкладку білими чорнилами, яка має контур майбутнього зображення, потім її просушують, а вже після цього на ній друкують повнокольорове зображення. Варто також відзначити, що стійкість принта залежить від: ворсистості тканини (чим більш ворсиста основа, тим менше стійким буде зображення – це особливо важливо при друці на натуральних тканинах) і від якості білих чорнил. Технологія прямого цифрового друку на натуральних тканинах об'єднує в собі класичну обробку тканини, яка використовується на текстильному виробництві, і можливість широкоформатного друку. Вона має на увазі застосування чорнила на водній основі і попереднє розгладження ворсу. Це означає, що перед початком друку текстиль розгладжують, що допомагає максимально пригладити ворсинки, яких багато на натуральних тканинах. Така підготовка дає можливість отримати якісне і досить стійке зображення, нанесене методом цифрового друку на натуральних тканинах з досить ворсистю поверхнею [10]. Цифровий друк на тканині має ряд переваг перед іншими технологіями, серед яких: висока швидкість друку, ідеальне поглинання

фарби текстилем, стійкість зображення до прання і механічного впливу, можливість нанести принт на будь-які тканини: синтетичні і натуральні.

Механічний друк за допомогою валів один з найбільш продуктивних. Він дозволяє відтворювати на тканині найтонші складні малюнки, що складаються з невеликих площин, ліній різної товщини і різноманітних точок, сіток, штрихів. Найбільш відповідальним і трудомістким в цьому способі є виготовлення гравірованих валів. У практиці використовують кілька методів гравірування друкованих валів: ручний, пантографний і фотомеханічний. Величина повторюваної частини малюнка і його характер, тонкість ліній визначають вибір методу гравіювання друкованого валу. При ручному способі гравіювання кальку з зображенням малюнка накладають щільно на мідний вал. Попередньо контури малюнка окреслюють фарбою, що містить сірчистий натрій. Через кілька годин в результаті утворення сірчистої міді на поверхні вала з'являються контури малюнка, який поглиблюють різцем. На ділянці всередині контуру також різцем наносять паралельні лінії або точки. Для отримання зображення таким способом малюнок прокреслюють на друкованому валу, попередньо вкритому кислотостійкою мастикою, а потім знімають її при кресленні малюнка алмазом по контуру, оголюючи мідь для поглиблення гравюри. Вал обробляють концентрованою азотною кислотою. При цьому на ділянках, не захищених мастикою, мідь розчиняється, збільшуючи глибину гравюри.

Гравірування друкованого вала здійснюють на спеціальних верстатах, званих пантографами. На механічних пантографах переклад малюнка з паперу на друкований вал здійснюють за допомогою системи важелів. Попередньо збільшений в шість раз малюнок переводять методом гравірування на цинкові листи, а вже з них - на друкований вал. Більш досконаліми є фотоелектричні пантографи, в яких фотоелементи, отримуючи імпульси від сфотографованого малюнка, відсилають їх на електронну станцію і після посилення впливають на роботу апаратів з алмазами, прокреслюють гравюру. Друкування за допомогою

гравірованих валів забезпечує чіткість контурів, високу точність установки рапорту. Для передачі дрібних форм, півтонів, тіней, накладок фарб застосовується гравірування у вигляді точок піко або растра. На друкованому металевому валу можливо гравірування безперервних вертикальних смуг і відносно невеликих розмірів гладких площин малюнка. А ось безперервні горизонтальні лінії не допускаються. Зараз частіше використовують циліндричні друкарські машини, оснащені високопродуктивною спеціальною камерою, в якій тканина висушується гарячим повітрям. Остаточне висушування відбувається в роликівому сушильній камері. Машина не заправлена кирзою. Поверхня вантажівки покрита шаром гуми. Можна зробити висновок, що такий спосіб друку є складним там потребує постійного нагляду.

## 2.2 Чорнила для друку на текстилі

Всі існуючі технології нанесення зображення на тканину засновані на взаємодії чорнил і волокон тканини. Існує кілька видів чорнил, що використовуються для друку на тканині: пластизолеві, водні, сольвентні і сублімаційні. Пластизолеві чорнила добре прилипають до тканини, огортаючи її волокна, не фарбуючи їх, а забезпечуючи механічне зчеплення. Тому вони добре підходять також для друку на щільних нейлонових тканинах з водовідштовхувальним просоченням, які неможливо запечатати іншими фарбами. Пластизоли дуже еластичні, їх легко забарвити за допомогою пігментів, спінити при додаванні певних реагентів. Ці чорнила дуже стійкі. Пластизолеві чорнила можуть бути пінними, з «металевим» ефектом, з глітерами, еластичні [11]. Також до категорії пластизолів можна віднести спеціальний клей для фольгування виробів. Вони легко друкуються, мають високу непрозорість і добре прилипання до більшості текстильних виробів. Вони складаються з двох основних інгредієнтів: ПВХ і пластифікатора. Ці



фарби мають одну важливу властивість: вони не сохнуть при кімнатній температурі - їх необхідно нагрівати. Пластизоль, на відміну від інших фарб, не проникає в волокна виробу, а обволікає його, утворюючи механічне поєднання. Так як вони виготовлені на основі полімерів, то більш точно замість словосполучення «повне висихання» говорити – «досягає повної полімеризації». Пластизоли не містять летючих компонентів, так що пластизолеві чорнила безпечні для здоров'я. Висока стійкість дає можливість використовувати її для друку на темних тканинах, але все ж для досягнення правильної передачі кольору на кольорових тканинах рекомендується робити білу підкладку. При нанесенні наступного кольору пластизольними чорнилами необхідно прогріти попередній шар до температури 160 °С протягом 610 с.

Особливості пластизольних чорнил: повне затвердіння фарби при температурі в залежності від товщини шару нанесеної фарби. При нормальному висиханні пластизольна фарба дає глясову еластичну плівку, стійку до прання при температурі до 600°С. Вони підходять для більшості синтетичних і натуральних тканин. Пластизольним чорнилом друкують на бавовні, плюші, тканині джерсі, важких тканинах, таких як джинса, рогожка, змішаних тканинах з синтетичних волокон, на замші, технічних тканинах. Після друку і полімеризації пластизольним чорнилом надрукований малюнок має матову поверхню і стає блискучим, тільки якщо пластизольна фарба нанесена товстим шаром, а потім піддана термообробці в печі при дуже високій температурі, перед друком завжди рекомендується проводити тестування.

Інша група чорнил – водні, якими можна друкувати на натуральних і багатьох синтетичних тканинах. Чорнила на водній основі мають істотний недолік: вони легше вимиваються. Однак в певних випадках їх вибір цілком виправданий: вони дешевші пластизольних, і виправдовують себе в тому випадку, якщо необхідно виготовити невеликий тираж виробів, які будуть використані один-два рази, наприклад, для проведення будь-якої акції. Водні

фарби бувають тріадними, флуоресцентними, металізованими. Для їх висихання необхідна високотемпературна сушка, що дещо обмежує асортимент тканин. На відміну від трафаретних фарб на основі розчинників, фарби на водній основі сохнуть по іншому. Причина в тому, що в цих чорнилах розчинник замінений водою, а вода не може розчинити поверхню основи, як це роблять розчинники. Важливою перевагою чорнил на водній основі є більш висока покриваність. Вона забезпечується за рахунок більш дрібних розмірів частинок пігменту. Якість покриття при цьому анітрохи не поступається фарбам на розчинниках. Чорнила на водній основі мають гарну адгезію і тому можуть наноситися на різні поверхні, включаючи стару фарбу. До недоліків чорнил на водній основі відноситься більший час сушки, обумовлене тим, що вода повільніше випаровується, ніж органічний розчинник. Для остаточної полімеризації чорнил потрібно або температурний вплив, або хімічне (використання перед друком спеціальних добавок каталізаторов). Відносно недавно з'явилися текстильні водні чорнила, що володіють здатністю самополімеризації і не потребують додаткової обробки. Зараз на ринку з'являються продукти, які мають непогану адгезивну здатність і стійкість до зовнішнього середовища.

Наступний вид фарб – сольвентні, призначені для друку на синтетичі. Чорнила, які містять розчинник, висихають за рахунок випаровування. Розчинник випаровується, в результаті чого утворюється смола, що зв'язує фарбу і задрукований матеріал. Випаровування розчинника може бути прискорене за рахунок нагріву за допомогою інфрачервоного випромінювання або повітряної вентиляції. У цьому полягає функція тунельних сушарок. Чорнила на основі розчинників використовуються для друку по плівці з ПВХ, за жорстким ПВХ, полістиролу, акрилового скла, полікарбонату, паперу, картону, дереву та ряду інших матеріалів. Крім того, спеціальні серії цих чорнил призначені для прямого друку на синтетичних тканинах і готових виробах (куртки, вітровки, прапори, сумки). Також при друці застосовуються

сублімаційні фарби, які використовуються для створення трансферів, які переносяться на світлі синтетичні тканини. Малюнки виходять дуже стійкими, високолінійними, відбитки за якістю порівнянні з офсетними. Сублімаційні трансфери добре підходять для невеликих тиражів.

Чорнила з ультрафіолетовою полімеризацією їх особливістю є введення до їх складу так званих фотоініціаторів (на базі акрилатів і мономерів акрилатів, до яких додається акрилова кислота), здатних під дією світла генерувати вільні радикали і іони, що ініціюють ланцюгову реакцію полімеризації. Так як фотохімічний процес полімеризації відбувається по всій товщині шару нанесеного матеріалу, процес затвердіння займає зовсім короткий час. Це властивість широко використовується у виробництві, що вимагає високої продуктивності. Основною перевагою таких чорнил є швидке затвердіння, практично повна відсутність органічних розчинників, відсутність втрат, низькі витрати електро та теплової енергії на сушки. Фотоініціатори, є дуже складними і специфічними добавками, які служать каталізаторами між ультрафіолетовим світлом і рідким розчином. Присутність фотоініціаторів різного типу і активності дозволяє отримати бажану реакцію і впливає на швидкість висихання. УФ чорнила можуть наноситися на самоклеюку плівку з ПВХ, жорсткий ПВХ, полістирол, полікарбонат і ряд інших матеріалів. Вони не містять розчинників і не висихають на повітрі, тому при їх використанні не потрібно створення в робочих приміщеннях систем вентиляції, у них дуже велика швидкість полімеризації – близько десятих часток секунди. Не маючи випаровування розчинника, вони мають великий сухий залишок і можуть проходити через вкрай тонкі тканини, що сприяє точності зображення деталей. Після полімеризації ці фарби практично не розчинні у розчинниках і бензині, не залишають подряпин та відрізняються підвищеною яскравістю і блиском. Не дивлячись, на таку кількість переваг існує багато недоліків серед яких: менша покривна здатність, ніж чорнила на водній основі, незначна товщина барвистого

шару, вартість вища, ніж у чорнил на водній основі та мають відносно короткий термін служби. Це пов'язано з тим, що фотоініціатор, що входить до їх складу, не є інертним продуктом і працює навіть за відсутності ультрафіолетових променів. Тому постачальники дають термін зберігання не більше півроку.

### 2.3 Текстильні матеріали для цифрового друку

У цифровому друку на текстилі безліч друкувальних голів забезпечують якісний дизайн та забезпечують швидкий темп виробництва. Однак через те, що друкуючі голівки знаходяться близько до тканини, є деякі матеріали, які неможливо використовувати для цифрового друку. Тканини, які, наприклад, мають досить вільні нитки, можуть стикатися з друкувальними голівками, отже, спричиняти пошкодження. Існує нескінченна пропозиція текстилю, призначеного для цифрового друку. Якщо його поділити, певні тканини сконструйовані так, щоб добре друкуватись певним набором чорнила. Оскільки цифровий друк продовжує просуватися до декору та предметів одягу, тканини, що містять переважно целюлозні волокна та суміші, все частіше потребуватимуть оптимізації для цифрового виробництва. Сюди входять матеріали на бавовняній основі. При безпосередньому друку бавовна та бавовняні суміші добре працюють з реактивними барвниками та пігментними чорнилами на водній основі. Хоча багато разів їх потрібно попередньо обробити покриттям для отримання оптимальних результатів. Ці попередні обробки повинні бути сконструйовані таким чином, щоб додати чудову якість візуального зображення, оскільки багато бавовняних матеріалів використовуються в таких програмах, як драпірування, оббивка, постільна білизна або постільні речі. Залежно від типу чорнила, може бути необхідна попередня обробка для посилення адгезії чорнила до тканини перед безпосереднім друком. Всі тканини повинні бути попередньо оброблені

відповідною хімією щодо фактичної комбінації фарби та тканини. Інакше постраждає будь-яка властивість, включаючи стійкість кольору, миття та стирання. Це твердження стосується як реакційноздатних, так і пігментних чорнил. Як правило, для реактивного барвника необхідна попередня обробка. Хімія попередньої обробки виконує роль каталізатора, який допомагає у реакції між барвником і клітковиною. Однак, попередня обробка тканини, призначеної для друку пігментом, допомагає зчепити фарбу з тканиною для досягнення оптимальних результатів, особливо щодо довговічності. Залежно від попередньої обробки, це може покращити колір, здатність до миття або зменшити ефект від втирання при використанні разом з пігментними чорнилами. Він зазначає, що залежно від того, для чого буде використовуватися остаточний принт, може взагалі не потрібно обробляти тканину [12].

Бавовняні та бавовняні суміші – складні матеріали. Є й інші проблеми, про які слід знати постачальникам друку на додаток до типу чорнила та про необхідність попередньої обробки або сертифікації. Найголовніше питання, що стосуються самого фактичного матеріалу. Друкарі повинні знати, що бавовна – це натуральне волокно, і між партіями можуть виникати різниці, навіть з однаковими характеристиками стану та стану ткацтва. Також загалом важливо отримувати бавовну, що не містить забруднень – бавовна, яка гарантовано не містить чужорідних волокон. Бавовна, вирощена в країні, як правило, не містить забруднень, тоді як вирощена в іноземній бавовні часто може мати блукаючі шматки поліестеру або нейлону, змішані з бавовняними нитками. Дуже важливо провести ретельне тестування в цих областях і знати, як принтери, тканини та покриття впливають на кінцевий продукт.

Бавовна та тканини на основі бавовни, оптимізовані для прямого цифрового друку, ідеально підходять для декору та одягу. Загальне застосування, яке можна знайти в обох цих сегментах, наприклад, драпірування та постільна білизна, шарфи та футболки, регулярно складається з бавовни.

Правильне поєднання чорнила, тканини та попередньої обробки робить сучасні варіанти життєздатними для масового виробництва, а також більш конкретних одноразових та спеціальних деталей.

Віскоза – ще одне натуральне волокно, яке широко використовується в індустрії моди. Можливий друк на віскозі за допомогою цифрового принтера. Як і у випадку з друком на бавовні, найкращі результати отримують при друці на віскозі реактивними чорнилами. Друк на вовні за допомогою цифрового текстильного принтера можливий, але це залежить від типу вовни, яку використовують. Якщо друкувати на «волохатій» шерсті, мається на увазі тип вовни, в якій стирчить багато пухких ниток – друкуючі голівки повинні розташовуватися якомога далі від основи. Вовняна пряжа в п'ять разів товща діаметра сопла в друкуючій голівці і тому може сильно пошкодити голівку принтера. З цієї причини важливо вибрати цифровий принтер, який дозволяє розташовувати друкуючі голівки на значній відстані від основи.

Іншим натуральним волокном, яке підходить для цифрового друку на текстилі, є шовк. Шовк можна друкувати реактивними чорнилами (коли пріоритетом є висока стійкість) або кислотними фарбами (якщо пріоритет кольорова гама).

Поліамідна лайкра – це тип тканини, який в основному використовується для купальників. Друк на поліамідній лайкрі за допомогою цифрового принтера можливий, і найкраще це можна зробити за допомогою кислотних фарб. Використовуючи кислотні фарби, ви отримуєте найвищий блиск кольору, стійкість до миття та стійкість до солоної води та хлору.

За останні пару років поліестер стає дедалі популярнішою тканиною в індустрії моди. Однак найчастіше використовувані фарби для друку на полієфірі, дисперсні чорнила, погано працюють при друку на високошвидкісних цифрових принтерах. Типовою проблемою є забруднення принтера чорнильним туманом. Тому принтери перейшли на сублімаційний друк на папері і

нещодавно успішно перейшли на прямий друк на поліефірній тканині з сублімаційними фарбами. Для останнього потрібен більш дорогий принтер, оскільки потрібна стрічкова система, щоб утримувати тканину, але це заощаджує витрати паперу на принтерах і не вимагає відпарювання та прання. Змішані тканини – тканини, що складаються з двох різних типів матеріалів можуть кинути виклик цифровим друкарським машинам. При цифровому друку на текстилі можна використовувати лише один вид чорнила. Оскільки для кожного матеріалу потрібен інший тип чорнила, в якості принтера ви повинні використовувати ту фарбу, яка підходить для матеріалу, що становить більшу частину тканини. Це означає, що чорнило не буде прилипати до іншого матеріалу, що використовується в тканині, що може спричинити бліді кольори.

Взагалі, цифрові текстильні принтери можуть обробляти змішані тканини з мінімальним розподілом 70-30%. Наприклад, змішану тканину, що складається з 70% бавовни та 30% поліестеру, можна друкувати цифровою текстильною друкарською машиною з реактивними чорнилами. Однак цифровий друк тканин із розділенням 60-40% обмежить глибину кольору.

Двадцять п'ять років тому ми могли друкувати лише на поліефірах та сумішах або переносити на відносно гладкі матеріали з попереднім покриттям. Хоча сублімація барвника залишається найпоширенішим використанням у цифровому текстильному друці на сьогоднішній день, це не лише поліефіри. Ми бачимо набагато більше натуральних волокон, таких як шовк, бавовна, постільна білизна, шерсть, віскоза та інші тканини, які мають багато текстури. Полотно та фактурні тканини також стають все більш популярними.

## 2.4 Технологічний процес способів друку та обладнання

Текстильні принтери добре себе зарекомендували в легкій промисловості, рекламній сфері, дизайні інтер'єру.

Безумовно, в кожній області застосовується свій, певний вид машини.

Перш за все вони діляться за типом управління:

- ручні;
- автоматичні;
- напівавтоматичні.

Цифровий прямий спосіб друку – один з найдоступніших і оперативних. Не потрібно проміжних форм, можна працювати з будь-якими видами тканин. Методика заснована на просочуванні текстильної основи водорозчинним чорнилом з наступним нагріванням. Під впливом високих температур малюнок міцно закріплюється на поверхні. У технологічному процесі бере участь 2 основних прилади: принтер і термопрес. Спочатку розробляють макет малюнка на комп'ютері – в графічному редакторі. Потім річ поміщають в принтер прямого друку. Зображення переноситься з цифрового обладнання на текстиль. Чорнила швидко проникають в тканину і лягає рівним шаром. Картинка виходить яскрава, з точними контурами, видно з обох сторін і довго не стирається. В наш час існує великій вибір принтерів для цифрового прямого друку. Та найголовнішими критеріями для вибору стають цінова політика та якість.

Для фіксації малюнка використовується плоский термопрес (інша назва - планшетний). На робочу поверхню укладають текстиль (наприклад, футболку) і притискають плитою, яка нагрівається. Високий тиск і температура вплавляють чорнила в тканину. За механізмом відкривання планшетні преси бувають вертикально-відкидні і поворотні. У першому випадку плита піднімається вгору. У другому – зсувається в бік щодо столу. Термопреси також розрізняються габаритами плити. Можна використовувати для нанесення зображень на різні види плоских поверхонь: одяг, хустки, рушники, постільна білизна.

Технологія термотрансфера побудована на перенесенні зображення на текстильну основу через проміжний носій. Якщо наносити малюнок на синтетичну тканину, виходить фактурний, довговічний відбиток. На бавовні



зображення швидко змиваються при пранні. Для термотрансферу потрібні: комп'ютер з пакетом графічних програм для створення макетів, принтер для сублімації та термопрес плоский.

Сублімаційний принтер можна замінити звичайним цифровим. Малюнок друкують на сублімаційному папері. Він не вбирає чорнила, не дає їм розтікатися і формує чітке зображення з рівною поверхнею. Виріб відправляють в термопрес. Під впливом високих температур і вакууму папір згоряє, а сублімаційне чорнило міцно приплавляється до тканини. У роботі використовують такі ж види термопресу, що і для цифрового прямого друку.

Для трафаретного друку техніка отримання відбитка побудована на створенні малюнка за допомогою спеціальних трафаретів, кожен з яких відповідає певному кольору. Спочатку цифрове зображення розбивають по відтінкам на частини. Потім на окремих аркушах паперу друкують одним кольором силует малюнка і покривають фотоемульсією. Після цього до роботи підключають трафаретний верстат. На ньому послідовно виконують кілька дій: переносять малюнок на раму з натягнутою сіткою, натягують на верстат текстиль, зверху встановлюють трафарет з чорнилом і продавлюють їх крізь дрібні осередки. У однобарвних верстатах передбачена одна друкована секція. Дво- і багатобарвні моделі являють собою пристрої карусельного типу. На них можна одночасно покрити малюнком кілька речей, не змінюючи трафарети. Кожна фарба знаходиться в окремій секції і продавлюється через свою сітку.

За рівнем механізації трафаретні верстати діляться на 3 види: з ручним керуванням. Простий пристрій, зручна експлуатація, можна використовувати вдома, не підходять для великих тиражів. Напівавтоматичні у яких підвищена продуктивність – процес друку і зняття виробів автоматизований. Накладка виробів робиться вручну. У проміжних етапах текстильний принтер забезпечує сушку фарби на одязі. Автоматичні являє собою професійне трафаретне обладнання з високою продуктивністю. Всі процеси автоматизовані і не потребують ручної праці.

Принтери для прямого цифрового друку по тканині високопродуктивні, доступні за ціною, прості в зверненні. Сублімаційне обладнання дороге коштує, підходить для поліграфічних підприємств, що працюють з великими тиражами. Термоаплікацію можна робити в домашніх умовах. Досить звичайного принтера і праски. В рамках друкарні використовуються спеціальні верстати.

## 2.5 Екологічність цифрового друку

Для того, щоб зробити процес друку більш стійким, важливо знати, які аспекти процесу мають найбільший вплив на навколишнє середовище. Цей екологічний відбиток на текстильному друці становить 90% завдяки сировині (нікелеві екрани) та електроенергії, необхідній для процесу друку. Решта 10% припадає на упаковку та стічні води.

Переробляючи якомога більше матеріалів, реалізується процес друку з невеликою кількістю відходів. Це завдання стосується як цифрового друку на текстилі, так і ротаційного трафаретного друку. Але чи насправді цифровий друк має більш стійкий процес від колиски до воріт, ніж ротаційний трафаретний друк. Еко точки використовуються для індексації впливу продуктів та процесів на навколишнє середовище. 100 еко пунктів дорівнює впливу на навколишнє середовище одного громадянина ЄС на рік [13]. Чим більше еко точок, тим більший вплив на навколишнє середовище. Для порівняння, виготовлення одного екрану для ротаційного друку має оцінку 7, тоді як виготовлення одного кг чорнила для цифрового друку на текстилі становить лише 0,3 еко точки. Якщо розглядати лише ці показники, стає зрозумілим, що для виробництва витратних матеріалів, що використовуються для друку, виробництво витратних матеріалів для цифрового друку на текстилі справді набагато менше шкодить навколишньому середовищу, ніж виготовлення звичайних витратних матеріалів для друку.

Цифровий друк революціонізував текстильну промисловість – але наскільки це екологічно безпечно. У той час, коли важливіше, ніж будь-коли, переконатися, що як приватні особи та компанії ми робимо все, що в наших силах, щоб зменшити наш вплив на навколишнє середовище у нашому повсякденному житті, виробники по всьому світу перебувають під пильним наглядом щодо того, наскільки екологічно чисті їхні процеси насправді є. Хоча само собою зрозуміло, що більшість виробничих процесів певною мірою сприяють шкідливим відходам та негативному впливу на навколишнє середовище, інноваційні технології тепер означають, що ми маємо більше можливостей щодо пошуку більш екологічних методів виробництва товарів.

Що стосується виробництва текстилю та одягу, то найпопулярнішим способом друку на тканинах, який шукають компанії та дизайнери, є цифровий друк. Це не тільки швидкий та ефективний спосіб перекладу дизайну на безліч різних тканин, причому той, що дає приголомшливі результати, але він високо цінується як один із найбільш екологічно чистих доступних методів друку. Передові технології цифрового друку за своєю природою є більш стійкими, ніж будь-який інший спосіб друку. Друк безпосередньо на одязі (DTG) зрештою зменшує відходи, оскільки буде використана лише кількість чорнила, необхідна для друку дизайну. Відомо, що альтернативні методи, такі як трафаретний друк, використовують надмірну кількість чорнила, щоб перенести малюнок на тканину, сприяючи потенційно шкідливим хімічним відходам.

Природно, що метод цифрового друку є таким прямим, що потрібно менш налаштоване обладнання, тобто немає екранів або плит, які потрібно виготовляти для створення індивідуальних конструкцій. Цей тип обладнання, необхідного для трафаретного та ротаційного друку, врешті-решт піде у відхід, як тільки проект завершиться виробництвом і більше не буде використаним. Забруднення води є найвищим фактором екологічного ризику в текстильній промисловості. У попередні роки вплив текстильної промисловості на

навколишнє середовище був величезним - використання непотрібної кількості води та енергії для виробництва набивних тканин. У міру просування технологій та збільшення популярності цифрового друку, цифровий друк на текстилі заощадив понад 40 мільярдів літрів води у всьому світі за останній рік. Це сприяло значному зменшенню кількості води, яка була використана, витрачена і забруднена. Це пов'язано з тим, як технологія усуває необхідність у значній кількості води та електроенергії, необхідних для підготовки, обробки та очищення, що застосовуються в інших методах, таких як трафаретний друк.

Оскільки для цифрового друку використовуються пігменти, які досягають стійкості кольору завдяки тепловій фіксації, вода не потрібна для попередньої обробки або подальшої обробки, таких як відпарювання та прання. Методи трафаретного та ротатійного друку зазвичай вимагають перенесення паперу для того, щоб розпочати процес друку. Однак при цифровому друку конструкції можна подавати цифровим способом, а потім надрукувати безпосередньо з машини на тканину, що означає, що не потрібен переносний папір, що зменшує кількість утворених відходів.

Усі ці фактори роблять цифровий друк ідеальним вибором для екологічно свідомих власників бізнесу та дизайнерів. Це особливо важливо у сучасній модній та текстильній промисловості, яка не чужа у відповідь на етику сталого розвитку. Пошук авторитетного цифрового принтера для втілення ваших дизайнів може залишити вас у безпеці, знаючи, що обраний вами виробничий процес має мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

Хоча друк із сублімацією можна вважати екологічно чистим, процес сублімації барвника передбачає використання паперу для перенесення, і хоча він піддається вторинній переробці, при цьому все одно утворюються відходи, яких цілком можна уникнути. Багато виробників текстилю використовують у своєму процесі азобарвники, але, як відомо, вони є потенційними канцерогенами та можуть виділяти токсичні хімічні речовини. Будь-який

процес друку на текстилі може створити відходи від відрізів тканини. Однак виробники докладають усвідомлених зусиль, щоб завжди повторно використовувати всі відходи, що накопичуються та скачуються з друкарських місць. Всі тканини мають відповідати європейським стандартам. Це законодавство про реєстрацію, оцінку, санкціонування та обмеження хімічних речовин, створене Європейським Союзом, яке гарантує, що всі тканини не містять небезпечних хімічних речовин.

Технології цифрового друку рухаються вперед, це позитивний крок у правильному напрямку до заміщення нестійкого неефективного виробництва. Чисті та ефективні процеси не тільки корисні для навколишнього середовища, але й більш привабливі для екологічно свідомого споживача – до чого всі компанії та виробники повинні бути уважними.

## 2.6 Вплив пандемії на цифрові технології друку

COVID-19, також відомий як коронавірус, тримає світ у своїх руках. Наслідки відчуються скрізь, у всіх країнах, галузях та бізнесі. Вірус також має серйозні наслідки для текстильної промисловості. Логічно, що багато людей у галузі замислюються, який вплив ця пандемія має на текстильний ринок, як у короткій, так і в довгостроковій перспективі.

На початку року головною проблемою був той факт, що багато друкарських компаній у світі працюють з тканинами, що надходять з Китаю. Перерозподіл замовлень на друк у таких країнах, як Туреччина, може бути рішенням для самої поліграфії, але якщо немає тканини для друку, то продукту не буде. Це були основні проблеми, з якими стикалася текстильна промисловість на початку [14].

У короткостроковій перспективі комерційні друковані видання, друк на текстилі, газети, журнали, книги та брошури, зазнали великих ударів. У той же

час багато друкарів етикеток отримують додаткову роботу. Наприклад, всі виробники друкованої продукції, що стосуються ліків, засобів для чищення та харчових продуктів, добре працюють. Оскільки своєчасна доставка є першорядною, на ці сегменти ринку також не чиниться тиску. Здається, існує також досить широка згода щодо довгострокових наслідків пандемії корони для друкарської галузі. Автоматизація набуває вирішального значення як на рівні обладнання, так і на рівні робочого процесу, всі йдуть до повного виробничого процесу, починаючи від прийому замовлень і закінчуючи доставкою або електронною доставкою, з повною інтеграцією виконання та виставлення рахунків. Тому прискорена автоматизація збігається із підвищеним попитом на друкарські пристрої, якими легко керувати та потребують меншої кількості та менш кваліфікованих операторів. Через корону менеджери більше усвідомлюють ризики, що їх виробництво може зупинитись, якщо оператори захворіють або відсутні з будь-якої іншої причини. Висококваліфікованих інженерів не можна легко замінити. Прості в експлуатації системи, що вимагають менше навичок, полегшують пошук або заміну операторів. За нижчої економічної активності, яка очікується у найближчі кілька років, тривалість друкованих робіт частіше скорочуватиметься, що може прискорити перехід до цифрового друку. У короткостроковій перспективі деякі поліграфічні компанії призупинять свої інвестиційні плани.

З іншого боку, деякі принтери висунули інвестиційні плани, щоб переконатися, що вони готові до того, як блокування стануть легшими та попит зросте. І ці нові інвестиції можуть бути непропорційно орієнтовані на цифровий друк, обумовлений тенденцією до скорочення тиражів та швидшого обороту. Тим не менше, загальне сподівання на ринку – це те, де ми побачимо посилене впровадження високопродуктивних цифрових пресів та оздоблювального обладнання, що вимагають високих коефіцієнтів використання.

Технологія, що використовується для цифрового друку на текстилі, добре підходить для обслуговування гнучких виробників одягу, що базуються на електронній комерції, оскільки немає часу налаштування, а виробничі цикли швидкі. Цифрові преси можуть забезпечувати детальний дизайн в необмеженій кількості кольорів і приносити надійний прибуток з самого початку - на відміну від звичайного аналогового друку. А ще краще, він робить це, використовуючи безпечні та екологічно безпечні витратні матеріали, які приваблюють сучасних кінцевих споживачів, які очікують стійких виробничих практик, незалежно від хаосу, спричиненого пандемією. За допомогою цифрового друку виробничий цикл є більш ефективним, оскільки потрібні лише принтер та система нагрівання чорнила. Це означає, що друкарські операції можуть бути зосереджені в одному місці, або, як альтернатива, численними друкарськими системами можна керувати в різних регіонах, концентруючись на місцевому виробництві для швидшої доставки. У будь-якому випадку, компанії, які переходять на цифровий ринок, можуть вибрати модель виробництва, яка відповідає їхнім вимогам, роблячи ланцюжки поставок більш гнучкими та гнучкими, що допомагає захистити їх від зривів, спричинених потенційними спалахами в майбутньому. Іноді цифровий друк на текстилі залишається поза увагою, оскільки вартість його на один віддрукований метр вища. Це правда, що аналоговий друк все одно забезпечує вищу вартість за одиницю при великих тиражах. Тим не менше, протягом найближчих місяців потреба у швидкій доставці та універсальних заказах може мати для підприємств більше значення, ніж витрати на один друкований метр, що прискорить впровадження цифрового друку у цьому секторі.

Виробники цифрових друкарських машин вже деякий час придивляються до ринку текстилю. Привертають увагу як друк безпосередньо на одязі (DtG), так і друк текстилю для інших цілей. Це має сенс, враховуючи діапазон доступних технологій та динамізм у сфері цифрового друку: усі шукають цю

наступну вбивчу програму. Текстиль справді має величезні можливості, не в останню чергу через екологічний аспект. Зменшення впливу на навколишнє середовище повинно бути такою ж рушійною силою у позиціонуванні цифрового друку текстилю, як і порушення ланцюга поставок, оскільки традиційна лінійна модель текстильного виробництва неймовірно ресурсномістка. Після явища швидкої моди є й інші показники того, що традиційна модель вразлива до зривів. Швидка мода заохочує людей носити і тримати одяг менше часу, а також є ознаки збільшення частоти оновлення інтер'єру. Поєднання застарілого лінійного ланцюга поставок, екологічного тиску та мінливих сподівань споживачів наводить на думку про сектор, який дозрів для серйозних збоїв. Нова текстильна економіка виходить за рамки графічної індустрії, але принтери та постачальники технологій можуть внести свій внесок у модель, що відповідає принципам кругової економіки.

Одну з найбільших проблем, з якою стикається ринок цифрового друку на текстилі, все ще залишають поза увагою при друку на текстилі через високу вартість одного друкованого метра. Хоча аналоговий друк все-таки пропонує вищу ціну за одиницю при величезних тиражах. Однак у найближчі місяці потреба в універсальних замовленнях та швидкій доставці може важити для підприємств більше, ніж витрати на один друкований метр, що прискорить впровадження цифрового друку у цьому секторі [15].

Пандемія COVID-19 має руйнівний вплив на текстильний сектор, що стосується блокування по всьому світу, закриття підприємств, загального припинення роздрібною торгівлі, зриву ланцюга поставок та падіння попиту. По мірі того, як підприємства та замовники змінили пріоритети, виробники одягу та їхні роздрібні партнери в кількох країнах перейшли на електронну комерцію. Отже можемо зробити висновок, що пандемія хоть і нанесла значних втрат для текстильної промисловості, та все ж все більше підштовхнула до вибору на користь прямого цифрового друку.



### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ

В ході аналізу теоретичних матеріалів та інших джерел інформації було розроблено рекомендації для пошуку ідеального набору для друку на текстилі.

Рекомендації щодо друку на текстилі були сформовані у вигляді 7 кроків, що призводять до якісного результату.

1. Визначення кінцевої цілі. Проведення брифінгу при якому з'ясовуються вид продукції, тираж, формат, споживач, бюджет.

2. Розробка макету зображення, що буде наноситись на текстиль (правильний підбір роздільної здатності, розміру зображення, колірного профілю та режиму згідно до продукту, що розробляється).

3. Визначення типу тканини для друку. Обов'язково звертаючи увагу на конструкцію тканини та її властивості.

4. Вибір способу друку, що краще за все підходить для поставленої задачі та обраної тканини.

5. Визначення типу чорнила, що найкраще підходить для обраної тканини та способу друку.

6. Визначення потреби в додатковому оснащенні чи операціях.

7. Вибір пристроїв для друку та потрібних операцій, які працюють із обраною технологією, тканиною та чорнилом.

В ході експериментальної частини було вирішено перевірити ефективність складених рекомендацій і поставити за ціль підібрати усі кроки для конкретної цілі на прикладі. Для розробки корпоративного одягу, що буде друкуватися однією партією в якості сувенірною подарунка для робітників айті компанії. За кінцеву ціль було обрано фірмові футболки з унікальним принтом. При отриманні ТЗ замовником було надано приклад вже надрукованої футболки виконаної у звичайній поліграфії по стандартній схемі друку. Зразок був надрукований способом шовкографії на тканині (60% бавовна, 50% поліестер)

пластизольними чорнилами. Після того як весь набір для друку буде підібраний – буде надрукований тестовий екземпляр, згідно до обраного набору, що базується на розроблених рекомендаціях, що буде оцінений експертами по візуальним характеристикам якості друку готової продукції, та буде порівняно кількісну оцінку якості в балах з первинним зразком. Тоді можна буде зробити висновок щодо актуальності розробленого набору та самих рекомендацій.

### 3.1 Підготовка макету та вибір текстильного матеріалу для друку

При отриманні ТЗ дизайнером було розроблено макет майбутнього продукту (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Макет майбутнього продукту

Згідно до того, що майбутнім продуктом має стати футболка було підготовлено файл. Було підібрана роздільна здатність та розмір зображення, розмір області друку на виробі, розмір дизайну, прозорий фон, формат та розмір файлу, колірний режим та профіль [16]. Всі ці критерії були винесені до таблиці (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Параметри макету

Параметр	Значення
Роздільна здатність	200 dpi
Розмір області друку	28 x 38 см
Фон	Прозорий
Формат	PNG
Розмір файлу	10 MB
Колірний профіль	RGB
Колірний режим	sRGB

Зважаючи на те, що кінцевим результатом мають бути футболки с корпоративним принтом, було прийнято рішення використати вже готові матеріали. Футболки передчасно були виконані з натуральних тканин. За основу було взято футболки з 100% бавовни. Були виявлені переваги речей з бавовни:

- універсальність. Тканина використовують для будь-яких майок і футболок. Матеріал є «дихаючим», тому з нього виготовляють прекрасну повсякденну і спортивну одягу;

- простий догляд і міцність. Матеріал легко стирається і прасується, тому його використовують в якості тканини для футболок. До того ж волокна відрізняються високою міцністю. Одяг з якісного бавовни витримує численні прання, прасування і постійну носку;

- гіпоалергенність. Бавовняні волокна не викликають алергію. Шкіра не подразнюється, навіть якщо носити одяг з цього матеріалу в спеку. Тому така тканина краща для дітей і дорослих;

- гігроскопічність. Волокна бавовни відмінно вбирають вологу і при цьому володіють легкістю.

Також сформовані рекомендації щодо догляду виробів з бавовни для подальшої довгої експлуатації кінцевого результату:

– прання. Кольорові бавовняні речі краще прати при температурі не вище 40-60°C. Слід відмовитися від використання агресивних порошків або відбілювачів. Кольоровий одяг з бавовни також не варто віджимати занадто сильно;

– прасування. Бавовняні тканини стабільно показують себе навіть при дуже високій температурі. Бажано, щоб при прасуванні вона не перевищувала 210°C.

Ще одним важливим показником є те, наскільки тканина з якої зроблена футболка схильна до усадки. Чим вище якість тканин, тим менше усадка і відповідно тим краще носяться виріб. Було підібрано футболки з мінімальним рівнем усадки.

### 3.2 Вибір способу друку для заданої цілі

З теоретичних відомостей нам вже відомо, що основними способами друку на текстилі являються: трафаретний друк, термотрансферний, сублімація, прямий друк по тканині. З огляду на те, що задана ціль не являє собою масштабне виробництво текстильної продукції, а друк на вимогу для невеликого разового тиражу на натуральній тканині вибір зупинився до шовкографії або прямого цифрового друку. Для прийняття рішення була створена порівняльна таблиця (табл. 3.2), до якої були внесені ключові критерії такі як: кількість кількісна оцінка можливості передачі кольору, максимальний розмір відбитку, роздільна здатність, екологічний вплив на навколишнє середовище, мінімальний тираж та швидкість друку.

Таблиця 3.2 – Порівняння шовкографії та прямого цифрового друку

Характеристика	Прямий друк	Шовкографія
кількість кольорів, що передаються в одному відбитку	мільйони( в діапазоні кольорного охоплення багатоколонного друку чорнилами 4, 6 та 8 кольорів)	обмежена числом використаних сумішевих фарб
максимальний розмір відбитка	по осі X - ширина принтера по осі Y - необмежена	обмежена розміром вихідної форми
роздільна здатність друкуючого зображення	до 1200 dpi	150 dpi
вплив на екологію	мінімальний	великі затрати на воду та електроенергію
мінімальний об'єм/ тираж	один виріб, або менше 1м матеріалу	1000-1300 м матеріалу для одного фарбопрогону
час на перехід до наступного тиражу	прямує до нуля	30-60 хв
час на очікування замовлення в черзі на друк	1-3 дні	1-3 тижні
постійність якості друку	відтворення друку високе та стабільне	якість може мінятися та потребує контролю
швидкість друку	до 75м/хв	до 50м/хв

Враховуючи порівняльні данні можемо зробити висновки, що для нашого завдання переваги прямого цифрового друку переважають його недоліки. До переваг входять:

- простота і дешевизна отримання прототипів і пробних відбитків, персоналізація відбитків, економічність при друці тиражів;
- можливість друку змінних даних і відтворення зображення і кольорів «на льоту»;
- можливість оперативного друку тиражів і своєчасної доставки продукції клієнту, що дозволяє виключити незручності, пов'язані зі зберіганням готового тиражу і пов'язаних з ним матеріалів;
- немає обмежень, пов'язаних з тим, що друкована форма повинна мати розмір готового відбитка (або відбиток повинен бути «кратним» формі);
- можливо друкувати зображення фотографічної якості;
- можлива передача багатьох кольорів;
- можливо друкувати на тканинах великого і надвеликого формату, що особливо зручно при виготовленні текстильних вивісок;
- відсутні «аналогові» вимоги: до плівок, форм, і їх зберігання;
- скорочується загальна витрата чорнила (фарб), головним чином - при початку друку тиражу і по його закінченні, зменшується негативний вплив на навколишнє середовище.

Вид продукції, що взятий за основу експерименту потребує друку на готовій текстильній продукції: це виріб з текстилю, на поверхню якого нанесені чорнило таким чином, щоб сформувати створене дизайнером зображення. Оскільки принтер DTG настільки точний, ми не обмежені в кольорах і можемо друкувати зображення в набагато більшій деталізації, ніж трафаретний друк.

### 3.3 Вибір чорнил для обраного способу друку

Як відомо з теоретичних досліджень та джерел для прямого цифрового друку на текстилі найактуальнішими є чорнила на водній основі. Вони являють собою однорідний розчин барвника у воді з незначним вмістом спеціальних добавок, що коректують в'язкість, щільність та інші характеристики. Однорідність розчину відрізняє даний тип чорнила від всіх інших. Однорідність означає, що барвник розчинено до окремих молекул і не може згодом випасти в осадок. Чорнила на водній основі можуть бути : водорозчинні чорнила та пігментні чорнила. Пігментні чорнила є вже більш складне з'єднання - суспензія дрібних часток (мікрогранул діаметром близько 0,1 мкм) кольорового неорганічного пігменту в полімері (спеціальна єднальна добавка), який вже, в свою чергу, розподілено в воді до стану суспензії. Тобто дана суміш не є однорідною, на відміну від водорозчинних чорнил.

В ході дослідження було виявлено наступні плюси та мінуси чорнил на водній основі.

Для водорозчинних чорнил – плюси:

- низька ціна;
- екологічність, відсутність запаху;
- принтери на таких чорнилі невибагливі в обслуговуванні, дюзи при засміченні легко промиваються;
- більш глибоке проникнення в носій і кращі світлорозсіювальні властивості.

Серед мінусів:

- при вологості зображення можуть вицвітати;
- при попаданні рідини на незахищений друк зображення розтікається;
- спектр сумісних носіїв досить вузький порівняно з іншими типами чорнил.

Для пігментних чорнил – плюси:

- екологічність, відсутність запаху;
- висока якість друку;
- мають більш високу ступінь світло-і водостійкості, ніж водорозчинні

чорнила.

Серед мінусів:

- вища ціна;
- іноді гірша яскравість за відсутності обробки тканини.

Порівнявши види чорнил було вирішено обрати пігментні чорнила. Для друку було обрано Чорнило DuPont™ Artistri® DTG P5000 + призначені для прямого друку на тканині. Ці чорнила на водній основі, мають низькі показники в'язкості, з хорошими покривними властивостями (рівномірно і рівно лягають на тканину тонким шаром), призначені для роботи з п'єзоелектричними друкуючих головок EPSON. Створені з використанням тих же барвників, які використовуються в промисловій текстильного друку, щоб відповідати найвищим стандартам. Використовують для друку на різних текстильних виробках, включаючи 100% бавовну, сумішеві тканини. Ці чорнила екологічно безпечні, на водній основі, без запаху, що дозволяє використовувати їх для друку на дитячому одязі, нижній білизні. Забезпечують ідеальну білу підкладку для друку на кольорових тканинах. Сумісні практично з усіма друкуючими пристроями на базі друкуючих головок Epson: DTG Digital M2, M6, Neoflex, Fast T-Jet, Veloci-Jet, TexJet, FreeJet, IDot. Вони ідеально підходить для прямого друку по футболках з 100% котону (або сумішеві тканини, де шовк становить вище 60%) або просто на бавовняні матеріали. Можливий друк на чистій бавовні світлих тонів без нанесення праймера без втрати стійкості. DuPont Artistri - є на сьогоднішній день лідирують чорнилом серед аналогічних продуктів. Цьому виробникові пігментних текстильних чорнил вдалося домогтися яскравості, соковитості



основних кольорів, стійкості до стирання, поривності білого і стабільності роботи друкованих голів. Чорнило спеціально розроблені для оптимального і стабільного використання з текстильними принтерами. Основні переваги:

- вони не вимагають постійних чисток і не забивають друкарську голівку (обслуговування раз в тиждень);
- яскраві насичені кольори;
- стійкість до прання;
- екологічність.

При прямому друці на текстилі текстиль часто потребує предрукарської обробки спеціальним праймером. На обов'язковість використання праймера впливають гідрофобні властивості тканини, оскільки основа чорнил – H<sub>2</sub>O. Тому було вирішено провести експеримент на визначення водопоглинення.

#### 3.4 Вплив гідрофобних властивостей тканини на предрукарську обробку текстилю

Для визначення водопоглинення було вирішено зробити простий експеримент. Було взято три зразка натуральної тканини з різним складом.

Зразок 1 – 100% бавовна.

Зразок 2 – 100% віскоза.

Зразок 3 – 60% бавовна 40% поліестер.

З точкової проби матеріалу вирізали три проби розміром 50 × 50 мм. Кожну пробу зважили в стаканчику для зважування з похибкою не більше 0,005г. Потім занурили в посудину з дистильованою водою. Час витримування проби у воді встановили 1хв. залежно від виду матеріалу. Потім пробу вийняли з посудини, помістили між трьома шарами фільтрувального паперу і прокатали валиком масою 1кг, видаляючи надлишки вологи. Після цього пробу помістили в стаканчик і зважили з тією ж похибкою.

Водопоглинення,%, визначають за формулою:

$$B_{II} = \frac{(m_g - m_c) \times 100}{m_c} \quad (3.1)$$

де  $m_g$  – маса вологої проби, г;

$m_c$  – маса сухої проби, г.

Результати експерименту занесені до таблиці (табл. 3.3)

Таблиця 3.3 – Результати експерименту

Зразок	m в	m с	Вп
1	1,95	0,45	333%
2	1,35	0,2	575%
3	2,3	0,75	206%

Дивлячись на результат, можемо зробити висновок, що тканини з натуральних волокон, як правило, поглинають воду, та мають дуже великий показник водопоглинення. Гідрофільні волокна можуть розтягувати пляму барвника в сторони, збільшуючи його розмір у порівнянні з необхідним, що призводить до розмитого відбитку та використання зайвої кількості чорнил. На тканину потрібно наносити спеціальні покриття, які можуть як перешкоджати розпливанню крапель чорнила, що потрапило на тканину, так і посилювати адгезію крапель до друкарського матеріалу.

Тому даний експеримент доводить потребу у предударській обробці текстильних матеріалів для прямого цифрового друку на натуральних тканинах. Праймер просто необхідний, адже після обробки текстильним праймером поверхні тканини, футболка стає "липкою" і білі чорнила вже не просочують волокна так, а залишаються нагорі. У підсумку отримуємо

насичений принт. Праймер буває для темних і світлих тканин, не можна плутати і замінювати один іншим. Наносити потрібно за допомогою машини.

Для друку нашої цілі було обрано праймер, що використовується в поєднанні з обраними чорнилами. Вибір пав на Праймер DuPont™ Artistri® P5001 для темної бавовни. Використовується для підготовки футболки (тканини) для друку білими чорнилами.

### 3.5 Підбір оснащення

Фінальним та дуже важливим є вибір технічного оснащення для заданої цілі. При наявності якісного обладнання і сировини зображення на одязі добре передає кольори вихідного зображення і довго не стирається. Картинку при цьому буде видно з двох сторін. В ході дослідження теоретичних відомостей та джерел було виявлено 5 найкращих текстильних принтерів для прямого цифрового друку. Устаткування, що закріплює принт на текстилі за допомогою високої температури, коштує недорого. Потрібні найпростіші горизонтальні агрегати з нагрівальними плитами. До списку увійшли принтери найнадійніших сучасних брендів: Epson F2100, Brother GTX, Col-Desi (DTG Digital) M2, Kornit Breeze, M&R M-Link-X.

M & R і Kornit орієнтуються в основному на невеликі цехи з потоковим (але не фабричним) виробництвом. Epson, Brother і Col-Desi ж намагаються захопити в тому числі і сегмент малого бізнесу - роздрібні точки, на зразок магазинів одягу, і виробників малих партій промо-продукції або футболок з принтами під замовлення. Тому коштують вони відчутно дешевше. До того ж, апарати Brother і Epson, можуть впоратися і з потоковим виробництвом. Складність і кінцева вартість обслуговування пристрою також є важливим для критерієм. Безумовними лідерами бюджетної лінії можна назвати Brother і Epson, щомісячна вартість обслуговування нижча і займає при цьому не

більше 7 хвилин в день все завдяки функції автоматичної прочистки. Col-Desi M2 використовує друкарські голівки Epson, завдяки чому теж невибагливий в обслуговуванні. А ось друкарський пристрій Kornit через специфіку чорнил вимагає на обслуговування значно більше часу. З огляду на складність пристрою апаратів для прямого друку на текстилі, а також масу тонкощів в їх роботі своєчасне сервісне обслуговування і технічна підтримка також були розглянуті. Тут знову лідирують Epson і Brother мають авторизовані сервісні центри і досвідчених виїзних фахівців по всьому світу, чим не може похвалитися Col-Desi.

Максимальний дозвіл друку на принтерах для друку на футболках сягає  $1440 \times 1440$  dpi: це набагато вище, ніж при трафаретному друці, і дозволяє відтворювати повнокольорові зображення з якісним опрацюванням дрібних деталей.

Розроблена порівняльна таблиця з найголовнішими показниками та їх значення для усіх розглянутих принтерів (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Порівняння принтерів

Параметр	Epson	Brother	DTG	Kornit	M&R
Модель	F2100	GTX	M2	Breeze	M link X
Макс роздільна здатність, dpi	1440	1200	2880	1200	1200
Гарантія	рік	2 роки	2 роки	рік	рік
Колірна модель	СМУК + 2 білих	СМУК + 2 білих	СМУК + 1 білий	СМУК + 2 білих	СМУК + 1 білий

## Продовження таблиці 3.4

Параметр	Epson	Brother	DTG	Kornit	M&R
Об'єм картриджів	600 мл	200 / 500 / 700 мл	250 мл	150 мл / 1,5 л	1 л
Вартість картриджів	207\$	103 / 183 / 218 \$	42\$	180 / 280 \$	241\$
Ціна за мл чорнила	0,34\$	0,52 / 0,37 / 0,32 \$	0,17\$	0,83 / 0,19 \$	0,26 / 0,24 \$
Наявність системи циркуляції чорнил	Так	Так	Так	Ні	Так
вартість	6995\$	22500\$	19995\$	65000\$	70995\$
Макс область друку, мм	406 х 508	406 х 457	450 х 610	355 х 457	406 х 508
Кількість відбитків	35-45	40	20-25	25	55

Зважаючи на показники вибір пав на Epson F2100 оскільки це є найбільш універсальним та бюджетним варіантом. Фінальним етапом було виконання самого друку, враховуючи попередній обґрунтований вибір набору для друку.

## 3.6 Оцінка результативності обраного набору

Існує безліч процесів і явищ, кількісна інформація для характеристики яких відсутня або дуже швидко змінюється. В цьому випадку

використовуються методи експертних оцінок, сутність яких полягає в тому, що в основу прогнозу закладається думка фахівця, заснована на професійному, науковому і практичному досвіді. Отримавши надрукований екземпляр футболки його було порівняно з попереднім. Для оцінки було запрошено 5 експертів, ними стали працівники типографії, які мають досвід роботи з продуктом та надали візуальну кількісну оцінку якості по критеріям, що були їм надані. Було вирішено оцінювати зразки за кризразок 1 – це попередньо надрукована футболка, зразок 2 – футболка надрукована згідно до підібраних кроків оснований на розроблених рекомендаціях.

Було виявлено основні критерії та призначено їм можливу кількість балів, в залежності від їх значущості:

- загальна рівномірність друку, готовий продукт не містить погано надрукованих, занадто світлих або темних місць, чітка передача градацій (1-5 балів);

- нормальна оптична щільність зображення. Картинка не повинна виглядати перевантаженою (1-3 бали);

- відсутність зайвої оптичної щільності фону. Ніщо не повинно перешкоджати сприйняттю основного контенту (1-3 бали);

- роздільна здатність. Добре помітні дрібні деталі при розгляді на відстані (1-5 балів);

- колірний обхват. Якісний відбиток містить всі кольори макета (1-5 балів);

- ступінь адгезії чорнила до основи. Фарба не повинна обсипатися і змиватися водою (1-5 балів).

Результати були порівняні та зведені до таблиць з оцінкою першого та другого зразків (табл. 3.5-3.6). Отримавши результати вираховували середній бал, що отримав перший зразок – 6,56. Отримавши результати вираховували середній бал, що отримав другий зразок – 9,48.

Таблиця 3.5 – Оцінка Зразка 1

Параметр	Вага	Експерти				
		1	2	3	4	5
Рівномірність друку	0,1	6	6	6	7	6
Оптична щільність зображення	0,1	6	7	7	7	8
Оптична щільність фону	0,2	7	7	6	7	7
Роздільна здатність	0,2	6	6	6	7	6
Колірний охопат	0,2	7	7	6	7	7
Ступінь адгезії	0,2	6	6	7	6	7
Загальна кількість балів	1	6,4	6,5	6,3	6,8	6,8

Таблиця 3.5 – Оцінка Зразка 2

Параметр	Вага	Експерти				
		1	2	3	4	5
Рівномірність друку	0,1	10	9	9	10	10
Оптична щільність зображення	0,1	9	10	10	9	9
Оптична щільність фону	0,2	9	9	9	9	9
Роздільна здатність	0,2	9	10	9	9	10
Колірний охопат	0,2	10	10	9	9	10
Ступінь адгезії	0,2	10	10	10	10	10
Загальна кількість балів	1	9,5	9,7	9,2	9,3	9,7

Максимальна оцінка становила 10 балів. Бачимо, що друк згідно до рекомендацій отримав більшу кількість балів, чим підтверджує їх актуальність. Отже, в ході експериментальної частини було практично підтверджено рекомендації щодо друку на текстилі. Розібраний варіант, коли за ціль поставлений невеликий тираж друку на футболках для корпоративних цілей компанії замовника. Під час експерименту було обрано тип тканини для

друку виробів, спосіб та технологія друку, обрані чорнила, за допомогою експерименту наглядно доведено вплив властивостей тканини на потребу в додатковій обробці тканини для отримання якісного друку. Розглянуто та порівняно декілька найсучасніших моделей принтерів та зроблений вибір. Та продемонстрований результат, що порівняний з первинним зразком. Отже, можна зробити висновок, що дотримуючись цих простих кроків-рекомендацій можна отримувати високу якість друку на текстилі. Також вирішено оцінити економічну ефективність враховуючи вартість зразків до та після впровадження рекомендацій.



## 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

### 4.1 Характеристика науково-дослідного рішення

Метою даного розділу є економічне обґрунтування витрат на проведення науково-дослідної роботи для дослідження цифрових технологій друку та рекомендацій друку на текстилі, що передбачає: розрахунок трудовитрат та заробітної плати працівникам, одноразових витрат, прибутку, оцінка роботи та визначення економічної ефективності НДР.

Реалізація НДР передбачає такі етапи:

- аналіз предметної області;
- визначення алгоритму реалізації проекту;
- дослідження основних цифрових технологій друку на текстилі;
- вибір методів для проведення експерименту;
- складання рекомендацій друку на текстилі;
- впровадження рекомендацій для конкретного замовлення.

### 4.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

У процесі виконання науково-дослідної роботи був проведений огляд існуючих теоретичних відомостей даної галузі, досліджено основні способи друку на текстилі та цифрові технології друку, а також за обраним способом створено рекомендації друку на текстилі.

Умовно науково-дослідну роботу (НДР) можна розділити на три етапи: підготовчий, основний і заключний.

На стадії виконання підготовчого етапу були виконані підбір і аналіз інформації для проведення відповідних до постановки задачі робіт. Проведено пошук інформації в Internet та у відповідній літературі.

На етапі виконання основної частини НДР були виконані такі роботи:

- розгляд цифрових технологій друку;
- аналіз розглянутих технологій та способів друку на текстилі;
- створення рекомендацій щодо друку на текстилі;
- впровадження рекомендацій для конкретного завдання.

У заключній частині проводяться: аналіз результатів виконання НДР, складання звіту по НДР, захист звіту.

Найбільш складною й відповідальною частиною при плануванні НДР є розрахунок трудомісткості робіт, тому що трудові витрати часто становлять основну частину вартості науково-дослідних робіт і безпосередньо впливають на строки розробки.

Дану роботу виконували 3 фахівця: керівник роботи, графічний дизайнер, дослідник. Середня заробітна плата графічного дизайнера за версією сайту dou.ua становить 20 000 грн, керівника роботи – 35 000 грн, дослідника – 25 000 грн. Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавця робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ( $Z_{ср.дн.}$ ) розраховується:

$$Z_{ср.дн.} = \frac{Z_{ср.міс}}{n}, \quad (4.1)$$

де  $Z_{ср.міс}$  – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

$n$  – число робочих днів у місяці, ( $n=22$ ).

Середньоденна заробітна плата графічного дизайнера складає:

$$Z_{ср.дн} = \frac{20000}{22} = 909 \text{ (грн)}.$$

Середньоденна заробітна плата керівника роботи складає:

$$Z_{\text{ср.дн}} = \frac{35000}{22} = 1590,9 \text{ (грн).}$$

Середньоденна заробітна плата дослідника складає:

$$Z_{\text{ср.дн}} = \frac{25000}{22} = 1135,36 \text{ (грн).}$$

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт

Перелік робіт	Кількість виконавців	Посада виконавця	Трудомісткість робіт, люд. днів	Середньоденна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн.
1	2	3	4	5	6
1. Підготовчий етап					
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	Керівник роботи	1	1590,9	1590,9
1.2 Підготовка довідкових матеріалів для виконання НДР	1	Керівник роботи	1	1590,9	1590,9
2. Основний етап					
2.1 Аналітичний огляд літератури по темі дослідження	1	Дослідник	1	1135,36	1135,36

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
2.2 Дослідження основних видів друку на текстилі	1	Дослідник	1	1135,36	1135,36
2.3 Дослідження чорнил та оснащення	1	Дослідник	1	1135,36	1135,36
2.4. Дослідження екологічності	1	Дослідник	1	1135,36	1135,36
2.5 Створення рекомендацій	1	Дослідник	2	1135,36	2270,72
2.6 Отримання макету	1	Графічний дизайнер	1	909,09	909,09
2.7 Підбір тканини, способу друку	1	Дослідник	1	1135,36	1135,36
2.8 Експеримент	1	Дослідник	2	1135,36	2270,72
3. Заключний етап					
3.1 Аналіз результатів проведення роботи	1	дослідник	1	1135,36	1363,62
3.2 Технічне оформлення звіту виконання НДР	1	дослідник	2	1135,36	2270,72
Всього			15		17715,21

#### 4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;

- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);
- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

До інших витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, опалення, освітлення) та вартість послуг зв'язку.

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали, визначені їх потребою для виконання робіт, і цін, що діють на момент складання калькуляції. Для проведення НДР потрібно: 1 шт. механічних олівців, 1 шт. блокнот, 1 шт. вимірювальна склянка, 3 зразка тканини по 0,5м. упаковка пігментного паперу 1шт. Данні матеріальні витрати потрібні для дослідника.

Матеріальні витрати розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (4.2)$$

де  $M$  – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярське приладдя тощо), або на літературу, яка необхідна для проведення роботи, тощо;

$Q_j$  – кількість використаних одиниць  $j$ -го виду матеріалів,  $j = (1 \div n)$ ;

$C_j$  – ціна одиниці  $j$ -го виду матеріалів.

Розрахунок матеріальних витрат представлено в табл. 4.2.

Витрати на оплату праці розраховуються виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 17715,21грн.

Єдиний внесок на загальнодержавне соціальне страхування (ЄСВ) – консолідований страховий внесок, збір якого здійснюється в систему загальнообов'язкового державного соціального страхування в обов'язковому

порядку і на регулярній основі з метою забезпечення захисту у випадках, передбачених законодавством, прав застрахованих осіб і членів їх сімей на отримання страхових виплат (послуг) за діючими видами загальнообов'язкового державного соціального страхування.

Таблиця 4.2 – Розрахунок матеріальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість	Ціна, грн.	Вартість, грн.
Олівець механічний	шт.	1	1,50	1,50
Блокнот	шт.	1	20,00	20,00
Склянка вимірювальна	шт.	1	15,00	15,00
Тканина	м	1,5	100,00	150,00
Упаковка пігментного паперу	шт.	1	12,00	12,00
Усього				198,5

Для об'єкта дослідження ставка єдиного соціального внеску дорівнює 22% від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 3897,34 грн.

При виконанні НДР застосовувалось наступне обладнання: комп'ютер 3шт. вартістю 25000 грн.

Вищенаведене устаткування є власністю організації виконавця, тому доцільно розрахувати суму амортизаційних відрахувань на період виконання НДР. Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (4.3)$$

де  $AB$  – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення науково-дослідницької роботи;

$BO_k$  – вартість основних засобів  $k$ -го виду;

$TE_k$  – термін експлуатації основних засобів  $k$ -го виду, днів;

$T$  – термін науково-дослідницької роботи, днів;

$L$  – кількість видів обладнання.

Підставивши відомі значення у формулу (6.3), визначимо величину амортизаційних відрахувань. Отже маємо:

$$AB = \frac{25000 \times 2}{560} + \frac{25000 \times 12}{560} + \frac{25000 \times 1}{560} = 669,64 \text{ (грн)}.$$

Витрати на використану обладнанням електроенергію розраховуються:

$$Z_e = M \cdot t \cdot T_{кВт}, \quad (4.4)$$

де  $M$  – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

$t$  – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи;

$T_{кВт}$  – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

Споживна потужність комп'ютера складає 0,65 кВт за годину. Тариф споживачів за першим класом напруги, тобто 35 кВт та більше), складає 1,68 грн/кВтгодин (без ПДВ). Підставивши значення у формулу, визначимо величину витрат на спожиту електроенергію:

$$Z_3 = 0,65 \times 16 \times 1,68 + 0,65 \times 96 \times 1,68 + 0,65 \times 8 \times 1,68 = 130,98 \text{ (грн)}.$$

До інших статей витрат відносяться такі:

– вартість оплати послуг зв'язку;

– адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20% від витрат на оплату праці.

Вартість оплати послуг зв'язку становитиме: Інтернет – із розрахунку 300 грн. на місяць (безлімітний пакет); всього 150 грн. за 15 днів виконання НДР.

Тестування сайту та визначення ефективності було проведено за допомогою сайту [webpagetest.org](http://webpagetest.org). Для перевірки ефективності рекомендацій, що були розроблені в ході НДР було виконано друк однієї футболки. Послуги поліграфії обійшлися – 300 грн.

За час виконання НДР витрати на відрядження, інформаційні послуги та маркетингові заходи не мали місця.

Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР «Дослідження цифрових технологій та розробка рекомендацій друку на текстилі» наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Кошторис витрат на розробку НДР

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Заробітна плата	17715,21
2	Єдиний соціальний внесок (22,0 % від п.1)	3897,34
3	Матеріальні витрати	198,5
4	Амортизація основних засобів	669,64
5	Витрати на спожиту електроенергію	130,98
6	Інші витрати, у тому числі:	
6.1	адміністративні витрати (20% від п.1)	3543,05
6.2	вартість послуг зв'язку	150,00
6.3	Вартість послуги поліграфії	300
	Всього витрати( <i>Вр</i> )	26 604,75

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР відбиває сумарні витрати за статтями п.1÷п.6 та складає 26604,75грн.



#### 4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це завершальний наслідок послідовності дій, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

Відповідно до теми даної роботи можна зробити висновок про те, що у якості результату впровадження НДР є зменшення вартості друку та покращення якості одного екземпляру, що приведе до зменшення вартості всього тиражу, що є важливим для замовників друку на текстилі.

Результат від впровадження НДР визначається за такою формулою:

$$\Delta P_j = |X_{б_j} - X_{н_j}|, \quad (4.5)$$

де  $\Delta P_j$  – покращення  $j$ -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ( $j=1, m$ );

$m$  – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{б_j}$  – базове значення  $j$ -ої характеристики, тобто до впровадження результатів НДР;

$X_{н_j}$  – нове значення  $j$ -ої характеристики після впровадження пропонуваніх рішень.

У якості досліджуваної характеристики виступає вартість друку одного екземпляру футболки. До впровадження методики вартість друку такого замовлення була 450 грн. Підставивши відповідні значення вартості друку у (4.5), визначимо результат від впровадження НДР у чисельному вигляді:

$$\Delta P_1 = |450 - 300| = 150 \text{ (грн)}.$$

Таким чином, отриманий результат свідчить про те, що завдяки результату НДР замовлення, надруковані згідно з розробленими рекомендаціями, мають нижчу вартість, що впливає на скорочення витрат на весь тираж. Роботу у цілому можна враховувати ефективною або такою, що має високий науковий та технічний рівень.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведення наукової роботи було проведено дослідження цифрових технологій друку та створено рекомендацій щодо друку на текстилі.

Для досягнення поставленої мети було проведено аналіз актуальності обраної теми, аналітичний огляд літератури за темою атестаційної роботи, зроблено порівняльний аналіз існуючих способів друку на текстилі та аналіз чорнил, матеріалів та обладнання, що використовують для друку на текстилі.

Було сформовано рекомендації щодо друку на текстилі, які були виділені у 7 основних кроків для створення набору для друку визначеного продукту. Ефективність рекомендацій була перевірена на реальному прикладі та оцінена.

Проведено економічне обґрунтування науково дослідної роботи та розраховано економічну ефективність даного дослідження.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Уюджи Г. Цифровий друк на текстилі. Нью-Йорк: Woodhead: 2006. 368 с.
2. Карден С. Текстиль, який змінив світ. Далас, 2013. 264 с.
3. До Т. Революція друку. Нью-Йорк:2016. 270 с.
4. Шонда В. Практичний посібник цифрового друку. Москва, 2010. 170 с.
5. Вісбурн Л. Оволодіння мистецтвом друку та дизайну тканин. Нью-Йорк, 2012. 150 с.
6. Романов Н. Огляд сучасних технологій нанесення зображення на тканеві матеріали із природних та синтетичних матеріалів. URL: <http://surl.li/hrjm> (дата звернення 25.10.2020).
7. Грифуліна Г. Способи друку на матеріалах з бавовняних та синтетичних волокон. URL: <http://surl.li/hrjr> (дата звернення 19.10.2020).
8. Агєєва А. Визначення оптимальних параметрів зображення призначених для прямого друку на текстилі. URL: <http://surl.li/hrjt> (дата звернення 28.10.2020).
9. Авдєєв І., Іванов Ю. Технологія. Друк на футболках // Формат. 2006. №4. С 18-23.
10. Красюкова А. Роспис одягу. Київ, 2015. 160 с.
11. The role of a pretreatment for digitally printed textiles. URL: <https://cutt.ly/dhxGx27> (дата звернення 1.11.2020).
12. Publish. URL: <https://www.publish.ru/> (дата звернення 2.11.2020).
13. Eco-friendly printing of natural fabrics using natural dyes from alkanet and rhubarb. URL: <https://cutt.ly/whxGFz2> (дата звернення 2.11.2020).
14. The influence of COVID-19 on the international textile market. URL: <https://blog.spgprints.com/influence-covid19-on-textile-market> (дата звернення 2.11.2020).
15. Industry Growth Analysis and Forecast Report by 2027. URL: <https://cutt.ly/IhmRnu3> (дата звернення 5.11.2020)

16. Колесникова Т., Жук Е., Федько Ю. Принцип визначення розмірів структурних елементів об'єкта відсканованих цифрових зображень. матеріали Східно-Європейського журналу передових технологій. 2012. URL: <https://cutt.ly/fhxHH3X> (дата звернення 2.11.2020).

17. Кулішова Н.Є. Методичні вказівки з виконання магістерської атестаційної роботи для напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа» (освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр). Харків: ХНУРЕ, 2010. 44 с.

18. Методичні рекомендації до виконання економічної частини дипломних проєктів, робіт для студентів денної та заочної форми навчання усіх спеціальностей / Л.В. Соколова та ін. Харків: ХНУРЕ, 2015. 49 с.