

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 Комп'ютерні технології
та системи видавничо-поліграфічних виробництв
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри МСТ _____
(підпис)
«01» жовтня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові Губін Руслан Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка методики вибору флексографічних форм
для друкування на невбираючих матеріалах

Затверджена наказом по університету від 29 жовтня 2021 р. № 1613 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 13 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи
вид друку – флексографічний;
матеріали для дослідження – невбираючі плівки; фотополімерні пластини;
дослідження виконується в умовах діючих поліграфічних підприємств НДІ «Лазерних
технологій», ТОВ «Лазерфлекс», ТОВ «Наргус».

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
1 Аналітичний огляд особливостей флексографічного друку та проблем якості друку; 2 Аналіз
методів і засобів оцінки якості друку; 3 Аналіз факторів, що впливають на якість флексоформ;
4 Дослідження характеристик фотополімерних пластин; 5 Розробка методики вибору
флексографічних форм; 6 Економічна частина; Висновки; Перелік джерел посилання; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів)
Мета, задачі, актуальність роботи; Особливості технологій виготовлення флексоформ;
Види полімерів; Методи та засоби контролю якості; Аналіз факторів, що впливають на
якість друку; Характеристики фотополімерних пластин; Результати експериментального
дослідження; Рекомендації щодо підвищення якості; Економічна частина; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Григор'єв О.В.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд і аналіз літературних джерел, що охоплюють область флексографського друку	28.10.2021 – 02.11.2021	виконано
2	Дослідження особливостей технологій та матеріалів для виготовлення фотополімерних флексоформ	03.11.2021 – 06.11.2021	виконано
3	Дослідження характеристик фотополімерних пластин;	07.11.2021 – 11.11.2021	виконано
4	Визначення критеріїв та параметрів для дослідження методом МАІ	10.11.2021 – 14.11.2021	виконано
5	Проведення експерименту	12.11.2021 – 14.11.2021	виконано
6	Розробка методики вибору флексографічних форм	15.11.2021 – 18.11.2021	виконано
7	Аналіз отриманих результатів та надання рекомендацій	26.11.2021 – 30.11.2021	виконано
8	Економічна частина	1.12.2021	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	1.12.2021	виконано
10	Оформлення графічної частини	1.12.2021	виконано

Дата видачі завдання 1 жовтня 2021 р.

Студент _____ Губін Р.І.
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Григор'єв О.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 72 стор., 18 рис., 14 табл., 4 дод., 35 джерел.

ФЛЕКСОГРАФІЧНІ ФОРМИ, ГНУЧКЕ ПАКОВАННЯ, ФОТОПОЛІМЕРНІ ПЛАСТИНИ, ОЦІНКА ЯКОСТІ, ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА, МЕТОД МАІ.

Метою дослідження є розробка науково обґрунтованих вимог до флексоформ для друкування на невбираючих матеріалах та розробка методики вибору фотополімерів у відповідності від матеріалу, що задруковується.

Об'єкт дослідження – технології виготовлення фотополімерних форм

В кваліфікаційній роботі магістра проведено аналіз українського ринку підприємств, які виготовляють фотополімерні друкарські форми для флексодруку та досліджено сучасні технології виготовлення флексографських форм, які користуються найбільшим попитом на ринку виробників етикетково-пакувальної продукції; досліджені особливості технологій плоскої точки та виявлені чинників, які мають найбільший вплив на якість флексографських друкарських форм. Розроблена методика вибору флексографських форм для друку на невбираючих матеріалах та технологічні рекомендації для підвищення якості друку на цих матеріалах. Також зроблено розрахунок собівартості та оцінка ефективності досліджень.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 72 стр., 18 рис., 14 табл., 4 прилож., 35 источников.

ФЛЕКСОГРАФСКИЕ ФОРМЫ, ГИБКАЯ УПАКОВКА, ФОТОПОЛИМЕРНЫЕ ПЛАСТИНЫ, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА, ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА, МЕТОД МАИ.

Целью исследования является разработка научно обоснованных требований к флексоформам для печати на невпитывающих материалах и разработка методики выбора фотополимеров в соответствии с запечатываемым материалом.

Объект исследования – технологии изготовления фотополимерных форм.

В квалификационной работе магистра проведен анализ украинского рынка предприятий, изготавливающих фотополимерные печатные формы для флексопечати и исследованы современные технологии изготовления флексографских форм, которые пользуются наибольшим спросом на рынке производителей этикеточно-упаковочной продукции; исследованы особенности технологий плоской точки и выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на качество флексографских печатных форм. Разработана методика выбора флексографских форм для печати на невпитывающих материалах и технологические рекомендации для повышения качества печати на этих материалах. Также произведен расчет себестоимости и оценка эффективности исследований.

ABSTRACT

The Explanatory note contains 72 p., 18 pic., 14 tabl., 4 app., 35 sources.

FLEXOGRAPHIC FORMS, FLEXIBLE PACKAGING,
PHOTOPOLYMER PLATES, QUALITY ASSESSMENT, EXPERT
ASSESSMENT, MAI METHOD.

The aim of the study is to develop scientifically substantiated requirements for flexo forms for printing on non-absorbent materials and to develop a method for selecting photopolymers in accordance with the printed material.

The object of research is the technology of making photopolymer forms.

In the master's qualification work, the analysis of the Ukrainian market of enterprises producing photopolymer printing plates for flexographic printing was carried out and modern technologies for the production of flexographic forms, which are in greatest demand on the market of manufacturers of label and packaging products, were investigated; the features of flat dot technologies have been investigated and the factors that have the greatest influence on the quality of flexographic printing forms have been identified. A technique for the selection of flexographic forms for printing on non-absorbent materials and technological recommendations for improving the quality of printing on these materials have been developed. Also, the calculation of the cost and the assessment of the effectiveness of research.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	9
1 ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Огляд літератури за темою дослідження	11
1.2 Тенденції ринку флексодруку на невбираючих матеріалах	12
1.3 Особливості флексографського друку	14
1.4 Актуальність і постановка задачі дослідження.....	20
2 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ І МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДРУКУ	22
2.1 Якість друку.....	22
2.2 Засоби контролю фотополімерних форм.....	25
2.2.1 Денситометри	25
2.2.2 Цифрові мікроскопи	27
3 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ФОТОПОЛІМЕРНИХ ФОРМ.....	30
3.1 Загальні характеристики флексоформ	30
3.2 Основні вимоги до фотополімерних друкарських форм	31
3.3 Характеристики невбираючих матеріалів для флексодруку	33
3.3.1 Фольга	33
3.3.2 Лінкавер (еколін).....	34
3.3.3 Плівка	35
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОПОЛІМЕРНИХ ПЛАСТИН .	38
4.1 Дослідження аналогових технологій виготовлення флексоформ.....	38
4.2 Особливості флексоформ, виготовлених за технологією Flexcel NX ...	40
4.3 LAMS-технологія	43
4.4 Технологія плоскої точки DIGIFLOW	44
5 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИБОРУ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФОРМ	46
5.1 Формулювання мети та етапів розробки	46
5.1.1 Обґрунтування вибору метода аналізу ієрархії	46
5.1.2 Визначення мети	48
5.2 Обґрунтування вимог до друкарських форм.....	49
5.2.1 Визначення асортименту досліджуваних пластин	49
5.2.2 Визначення критеріїв порівняння пластин та побудова ієрархії ...	51

5.3 Побудова матриць попарних порівнянь та їх аналіз	52
5.3.1 Побудова матриць попарних порівнянь критеріїв та альтернатив за критеріями.....	52
5.3.2 Аналіз матриць	56
5.3.3 Визначення ваг альтернатив	58
5.4 Аналіз результатів дослідження	60
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	61
6.1 Характеристика науково-дослідницьких рішень.....	61
6.2 Розрахунок кошторисної вартості науково-дослідницької роботи	61
6.3 Оцінка результатів науково-дослідної роботи.....	65
6.4 Визначення економічної ефективності результатів НДР	66
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	70
ДОДАТОК А Характеристики досліджуваних пластин	73
ДОДАТОК Б Результати методу МАІ	76
ДОДАТОК В Матриці порівнянь за критеріями.....	77
ДОДАТОК Г Аналіз матриць порівнянь за критеріями.....	81

ВСТУП

Технологія флексодруку постійно еволюціонує – зростає продуктивність друкарських процесів і покращується якість друкованої продукції. Не обходять стороною і питання екології. Але при цьому підприємства постійно стикаються з виробничими обмеженнями – складність відтворення кольорів пастельних відтінків, неможливість друкування дрібного шрифту, проблеми з плавним зведенням градієнта, надмірне розтискування тощо. Однак економічність способу привела до його широкого впровадження, а технічний прогрес підняв флексографію на новий рівень.

Поліграфічні підприємства переводять частину своїх замовлень з офсетного і глибокого способів друку на флексографський спосіб саме з міркувань економії при збереженні якості друкованої продукції, що було недосяжно раніше для друку етикеток і гнучкого пакування. Ринок флексографічного друку сьогодні став настільки цікавий для інвестування, що тут нові технології впроваджуються набагато частіше, ніж в інших видах друку. Проблеми, обмеження і завдання зрозумілі, проте кожен виробник намагається вирішувати їх по-своєму, представляючи свій спосіб як оригінальний і максимально ефективний.

Чим гостріше флексографський спосіб конкурує з іншими способами, тим складніше відтворювані їм сюжети і вище дозвіл. Такі елементи, як деталізовані високі світла і глибокі тіні, градієнтні заливки, що сходять в нуль, дрібні шрифти вивороткою на плашках завжди були складні для відтворення флексографським способом. Це, в основному пов'язано з використанням еластичних рельєфних друкарських форм і застосуванням фарб з низькою в'язкістю. На деяких матеріалах (наприклад, фользі) складно отримати гарну плашку, але ж це невід'ємна умова під час друку упаковки.

Флексографічна форма – витратний матеріал, який займає в загальній собівартості друку до 2%, але має кардинальне значення для якості, а будь-яка зміна, внесена в технологію формного виробництва, обов'язково проявиться у тиражі і буде помічена кінцевим споживачем. Відомі корпорації витрачають значні кошти на розвиток формних процесів, паралельно один одному, пропонуючи ринку своє бачення вирішення питань флексографського друку.

Технології виготовлення флексоформ на сьогодні можуть бути абсолютно різними. Кожне підприємство, що має формне обладнання, стоїть перед вибором – виробляти форми з використанням у технологічному процесі органічних розчинників, або впроваджувати екологічно чисте виробництво; виготовляти друкарські форми в аналоговий спосіб або використовувати сучасне CtP-обладнання; працювати на перевірених часом технологіях або йти на ризик з невивченими, але перспективними рішеннями.

Серед проблем, які найбільш часто зустрічаються при флексографічному друці можна виділити такі [1]:

а) проблеми взаємодії фарби з підложкою. Фарби в цьому виді друку мають відносно низьку в'язкість, що призводить до високого вбирання до висихання, отже, втрати насиченості друку. Тому найкращою для флексографічного друкування стає УФ-фарба. Її переваги пов'язані з миттєвим затвердінням і відсутністю органічних розчинників;

б) втрата контрастності на відбитку. Це найбільш важлива проблема, яка пов'язана з тим, що флексографські друкарські форми будучи еластичними, сприяють появі ефекту «розтискування» і як наслідок відбиток втрачає контрастність.

Необхідними умовами якості стає застосування друкарських форм, що забезпечують мінімальне збільшення тону. На сьогоднішній день стає необхідним підвищення якості друку на невбираючих матеріалах. Таких, як плівки та ламіновані папери, тому що це найбільш популярні матеріали на споживчому ринку етикетки і упаковки. У зв'язку з цим обґрунтування методології вибору форм флексографічного друку, а також вибір оптимального обладнання для їх виробництва є досить актуальним завданням.

Робота має дослідницький та прикладний характер у галузі дослідження процесів флексографічного друку на невбираючих матеріалах. Робота охоплює теоретичні і експериментальні дослідження обґрунтування методології вибору форм для флексографічного друку по полімерним плівкам з використанням різних технологій виготовлення фотополімерних флексографських форм та різних технологій растрування зображення.

1 ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд літератури за темою дослідження

Структуру опублікованих матеріалів можна умовно розділити на кілька основних груп.

Першу склали роботи щодо поліграфічного виробництва та технологій випуску друкованої продукції для виробництва гнучкого пакування. Особлива увага при цьому приділялася питанням глибокого та високого друку. Розглянуто роботи таких авторів, як Г. Кіппхан, Б.А. Сорокіна та О.В. Здано «Флексографський друк», навчальний посібник «Техніка флексографського друку» за редакцією В.П. Митрофанова [2, 3]. Робота Г. Кіппхана дає загальне взаємопов'язане уявлення про основні технологічні процеси виготовлення гнучкої упаковки флексографським та ротогравюрним способами друку, поліграфічному обладнанні, поліграфічній термінології.

У книзі Б.А. Сорокіна розглянуто як основи та технологічний процес флексографського друку, так і особливості матеріалів і контроль якості при виготовленні гнучкої упаковки флексографським способом друку.

Другу групу склали роботи у сфері якості авторів В.П. Ткаченка В.П., С.Ф. Гавенко, П.Л. Пашулі, Б.В. Дурняка [4-7]. В цих роботах розглядаються методи та методики контролю якості видавничої та поліграфічної продукції.

До третьої групи джерел відносяться нормативно-технічні документи (ДСТУ, ГОСТ, ОСТ, ISO та ін), а також довідники, технологічні інструкції, норми часу та вироблення. В даний час світове співтовариство отримало ефективний інструмент для розробки та впровадження моделей систем управління якістю на базі міжнародних стандартів ISO серії 9000, що відображають передові сучасні тенденції управління якістю [8,9].

ДСТУ ISO 9000-2001 описує основні положення систем якості та встановлює відповідну термінологію, містить вимоги до систем управління якістю, спрямовані на забезпечення якості та підвищення задоволеності споживача; містить рекомендації щодо підвищення діяльності системи якості.

У роботах С.Ф. Гавенко, О.О. Джиго, Ткаченко В.П. перераховані всі нормативні документи, що стосуються поліграфічного виробництва, гнучкої упаковки у тому числі.

Цікавою представляється робота авторів Манакова В.П., Чеботарьової І.Б. [1], у якій розглядаються питання контролю якості тубної упаковки. Для визначення рівня якості упаковки, надрукованої флексографським способом, застосовується комплексний метод, який дозволяє виділити найбільш значні параметри, що впливають на якість друку. Комплексна оцінка якості друку дозволяє пов'язати візуальну оцінку, інструментальну оцінку та фізичні показники якості тубної упаковки.

У роботі [10] розглянуто особливості технології плоскої точки *nyloflex NExT* у поєднанні з комплексом *Pixel+*, які практично можна використовувати для підвищення якості флексографського друку. Перевагою використання даних технологій є підвищення оптичної щільності кольорового шару на відбитку, формування стійких растрових точок на фотополімерній друкарській формі.

В окрему групу виділено публікації та статті у журналах з видавничо-поліграфічної справи та публікації, розміщені в мережі Інтернет. У журналах «Упаковка», «Поліграфія», «Новини Поліграфії» багато публікацій присвячено управлінню та контролю якості поліграфічної продукції.

1.2 Тенденції ринку флексодруку на невбираючих матеріалах

Відповідно дослідженням ринку флексодруку та ротогравюрного друку в Україні за 2019-2020 роки, проведеними компанією *Pro-Consulting* [11], зроблено аналіз тенденцій розвитку цього ринку в динаміці: визначено особливості ринку, фактори впливу, проблеми розвитку. Аналітиками компанії оцінили ємність ринку кожного з досліджуваних видів друку в динаміці і проведено порівняльний аналіз двох досліджуваних видів друку. Зроблено такі висновки щодо особливостей ринку флексодруку.

Флексоdruk застосовується для нанесення зображення на упаковках, пластикових пакетах, етикетках, поштових конвертах, різдвяних листівках, полімерних плівках. Останнім часом флексоdruk особливо широко застосовується при нанесенні зображень на поліетилен. Основне застосування даного методу друку знайшов у сфері пакувальних матеріалів для побутової

хімії, ліків, алкоголю та прохолодних напоїв, харчової промисловості, будівельних матеріалів та нафтохімії.

Ринок флексодруку розвивається під впливом таких факторів:

– сировина. Сировиною для досліджуваних видів друку є безліч матеріалів, а саме різні види синтетичних матеріалів (поліестер, поліпропілен, нейлону, поліетилен), папір/картон, алюмінієва фольга та інші види гнучких пакувальних матеріалів. Крім того, для флексоформ використовуються фотополімери;

– виробництво та імпорту друкарського обладнання. В Україні не виготовляються друкарське обладнання для флексографського друку, тому галузь імпортозалежна;

– державне регулювання. Податкове регулювання щодо імпорту обладнання впливає на вартість друкованої продукції. Крім цього, на діяльність поліграфії впливає податкове законодавство щодо бізнесу;

– виробництво товарів, для яких потрібна упаковка. Переважно йдеться про продукти харчування, проте упаковка друкується для інших товарів;

– розвиток інших технологій друку (офсетний, цифровий, трафаретний та інші) та здатність витримати конкуренцію;

– слабка система контролю якості вхідної продукції та відсутність відповідного контрольного обладнання на багатьох підприємствах. Відсутність контролю якості нівелює вкладення в дорогі друкарські машини, трудові витрати та інші фінансові вкладення, оскільки у результаті не забезпечується якість кінцевого продукту.

Подальший розвиток ринку флексодруку в Україні стримується існуючими невирішеними проблемами та негативними факторами впливу. До таких належать наступні:

- відносно мала частка іноземних інвестицій в ринок флексодруку;
- недостатній обсяг оборотних засобів;
- високий рівень податкового навантаження;
- невисокий показник рентабельності виробництва та продажів;
- недостатній рівень державної підтримки;
- неврегульована законодавча база.

Загальний обсяг реалізованої продукції поліграфічної діяльності за даними Держкомстату України [11] знизився з початком пандемії (рис. 1.1).

Объём реализованной продукции полиграфической деятельности в 2019-1 пол. 2020 гг., в денежном выражении, млрд. грн.

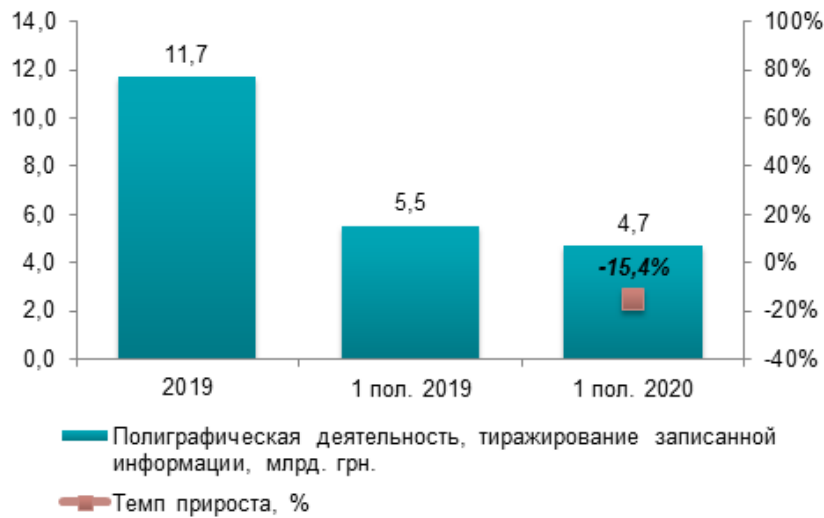


Рисунок 1.1 – Порівняння обсягу поліграфічної продукції в 2019-20 рр.

Але при аналізі світового ринку поліграфічної продукції друкування паковань залишається єдиною галуззю, де спостерігається деяке зростання (на 3,3% в рік), в цей сегмент входять коробки, етикетки, гнучкі пакування [12, 13].

Пандемія вплинули на обсяги виробництва упаковки в набагато меншому ступені ніж на випуск книжково-журнальної продукції, рекламної продукції та оперативної поліграфії.

Згідно з даними дослідження «Майбутнє друку упаковки до 2025 г.», проведеного агентством Smithers, ринок друку упаковок та етикеток на кінець 2020 року досяг 431,6 млрд дол. Не дивлячись на карантин, світовий ринок друкування упаковок буде в середньому зростати на 2,6% і до 2025 р досягне обсягу 491,1 млрд [14].

1.3 Особливості флексографського друку

Для друкування гнучкого пакування застосовуються методи флексографічного друку або глибокого друку. Це найбільш поширені способи друку для таких паковань. В основі технології флексодруку фарби переносяться з полімерних форм на плівку будь-якого типу і товщини, це основна причина популярності флексографії і вона до сих пір залишається стимулом для постійного технологічного вдосконалення цього методу, спрямованого на поліпшення якості друку. Поряд з цим глибокий друк не тільки продовжує утримувати свої позиції

на ринку гнучкого пакування, але і зміцнює їх. Відбувається це завдяки фотографічній якості віддрукованих відбитків, яке простежується в плавному переході від одного кольору до іншого з якісним відтворення як світлих, так і темних тонів.

На відміну від флексографії в глибокому друці неозброєним оком не видно растрових точок. Ці переваги нерозривно пов'язані з високою вартістю і досить тривалою додрукарською підготовкою, оскільки в глибокому друці в якості друкарських форм використовуються металеві вали.

Глибокий друк добре працює на гладких поверхнях, на нерівних поверхнях (пухкий папір, каширована фольга, гофрокартон тощо) якість друку падає. Іноді трапляються проблеми під час друкування на прозорих плівках поверх білої фарби.

Другою проблемою є вартість стартового набору обладнання, тобто вартість виготовлення формних циліндрів. Поки вона ще значно більша, ніж вартість виготовлення комплекту друкарських форм для флексодруку, але розрив цей постійно знижується. Все інше в глибокому друці – це його плюси: більш висока якість друку; стабільне відтворення різних переходів кольору, розтяжок, півтонів, тілесних кольорів; стабільна якість друку в накладі (ідентичність першого, мільйонного, останнього відбитка; можливість нанесення різних покриттів (термолак, холодний клей).

Тиражестійкість формних циліндрів – 20 млн. відбитків, в той час як для флексоформ – до 3 млн. [15]. Але зараз, коли більшість тиражів не такі великі, ця перевага нівелюється.

Головною перевагою глибокого друку перед флексодруком завжди була і залишається візуальна якість друку. Але далеко не всякий дизайн має фотореалістичні ознаки і необхідність використання глибокого друку. В той же час виготовлення друкарських циліндрів для глибокого друку, це трудомісткий і дорогий процес. Вартість виготовлення друкарських форм для флексодруку нижче, ніж для ротодруку, а швидкість процесу їх виробництва набагато вище, що дозволяє друкарям, які використовують цей метод, оперативно реагувати на запити клієнтів і суттєво скорочує термін виконання замовлення [16].

Флексографія – це різновид високого друку з використанням гнучких пружноеластичним рельєфних друкованих форм і рідких або пастоподібних фарб. Фарба наноситься на форму за допомогою растрованного анілоксового

вала. Еластичність друкарської форми дає можливість задруковувати будь-які матеріали, в тому числі поліетилен, поліпропілен, фольгу, картон.

Найбільш широко використовуваним методом друку як на гофрокартоні, так і на невсмоктуючих матеріалах (плівках, фользі) є сьогодні флексографський друк. У 2020 року на його частку припадає 79,6% ринку в кількісному і 73,8% – у вартісному вираженні [5].

Загальна схема флексодруку складається з трьох етапів [6]:

а) монтаж друкарських форм на формні вали. На цьому етапі виготовлені репроцентром друкарські форми наклеюються на поверхню формних валів за допомогою спеціалізованого двостороннього скотча;

б) безпосередньо флексодрук на друкарській машині;

в) демонтаж і промивання друкарських форм. Цей етап здійснюється після закінчення друку, він дозволяє друкарські форми використовувати повторно.

На рисунку 1.2 показаний принцип флексографічного друку. Фарбовий апарат флексографської друкарської машини складається з трьох валиків. Гумовий валик, що обертається в резервуарі фарби, передає фарбу на сталевий або керамічний передавальний валик. На поверхні цього валика, він називається растровим або анілоксовим, є дрібні осередки. Такий Надлишок фарби з поверхні вала видаляється за допомогою ракельного ножа. Після цього шар фарби з анілоксового вала переходить на друкарські елементи форми, встановленої на формному циліндрі, який обертається в процесі друкування. Потім зображення з формної пластини передається під тиском, створюваним друкарським циліндром на матеріал.

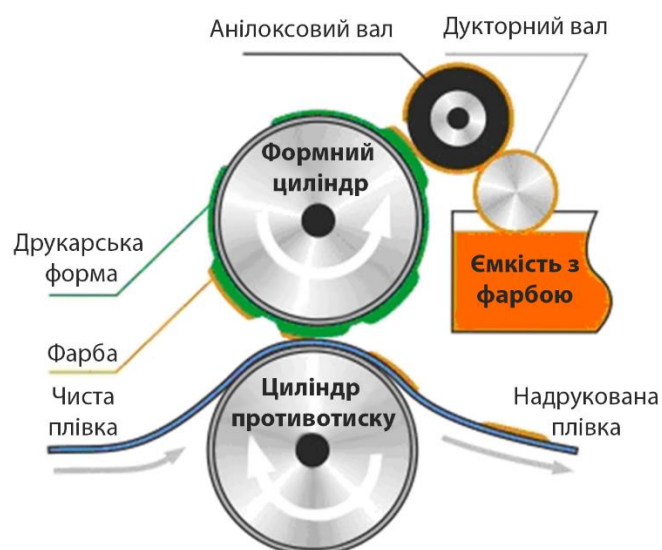


Рисунок 1.2 – Процес флексографського друку

Технологія флексодруку відрізняється низькими витратами, простотою, і високою продуктивністю, цей спосіб друку дозволяє забезпечити високу якість відбитків на різноманітних матеріалах.

Основні переваги і недоліки флексографського способу друку наведені в таблиці 1.1 [6].

Таблиця 1.1 – Переваги і недоліки флексографського друку

№ п/п	Основні переваги флексографії	Основні недоліки флексографії
1	Великий вибір типів носіїв для друку	Велике розтискування
2	Можливість друку на дуже товстих матеріалах	Труднощі репродукування дуже світлих і дуже темних ділянок зображення
3	Відносна економічність в досить широкому діапазоні тиражів	Неможливість друку шрифтів малих кеглів, особливо вивороткою
4	Гнучкість конфігурації форм для друку відбитків різних розмірів	Неекономічність при малих тиражах
5	Можливість застосування водних фарб	Якість друку змінюється від машини до машини
6	Можливість об'єднання післядрукарських процесів (ламінування, вирубки штампом, фальцювання і склеювання) в єдину лінію	На сьогодні відсутність промислових стандартів

Завдяки використанню високоеластичних форм можливий друк на різних матеріалах при створенні мінімального тиску в зоні друкарського контакту. До таких належать папір та картон, гнучка упаковка, гофрований картон, поліефірна плівка, полівінілхлорид (вінілові плівки), целофан, самоклеючий папір, металізована плівка та папір, латексна папір, одноразовий паперовий посуд, багатошарові пакети, поліетилен, поліпропілен, полістирол, поліамід, самоклеюча плівка, пергамент, синтетичний папір [17].

Флексографія широко застосовується під час друку на невбираючих поверхнях, які використовуються при виробництві різних видів пакування. Друк екологічно чистий і використовуються фарби на водній або спиртовій основі. Можливість використання УФ-фарб підвищується якість продукції і швидкість друку, що необхідно для виконання оперативних тиражів.

Особливості та переваги флексографічного друку [19-21]:

- друк на всмоктуючих і невсмоктуючих матеріалах;
- друк на зворотному боці прозорих тягнучих плівок;

- друк з використанням носія зображення, виготовленого з пружно-еластичної гуми або фотополімеру, тому з однієї форми можна отримати мільйони відбитків;

- дозволяє друкувати в десять і більше фарб, завдяки конструкції з декількома друкованими секціями;

- зручна для відтворення візерунків, які нескінченно повторюються (шпалери, покриття для підлоги, папір для упаковки подарунків і т.д.) завдяки переходу на систему друку зі змінним рапортом;

- швидкість друку основними фарбами дуже велика, може досягати 610 м/хв;

- на гладкому матеріалі з покриттям може відтворювати растри з лініатурою 175 lpi і вище;

- може використовувати фарби, які швидко висихають, на водній основі, а також УФ-фарби;

- виключає можливість забруднення відбитка шляхом зворотного захоплення фарби, інших проблем захоплення фарби при друку «по сирому», оскільки волога фарба лягає на попередньо висушений шар;

- забезпечує подачу попередньо заданої кількості фарби при мінімальному регулюванні (приладнані) друкарської машини (при використанні анілоксової фарбової системи ракеля);

- використання для друку металевих і флюоресцентних фарб;

- дозволяє отримати пробні відбитки;

- виконання операцій обробки відбитка (нанесення покриттів) і післядрукарської обробки в безперервному потоковому режимі – ламінування, розкрій, висікання і т.д.;

- рентабельна для виробництва багатьох видів продукції;

- може в потоковому режимі виробляти готові вироби, такі як складні картонні коробки, рекламні плакати та вивіски, багатошарові пакети, а також етикетки [17].

На формування градаційних характеристик у флексографському друкарському процесі впливає цілий ряд факторів:

- параметри друкарської форми (тип матеріалу, товщина, жорсткість);

- кріплення друкарських форм на формні вали друкарської машини за допомогою двосторонньої липкої демпфируючої стрічки додатково усереднює тиск в друкованій парі;

- характеристики друкарського процесу (тиск, швидкість, температура сушильного пристрою);
- характеристики анілоксового вала (передана кількість фарби);
- фізико-хімічні та технологічні властивості друкарських фарб;
- тип і властивості процесу задруковування матеріалу (адгезійно-когезійна взаємодія з друкарською фарбою, активація поверхні для полімерних плівок, коронація поверхні тощо).

Проте, якість кінцевої флексографічної продукції в більшій мірі безпосередньо визначається підготовкою до друку, тобто особливостями додрукарської підготовки та правильним вибором фотополімерної форми.

За даними проведених досліджень на підприємстві ТОВ «Наргус» виявлено основні чинники, які приводять до браку продукції (рис. 1.3).

Аналізуючи цю статистику, ми бачимо, що найбільший відсоток – це проблеми деламінації (розшарування через фарбу, клей, матеріал тощо). І майже стільки ж (25%) дефект кліше (бульбашки на кліші, поганий засвіт, побито озоном).

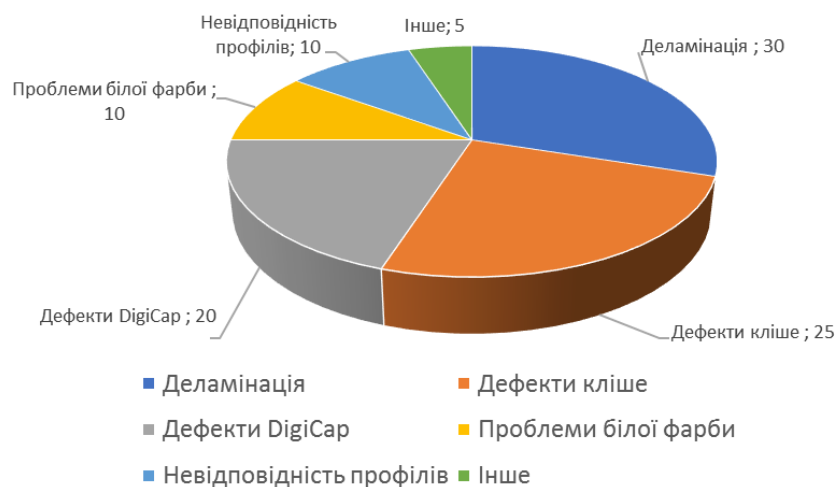


Рисунок 1.3 – Статистика браку на підприємстві «Наргус»

Ще 20% це проблеми технології DigiCar (видні смуги мікрорастрування, іноді забирається збільшенням нанесу, іноді кліше не підходить під вид робіт). Ще 25 % це проблеми з кольоровідтворення, пов'язані з різними причинами, наприклад перенесення білої фарби (різний склад білої фарби від партії до партії; при друкуванні на темних фонах наявність «вікон» білої задруківки та інше) – 10%, та невідповідність профілю теж – 10%, а ще 5% – це помилки

кольороподілу, матеріалу, фарби, друкарі не виконують вимог технолога і т.д. Це дуже показна статистика, яка відповідає реальному виробництву.

Аналіз наведених даних показує, що майже половина браку (45 %) пов'язана з друкарськими формами (технологіями їх виготовлення, растрування та обраними фотополімерами). Правильний вибір додрукарських технологій та матеріалів для виготовлення друкарських форм значно знизить процент браку кінцевої продукції. Тому цей етап потребує детального дослідження.

1.4 Актуальність і постановка задачі дослідження

Увага практикуючих поліграфістів направлена на пошук шляхів отримання плоских вершин растрових точок. Основна перевага плоских вершин це стабільність друку і можливість отримувати на пластині дрібні точки без використання підкачки. Основне завдання зводиться до видалення кисню в зоні основного експонування. З цією метою різними компаніями були запропоновані наступні технологічні рішення: експонування в середовищі азоту, ламінування негативу до поверхні фотополімерного шару пластини, ламінування плівки до поверхні масочного шару пластини, використання потужного світлодіодного випромінювання для прискорення реакції полімеризації, поява нових проміжних шарів в пластині [19-22].

Аналіз різних технологій отримання плоских точок з метою підвищення якості друкування, а також правильний вибір цих технологій для конкретної продукції є дуже актуальною проблемою. Саме цьому і присвячені проведені дослідження.

Мета досліджень – розробка науково обґрунтованих вимог до флексоформ для друкування на невбираючих матеріалах та розробка методики вибору фотополімерів у відповідності від матеріалу, що задруковується.

Об'єкт дослідження – технології виготовлення фотополімерних форм.

Предмет дослідження – особливості технологій плоскої точки; основні характеристики фотополімерних флексографічних форм.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

– аналіз українського ринку підприємств, які виготовляють фотополімерні друкарські форми для флексодруку;

- дослідження сучасних технологій виготовлення флексографських форм, які користуються найбільшим попитом на Харківському ринку виробників етикетково-пакувальної продукції;
- дослідження особливостей технологій плоскої точки;
- виявлення чинників, які мають найбільший вплив на якість флексографських друкарських форм;
- розробка методики вибору флексографських форм для друку на невбираючих матеріалах;
- розробка технологічних рекомендацій для підвищення якості друку на поверхні невбираючих матеріалів;
- оцінка ефективності досліджень.

Дослідження здійснюється на діючих поліграфічних підприємствах, які виготовляють флексографічні форми за різними технологіями. Використовуються матеріали, обладнання та засоби вимірювання цих підприємств.

2 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ І МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ДРУКУ

2.1 Якість друку

Якість флексографічного друку, як і у всіх способах друку, в результаті визначається по кінцевому продукту – видрукуваному відбитку. Для отримання якісного відбитка існує безліч способів контролю, як кінцевого результату, так і проміжного на всіх стадіях друкарських і післядрукарських робіт.

Одним з найважливіших способів забезпечення якості є денситометричний контроль визначення оптичної щільності. Він підходить, як для визначення щільності на прозорих зображеннях (плівкових фотоформах для аналогової друку або прозорих відбитках), так і на непрозорих зображеннях (непрозорі відбитки) [2, 4, 5].

Денситометри знайшли застосування у всіх способах друку, в тому числі і у флексографії, для визначення розмірів растрових точок, площ, займаних ними, величини збільшення тону, подачі фарб, відмінностей між відбитками і багато чого іншого. Ці дані потім використовуються у всьому виробничому процесі для забезпечення ідентичності оригіналу, кольоропроби і тиражних відбитків. Сучасні моделі забезпечені інтерфейсами для роботи в режимі онлайн з комп'ютером.

Криві розтискування, побудовані за допомогою денситометра, не можуть в повній мірі враховувати особливості флексографічного друку, тому рекомендується використовувати профілі, які описують колірний обхват машини, а також ті колірні спотворення, які вносить друкарська машина.

Профіль, як правило, будується по відбитку, отриманому зі спеціального тест-об'єкта, і відповідно його точність сильно залежить від сталості параметрів друку. Побудований профіль підключається в графічні пакети, тим самим досягається максимальне наближення зображення на екрані до майбутнього друкованого відбитка.

Спектрофотометр представляє собою прилад, що реєструє, на відміну від денситометра, справжню інформацію про колір. Як правило, прилади для побудови профілів калібруванню пристроїв комплектуються спеціальними шкалами колірного охоплення. Для правильного профілювання потрібно правильно підібрати необхідні шкали, які дозволять найбільш точно змоделювати кольорове охоплення флесодруку на різних матеріалах.

Контрольні шкали є неодмінною складовою друкарського процесу. Ці шкали містять всі необхідні для денситометричних вимірювань елементи (плашки і растрові поля окремих кольорів і їх сполук, поля для вимірювання подачі фарби, збільшення растрових точок на всіх етапах проходження замовлення, а також поля для перевірки зміщення циліндра, змазування зображення та ін.). Такі шкали основа для повного контролю якості виконання конкретної роботи, і на їх основі може бути побудована наскрізна система оцінки якості, яка входить в загальну систему управління виробничим процесом на підприємстві.

Важливу роль тут відіграють пристрої та системи, які запобігають браку. Успішно застосовуються пристрої, що інтегруються в технологічну лінію, в яких використовуються всі досягнення комп'ютерної техніки та електроніки. З їх допомогою можна здійснювати безперервний контроль подачі фарби, руху в машині матеріалу та інших параметрів друку.

Існують рішення в області контролю якості друку за допомогою відеоконтролю якості і автоматичного визначення в машині дефектів друку, наприклад, автоматичне виявлення дефектів друку різної друкованої продукції (упаковки, етикетки, комерційні видання) на будь-яких підкладках (папір, плівки, пластики). Автоматично виявляються на відбитку такі дефекти, як зміни колірному тону, несуміщення фарб, полосатість, плямистість, точки, розмитості, непродруківка тощо. Оператор може визначити порогові значення специфічних типів дефектів друку і вчасно вжити заходів по їх своєчасному припиненню. Контроль в'язкості під час флексографічного друку надзвичайно важливий, тому що від в'язкості в значній мірі залежить швидкість висихання фарби, гарне сприйняття її формним матеріалом і поверхні матеріалу, який задруковується, чіткість друку, відсутність забивання пробільних елементів друкарської форми. Контрольованість в'язкості при роботі зі спирторозчинними і водорозчинними фарбами має велике значення не тільки на підготовчій стадії, але і під час друку, так як розчинник випаровується, і в'язкість фарби змінюється, що може привести до погіршення якості відбитків.

Контроль якості вже готового відбитка недостатній для забезпечення високої якості друку. Головне завдання в цьому випадку полягає в тому, щоб не допустити виходу бракованої продукції шляхом впровадження відповідних технологій, особливо на етапі додрукарської підготовки

Одним з основних недоліків друкарського процесу у флексографії є високий приріст колірному тону. Це пов'язано з використанням низьков'язких друкарських фарб і еластичних друкарських форм, тобто збільшення розмірів растрових елементів (точок) на відбитку щодо розмірів цих елементів на макеті і на друкарській формі відповідно, в середньому на 15-20% в півтонах (так, замість 2-3% точок на відбитку можуть відтворитися 10-15% растрові точки).

Приріст тону в результаті призводить до зменшення загального контрасту відбитків, а також до поганого відтворення тіньових ділянок зображень. Для компенсації необхідно проводити коригування на стадії розробки дизайну і використовувати на фотоформі або друкарській формі завідомо занижені значення відносних площ растрових елементів. При цьому необхідно контролювати друкарський процес, використовуючи денситометр.

Зазвичай приріст визначається на відповідних полях шкали оперативного контролю або, що більш точно, на відбитку, отриманому з тестової форми, яка включає повний набір елементів з кроком 1% в світлі і тінях і с кроком 10% в півтонах. Одноколірний тест визначає оптимальні параметри відтворення растрових елементів (лініатуру, кути нахилу). У макеті тестової форми використовуються градаційні ступінчасті клини, які згруповані по чотирьох кутах повороту растрової сітки з опрацюванням за п'ятьма різними лініатурами в кожній групі. Діапазон лініатур визначається в залежності від параметрів анілоксових валів і технології виготовлення друкарських форм. Бажано, щоб в процесі тестування були перевірені всі друкарські секції і групи анілоксов, які передбачається використовувати для растрових робіт [19].

На збільшення тону під час друку впливають також і властивості формного матеріалу. В процесі основного експонування цифрових фотополімерних форм кисень виступає інгібітором реакції полімеризації. Вплив кисню призводить до того, що друкуючі елементи набувають специфічний профіль з вузькими плечима і закругленими вершинами. Крім того, растрові точки в високих світах не відтворюються – кислород не дає їм сформуватися.

Використання різних технологій виготовлення флексоформ дозволяють вирішити цю проблему, яка теж потребує дослідження [10].

2.2 Засоби контролю фотополімерних форм

Якість поліграфічної продукції залежить не тільки від рівня друкарського обладнання, але і від дотримання всіх технологічних режимів виробництва. Недотримання їх веде до втрати основних переваг перед конкурентами. Тому одним з основних завдань, що стоять перед технологом, є оснащення виробництва і лабораторії необхідним контрольно-вимірювальним обладнанням, яке допоможе виявити дефекти, встановити закономірності їх появи і видалити їх, тим самим прискорити процес виробництва і поліпшити його якість.

Всі прилади можна класифікувати за кількома ознаками:

- за місцем використання (лабораторні установки та засоби оперативного контролю);
- за місцем в технологічному ланцюжку (прилади, які використовуються в додрукарському процесі, при друку або після друку);
- за частотою використання (для безперервних, періодичних або одиничних вимірювань);
- по фізичній природі вимірюваних величин;
- по габаритам і вазі (переносне і компактне);
- за вартістю, поширеністю та важливістю у виробничому процесі.

Як правило, на реальних підприємствах прилади потрапляють під змішані категорії ознак.

2.2.1 Денситометри

Основним засобом контролю друкарського процесу є денситометр -це прилад для вимірювання оптичної щільності – ступеня потемніння об'єктів (фотоплівки, друкарських форм або друкованих відбитків). Існують 2 види денситометрів – для вимірювань в прохідному світлі і відбитому світлі. Перший використовується для вимірювань на стадії додрукарських процесів, другий використовується під час друку.

На даний момент існує багато фірм-виробників денситометрів, що випускають велику кількість моделей з різною функціональністю (наприклад, Labthink, X-Rite).

Принцип дії цих приладів полягає в тому, що фотоприймач, реагуючи на відбите або пропущене світло, створює пропорційно його інтенсивності електричний заряд, за величиною якого обчислюється оптична щільність. Головною особливістю приладу є те, що вимірювання кольору не проводиться, а проводиться реєстрація лише його інтенсивності. За допомогою денситометра можна регулювати такий небажаний параметр для поліграфії, як розтискування растрової точки.

У флексографії величина розтискування набагато вище, ніж в інших видах друку і це вносить досить сильні спотворення зображення на відбитку. Це особливо помітно в області півтонів і пояснюється специфікою флексодруку. Тому компенсація розтискування під флексографський друк є однією з найважливіших задач на додрукарському етапі під час виготовлення флексоформ [1].

Найважливіші параметри приладу повинні бути точно визначені на початку роботи і зареєстровані під час проведення вимірювань. Це наступні параметри:

- геометрія вимірювання;
- кут спостереження;
- діаметр вимірювальної апертури;
- тип джерела світла;
- показник відношення до білизни матеріалу.

Як правило, порівняння результатів різних приладів неможливо в силу різниці перерахованих вище параметрів, тому доцільно калібрування всіх систем тільки за основним приладом.

Через використання у флексографії задруковуваних матеріалів з нетрадиційними оптичними властивостями (блиск, незвичайне віддзеркалення світла, напівпрозора поверхня тощо) прямі вимірювання денситометром не завжди коректні. Необхідно завжди враховувати умови вимірювання. Більш точні вимірювання можна отримати з використанням спектрофотометра, коли значення оптичних густин виходять з перерахунку спектральних характеристик фарб на відбитку.

На підприємствах, які займаються виготовлення флексоформ, використовуються різноманітні денситометри (рис. 2.1-2.3).



Рисунок 2.1 – Спектроденситометр GretagMacbeth SpectroEye (ТОВ «Лазерфлекс»)



Рисунок 2.2 – Денситометр eXact Advanced (ТОВ «Наргус»)

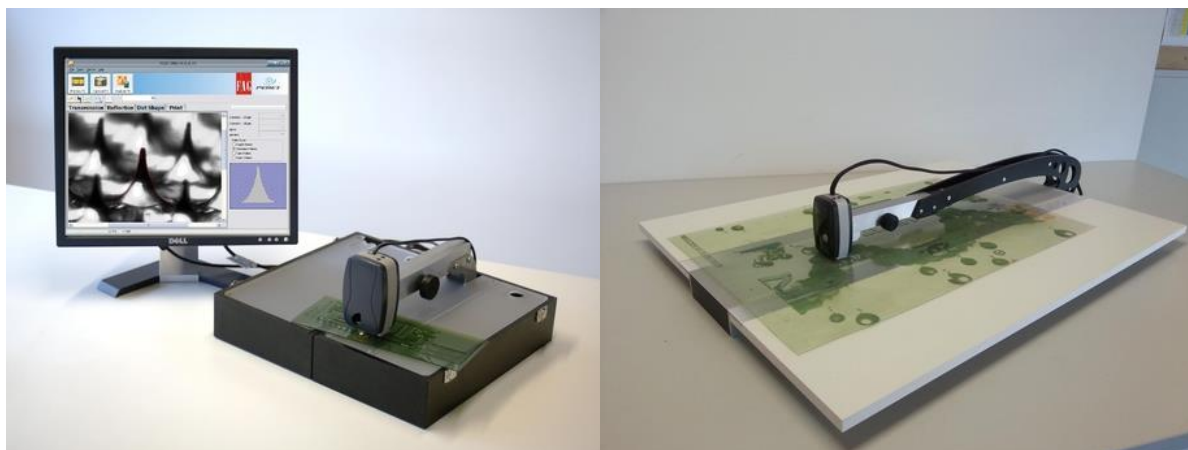


Рисунок 2.3 – Денситометр FAG FLEX³PRO

2.2.2 Цифрові мікроскопи

Для контролю якості на додрукарському процесі під час виготовлення флексоформ широко використовуються цифрові мікроскопи. Ці прилади вимірювання також дозволяють виконувати контроль кожного технологічного

процесу, вивід фотоформ, виготовлення друкарських форм або контроль готової продукції.

На додрукарському етапі вимірювальні засоби дозволяють налаштувати оптимальну експозицію, контролювати фокус. Також при збільшенні можна побачити рвані тонкі поперечні або поздовжні мікросмуги. За допомогою цифрового мікроскопу також можна оцінити профіль друкуючого елемента на флексоформі.

Оптимальним способом перевірки суміщення фарб є аналіз певної ділянки зображення в лупу. Оснащення луп спеціальними вимірювальними шкалами дозволяють оцінити величину несумісності та відрегулювати неприводку. Всі ці функції успішно поєднує в собі цифровий мікроскоп.

За допомогою великого збільшення можна легко визначити форму растрової точки, якість суміщення, виміряти розтискування тощо.

Цифрові мікроскопи застосовуються у поліграфії для перевірки якості друкування і аналізу структури поліграфічних матеріалів. Це надає повну і ясну картину причин, коли виникають проблеми під час друку.

Мікроскоп дозволяє здійснити контроль якості структури паперу, друкарських пластин і валів, огляд друкованих головок і сопів. Також мікроскоп дозволяє легко локалізувати крапку. Застосовуючи в роботі цифровий компактний мікроскоп, можна побачити проблему, що впливає на якість продукції і миттєво відправити зображення на технічну перевірку та коригування.

Нові USB-мікроскопи активно впроваджується в технологічний процес поліграфічного виробництва. Вони витісняють традиційну лупу і вводять нові високі стандарти якості.

Мікроскопи дозволяють виміряти такі величини:

- відносну площу растрових точок (от 0 до 100%);
- лініатуру растра;
- кут нахилу растрової структури;
- діаметр (розмір) растрових точок.

Можливості сучасних цифрових мікроскопів:

- побудова кривих, збільшення растрових точок;
- побудова градаційних характеристичних кривих;
- аналіз геометрії точок;
- збереження більше ста останніх вимірювань.

Цифрові мікроскопи успішно конкурують з денситометрами для контролю флексографських друкарських форм. Вони забезпечують високу точність вимірювання навіть для малоконтрастних пластин.

Для вимірювання параметрів друкарських форм буде використано прилад FAG FLEXi PRO, який дозволяє оцінити форму точки в тривимірному вимірюванні і визначити площу растрових точок на друкарській флексоформі.

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ФОТОПОЛІМЕРНИХ ФОРМ

3.1 Загальні характеристики флексоформ

Загальна класифікація фотополімерних пластин наведена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Класифікація фотополімерізуєчих пластин

До друкарсько-експлуатаційних показників форм відносяться: тиражестійкість друкарських форм, мікротвердість друкарських форм, стійкість форми до розчинників, будова друкувальних та пробільних елементів [19-24].

Репродукційно-графічні показники форм включають [19]:

- роздільну здатність – можливість відтворення на друкованій формі дрібних деталей зображення;
- градаційну передачу зображень – характеризує якість відтворення на друкарській формі тонових або растрових зображень.

Товщина флексографічних пластин вказується в тисячних частках дюйма (від 30 до 250) або мм.

Пластини завтовшки 0,76-2,84 мм називають тонкошаровими. Тонкошарові пластини мають високу твердість, що дозволяє зменшити збільшення тону в процесі друкування. Тому друкарські форми, виготовлені на таких пластинах, забезпечують високу якість готової продукції та використовуються для запечатування гнучкої упаковки, пластикових пакетів, етикеток та ярликів.

Пластини товщиною від 2,84 до 6,35 мм називають товстошаровими. Товстошарові пластини мають меншу жорсткість і забезпечують більш

щільний контакт з нерівною поверхнею, що запечатується. Друкарські форми на їх основі застосовуються для запечатування гофрокартону і паперових мішків. Твердість прийнято вказувати на одиницях твердості Шору. У тонких пластин твердість досягає 78 одиниць, пластин середньої товщини лежить в межах 43-65 одиниць, у товстих – не перевищує 35 одиниць.

Під час обробки твердість фотополімерної форми істотно змінюється. Після додаткового експонування досягається остаточне значення. Твердість можна вимірювати приладом ТІР 2033.

Репродукційно-графічні та друкарсько-технологічні характеристики форм залежать від їх будови, товщини та твердості. Вони забезпечують можливість відтворення штрихів і точок, що окремо стоять, з мінімальними розмірами 50 мкм і 100 мкм відповідно. Інтервал градацій може становити від 0,4% у світлах до 99% у тінях зображення з лініатурою до 60 лін/див. При цьому слід враховувати високий ступінь збільшення тону при друкуванні з флексографічних форм, причому найбільші спотворення припадають на область напівтонів. Більшість сучасних флексографічних пластин забезпечують високу тиражестійкість друкованих форм, що становить понад 1 млн. відбитків.

3.2 Основні вимоги до фотополімерних друкарських форм

Фотополімерні друкарські форми:

а) повинні бути придатні для задрукування необхідних типів матеріалів;

б) кути растрів повинні бути наступні:

1) Yellow – 82,5°;

2) Magenta – 7,5°;

3) Cyan – 67,5°;

4) Black – 37,5°;

в) повинні забезпечувати нормальне перенесення фарби, чітке зображення, широкий інтервал тонових градацій;

г) повинні мати мінімальну тиражестійкість не нижче 1 млн. відбитків.

Товщина фотополімера повинна бути не менше 1,14 мм.

Можливе відтворення півтонів і графічних елементів представлено в таблиці 3.1. При друкуванні суцільного поля (плашки) вона задається як поле зі 100%-м заповненням.

Таблиця 3.1 – Відтворення півтонів і графічних елементів для ФППФ виведених за аналоговою і цифровою технологіями

Параметри	Аналогова технологія	Технологія CtP
Лініатура растру	до 42 лін/см	до 42 лін/см
Півтони фарб CMYK	5 – 95 %	1 – 99 %
Півтони фарб Pantone	10...20 – 95 %	10...20 – 98 %
Окремі крапки	0,25 мм	0,25 мм
Тонкі лінії	0,1 мм	0,1 мм
Глибина рельєфу	0,6 – 0,7 мм	0,6 – 0,7 мм

Фотополімерні друкарські форми не повинні містити таких дефектів: заломы; вм'ятини на друкованій поверхні; сторонні включення в товщі фотополімера, що впливають на якість друку; відшарування стабілізуючою підкладки; наявність елементів зображення, відсутніх в дизайні малюнка.

Між остаточною операцією технологічного процесу виробництва фотополімерних форм і початком друку повинно пройти не менше 12-ти годин, протягом цього часу відбувається повна стабілізація фотополімера [25].

Для виведення фотополімерних форм останнім часом використовують цифровий спосіб. Такий метод виведення форм має ряд переваг в порівнянні з аналоговим, а саме:

- менше світорозсіювання за рахунок безпосереднього прилягання маскуючого шару до пластини (чого не можна домогтися навіть при вакуумному притиску негативу);
- більш плавні градаційні переходи;
- вищий рівень опрацювання деталей в світлі і тінях;
- зниження приросту діаметра растрової точки при експонуванні;
- можливість суміщення растрових зображень з плашкою на одній формі;
- краще пророблення тонких штрихів, шрифтів з малим кеглем, вивороток;
- растрова точка знаходиться на одному рівні з плашкою (або трохи вище), що, безсумнівно, є чинником більшої стабільності друку, на відміну від точки, що виступає над суцільною заливкою в аналоговій формі [26].

Отже, вивід фотополімерних форм цифровим способом в значній мірі запобігає виникненню дефектів друку та забезпечує якість кольоровідтворення (плавні градієнти, чіткі деталі, менше значення розтискування, більша стабільність друкованих елементів, що позитивно позначається на якості друкування на невбираючих матеріалах).

3.3 Характеристики невбираючих матеріалів для флексодруку

Експериментальні дослідження проводяться на невбираючих матеріалах, які використовуються на виробництві для друку флексографським способом. Друк на цих матеріалах має свої властивості, які впливають на процедуру вибору фотополімерних пластин. Розглянемо особливості цих матеріалів.

3.3.1 Фольга

Папір, покритий фольгою різної товщини, прийнято називати кашированою фольгою. Каширована фольга – вид багат шарової упаковки, в якому шари алюмінієвої фольги з'єднані з шарами волого та жиростійкого паперу необхідної щільності (рис. 3.1).

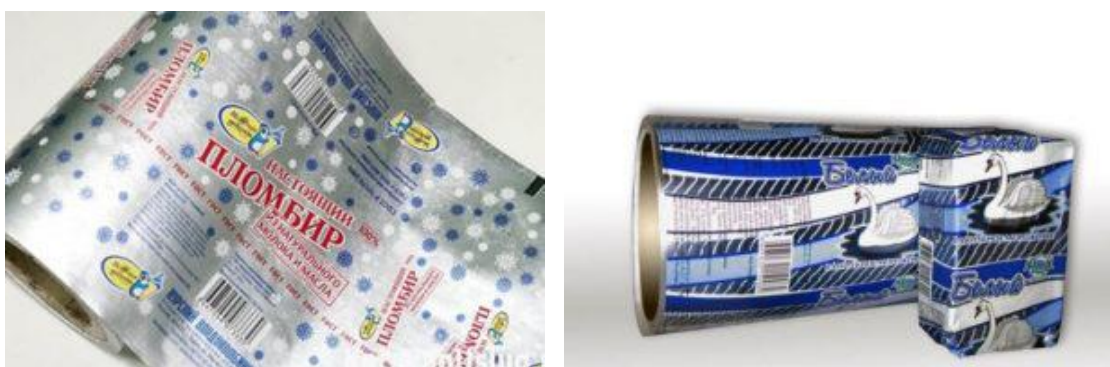


Рисунок 3.1 – Каширована фольга

Сама по собі фольга має низький опір до зовнішніх механічних впливів. Однак, з'єднавши її з папером, отримуємо міцний і щільний матеріал, технічні показники якого дозволяють збільшити термін зберігання продукту, що упаковується. Каширована фольга широко використовується в різних сферах упаковки завдяки вдалому поєднанню захисних та декоративних властивостей. Основні властивості матеріалу: жиростійкість, газо- та світлонепроникність. Кашировану фольгу використовують для пакування вершкового масла, маргарину, сиру, шоколаду та цукерок. Існують технологія кашування фольги (7,9 і 12 мкм) з папером, що має різні товщини та властивості.

Кашування можливе не тільки за допомогою клею, але й на мікровіск, що здешевлює матеріал і підвищує його експлуатаційні характеристики. Багатокольоровий друк може наноситися з будь-якої сторони упаковки.

Для друку по фользі використовують спеціальні УФ-фарби, вони забезпечують насиченість і контрастність зображень. Можливе покриття харчовим лаком, що допомагає досягти максимальної барвистості дизайну, також захистити продукт від контакту з фольгою.

До плюсів кашованої фольги можна віднести:

- виключення доступу світла до продукту;
- блокування доступу сторонніх запахів і рідин, що не дозволяє окислюватися фасованим продуктом;
- антибактеріальні властивості;
- хороша еластичність матеріалу;
- здатність добре тримати форму.

Як результат усі вищеперелічені пункти забезпечують тривалий термін зберігання продукту, що фасується.

Каширована фольга широко застосовується при упаковці продуктів харчування, промислових та медичних продуктів. Це сир, олії, маргарин, спреди, глазуровані сирки, упаковка для морозива, таблетки, бинти, вологі серветки та багато іншого.

Важливо грамотно вибирати матеріал для кожного продукту. Механічні та бар'єрні властивості залежать від способу виготовлення кашованої фольги та поєднання матеріалів.

Можливі варіанти 3-х та 4-х шарової кашированої фольги [27].

Друк на кашированій фользі проводиться тільки флексографічним способом. Гнучка упаковка з фольги давно стала прекрасною альтернативою традиційної паперової та картонної упаковки.

Використовувати упаковку з кашированої фольги екологічно, вигідно, якісно та зручно. Ми знаємо свою справу та допоможемо вам підібрати оптимальне рішення для ваших продуктів.

3.3.2 Лінкавер (еколін)

Лінкавер (еколін) або розумний папір ідеально підходить для пакування вершкового масла, маргаринів, морозива, сиру, дріжджів та інших сирних виробів.

Плівка Лінкавер – це сучасна альтернатива пергаменту та кашированій фользі. Зміст мінералів у плівці досягає 50%, що надає упаковці жорсткість та

захисні властивості по відношенню до ультрафіолетового випромінювання, а також забезпечує щільне прилягання матеріалу та форму брикету в процесі упаковки.

Склад матеріалу забезпечує масло – та жиростійкість упаковки. Еколін відрізняється білизною та гладкою поверхнею, що забезпечує кращу якість друку (рис. 3.2). Матеріал Лінкавер відрізняється бактеріологічною чистотою та біологічною інертністю [27].



Рисунок 3.2 – Приклад друкування на лінкавері

3.3.3 Плівка

Існує кілька видів плівки і їх композицій [28, 29].

Поліетиленова плівка (ПЕ) (фарбована або біла) з поверхневим друком. Відмінне рішення, коли не хочеться витратити багато коштів на упаковку, але необхідно отримати гідну якість. Вона має стійкість, чудовою зварюваністю швів. На ній може бути нанесена 10-кольоровий друк.

Поліетилентерефталатна плівка (ПЕТ) прозора + ПЕ прозора (біла) з друком між шарами. Такий «дует» плівка дозволяє підвищити бар'єрні властивості прохідності запахів, вологи, а також газопроникність. За все це в більшості відповідає шар ПЕТ. Він також дозволяє на більш тривалий період зберегти продукт в належному вигляді, а також зберегти його якості. Шар ПЕ надає плівці еластичність, надає щільності при розриві і протіканні, що відмінно може врятувати продукт при транспортуванні. А друк між шарами дозволяє зберегти малюнок в відмінному стані довгий час. Малюнок, який наноситься технологією міжшарового друку, що не піддається впливам навколишнього середовища, а також не блякне і не стирається

ПЕ прозора + ПЕ прозора (кольорова або біла) з друком між шарами. Ця упаковка відмінно підходить для зберігання в ній продукту вагою від 1,5 кг. Особливості цієї плівки пов'язані з її еластичністю, а також високою міцністю під час розтягування, так як може бути зроблена вирубна ручка для того, щоб товар було простіше нести.

Поліпропіленова плівка БОПП прозора + ПЕ прозора або кольорова з міжшаровим друком. Найчастіше дана композиція плівок використовується для упаковки продуктів вагою від 100 г до 1 кг. Завдяки зовнішньому шару з плівки БОПП, продукт виглядає більш привабливо на фоні конкурентів. Внутрішній шар з плівки ПЕ надає пакуванню надійний захист, еластичність та високу стійкість до проколів та механічних пошкоджень.

ПЕТ прозора + БОПП металізована з друком між шарами. Таке поєднання плівок використовується для упаковки продукту, який має високу хімічну активність. Ці плівки захищають продукт від впливу зовнішнього середовища і надають стійкість до цих чинників через металізований внутрішній шар.

Різновиди БОПП-плівок.

БОПП-плівка прозора чи матова. Надає ідеальну прозорість товарам харчової промисловості: бакалійним, сипучим, хлібобулочним, а також канцелярським приладдям, що забезпечує наочність упакованої продукції, яка така важлива покупцеві при виборі покупки. Прекрасно переносить мінусову температуру, що зручно при упаковці продуктів харчування, що зберігаються при низьких температурах (заморожені морепродукти, м'ясо, риба, пельмені, морозиво, глазуровані сирки та багато інших продуктів). БОПП матова надає ексклюзивність та індивідуальність упаковується.

БОПП-плівка перлова. Має унікальну здатність відбивати світло завдяки спеціальним добавкам. Є матеріалом з мінімальною питомою вагою г/м², з кг матеріалу виготовляється найбільш висока кількість готової продукції (упаковки), що дозволяє заощаджувати при використанні цієї БОПП.

БОПП-плівка біла. Поліпропіленова упаковка на основі БОПП білих плівок застосовуються при упаковці кондитерських і хлібобулочних виробів. Завдяки білому кольору БОПП менше пропускає прямі промені світла і не потребує білого барвника під час друку, краще несе колірну передачу.

БОПП-плівка металізована. Флексоdruk на БОПП плівках це недорогий та ефективний спосіб стимулювання продажів, реклами товару чи послуг,

вигідної презентації товару на полицях магазинів. Яскрава упаковка сприяє виділенню товару із загальної лінійки та збільшує продажі. Переваги та вигоди друку на поліпропілені очевидні. Плівка здатна витримувати значні зміни температур, не боїться вологи, не вбирає та не передає запахи, плівка міцна та гнучка. Друк найчастіше здійснюється на поліпропіленових плівках білих, матових, металізованих, прозорих (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Приклад БОПП-плівок

Крім цього, поліпропілен є частиною триплексів, і в такому випадку міжшаровий друк якраз і проводиться по поліпропілену.

Біоксиально-орієнтована поліпропіленова (БОПП) плівка використовується як пакувальний матеріал у виробництві

- гнучкої упаковки для харчової промисловості;
- упаковки для хліба та хлібобулочних виробів;
- рулонної упаковки для товарів особистої гігієни;
- упаковки для хімічної промисловості;
- упаковки для олії та жиромолочної промисловості;
- гнучкої поліпропіленової упаковки для сипких продуктів харчових та не харчових.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОПОЛІМЕРНИХ ПЛАСТИН

4.1 Дослідження аналогових технологій виготовлення флексоформ

Процес виготовлення фотополімерних друкарських пластин традиційним аналоговим способом відбувається в декілька етапів (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Етапи виготовлення фотополімерних друкарських форм

1 етап. Експонування (засвічування) оборотної сторони формної пластини. Засвічені молекули полімеру утворюють сітчасту структуру і стають нерозчинними. Ця стадія служить на формування підстави друкованої форми, що визначає глибину пробільних елементів. Стадія проводиться під впливом УФ-А випромінювання.

2 етап. Основне експонування («запис» інформації) – служить на формування правильного профілю друкуючого елемента. Тут відбувається процес полімеризації (закріплення) фотополімерного шару. Ця стадія також проводиться під впливом УФ-А випромінювання.

3 етап. Вимивання – служить для видалення ділянок полімеру, що не затвердів при експонуванні.

4 етап. Сушіння – служить для видалення розчинника, який увібрався у формну пластину, щоб усунути набухання друкуючих елементів, стабілізувати друковані властивості та підвищити тиражестійкість друкарської форми.

5 етап. Фінішинг – ця стадія служить для усунення липкості. Здійснюється під впливом УФ-С випромінювання.

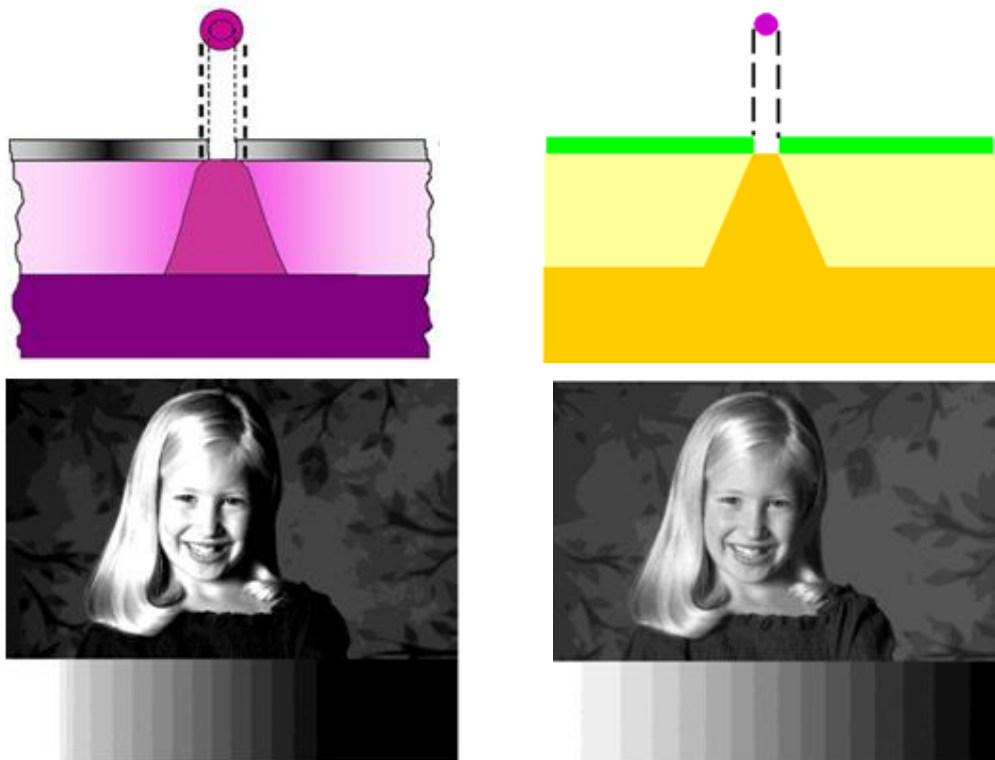
6 етап. Додаткове експонування – для збільшення міцності друкуючих елементів. Здійснюється під впливом УФ-А випромінювання.

Найчастіше використовуються два способи аналогових технологій виготовлення фотополімерних друкарських форм, такі як:

1. Аналоговий спосіб з використанням фотоплівки. Оптимальний для простих повсякденних робіт, що не потребують підвищеної якості, разових, коротких тиражів.

2. Технологія KODAK NX – на даний момент неперевершена за якістю та тиражестійкістю аналогова технологія виготовлення фотополімерних друкарських форм.

На рис. 4.2 приклади відтворення 1% точки різними технологіями.



Аналогова
технологія

Технологія
KODAK NX

Рисунку 4.2 – Приклади відтворення зображень

Точка на плівці повинна бути $< 1\%$, в то же час 1% на плівці = 1% на формі за технологією KODAK NX. На рисунку це можна побачити наочно.

На фотоплівці проблематично створити точку менше 1% . Технологія KODAK NX дозволяє створювати форми з точкою $0,4\%$ та лініатурою до 400 lpi. Щоб обійти обмеження, пов'язані з розміром мінімальної точки в звичайному аналоговому способі при додрукарській підготовці файлів, намагаються уникати крапок менше 3% , вичищаючи файли і втрачаючи зображення у «світлах». Технологія KODAK NX позбавлена таких проблем.

4.2 Особливості флексоформ, виготовлених за технологією Flexcel NX

Суть технології полягає у використанні замість фотоформи термочутливої багат шарової плівки, розробленої компанією Kodak – Kodak Flexcel NX 830 Thermal Imaging Layer – TIL, на якій записується негативне зображення. Після запису зображення плівку прикочують до звичайної аналогової форми за допомогою ламінатора (рис. 4.3). Таким чином, досягається ефект створення цілісної структури, яка перешкоджає проникненню кисню з повітря в зону між термоформою та фотополімерною пластиною. Завдяки такому плівковому захисту в процесі основного експонування кисень не перешкоджає повному перебігу процесу фотополімеризації, що дозволяє отримати необхідну форму друкуючих елементів. Далі слідує звичайна послідовність стадій, які властиві аналоговому процесу [30].



Рисунок 4.3 – Використання ламінатора для технології Flexcel NX

Технологія Flexcel NX є, по суті, аналоговою технологією виготовлення друкованих форм для флексографського друку.

Високолінійні друкарські форми із застосуванням технології Flexcel NX дають низку переваг:

- швидкий прилад тиражу;
- можливість відтворення робіт високої складності на фотографічному рівні;
- якість друку «плашок» можна порівняти з глибоким друком;
- збільшення швидкості друку тиражів до 50%;
- стабільна висока якість відбитків від замовлення до замовлення, від тиражу до тиражу.

Основні невдоволення виробників флексографської продукції були засновані на таких технічних обмеженнях, пов'язаних з використанням у друкованому процесі фотополімерних друкарських форм:

- немає гарантій правильної передачі кольору;
- невідповідність відбитка кольоропроби;
- недостатня оптична густина кольору;
- нестабільність процесу;
- непередбачуваний результат під час друкування від роботи до роботи та від тиражу до тиражу;
- зміна якості друку під час переходу з однієї машини на іншу.

Ця технологія дозволяє отримати друковані форми, що мають «плосковершинні» друкуючі елементи. Плоскі вершини друкуючих елементів покращують відтворення зображення у кольорах, підвищують тиражестійкість форм.

В рамках технології Flexcel NX інновацією є використання під час запису первинного зображення на термоплівку SquareSpot-технології.

Технологія SquareSpot полягає у формуванні квадратних растрових точок за рахунок рівномірного розподілу енергії випромінювання у лазерній плямі. Унікально висока роздільна здатність SquareSpot лазера – розмір елемента 2,5 x 2,5 мікрона (рис. 4.4).

Ще однією застосовуваною технологією Flexcel NX є технологія DigiCap.

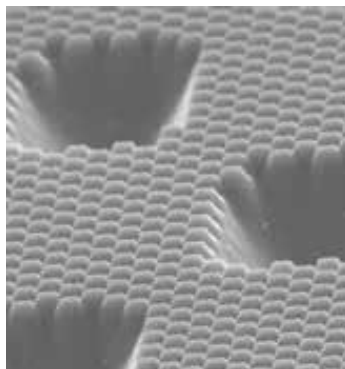


Рисунок 4.4 – Квадратні растрові точки в технології SquareSpot

Растрівання DigiCap NX – це програмна опція системи Flexcel NX, яка дозволяє значно покращити перенесення фарби внаслідок мікротекстурування поверхні друкованих елементів пластини Flexcel NX.

Мікроелементи рівномірно розподіляються на всій поверхні друкованих елементів пластини як у заливках, і на тонових елементах (крім дуже світлих елементів). Саме ця структура значно збільшує перенесення фарб.

З системою Flexcel NX стають доступні:

- один відтворення зображення з файлу на друкарську пластину;
- покращена сталість кольорів від тиражу до тиражу;
- висока оптична щільність флексографських відбитків;
- швидше приладдя та вихід на тираж;
- пластини з вищою тиражостійкістю;
- друк на більш високих швидкостях.

Kodak Flexcel NX дозволяє виготовити форми з лініатурою до 300 lpi та стабільним растровим полем, починаючи з 0,4%. При цьому растрова точка формується з широким стійким плечем та плоскою вершиною.

Технологія «Flexcel NX» забезпечує точне відтворення оригіналу на відбитку завдяки можливостям офсетного кольороподілу та відтворенню на пластині тонального діапазону 0% (0,4%)-100% до 300 lpi-120 лін/см.

Технологія Flexcel NX також вирішує проблему окислення. Для нанесення зображення на фотополімерну пластину у системі Flexcel NX використовується спеціальна плівка Kodak TPL, яка ламінується до фотополімерної пластини на спеціальному ламіноваті. Ця технологія повністю виключає вплив кисню на фотополімерний шар у процесі експонування. Сформоване, в результаті прямого експонування, зображення на

фотополімері, точно повторює зображення, сформоване на плівці Kodak TIL, при цьому поверхня растрових точок має абсолютно плоску форму.

Технологія Flexcel NX вирішує проблему недостатньої оптичної щільності. Для збільшення оптичної щільності, виключення «сивини» на плашках та заливках у системі Flexcel NX застосовано інноваційну технологію растрування Kodak DigiCap NX.

Програмно-апаратна функція DigiCap NX формує на всій поверхні друкарської форми зернистий мікрорельєф (5x10 мкм), що помітно підвищує фарбоперенесення та якість друку у всьому тональному діапазоні, включаючи плашки. Застосування цієї функції не тільки усуває ефект «сивини» на плашках, але й суттєво збільшує колірне охоплення, а також забезпечує якісне відтворення деталей у високих кольорах [30].

4.3 LAMS-технологія

LAMS-технологія – цифрова маскова технологія (Laser Ablatable Mask System – масковий шар, що випаровується лазером) виробництва флексофоом

Розглянемо як виводиться зображення лазером на пластину та як випаровується LAMS шар. Товщина LAMS-шару, що випаровується, світлонепроникної маски становить кілька мікрон. Мала товщина маски дозволяє лазерному граверу малою потужністю моментально випаровувати масковий шар за заданою програмою. Сам фотополімерний шар залишається без впливу і підлягає наступному засвіченню для полімеризації фотополімерного шару. Таким чином, LAMS передбачає застосування лише спеціалізованих фотополімерних пластин із шаром LAMS на робочій поверхні.

LAMS-шар замінює негативну фотоплівку, що використовується в традиційному аналоговому способі виготовлення флексоформи та цифро-аналогової технології фірми KODAK.

Після запису зображення на карбоновому шарі флексографська пластина піддається подальшій обробці. Наступна технологічна карта виробництва флексоформи повторює процеси обробки традиційних пластин – основне експонування, вимивання, сушіння та додаткова обробка [30].

Застосування цифрового способу нанесення зображення дозволяє досягати високої лініатури, покращити контраст у високих світлах та

прискорити виробництво фотополімерних друкарських форм. LAMS виключає брак через попадання пилю або повітря між фотополімерною пластиною та фотоплівкою.

4.4 Технологія плоскої точки DIGIFLOW

Технологія виготовлення друкованих форм із плоскою точкою Digiflow-доповнення до технології LAMS від компанії DuPont, яка дозволяє формувати плоскі вершини растру та покращувати технічні показники якості відбитку на неспеціалізованих видах цифрових фотополімерних пластин. Наприклад, збільшувати тоновий діапазон для більш плавних градієнтів або підвищувати показники тиражестійкості.

За технологією Digiflow обробка фотополімеру проводиться у середовищі інертного газу. За рахунок виключення кисневого інгібування, растрові точки утворюють більш плоскі вершини, ніж звичайний процес LAMS.

Растрові точки з плоскою вершиною зменшують ризик помилки налаштування друкарського обладнання за режимами тиску. Зростає стабільність відбитку всередині тиражу та зростає тиражестійкість форм.

Переваги технології DuPont™ Cyrel® DigiFlow:

- точне відтворення зображення на формі 1:1 як у цифровому файлі;
- мінімальна точка має розмір 20 мкм, що дозволяє робити плавні градієнти з малопомітним переходом 0%;
- можливість застосування високолінійного растрування;
- можливість застосування стохастичного та гібридного растрування;
- дуже висока роздільна здатність тексту.

Готова пластина, оброблена за допомогою системи Cyrel® DigiFlow, підтримує знаки розміром один пункт з чітко визначеними краями без втрати роздільної здатності таких текстових елементів як засічки. Крапки по всій градаційній шкалі мають чіткі плечі з однорідною структурою поверхні.

Усі формні пластини відрізняються такими технічними характеристиками:

- товщина полімеру;
- жорсткість;
- вид фарб для друку;

- інтервалом відтворення градацій;
- лініатура;
- розмір мінімальної лінії;
- розмір мінімальної точки;
- область застосування.

Розглянемо технічні характеристики формних пластин перерахованих вище виробників.

Формні пластини компанії DuPont™ мають товщину полімеру від 0,76 мм до 6,35 мм, жорсткість від 34 до 80 одиниць за Шором А. Лініатура. Відповідно, у "товстих" полімерів дані технічні характеристики нижче, що підходить для друку низьколініатурних зображень. Така залежність між товщиною полімеру та інтервалом відтворення градацій та лініатурою простежується у всіх виробниках формних пластин. Максимальний інтервал відтворення градацій становить 1-98%, максимально можлива лініатура – 60 лін/см. Розмір мінімальної точки та мінімального штриха становить 0,1 мм. Друк сумісний з фарбами на основі розчинників, на водній основі, з більшістю УФ-фарб. Область застосування пластин широка: друк на гнучкій упаковці, шорсткому папері, ярликах та етикетках, конвертах, пакетах та сумках, складних картонних коробках, упаковках для напоїв, друк по гофрокартону, паперових мішках.

Формні пластини компанії Flint Group мають товщину полімеру від 1,14 мм до 6,35 мм, жорсткість від 26 до 70 одиниць за Шором А. Максимальний інтервал відтворення градацій становить 1-98%, максимально можлива лініатура – 60 лін/див. Розмір мінімальної точки, що окремо стоїть, і штриха 0,2 мм. Друк сумісний з фарбами на основі розчинників, на водній основі, УФ-фарбами. Область застосування пластин: друк на гнучкій упаковці, етикетках, етикетках для напоїв, плівці, фользі, гофрокартону, шорстких поверхнях [31].

5 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИБОРУ ФЛЕКСОГРАФІЧНИХ ФОРМ

5.1 Формулювання мети та етапів розробки

5.1.1 Обґрунтування вибору метода аналізу ієрархії

Метод аналізу ієрархії (МАІ), розроблений відомим американським математиком Томасом Сааті, з успіхом використовується для розв'язання багатьох практичних задач на різних рівнях планування. Цей метод набув широкого розповсюдження в останнє десятиріччя. Згідно з цим методом вибір пріоритетних рішень здійснюється за допомогою парних порівнянь. Для представлення результатів оцінок у кількісному виразі Т.Сааті вводить шкалу парних порівнянь (таблиця 5.1). Правомірність цієї шкали доведена теоретично і практично при порівнянні з багатьма іншими відомими даними. Досвід показав, що при проведенні парних порівнянь, в основному, ставляться запитання: "Який з елементів є важливішим? Який з них найпривабливіший?".

Таблиця 5.1 – Шкала парних порівнянь Т.Сааті

Відносна важливість (бали)	Визначення	Пояснення
1	однакова важливість	обидва елементи вносять однаковий вклад
3	один елемент трохи важливіший за другий	досвід дозволяє поставити один елемент трохи вище за другий
5	суттєва перевага	досвід дозволяє встановити безумовну перевагу одного над другим
7	значна перевага	один елемент настільки важливіший за другий, що є практично значимим
9	абсолютна перевага одного над другим	очевидність переваги підтверджується більшістю
2,4,6,8	проміжні оцінки між сусідніми твердженнями	компромісне рішення
обернені величини чисел, наведених вище	якщо при порівнянні одного елемента з другим, отримане одне з вищевказаних чисел (1-9), то при порівнянні другого з першим, матимемо обернену величину	

МАІ є систематичною процедурою ієрархічного представлення елементів, що визначають суть будь-якої проблеми. Існує кілька видів ієрархій [32]:

- домінантні – схожі на перевернуте дерево;
- холархії – з оберненим зв'язком;
- модулярні – від простого до складного.

Етапи методу.

1. Визначення проблеми. Визначення мети.
2. Виділення основних критеріїв та альтернатив.
3. Побудова ієрархії: дерево від мети через критерії до альтернатив.
4. Побудова матриці попарних порівнянь критеріїв по цілі і альтернатив за критеріями.
5. Застосування методики аналізу отриманих матриць.
6. Визначення ваг альтернатив по системі ієрархії.

МАІ полягає в декомпозиції (розкладанні) проблеми на все більш прості складові частини і подальшій обробці послідовності тверджень особи, яка приймає рішення, за допомогою парних порівнянь. В результаті може бути виражений відносний ступінь взаємодії в ієрархії. Ці твердження потім виражаються чисельно.

МАІ включає процедури синтезу багатьох тверджень, отримання пріоритетності критеріїв та знаходження альтернативних рішень. Важливим є те, що отримані таким чином значення є оцінками в шкалі відношень, але відповідають так званим "жорстким" оцінкам.

Вирішення проблеми – процес поетапного становлення пріоритетів. На першому етапі виявляють найбільш важливі елементи проблеми, на другому – найкращий спосіб перевірки тверджень та оцінки елементів. Весь процес підлягає перевірці та переосмисленню доти, доки не буде встановлено, що він охопив усі важливі характеристики вирішення проблеми.

Метод аналізу ієрархій є замкнутою логічною конструкцією, яка забезпечує за допомогою простих і добре обґрунтованих правил, рішення багатокритеріальних задач, що включають як якісні, так і кількісні фактори, причому кількісні фактори можуть мати різну розмірність. Метод заснований на декомпозиції задачі і представленні її у вигляді ієрархічної структури, що дозволяє включити в ієрархію всі наявні у особи, яка приймає рішення знання з розв'язуваної проблеми і подальшій обробці суджень осіб, які приймають

рішення. В результаті може бути виявлена відносна ступінь взаємодії елементів в ієрархії, які потім виражаються чисельно. Метод аналізу ієрархій включає процедури синтезу множинних суджень, отримання пріоритетності критеріїв і знаходження альтернативних рішень.

За допомогою цього метода можна порівняти відносну важливість будь-яких кількісно невизначених факторів.

5.1.2 Визначення мети

В даний час існує величезний вибір фотополімеризуючих пластин для виготовлення флексографічних форм.

На підприємстві НДІ «Лазерних технологій» використовується майже весь перелік друкарських пластин nyloflex® відомого виробника компанії XSYS [31]. Для кожного виду пластин виготівник розробив технологічні рекомендації щодо використання (рис. 5.1).

nyloflex®	Гибкая упаковка	Бирка и Этикетка	Гофрированный картон препринт	Гофрированный картон постпринт	Асептическая и пищевая упаковка	Специальное применение
ACE	x	x	x			
ACE UP	x	x	x		x	
ACT	x	x	x		x	
ART			x	x		
FAC			x	x		
FAH	x	x				
FAR	x					
FCC				x		
FE						x
FHC				x		
FSC				x		
FTC				x		
FTF	x					
FTH	x					
FTL				x		
FTM	x	x	x		x	
FTS	x	x	x			
Gold A						x
NEF	x	x			x	
Seal F						x

Рисунок 5.1 – Рекомендації щодо використання різних типів пластин у відповідності до сфери застосування

Але якщо розглядати друкування гнучкого пакування, тобто друк на невбираючих поверхнях, асортимент фотополімерних пластин дуже великий і має дуже близькі характеристики.

Метою дослідження є оптимальний вибір серед них по репродукційному-графічним і друковано-технологічними характеристиками. Визначившись з основними параметрами необхідно організувати сам процес оптимального вибору.

Для цього будемо використовувати алгоритм оптимізації прийняття рішень – метод аналізу ієрархії, розроблений Т.L. Satty. Даний метод є ефективним засобом для прийняття рішень, а алгоритм даного методу дозволяє точно провести аналіз зібраних даних, що прискорює сам процес оптимального вибору.

5.2 Обґрунтування вимог до друкарських форм

5.2.1 Визначення асортименту досліджуваних пластин

Асортимент пластин був звужений на підготовчому етапі. Було проведено опитування групи експертів – фахівців цього підприємства, які обрали найбільш популярні пластини за їх думкою. Під час опитування були враховані критерії:

- популярність у виробників;
- ціна;
- час виготовлення.

Кожен експерт при вирішенні будь-якого завдання має право давати лише одне значення результату дослідження, яке відповідно до правил метрології є випадковою величиною. Існує шість основних методів опитувань експертів:

- метод переваги;
- метод рангу;
- перший метод попарного порівняння;
- другий метод попарного порівняння;
- метод повного попарного порівняння;
- спосіб послідовних порівнянь [32].

Для попереднього уточнення найбільш популярних пластин віддалося перевагу методу рангу. Експерт повинен оцінити популярність за шкалою відносної значущості в діапазоні від 1 до 11 (кількість пластин, які можуть бути застосовані для друкування на невбираючих матеріалах). Потім розраховується сума набраних балів і визначаються максимальні.

Результати опитування зведені на рисунку 5.2.

	Експерт 1 технолог 1	Експерт 2 технолог 2	Експерт 3 препрес-інженер	Експерт 4 друкар	Експерт 5 інженер з якості	Сума	Ранг
1 ACE	1	2	3	1	2	9	11
2 ACE UP	2	5	5	5	6	23	8
3 ACE NexT	3	1	1	2	1	8	12
4 ACT	9	7	7	6	5	34	7
5 FAH	8	8	12	8	8	44	4
6 FAR	7	6	6	7	9	35	6
7 FTF	6	4	4	3	4	21	9
8 FTH	5	9	8	11	7	40	5
9 FTM	10	11	10	12	10	53	2
10 FTS	11	10	9	9	11	50	3
11 NEF	12	12	11	10	12	57	1
12 Flexcel NX	4	3	2	4	3	16	10

Рисунок 5.2 – Результати опитування щодо вибору пластин для дослідження

Для узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт конкордації (узгодженості), який розраховується за формулою:

$$K_w = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}, \quad (5.1)$$

де S – сума квадратів відхилень суми рангів кожного об'єкта експертизи від середнього арифметичного рангів;

r – кількість експертів;

n – кількість об'єктів експертизи.

Коефіцієнт конкордації може мати значення від нуля до одиниці (для повного узгодження). При $K_w = 1$ – повна узгодженість, при $K_w = 0$ – узгодженість відсутня, за $K_w > 0,70$ – хороша.

У разі якщо узгодженість нижче за середню, проводиться додатковий тур опитування. Причиною низької узгодженості може бути нечітка

постановка завдання, недостатня поінформованість експертів, механічні помилки тощо.

В нашому випадку коефіцієнт конкордації $K_w = 0,86$, що говорить про добру узгодженість думок експертів. Це можна пояснити їх високою кваліфікацією та знанням предметної області.

5.2.2 Визначення критеріїв порівняння пластин та побудова ієрархії

Після вивчення репродукційному-графічних і друковано-технологічних характеристик (п.4), були обрані основні критерії для порівняння:

- фарбоперенос;
- еластичність (модуль пружності, МПа) або жорсткість (ShA);
- профіль крапки;
- технологія виготовлення ФПФ;
- тоновий охоп (‰);
- час виготовлення (години);
- ціна за 1 м.кв.

Основні альтернативи:

- ACE 114D, CtP;
- FTF 114D, CtP;
- ACE 114D, NexT C25 MC WSI_P04_P+;
- Kodak Flexcel NXH.

Всі пластини представлені з різними значеннями товщини (додаток А). Для уточнення поставленої задачі обираємо фіксовану товщину – 1,14 мм. Вона найбільш застосовувана для виготовлення гнучких паковань, тобто для друку на тонких плівках.

Відповідно, ціна та час виготовлення буде вказана саме для пластин цієї товщини.

Були оцінені пріоритети для поліграфічних організацій, наприклад, еластичність важливіша для споживачів, ніж набухання форми, тому що тиражі все частіше стають не об'ємними, результат еластичності видно відразу, в той час, як форма набухає від розчинників не так швидко. Фактор ціни так само важливий для споживачів, як фарбоперенос форми, тому що він оцінюється безпосередньо кінцевим замовником і впливає на привабливість

кінцевої продукції. Таким чином порівнюються найбільш важливі параметри форм між собою за актуальності для друкарні. Внаслідок цього можна оцінити частку того чи іншого параметра форм в частковому співвідношенні від єдиного цілого поняття пріоритетності і отримати результат, заснований на альтернативному методі вибору.

За допомогою методу МАІ здійснюється вибір формної пластини для виготовлення фотополімерної форми, призначеної для друку на тонких невбираючих матеріалах. Схема наведена на рисунку 5.3.



Рисунок 5.3 – Вибір формної пластини

5.3 Побудова матриць попарних порівнянь та їх аналіз

5.3.1 Побудова матриць попарних порівнянь критеріїв та альтернатив за критеріями

Розглянемо детально процедуру побудови матриці попарних порівнянь критеріїв.

Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня були попарно порівняні щодо елементів наступного рівня і так до вершини ієрархії. Результати порівнянь формують матрицю, де попарно порівнюють відносну важливість лівих елементів таблиці (критеріїв) з елементами (критеріями) вгорі. Якщо елемент зліва важливіший за елемент вгорі, тоді в

комірку таблиці заносили позитивне ціле число, якщо навпаки – дробове. Якщо обидва критерії рівнозначно впливають на досягнення головної мети – 1. Тобто в МАІ все матриці парних порівнянь (МПС) є назад симетричними.

Кількість порівнянь, які здійснював експерт на рівні 2 становить:

$$K_{\text{порівн.}} = \frac{n(n-1)}{2}, \quad (5.2)$$

$$K_{\text{порівн.}} = 7(7-1)/2 = 21,$$

де n – кількість критеріїв на одному рівні.

Складаємо матрицю a_{ij} – відношення критерію i до критерію j :

$$a_{ji} = 1/a_{ij}, \quad a_{ii} = 1.. \quad (5.3)$$

Матриця порівнянь наведена в таблиці 5.2. Результати в додатку Б.

Таблиця 5.2 – Матриця та результати парних порівнянь для критеріїв рівня 2

Номер рядка (i)	Критерії	Номер стовпця (j)							Вага в долях	Вага в %	Ранг
		1	2	3	4	5	6	7			
1	Фарбоперенос	1	1/3	1/5	1/3	1	9	1/5	0,103	10,27%	6
2	Жорсткість	3	1	1/5	3	1	7	1/3	0,137	13,68%	4
3	Профіль крапки	5	5	1	1	3	1/5	1	0,218	21,77%	1
4	Технологія	3	1/3	1	1	1/5	1/3	1/7	0,062	6,18%	7
5	Тоновий охопат	1	1	1/3	5	1	3	1	0,131	13,11%	5
6	Час виготовлення	1/9	1/7	5	3	1/3	1	1	0,149	14,91%	3
7	Ціна	5	3	1	7	1	1	1	0,201	20,08%	2

Зробимо порівняння альтернатив за критеріями.

Складаємо аналогічні матриці порівняння варіантів (альтернатив) за кожним критерієм (табл. 5.3-5.9).

Таблицю парних порівнянь можна записати у вигляді оберненої симетричної квадратної матриці. Матриця формується зі значень парних порівнянь критеріїв на другому рівні щодо загальної мети, розташованої на першому рівні. Такі ж матриці будують для парних порівнянь кожної альтернативи на нижчому рівні щодо критеріїв вищого рівня.

Таблиця 5.3 – Порівняння за критерієм «Фарбоперенос»

Фарбоперенос	ACE 114D, CtP	FTF 114D, CtP	ACE 114D, NexT C25	Kodak Flexcel NXH	Вага в долях	Вага в %	Ранг
ACE 114D, CtP	1	1	0,2	0,33	0,099	9,93%	4
FTF 114D, CtP	1	1	0,2	3	0,190	19,02%	2
ACE 114D, NexT C25	5	5	1	3	0,542	54,20%	1
Kodak Flexcel NXH	3	0,33	0,33	1	0,169	16,85%	3

Таблиця 5.4 – Порівняння за критерієм «Жорсткість»

Жорсткість	ACE 114D, CtP	FTF 114D, CtP	ACE 114D, NexT C25	Kodak Flexcel NXH	Вага в долях	Вага в %	Ранг
ACE 114D, CtP	1	3	1	0,14	0,121	12,12%	3
FTF 114D, CtP	0,33	1	0,2	0,11	0,048	4,81%	4
ACE 114D, NexT C25	1	5	1	0,14	0,149	14,90%	2
Kodak Flexcel NXH	7	9	7	1	0,682	68,17%	1

Таблиця 5.5 – Порівняння за критерієм «Профіль крапки»

Профіль крапки	ACE 114D, CtP	FTF 114D, CtP	ACE 114D, NexT C25	Kodak Flexcel NXH	Вага в долях	Вага в %	Ранг
ACE 114D, CtP	1	1	0,11	0,14	0,059	5,86%	4
FTF 114D, CtP	1	1	1	0,14	0,149	14,95%	3
ACE 114D, NexT C25	9	1	1	3	0,427	42,73%	1
Kodak Flexcel NXH	7	7	0,33	1	0,365	36,46%	2

Таблиця 5.6 – Порівняння за критерієм «Технологія»

Технологія	ACE 114D, CtP	FTF 114D, CtP	ACE 114D, NexT C25	Kodak Flexcel NXH	Вага в долях	Вага в %	Ранг
ACE 114D, CtP	1	1	1	0,33	0,195	19,48%	4
FTF 114D, CtP	1	1	1	1	0,226	22,60%	3
ACE 114D, NexT C25	1	1	1	3	0,320	31,98%	1
Kodak Flexcel NXH	3	1,00	0,33	1	0,259	25,94%	2

Таблиця 5.7 – Порівняння за критерієм «Тоновий охват»

Тоновий охват	ACE 114D, CtP	FTF 114D, CtP	ACE 114D, NexT C25	Kodak Flexcel NXH	Вага в долях	Вага в %	Ранг
ACE 114D, CtP	1	1	0,33	0,20	0,097	9,71%	3
FTF 114D, CtP	1	1	0,2	0,14	0,078	7,78%	4
ACE 114D, NexT C25	3	5	1	1,00	0,370	36,97%	2
Kodak Flexcel NXH	5	7	1	1	0,455	45,54%	1

Таблиця 5.8 – Порівняння за критерієм «Час виготовлення»

Час виготовлення	ACE 114D, CtP	FTF 114D, CtP	ACE 114D, NexT C25	Kodak Flexcel NXH	Вага в долях	Вага в %	Ранг
ACE 114D, CtP	1	3	1	7	0,421	42,13%	1
FTF 114D, CtP	0,33	1	1	5	0,229	22,87%	3
ACE 114D, NexT C25	1	1	1	5	0,296	29,65%	2
Kodak Flexcel NXH	0,14	0,20	0,20	1	0,054	5,35%	4

Таблиця 5.9 – Порівняння за критерієм «Ціна»

Ціна	ACE 114D, CtP	FTF 114D, CtP	ACE 114D, NexT C25	Kodak Flexcel NXH	Вага в долях	Вага в %	Ранг
ACE 114D, CtP	1	1	5	9	0,415	41,51%	2
FTF 114D, CtP	1	1	7	9	0,453	45,26%	1
ACE 114D, NexT C25	0,20	0,14	1	3	0,090	9,03%	3
Kodak Flexcel NXH	0,11	0,11	0,33	1	0,042	4,20%	1

За результатами експертних оцінювань критеріїв склали матрицю парних порівнянь (номери рядка і стовпчика відповідають певному критерію):

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1 & 9 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/5 & 3 & 1 & 7 & 1/3 \\ 5 & 5 & 1 & 1 & 3 & 1/5 & 1 \\ 3 & 1/3 & 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/7 \\ 1 & 1 & 1/3 & 5 & 1 & 3 & 1 \\ 1/9 & 1/7 & 5 & 3 & 1/3 & 1 & 1 \\ 5 & 3 & 1 & 7 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

5.3.2 Аналіз матриць

Після формування матриці парних порівнянь за всіма критеріями визначили власний вектор матриці, перевіряли узгодженість матриці за допомогою її власного числа, оскільки власний вектор забезпечує впорядкування пріоритетів, а власне значення є мірою узгодженості оцінок.

Нормалізація головного власного вектора матриці дає вектор пріоритетів.

Т. Сааті запропонував чотири алгоритми наближених методів визначення нормованих власних векторів квадратної оберненої симетричної матриці.

1. Підсумувати елементи кожного рядка і їх нормалізувати у спосіб ділення кожної суми на суму усіх елементів. Сума нормалізованих елементів дорівнює одиниці. Перший елемент результуючого вектора буде пріоритетом першого критерію, другий – другого і т. д.

2. Підсумувати елементи кожного стовпця і отримати зворотні величини цих сум. Нормалізувати їх так, щоб їхня сума дорівнювала одиниці, розділити кожен зворотну величину на суму всіх зворотних величин.

3. Розділити елементи кожного стовпця на суму елементів цього стовпчика (нормалізувати стовпчики), додати елементи кожного отриманого рядка і розділити цю суму на число елементів рядка. Це процес усереднення по нормалізованих стовпчиках.

4. Помножити n елементів кожного рядка і отримати корінь n -го ступеня. Нормалізувати отримані числа.

Усі алгоритми дають один і той же власний вектор матриці. Будемо використовувати перший. Результати нормованих власних векторів квадратної оберненої симетричної матриці наведені в таблиці 5.2.

В додатку В наведений розрахунок матриці парних порівнянь за сіма критеріями і визначення власного вектора матриці. А також аналогічні розрахунки за всіма критеріями для обраних типів пластин.

Методика аналізу матриць наступна:

- знаходимо суму елементів кожного стовпця;
- ділимо всі елементи матриці на суму елементів відповідного стовпця.

Дані дві дії називаються нормуванням матриці;

- знаходимо середнє значення для кожного рядка;
- отриманий стовпець задає «ваги» критеріїв погляду поставленої мети.

Цей стовпець називають ваговим стовпцем критеріїв за метою;

- здійснюємо проміжний висновок (рис. 5.4).

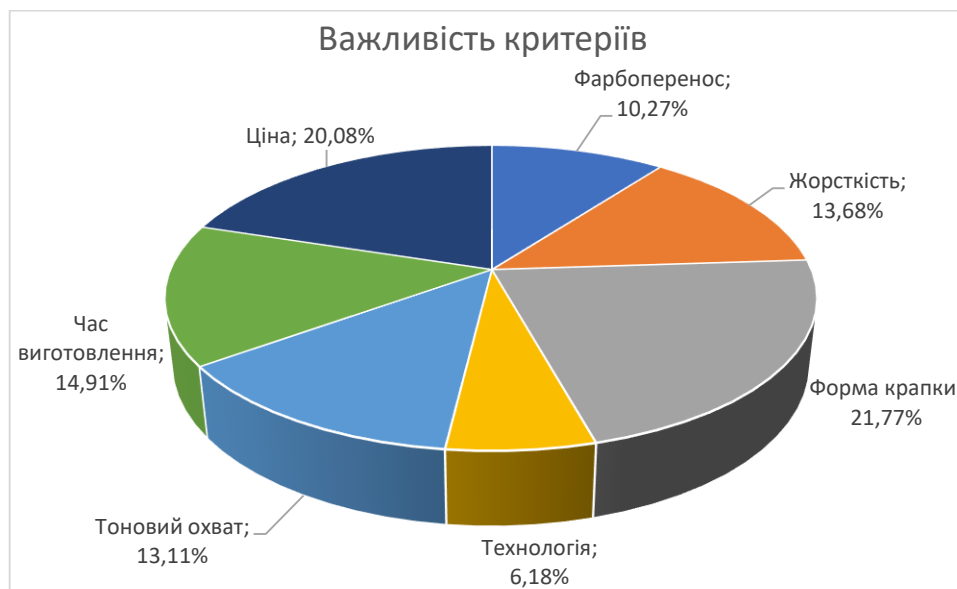


Рисунок 5.4 – Аналіз критеріїв вибору полімерних флексоформ

За результати проведення аналізу матриці попарних порівнянь по визначеним критеріям можна зробити наступний висновок.

З точки зору задоволення нашої мети найбільш вагомим є критерій «Форма крапки» (21,77%). Це пояснюється підвищеними вимогами до якості флексодруку на невбираючих матеріалах. Це зазвичай пакування, які вимагають точності відтворення кольорів, напівтонів та насиченості плашки (особливо для пантонних фарб). Це дозволяє тільки пласка точка. Далі слідує ціна (20,08%). Що теж відповідає вимогам замовника. Фотополімерні кліше мають досить високу ціну. Замовники згодні платити таку ціну за якісну продукцію, але виробники повинні розглянути можливість зниження цього показника за рахунок технологічних інновацій для збільшення попиту у замовників. Досить вагомий, але значно менший за попередні, критерій «Час виготовлення фотополімерних форм» (14,91%). Це пов'язано з тим, що для неперервного технологічного процесу кожна затримка у часі досить проблемна і тягне за собою простоювання обладнання і, відповідно, матеріальні витрати. Майже на такому рівні критерії «Жорсткість пластини» (13,68%) та «Тоновий охват» (13,11%). Вони впливають на властивості форм

відтворювати необхідну якість зображень під час друку. Для всіх пластин це нормовані і стабільні значення, тому вони майже внизу рейтингу. Потім слідує «Фарбоперенос» (10,27%). І на останньому місці технології виготовлення. Це можна пояснити тим, що у переліку обраних пластин всі виготовляються за технологією StP (окрім Kodak Flexcel NXH). Але ця технологія не поступається цифровим технологіям. Всі вони показують дуже високі показники якості.

Для матриць попарного порівняння за критеріями також зробимо попередній аналіз. Отримані вектори вагових коефіцієнтів порівняння з точки зору відповідності окремим критеріям. Ранги кожної альтернативи за критеріями зведені у таблицях 5.3 – 5.9. та представлені у додатку Г.

5.3.3 Визначення ваг альтернатив

За результатами попередніх пунктів сформовані:

- вектор ваг критеріїв;
- матриця ваг альтернатив по кожному критерію (що складається з отриманих вагових стовпців).

Помножуючи отриману матрицю на стовпець по правилу рядок на стовпець (матрично), отримуємо ваги альтернатив з точки зору досягнення мети – оптимальний вибір фотополімерних пластин серед обраного асортименту по репродукційно-графічним і друкарсько-технологічними характеристиками для друкування на невбираючих матеріалах (рис. 5.5).

В результаті отримуємо ваги альтернатив з точки зору досягнення поставленої мети.

Перше місце посідають ACE 114D, Next C25.

Технологія nyloflex Next дозволяє сформувати стійку структуру растрових точок на формі, які не випадають у процесі друкування тиражу, що забезпечує стабільне та плавне відтворення градієнтів аж до значення 0% та широкий тоновий діапазон. Сформовані на формі мікроструктури дозволяють підвищити оптичну густину плашок.

Для отримання відбитків високої якості з розширеним діапазоном градацій також рекомендується використовувати комбінацію гібридного растру HD Flexo C25 MCWSI P+ з технологією плоскої точки nyloflex Next. Не

зважаючи на різницю у ціні між ACE 114D, NexT C25 та ACE 114D приблизно в півтора рази, можна рекомендувати ці пластини на ті поліграфічні підприємства, які на перший план становлять якість продукції. Ці пластини допомагають зменшити кількість браку і забезпечити високу якість.

Матриця ваг альтернатив за кожним критерієм										
		Фарбоперенос	Жорсткість	Форма точки	Технологія	Тоновий охват	Час виготовлення	Ціна		
1	ACE 114D, CтP	0,099	0,121	0,059	0,195	0,097	0,421	0,415		0,210
2	FTF 114D, CтP	0,190	0,048	0,149	0,226	0,078	0,229	0,453		0,208
3	ACE 114D, NexT C25	0,542	0,149	0,427	0,320	0,370	0,296	0,090		0,300
4	Kodak Flexcel NXH	0,169	0,682	0,365	0,259	0,455	0,054	0,042		0,282
Матриця ваг критеріїв										
1	Фарбоперенос	0,103								
2	Жорсткість	0,137								
3	Форма крапки	0,218								
4	Технологія	0,062								
5	Тоновий охват	0,131								
6	Час виготовлення	0,149								
7	Ціна	0,201								
		Вага в долях	Вага у відсотках	Ранг						
1	ACE 114D, CтP	0,210	21,05%	3						
2	FTF 114D, CтP	0,208	20,78%	4						
3	ACE 114D, NexT C25	0,300	29,96%	1						
4	Kodak Flexcel NXH	0,282	28,21%	2						
			100,00%							

Рисунок 5.5 – Визначення ваг альтернатив

На другому місці платини Kodak Flexcel NXH.

Вони мають вищу оптичну щільність. Програмно-апаратна функція «DigiCap NX», яка є безкоштовною, формує на всій поверхні друкарської форми зернистий мікрорельєф, що помітно підвищує фарбоперенесення та якість друку у всьому тональному діапазоні, включаючи плашки. Застосування цієї функції не тільки усуває ефект «сивини» на плашках, але й суттєво збільшує колірне охоплення, а також забезпечує якісне відтворення деталей у високих кольорах. Але ці пластини дорожче та потребують більше часу на їх виготовлення.

Друкарські форми за технологією Flexcell NX можна рекомендувати виробникам поліграфічної продукції для підвищення якості друкованої продукції, але на тих тиражах, які не дуже термінові.

Цифрові пластини ACE 114D та FTF 114D дещо поступаються за своїми репродукційно-графічними і друкарсько-технологічним характеристикам, але теж відповідають усім вимогам якості і мають меншу ціну та менший час виготовлення, тому для тиражів, які не потребують графічної якості зображення можна аргументовано рекомендувати ці пластини.

5.4 Аналіз результатів дослідження

В експериментальній частині кваліфікаційної роботи магістра за допомогою методу МАІ було розроблено методика оптимального вибору формних пластин для виготовлення фотополімерних форм, призначених для друку на тонких невбираючих матеріалах.

В якості критеріїв відбору пластин були визначені параметрів, які найбільш пріоритетні для поліграфічних організацій. Таким чином порівнюються найбільш важливі параметри форм між собою за актуальності для друкарні. Внаслідок цього можна оцінити реальну вагу того чи іншого параметра форм в частковому співвідношенні від єдиного цілого поняття пріоритетності і отримати результат, заснований на альтернативному методі вибору.

Отримані матриці попарних порівнянь альтернатив за критеріями часто мають власну цінність.

Наприклад, у тому випадку, коли вектор ваг критеріїв може використовуватися багаторазово для різних типів пластин не тільки для гнучких паковань, але й для іншої аналогічної продукції (пакети, самоклеюва етикетка, харчові плівки тощо).

Аналіз отриманих рангів запропонованих критерії дозволяє виділити найбільш важливі для поліграфічного процесу. І крім того, з нього можна зробити висновок про малу важливість критерію «Технологія». Якщо розглядати тільки цифрові, або тільки аналогові технології, то цей критерій можна виключити із розгляду.

В багатьох практичних випадках неодноразово можна використовувати матриці ваг альтернатив за критеріями.

Застосування методики аналізу отриманих матриць та визначення ваг альтернатив по системі ієрархії можуть бути рекомендовані для застосування на діючих підприємствах для підвищення ефективності та якості друкарського етапу.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Характеристика науково-дослідницьких рішень

В кваліфікаційній роботі магістра розроблено методику оптимального вибору формних пластин для виготовлення фотополімерних форм для друку гнучкого пакування. Методика використовує метод аналізу ієрархій для виявлення чинників, які надають найбільший вплив на якість флексографічної форми. Визначені вагомості цих показників, які в подальшому допоможуть здійснювати аргументований вибір фотополімерних пластин.

В якості критеріїв відбору пластин були визначені параметрів, які найбільш пріоритетні для поліграфічних організацій..

Розроблено рекомендації щодо поліпшення технологічного процесу на даному підприємстві для підвищення якості продукції. Це в подальшому призведе до зменшення браку, підвищення якості виробництва та дозволить значно спростити процес контролю якості [33].

6.2 Розрахунок кошторисної вартості науково-дослідницької роботи

Для розрахунку вартості дослідження, необхідно враховувати всі витрати, що мають місце в роботі. В даному дослідженні це наступні позиції:

- заробітна плата виконавців НДР;
- страхові нарахування на заробітну плату (єдиний соціальний внесок);
- вартість використаних матеріальних ресурсів;
- витрати на електроенергію;
- вартість використання основних засобів;
- оплата послуг зв'язку;
- адміністративні витрати.

Значна частина витрат приходить на виплату заробітної плати робітникам. В роботі приймають участь наступні фахівці: дослідник (фахівець ВПС) та 5 експертів. Місячна заробітна дослідника складає – 6500 грн., експертів – 7200 грн.

На першому етапі дослідження проводиться аналіз діяльності підприємства, підготовка усіх необхідних нормативних документів, збір

статистичних даних та складання плану проведення робіт. На основному етапі виконується опитування експертів та обробка отриманих даних. Потім проводиться аналіз отриманих даних, розробка методики та надання необхідних рекомендацій, впровадження рекомендацій на підприємстві. Середньоденна заробітна плата за виконання окремого етапу роботи:

$$ЗП_i = ЗП_\partial \times ТМ_i, \quad (6.1)$$

де $ЗП_i$ – заробітна плата за виконання i -го етапу роботи, грн;

$ЗП_\partial$ – середньоденний заробіток виконавця i -го етапу, грн./ос. на день;

$ТМ_i$ – трудомісткість i -го етапу, люд.-дні.

Середньоденна заробітна плата кожного фахівця розраховується:

$$ЗП_\partial = ЗП_M / n, \quad (6.2)$$

де $ЗП_M$ – місячна заробітна плата;

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

$ЗП_{експерт} = 7200/22 = 372,27$ грн. $ЗП_{досл.} = 6500/22 = 295,45$ грн.

Використовуючи наведені вище формули розраховували витрати на заробітну плату виконавцям. Результати приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок заробітної плати виконавців

Вид роботи	Виконавець		Трудо- витрати, люд.-днів	Середньоденна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн. (гр.3хгр.4х гр.5)
	посада	кіль- кість			
1	2	3	4	5	6
1. Перший етап (підготовчий)					
1.1 Аналіз виробництва і збір статистичних даних	Дослідник	1	2	295,45	590,9
1.1 Розробка плану дослідження	Дослідник	1	1	295,45	295,45
1.4 Підготовка матеріалів для проведення опитування	Дослідник	1	2	295,45	590,9
2. Другий етап (основний)					
2.1 Проведення опитування серед експертів	Дослідник	1	1	295,45	295,45
	Експерт	5	1	372,27	1861,35

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6
2.2 Розрахунок та аналіз отриманих результатів	Дослідник	1	2	295,45	590,9
2.3 Узгодження результатів	Дослідник	1	0,5	295,45	147,725
	Експерт	1	0,5	372,27	186,135
3. Третій етап (заключний)					
3.1 Аналіз отриманих результатів, розробка методики	Дослідник	1	3	295,45	886,35
3.2 Надання рекомендацій	Дослідник	1	1	295,45	295,45
3.3 Впровадження рекомендацій на підприємстві	Дослідник	1	2	295,45	590,9
	Експерт	1	1	372,27	372,27
Разом (ЗП)					6703,78

В результаті отримали, що усього на виплату заробітної плати дослідника та експертів необхідно витратити 6703,78 гривень.

Необхідно врахувати єдиний соціальний внесок:

$$СВ = 0,22 \times ЗП, \quad (6.3)$$

$$СВ = 0,22 \times 6703,78 = 1474,83 \text{ (грн).}$$

де СВ – єдиний соціальний внесок, який відноситься на собівартість;

0,22 – коефіцієнт, який відбиває суму страхових внесків;

ЗП – заробітна плата виконавців НДР.

Під час проведення дослідження, використовуються певні матеріали, вартість яких має бути включена в розрахунок вартості роботи.

Вартість використаних матеріалів визначається за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (6.4)$$

де M – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярські приналежності тощо);

Q_j – кількість використаних одиниць j-го виду матеріалів;

C_j – ціна одиниці j-го виду матеріалів.

В таблиці 6.2 приведений список використаних матеріалів, їх кількість та ціна.

Таблиця 6.2 – Матеріальні витрати

Найменування	Од. вим.	Q_j	C_j , грн	M , грн.
Ручка	шт.	2	10	20
Папір	уп.	1	90	90
Заправка для картриджу	шт.	1	120	120
Всього				230

Матеріали для тестування надає ТОВ «Лазерфлекс» та ТОВ «Наргус», тому в розрахунок матеріальних витрат вони не включаються.

Проведення дослідження потребує використання комп'ютера та принтера. Комп'ютер коштує приблизно 9500 гривень, принтер – 3000 гривень. Необхідно розрахувати суму амортизаційних відрахувань:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (6.5)$$

$$AB = 9500 \times 11 / 680 + 3000 \times 3 / 760 = 165,52 \text{ (грн)},$$

де AB – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час 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.

Термін використання комп'ютера складає приблизно 680 днів, а принтера – 760.

Таким чином, розмір амортизаційних відрахувань склав 165,52 гривень.

Оскільки використовується обладнання, яке потребує електроенергії, то необхідно визначити відповідні витрати:

$$Z_e = M \times t \times T_{\text{кВт}}, \quad (6.6)$$

$$Z_e = 0,4 \times 11 \times 1,6748 + 0,5 \times 3 \times 1,6748 = 9,88 \text{ (грн)},$$

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

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

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

В дослідженні використовується комп'ютер та принтер. Їх потужності 0,4 та 0,5 кВт відповідно. Тариф на електроенергію для підприємств за першим класом напруги складає 1,6748 грн./кВт на годину (без ПДВ).

Використовуючи комп'ютер та принтер, за електроенергію необхідно заплатити 9,88 гривень.

Під час виконання науково-дослідницької роботи необхідно використання такої послуги зв'язку, як інтернет. Його вартість складає 150 гривень на місяць.

Виконуючи НДР, витрати на відрядження, аутсорсинг, інформаційні послуги та маркетингові заходи не мали місця.

Адміністративні витрати, такі як водопостачання, водовідведення, освітлення та опалення прийнято у розмірі 10% від витрат на оплату праці.

Після виконання всіх розрахунків, всі дані внесені до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на проведення НДР

Стаття витрат	Сума, грн.
1. Заробітна плата (ЗП)	6703,78
2. Єдиний соціальний внесок (22% від п.1)	1474,83
3. Матеріальні витрати	230
4. Амортизація основних засобів (вартість машинного часу)	165,52
5. Витрати на спожиту електроенергію	9,88
6. Інші витрати, у тому числі:	
- адміністративні витрати (10% від п.1);	670,378
- вартість послуг зв'язку;	150,00
7. Разом (Вр)	9254,39

В результаті, всього на розробку НДР було витрачено 9254,39 грн.

6.3 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Враховуючи тему кваліфікаційної роботи, можна зробити висновок, що результатом виконання НДР є розроблені методики та рекомендації, які дозволяють покращити якість продукції, запобігають браку та підвищують ефективність праці. Тобто, такий вид результатів НДР не пов'язаний напряму з грошовими одиницями. Він складається в тому, що на основі отриманих результатів на підприємстві додаються нові контрольні операції та засоби контролю, більш чітко регламентується діяльність підприємства, направлена на зменшення кількості браку.

Після отримання результатів опитування, пропонуються рекомендації для покращення системі контролю якості. В разі їх виконання увесь брак підприємства має зникнути. Але, досягти ідеалу неможливо, тому приймаємо, що 10% браку залишиться через непередбачувані причини. В такому разі, результат від впровадження НДР розраховується за наступною формулою:

$$\Delta P_j = |X_{бj} - X_{нj}|, \quad (6.7)$$

$$\Delta P_j = (6820 + 2186) - 900,6 = 8105,4 \text{ (грн)},$$

де ΔP_j – покращення j -тої характеристики системи за рахунок впровадження результатів НДР ($j=1, m$);

$X_{бj}$ – базове значення j -тої характеристики, до впровадження результатів НДР;

$X_{нj}$ – нове значення j -тої характеристики після впровадження пропонованих рішень.

За жовтень 2021 року в ТОВ «Лазерфлекс» було відбраковано фотополімерів на суму 2186 гривень. 10% браку складають 900,6 грн.

В результаті проведення дослідження, надання рекомендацій на їх основі та застосування їх на практиці, сума збитків від браку може знизитись приблизно на 8105,4 гривні.

6.4 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Щоб визначити економічну ефективність результатів НДР, необхідно порівняти витрати на розробку НДР з результатами. Основним показником економічної ефективності науково-дослідницької роботи є коефіцієнт "ефект-витрати", який розраховується за наступною формулою:

$$K_{ев} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (6.8)$$

$$K_{ев} = 8105,4 / 9254,39 = 0,876 \text{ (грн)},$$

де $K_{ев}$ – коефіцієнт "ефект-витрати", який відбиває, скільки гривень економії витрат замовника приходить на 1 грн. витрат на НДР.

Отриманий результат показує, що вкласти грошей в дослідження необхідно майже стільки, скільки буде збережено від браку. Але дослідження виконується 1 раз, брак буває кожного місяця. Тому, проведення дослідження приводить до економії коштів підприємства і в подальшому і робить його більш конкурентоспроможним за рахунок підвищення якості продукції.

Використання рекомендованих фотополімерних пластин (Koak Flexcel NX та ACE 114D, NexT C25), які обрані за розробленою методикою забезпечують зниження часу на приладку машини на 10% та зниження відходів близько як на 20%. І значно підвищують якість друкарського процесу. Це дозволить збільшити кількість та якість замовлень, що в свою чергу принесе підприємствам- виробникам більший прибуток.

Роботу в цілому можна враховувати ефективною або такою, що має високий науковий та технічний рівень.

ВИСНОВКИ

За останні декілька років упаковка стала найприбутковішим сегментом друку і користується підвищеною увагою як замовників пакування, так і виробників обладнання та витратних матеріалів.

Карантинні обмеження та вимоги небезпеки під час пандемії в 2020-2021 роках викликала бум попиту на фасовані товари, зокрема продукти харчування, індивідуального захисту та гігієни. Зросли не тільки накладі гнучкого пакування, але й підвищились вимоги до цього пакування на невбираючих матеріалах.

На сьогоднішній день стає все більш необхідним підвищення якості друку на невбираючих матеріалах. Таких, як плівки та ламіновані папери, тому що це найбільш популярні матеріали на споживчому ринку етикетки і упаковки. У зв'язку з цим обґрунтування методології вибору форм флексографічного друку, а також вибір додрукарських технологій для підвищення якості є досить актуальним завданням.

У роботі підтверджено пріоритетність використання цифрових технологій виготовлення фотополімерних флексографських форм з плоскою точкою для підвищення якості друкування на невбираючих матеріалах. А також розроблено методику вибору пластин для форм флексографського друку з урахуванням їх репродукційно-графічними і друкарсько-технологічними характеристиками.

При виконанні роботи вирішені такі завдання:

- виконано аналіз особливостей і переваг різних технологій виготовлення флексографських друкарських форм;
- досліджено технології растрування, які використовуються для флексодруку;
- проаналізовано матеріали та обладнання для виготовлення фотополімерних форм за технологією плоскою точки;
- визначені основні репродукційно-графічні та друкарсько-технологічними характеристики фотополімерних форм, які впливають на якісні показники;
- розроблено технологічні рекомендації для якісного друку по поверхні невсмоктуючих матеріалів.

Були також проаналізовані фотополімери, представлені на ринку України, їх характеристики і особливості використання на різних експонуючих установках. Таким чином, плосковершинна технологія в поєднанні з гібридним растром дозволяє уникнути градаційний спотворень в світлих ділянках зображення і дає можливість сформувати на кліше найменші друкуючі елементи, збільшити контраст друку, розширюючи діапазон переданих градацій.

Методом аналізу ієрархій виявлені чинники, які надають найбільший вплив на якість флексографічної форми під час друку на невбираючих матеріалах.

Робота має дослідницький та прикладний характер у галузі дослідження процесів флексографічного друку на невбираючих матеріалах. Робота охоплює теоретичні і експериментальні дослідження обґрунтування методології вибору форм для флексографічного друку по полімерним плівкам з використанням різних технологій виготовлення фотополімерних флексографських форм та різних технологій растрування зображення.

В кваліфікаційній роботі магістра також здійснено розрахунок вартості дослідження, виконано оцінку результатів науково-дослідної роботи та визначено ефективність проведених розробок. Проведені дослідження дозволяють економити кошти підприємства в подальшому і роблять його більш конкурентоспроможним за рахунок підвищення якості продукції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Разработка и апробации методики комплексной оценки уровня качества флексопечати экструзионной упаковки / Манаков В.П., Чеботарева И.Б., Чеботарев Р.И., Муравьева А.В. // *Traektoriâ Nauki = Path of Science*. 2016. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-aprobatsii-metodiki-kompleksnoy-otsenki-urovnyua-kachestva-fleksopechati-ekstruzionnoy-upakovki> (дата звернення: 12.11.2021).
2. Техника флексографской печати: учебное пособие / пер. с нем. под ред. В.П. Митрофанова, Б.А. Сорокина. М.: Изд-во МГУП, 2000. 192 с.
3. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. М.: МГУП, 2003. 1280 с.
4. Ткаченко В.П., Цимбал Л.І. Основи метрології, стандартизації та управління якістю: навчальний посібник. Харків: ХНУРЕ, 2003.
5. Гавенко С.Ф., Мельников О.В. Оцінка якості поліграфічної продукції: Навч. посібник. Львів: Афіша, 2000. 120 с.
6. Пашуля П.Л. Основи метрології, стандартизації і сертифікації. Якість у поліграфії: навч. посіб. К.: ІЗМН, 1997. 288 с.
7. Дурняк Б.В., Ткаченко В.П., Чеботарьова І.Б. Стандарти в поліграфії та видавничій справі: довідник. Львів: Укр. акад. друкарства, 2011. 320 с.
8. ДСТУ ISO 9000:2007. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary). Введ. 2007-09-03. К: Держстандарт України, 2007.
9. ДСТУ ISO 9000-2001. Системи управління якістю. Вимоги. Введ. 2001-11-1. К: Держстандарт України, 2001.
10. Технология Flat Top Dots в изготовлении флексографских печатных форм / М.П. Кулинченко, М.Г. Зубченко, М.А. Чабан, И.Б. Чеботарева // *Бионика интеллекта*. 2016. №1 (86). С. 149-154.
11. Анализ рынка флексопечати и ротогравюрной печати в Украине. 2020 год. URL: <https://pro-consulting.ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-fleksopechati-i-rotogravyurnoj-pechati-v-ukraine-2020-god> (дата звернення: 21.09.2021).
12. Цифровая эра упаковки. URL: <http://machouse.ua/press-center/s3/news/tsifrovaja-era-upakovki.html> (дата звернення: 21.09.2021).
13. Рынок цифровой печати Украины: предчувствие изменений. URL: <https://printus.com.ua/article/read/3778> (дата звернення: 21.09.2021).

14. Статистика. Исследование Smithers про будущее упаковки в период пандемии COVID-19. URL: https://www.publish.ru/news/202011_20093065 (дата звернення 19.11.2021).

15. Флексопечать и глубокая печать: сравниваем и выбираем. URL: <https://print.jofo.me/691585.html> (дата звернення: 20.05.2021).

16. ПАКАДО – изготовление упаковочных материалов. URL: <https://pakado.kiev.ua/a298511-kak-nanosim-risunok.html> (дата звернення: 17.05.2021).

17. Анилоксовые валы. URL: https://dotgain.com.ua/consumables/anilox-rolls/aniloxes?gclid=CjwKCAjwiLGGBhAqEiwAgq3q_rBUvwWw_iytOXRu9MIQpG9wxH8ejNbEmxBe900sqJVIN1jBamIOZBoC5oMQAvD_BwE (дата звернення: 10.09.2021).

18. Mark Andy Versa Max. URL: <http://machouse.ua> (дата звернення: 15.09.2021).

19. Ярема С.М. Флексографія: Обладнання. Технологія. К.: Либідь, 1998. 312 с.

20. Толивер-Нигро Х. Технологии печати. М.: ПринтМедиаЦентр, 2006. 232 с.

21. Полянский Н.Н., Карташева О.А., Надирова Е.Б. Технология формных процессов / под общ. ред. Н. Н. Полянского. М.: МГУП, 2007. 366 с.

22. Технология изготовления цифровых флексографских форм. URL: <http://www.flexoplus.ru/archive/15/alfa1.html> (дата звернення: 15.09.2021).

23. Выводим формы для флексографской печати // Компьюарт. URL: <http://compuart.ru/article.aspx?id=22232&iid=1017> (дата звернення: 16.09.2021).

24. Формы для флексографской печати: способы изготовления и особенности применения. URL: <http://poligrafsnab.com/arhiv-statey/formyi-dlya-fleksograf-skoj-pechaty-br-sposobyi-izgotovleniya-i-osobennosti-primeneniya> (дата звернення: 16.09.2021).

25. Основные информационные материалы по флексографскому СТР // Paperprint. URL: <http://www.paperprint.ru/articles/polygraphic-technology/305/> (дата звернення: 16.09.2021).

26. Особенности изготовления флексографских фотополимерных форм // Калкулейт. URL: http://www.calculate.ru/book/osobennosti_izgotovleniya_fleksografskih_fotopolimernih_form/cifrovie_plastini._tehnologiya_computer-to-plate/ (дата звернення: 16.09.2021).

27. Печать на пергаменте и фольге. URL: <https://krashe.com.ua/folga-kashirovannaja-pergament-jekolin/> (дата звернення: 16.09.2021).
28. Технологические тенденции в печати упаковки/ URL: <http://machouse.ua/press-center/s3/library/18945.html> (дата звернення: 25.11.2021).
29. Фольга кашированная. URL: <https://krashe.com.ua/folga-kashirovannaja-pergament-jekolin/> (дата звернення: 10.11.2021).
30. Изготовление флексоформ URL: <http://flexocenter.com/technology/technologiya-hdrip> (дата звернення: 11.11.2021).
31. Інструкція FlintGroup.
32. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. URL: <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/saaty.pdf> (дата звернення 1.12.2021).
33. 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.
34. Кулішова Н.Є., Ткаченко В.П. Методичні вказівки з виконання кваліфікаційної роботи здобувачів вищої освіти на другому (магістерському) рівні для студентів усіх форм навчання спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія». Харків: ХНУРЕ, 2020. 51 с.
35. Чеботарьова І.Б., Манаков В.П., Губін Р.І. Підвищення ефективності технології плоскої точки для виготовлення фотополімерних флексографських форм: Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф. (18-22 травня 2021, м. Харків). 2021. Т1. С. 45-46.