

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук
Кафедра _____ Медіасистеми та технології
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)
« 30 » жовтня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студентові _____ *Донському Дмитру Олександровичу*
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Дослідження способів підвищення якості друку для цифрової машини
Konica Minolta 6085*

затверджена наказом по університету від _____ 27 жовтня 2023 р. № 1249 Ст


2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 24 січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи
вид друку – цифровий;
матеріал – папір, картон, клейовий папір;
національні та міжнародні стандарти з кваліметрії;
дослідження виконується в умовах діючого поліграфічного підприємства.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Вступ; 1 Використання технологій растрівання для підвищення якості друку; 2 Особливості цифрового друку; 3 Обґрунтування вибору засобів контролю якості; 4 Експериментальна частина; 5 Економічна частина; Висновки; Перелік джерел посилань; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій
Завдання на кваліфікаційну роботу, Актуальність дослідження, Мета роботи, Задачі дослідження, Вибір матеріалів; Характеристик технологій растрівання; Методи та засоби контролю якості; Показники якості цифрового друку; Розробка тест-об'єктів для контролю цифрового друку; Результати експериментального дослідження; Параметрична оцінка; Результати експертного опитування; 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	доц. Вовк О.В.		24.01.2024
Економічна частина	ас. Помогалова Н.В.		22.01.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз ТЗ	5.11.2023	виконано
2	Аналіз літературних джерел	10.11.2023	виконано
3	Дослідження особливостей цифрового друку і технологій растрування	15.11.2023	виконано
4	Визначення номенклатури показників якості для оцінки цифрового друку	25.11.2023	виконано
5	Розробка тест-об'єкта для проведення дослідження	10.12.2023	виконано
6	Експериментальне дослідження якості друку на різних матеріалах	30.12.2023	виконано
7	Аналіз отриманих результатів та розробка рекомендацій щодо покращання якості друку	18.01.2024	виконано
8	Економічна частина	22.01.2024	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	22.01.2024	виконано
10	Оформлення графічної частини	22.01.2024	виконано

Дата видачі завдання 30 жовтня 2023 р.

Студент



(підпис)

Донський Д.О.

Керівник роботи



(підпис)

доц. Вовк О.В.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 69 с., 22 рис., 15 табл., 5 дод., 23 джерела.

ЦИФРОВИЙ ДРУК, KONICA MINOLTA, ПАРАМЕТРИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ, ПАПІР, КАРТОН, СТОХАСТИЧНЕ РАСТРУВАННЯ, ЛІНІАТУРА, РАСТРОВА ТОЧКА.

Мета роботи – дослідження способів підвищення якості друку для цифрової машини Konica Minolta 6085 за допомогою додаткових можливостей растрування.

Об'єкт дослідження – друкарський процес на цифровій офсетній машині Konica Minolta 6085

Предмет дослідження – растрові структури та показники якості цифрового друку.

В кваліфікаційній роботі магістра проведено дослідження особливостей використання різних растрових структур з різною формою точки з урахуванням типових рекомендацій виробників друкарських машин та особливостей друкарської машини Konica Minolta 6085 для підвищення якості друкованої продукції.

Для проведення експерименту розглянуто основні поліграфічні матеріали, які використовуються на підприємстві; розроблено тестове зображення, яке враховує особливості додаткових функцій растрування; здійснено друкування, кваліметричне та експертне оцінювання тестових зразків. За результатами оцінювання розроблені рекомендації щодо вибору видів растрів. Також здійснено економічне обґрунтування проведених досліджень.

ABSTRACT

Explanatory note of the qualification work: 69 p., 22 fig., 15 tabl., 5 app., 23 sources.

DIGITAL PRINTING, KONICA MINOLTA, QUALITY ASSESSMENT PARAMETERS, PAPER, CARDBOARD, STOCHASTIC RAZING, LINEAR, RAST DOT.

The purpose of the work is to investigate ways to improve print quality for the Konica Minolta 6085 digital machine with the help of additional rasterization capabilities.

The object of the research is the printing process on the Konica Minolta 6085 digital offset machine

The subject of research is raster structures and quality indicators of digital printing.

In the master's qualification work, a study of the features of using different raster structures with different dot shapes was carried out, taking into account the typical recommendations of printing machine manufacturers and the features of the Konica Minolta 6085 printing machine to improve the quality of printed products.

To conduct the experiment, the main printing materials used at the enterprise were considered; a test image was developed that takes into account the features of additional raster functions; printing, qualitative and expert evaluation of test samples was carried out. Based on the results of the evaluation, recommendations were developed for the selection of types of rasters. An economic justification of the conducted research was also carried out.

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	8
1 ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РАСТРУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДРУКУ	10
1.1 Аналітичний огляд літератури та аналіз проблеми дослідження	10
1.2 Обґрунтування актуальності, мета дослідження	14
2 ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОГО ДРУКУ	18
2.1 Загальна характеристика цифрового друку.....	18
2.2 Параметри цифрових зображень, які впливають на якість друку.....	19
2.2.1 Роздільна здатність растрових зображень	20
2.2.2 Лініатура растру.....	21
2.2.3 Форма точок.....	24
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	29
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	31
4.1 Методика проведення досліджень	31
4.2 План експерименту.....	33
4.3 Розробка тестового зображення для оцінки якості цифрового друку....	36
4.3.1 Тестові об'єкти для дослідження градаційних характеристик	37
4.3.2 Тестові об'єкти для дослідження відтворення та точності кольорів	38
4.3.3 Тестові об'єкти для оцінювання контрасту та рівномірності друку	41
4.4 Обґрунтування вибору поліграфічних матеріалів для дослідження.....	41
4.5 Експертне оцінювання якості друку	42
4.6 Оцінювання показників якості цифрового друку	44
4.6.1 Уточнення переліку показників	44
4.6.2 Визначення показників якості друку	46
4.6.2.1 Градаційна передача	46
4.6.2.2 Контраст	48
4.6.2.3 Колірне охоплення	49
4.6.2.4 Відхилення за кольорами	53
4.6.2.5 Рівномірність друку	55
4.7 Візуальне оцінювання відбитків.....	56

4.7 Розробка рекомендацій.....	57
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	59
ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	68
ДОДАТОК А Варіанти настроювання довільного растрування для цифрової машини Konica Minolta 6085	70
ДОДАТОК Б Тестове зображення	72
ДОДАТОК В Колірні охоплення цифрового друку на крейдованому картоні	73
ДОДАТОК Г Значення колірних охоплень для крейдованого картону	75
ДОДАТОК Д Приклад розрахунку рівномірності друку.....	76

ВСТУП

На сьогодні все більш клієнтів звертаються до цифрових друкарень і вимагають якісної продукції. Не залежно від того, що друкується фотографія, візитка чи рекламний каталог з фірмовими кольорами. В той же час в цифрових друкарнях контроль якості зазвичай здійснюється тільки оператором цифрової машини візуально за принципом «подобається / не подобається», або «близько до макету», оскільки чітких, офіційно визнаних критеріїв оцінки якості цифрового друку не існує.

Важливим питанням на будь-якому поліграфічному підприємстві є підвищення якості друкованої продукції. Зважаючи на складність та різноманітність друкарських процесів та розмаїття програмних рішень для професійного кольороподілу та растрування, правильний вибір та вміле використання передових додрукарських технологій є ключем до успішного друку.

Застосування різних технологій растрування дозволяють не тільки вирішувати класичні проблеми утворення муару, зернистості, поліпшення плавності друкування напівтонів тощо. Але й більш специфічні задачі. Наприклад, використання стохастичного растрування в офсетному друку дозволяє оптимізувати колірну насиченість, зменшити споживання фарби та підвищити економічність друку; застосування різних форм растрових точок в цифровому друці можна використовувати для розширення колірної гами; комбінація стохастичного растрування, різних форм точок та високої лініатури дозволяє імітувати різні друкарські процеси і робити більш якісні кольоропроби.

Правильний вибір і вміле використання цих технологій можуть значно поліпшити якість та ефективність друкарських проектів.

Все це визначає актуальність дослідження різних способів підвищення якості друку для цифрових машин. Одним з таких способів є використання довільного растрування з різною лініатурою. Тому планується проведення дослідження особливостей використання різних растрових структур з різною формою точки з урахуванням типових рекомендацій виробників друкарських машин та особливостей друкарської машини Konica Minolta 6085.

Метою роботи є дослідження способів підвищення якості друку для цифрової машини Konica Minolta 6085 за допомогою додаткових можливостей растрування.

Дослідження проводиться в умовах діючого поліграфічного підприємства – ТОВ «Друкарня «Мадрид» з використанням обладнання та матеріалів друкарні.

1 ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РАСТРУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДРУКУ

1.1 Аналітичний огляд літератури та аналіз проблеми дослідження

Технології растрівання поділяють за методами модулювання тональності зображення. Можна виділити три параметри, які впливають на модулювання візуальної оптичної густини на відбитку:

- товщина шару фарби – амплітудно-імпульсна модуляція (АІМ),
- розмір растрового елемента – широтно-імпульсна модуляція (ШІМ)
- частота появи растрового елемента – частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ).

На їх основі можливе створення багатьох комбінованих видів модулювання тональності на відбитку. На практиці застосовують спрощена класифікація растрівання – за розміром растрового елемента та частотою появи растрового елемента.

Відповідно растрівання поділяють на:

- традиційне – растрівання за амплітудною модуляцією (АМ-растрівання);
- стохастичне – растрівання за частотною модуляцією (ЧМ-растрівання) або FM-растрівання (Frequency Modulated Screening);
- комбіноване або гібридне растрівання (ХМ-растрівання).

Традиційне АМ-растрівання ще певний час буде переважати при друкуванні різними видами друку, оскільки стохастичне растрівання потребує більш точного приведення та калібрування машин, ретельного контролю за процесом друкування.

Недоліки АМ-растрівання:

- зображення на відбитку мають «розеткові» структури;
- при співпаданні растрових решіток або дуже дрібних зображеннях може утворюватись муар;

– погано відтворюються дуже дрібні деталі в світлих та темних ділянках. Покращити якість АМ-растрівання можна за допомогою підвищенням лініатури растру та застосуванням модифікованої технології АМ-растрівання – «технології суперкомірок», згідно якої декілька елементарних комірок групують в одну надкомірку. Вона дозволяє підвищити лініатуру растра, не зменшуючи градацію зображення.

Розглянемо призначення та сфери застосування основних способів растрування [1, 2].

Останнім часом багато постачальників RIP-систем удосконалили АМ-растрування шляхом використання цифрових напівтонових растрів, що дозволяють зменшити розетковий зсув з утворенням небажаного муарного малюнка. Технології високоякісного регулярного растрування дозволяють посилити насиченість кольорового зображення та підвищити якість друку за рахунок покращеного контролю розеткового зсуву та муароутворення та використання високолінійних растрів. Крім того, можливість контролю та оптимізації стандартної розеткової структури, кута повороту та лінійності растру четвертої фарби (зазвичай жовтого кольору) при використанні високоякісного регулярного растрування дозволяє виключити появу муара при сепарації четвертої фарби. В цілому все це дозволяє отримати чистий і чіткий тиражний відбиток без розеток і муара, коливань оптичної щільності та спотворення тональної градації.

Стохастичне растрування першого покоління. При традиційному стохастичному раструванні растр формується невеликими растровими елементами фіксованого розміру (зазвичай 20 або 30 мкм) і однакової форми, розташованими нерегулярно, тобто. випадковим чином у всіх напівтонових областях зображення. Області зображення з підвищеною щільністю точок здаються темнішими, а ділянки з меншою щільністю точок – світлішими. Ця технологія розроблена спеціально для підвищення якості відтворення дрібних деталей та плавних переходів півтонів зображення на відбитку, а також для зняття проблеми муара у багатобарвному друку при використанні більше чотирьох фарб. Традиційна стохастика дозволяє підвищити насиченість фарби, знизити кількість браку та підняти рівень економічності багатобарвних робіт, наприклад, в офсетному виробництві.

Проте, незважаючи на свої переваги, технологія традиційного стохастичного растрування не позбавлена недоліків. Вони полягають, перш за все, у складності її практичного застосування у друкованому виробництві через те, що вона поки що не має необхідної стійкості до змін параметрів друкованого процесу та проблем несуміщення під час друку, що може ускладнити або унеможливити додаткову корекцію кольорів на друкарській машині. До інших недоліків відноситься утворення зернистості в середніх тонах на відбитках, втрата окремих дрібних растрових точок при виготовленні друкованих форм і,

нарешті, складність або навіть неможливість пробного відтворення стохастичного зображення з найдрібнішими растровими елементами. Враховуючи всі перераховані вище труднощі, які можуть виникнути при стохастичному раструванні файлів, з'являється необхідність мати висококваліфікований персонал кольорокоректорів і друкарів, які мають досвід управління кольором, попередньої обробки даних, профілювання та тестування процесів додрукарської підготовки, для впровадження технології стохастичного растрування у виробництво.

Стохастика другого покоління – це удосконалений метод стохастичного растрування призначений для генерації растру з нерегулярною структурою растрових точок довільного розміру регулювання величини напівтонових градацій тонального діапазону. Маючи всі відмінні риси та переваги стохастики першого покоління, удосконалена технологія стохастичного растрування, заснована на алгоритмі формування логічно закінченої «червоподібної» кластерної структури, дозволяє усунути основний недолік класичної стохастики, пов'язаний з утворенням зернистості в середніх тонах зображення.

Існує безліч різних технологій растрування, орієнтованих вирішення специфічних проблем друку. Для зменшення величини розтискування растрової точки застосовуються растри з точками різної форми (зіркоподібні, овальні, еліпсоподібні); розроблені та успішно застосовуються гібридні растри, що поєднують АМ та ЧС-растрові структури; для збільшення щільності градієнтних заливок у флексографському друку застосовуються спеціальні растри, що формують растрові зображення в процесі виготовлення флексографських друкованих форм тощо.

Наприклад, технологія растрування Co-Res Screening є складовою програми управління робочими потоками даних Celebrant Extreme від FujiFilm. Balanced Screening від Agfa застосовує набір із чотирьох растрів, технологію надкомірки, власний алгоритм, методику вирівнювання переходів тонів. Розроблено варіанти для різних способів друку.

Для досягнення більшої точності відображення також можна використовувати різні варіанти: комбінувати різні лініатури растру та кути повороту растру, застосовувати стохастичне растрування, поєднувати звичайне АМ-растрування з лінійчастим.

Переваги методу комбінування звичайного та лінійчастого растрування – це відсутність растрових структур зображення, якість дрібних деталей

зображення аналогічна якості стохастичного растрівання, досягається вища швидкість експонування та друкування. Застосовують також технології комбінованого АМ-растрівання (набір із чотирьох растрів), технологію суперкомірки, згладження переходів тонів. Приклади RIP Heidelberg: Delta HQS (технологія суперкомірки); Delta Irrational Screening (іраціональне растрівання), Delta Diamond Screening (стохастичне растрівання), Delta Mega Dot (комбінування звичайного та лінійчастого растрівання).

При стохастичному растріванні зображення формують за допомогою різної кількості крапок, однакових за розміром і розміщених випадковим чином.

Переваги ЧМ-растрівання:

- відсутність растрової розетки, структури та муару;
- висока чіткість та насиченість кольорів;
- покращена передача півтонів зображення;
- висока якість під час друку, особливо на низькосортному папері;
- добре відтворення дрібних деталей зображення.

Недоліки:

- невеликий розмір растрових крапок і випадковість їх розміщення можуть спричинити муар у середніх тонах;
- для зменшення розтискування при друкуванні рекомендується застосовувати спеціальні фарби.

Програми ЧМ-растрівання розробляють такі фірми: Linotype-Hell – Diamond Screening, Scitex – Full Tone Screening, Agfa – Crystal Raster, Screen – Randot, Barco – Monet, Crosfield – Lazel, ECRM – Harleguin Dispersed Screen, Kodak/Creo – Staccato, Agfa – Sublima (ХМ-растрівання). Наприклад, CristalRaster від Agfa – програма стохастичного растрівання з вибором розміру крапки для різних способів друку.

ХМ-растрівання полягає в комбінуванні технологій растрівання стохастичного (у світлих та темних ділянках) та амплітудного (у середніх тонах). Для растрівання зображень застосовують відповідні растрові процесори. Функції RIP розширені та охоплюють управління кольором, трепінг, монтування. Більшість виробників устаткування працює паралельно над технологіями растрівання, створюючи власні програмні продукти.

Аналіз літератури показує, що багато дослідників присвячують увагу різним технологіям і методам растрівання.

У джерелах [3] викладені різні види растрування і подані їх моделі, що описують перетворення неперервного напівтонового зображення у растрове різними значеннями відносної площі растрових елементів, обмежене квадратною коміркою і побудовано характеристики растрування. Окрім цього викладено моделі дерастрування растрового зображення у напівтонове, які враховують властивості паперу і лініатуру растра.

У дослідженнях [4, 5] опрацьовані і побудовані математичні моделі растрового перетворення для елементів квадратної, округлої та ромбічної форми. Шляхом комп'ютерного моделювання і аналізу результатів встановлено, що за лінійністю характеристики растрування найкращою формою є елемент ромбічної форми.

Автор [1] детально описує явища, які виникають під час утворення растрованого зображення на оригіналах, фотоформах, друкарських формах і друкованих відбитках. Розглядаються питання вибору растрових структур, їх характеристик, технологій растрування.

Різні методи растрування та особливості їх використання розглядаються в нормативних документах виробників поліграфічного обладнання, наприклад, фірми Heidelberg [6].

Але ці дослідження не розглядають проблеми вибору різних растрових структур під час цифрового друку. Хоча сучасні друкарські цифрові машини мають дуже великий спектр додаткових налаштувань: можна задавали різну лініатуру, кути повороту растру, форту точки тощо.

1.2 Обґрунтування актуальності, мета дослідження

Зважаючи на те, що поліграфічне виконання різних видів друкованої продукції має мало загальних відмітних ознак, які були б засновані на застосуванні однакових колірних моделей або видів друку, існує різні способи растрування, що вибираються в залежності від особливостей дизайну, виду друку та кольороперетворення в рамках певної колірної моделі. Таким чином, додрукарська підготовка та тонке налаштування друкарської машини, засноване на професійному досвіді фахівців, які вручну підбирають колірні комбінації триадних або сумішевих фарб та відповідний спосіб або варіанти растрування, може значно підвищити якість друку. Це особливо важливо, коли використовуються різні нестандартні матеріали для задрукування, або складні

дизайни. Розробка рекомендацій щодо оптимального підбору параметрів друку під конкретні види поліграфічної продукції можуть значно спростити виконання складних макетів, підвищити якість продукції та скоротити час виконання замовлень.

Все це обумовило актуальність проведення такого дослідження для цифрової друкарської машини Konica Minolta 6085.

Враховуючи складність та різноманітність друкарських процесів та великий вибір програмних засобів та рішень для професійного кольороподілу та растрування, правильний вибір та вміле використання новітніх додрукарських технологій є запорукою успішного бізнесу у комерційному друку.

Як приклад можна навести такі варіанти використання технологій растрування [23]:

- використання стохастики першого або другого покоління в багатобарвному друку hi-fi (три, чотири і більше фарб) для виключення утворення муару;

- використання вдосконалених стохастичних растрів другого покоління в класичному ЧС-розстроюванні для запобігання появі зернистості в середніх тонах (особливо в офсетному друку);

- використання методів гібридного растрування дозволяє виконати АМ-растрування областей зображення в середніх тонах і тінях для запобігання зернистості та стабілізації контролю друкованого процесу з одночасним ЧМ-раструванням у світлах для покращення плавності напівтонового ослаблення кольору, зменшення розтискування в області віньеткових зображень на світлих ділянках зображення;

- використання методів спеціального растрування для створення растрових структур з точок різної форми (у флексодруку дані методи забезпечують необхідну насиченість градієнтних заливок та зниження розтискування растрової точки, сприяючи тим самим отримання високоякісних флексографічних відбитків);

- використання методів стохастичного растрування в офсетному друку для оптимізації колірної насиченості, зменшення витрати фарби та підвищення економічності друкарських робіт;

- використання різних форм растрових точок в цифровому друці для збільшення кольорового охоплення;

– використання методів стохастичного растрування, різних форм точок та високої лініатури для імітації різних друкарських процесів.

Саме стохастичні методи растрування використовують для друку з високою лініатурою.

У той же час головною перешкодою на шляху використання стохастики, при всій її привабливості, є нестабільність результатів друку. За рахунок великої частки оптичного розтискування навіть незначні коливання в подачі фарби ведуть до сильної зміни візуального сприйняття зображення, що особливо помітно на плашках. У зв'язку з цим поява різновідтінків на плашках при стохастичному раструванні більш імовірно. Те саме пов'язано і зі зміною розмаїття напівтонових зображень. Крім того, стохастичний растр поводить по-різному на різних друкарських машинах, і друкар змушений витратити надто багато часу на підготовку та забезпечення результату відповідної якості. Необхідно робити додаткове калібрування друкарських машин та профілювання під різні види растрів та різні види матеріалів.

Все це визначає актуальність дослідження способів підвищення якості друку для цифрових машин.

В ході проведення експерименту буде зроблено дослідження особливостей використання різних растрових структур з різною формою точки з урахуванням типових рекомендацій виробників друкарських машин. А також підтвердження гіпотези, що розробка рекомендацій щодо тонких настроювань машини та використання довільного растрування з різною лініатурою й різними растровими структурами дозволить підвищити якість продукції цифрової друкарні і залучити нових клієнтів.

Мета роботи – дослідження способів підвищення якості друку для цифрової машини Konica Minolta 6085 за допомогою додаткових можливостей растрування.

Для цього необхідно провести дослідження впливу різних параметрів зображень (роздільна здатність, лініатура, форма точки тощо) на якість цифрового друку.

Об'єкт дослідження – друкарський процес на цифровій офсетній машині Konica Minolta 6085

Предмет дослідження – растрові структури та показники якості цифрового друку.

Для досягнення мети роботи необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналітичний обзори літератури за темою дослідження;
- дослідити особливості цифрового друку, які можуть впливати на якість відбитків;
- розробити тестові зображення для експериментального друку;
- обрати показники якості цифрового друку;
- обґрунтувати вибір видів поліграфічних матеріалів для дослідження якості цифрового друку;
- зробити друкування тестових зразків;
- провести експертне оцінювання відбитків;
- розробити рекомендації щодо вибору видів растрів за видами оригіналів та за матеріалами
- здійснити економічне обґрунтування дослідження.

Дослідження буде проводитись на діючому поліграфічному підприємстві – ТОВ «Друкарня «Мадрид» на цифровій друкарській машині Konica Minolta 6085 з використанням матеріалів для друкування, які найбільш популярні на цьому підприємстві.

2 ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОГО ДРУКУ

2.1 Загальна характеристика цифрового друку

Цифровий друк – виготовлення тиражної друкованої продукції за допомогою «цифрового» обладнання. Під цифровим обладнанням розуміють пристрої друкують безпосередньо з електронних файлів, одержуваних від робочих станцій. Тому правильніше було б назвати цей спосіб друку - друк без застосування речових друкованих форм. Умовно цифровий друк можна поділити на кілька підвидів [7-9].

Листовий цифровий друк застосовується для виробництва великої кількості рекламних матеріалів типу буклети, візитки, листівки та ін. Використовуються цифрові лазерні друкарські машини в основному виробництва компаній Xerox Konica Minolta, HP Indigo, Canon та інші.

Одна з різновидів такого виду друку - цифровий офсетний друк поєднує принцип цифровий (зокрема, електрофотографічний) і офсетного друку. Використовується, наприклад, в цифрових друкарських машинах HP Indigo Press. Зображення в HP Indigo Press формується на фоторецепторі (PIP - Photo Imaging Plate), заснованому на органічних фотонапівпровідниках (як у звичайних лазерних принтерів, з тією різницею, що фоторецептором є не жорсткий циліндр, а гнучка плівка, яка монтується на формному циліндрі). Потім воно передається на спеціальне офсетне гумовотканинне полотно (blanket) з якого вже переноситься на матеріал. На відміну від поширеної технології електрофотографічний друк з «сухим» тонером, тонер HP Indigo (ElectroInk) диспергирован в рідину. Цифрові друкарні рекламують цю технологію як особливу конкурентну перевагу.

Широкоформатний друк застосовується для виробництва зовнішньої і інтер'єрної реклами, ширина друку таких машин може досягати 5-ти метрів, а довжина – десятки метрів, в машинах використовується принцип струменевого друку. Матеріал, що використовується для друку - папір, банерна тканина, сітка, спеціальні текстильні матеріали. Спектр виробників обладнання досить широкий.

Переваги цифрового друку:

– для пристроїв подібного виробництва досить відносно невеликих площ і побутової електромережі;

- є можливість друку коротких накладів без великих витрат на додрукарську підготовку;

- висока швидкість друку дозволяє практично відразу отримати готовий тираж;
- широкий асортимент матеріалів для друку.

Недоліки:

- відносно висока собівартість продукції;
- якість друку нижче, ніж у офсетного друку;
- стійкість фарби нижче, ніж у офсетного друку [8].

Цифровий друк – це найбільш затребуваний спосіб друку, коли йдеться про нанесення логотипів, рекламних слоганів, фотографій на вироби, що відіграють важливу роль у розвитку рекламної промисловості. Цифровий друк може використовуватись для широкого спектру матеріалів – папір та картон з різним покриттям, пластик, плівка, самоклеючі матеріали, банерні тканини тощо. Через відсутність вітчизняних стандартів на цифровий друк аналіз її якості носить суб'єктивний характер.

Інженерна оцінка якості цифрового друку проводиться за допомогою міжнародного стандарту ISO/IEC 24790:2017, що оцінює точність відтворення шрифтів, ліній та плашок [10]. Стандарт включає тринадцять параметрів: оптичну щільність зображення, гранулярність, нечистоту фону, сателіти, плямистість, пробіли, розмитість, ширину ліній, щільність шрифту, контраст, заливку, сателіти в області шрифту, нечистоту фону в області шрифту. При цьому стандарт не зачіпає кількісних значень у межах яких проводиться вимірювання показників, не містить методики створення тест-об'єкта, калібрування обладнання, а також не надає перелік параметрів, необхідних для оцінки різних технологій друку.

2.2 Параметри цифрових зображень, які впливають на якість друку

Поняття якість передбачає собою сукупність властивостей чи ознак, тому визначається одним числом. Оцінка якості друкованого зображення найчастіше проводиться за допомогою експертів. Вони роблять висновки, поєднуючи дані технічних параметрів та свої суб'єктивні оцінки

Цифровий друк є відтворенням оригіналу, у зв'язку з чим можна вибрати за еталонні значення показники тест-об'єктів, індивідуальні для кожного з вибраних

параметрів. Для того, щоб обчислити показник якості, а потім і комплексний показник якості, кожному параметру якості друку на тестовій смужці відповідатиме свій тест-об'єкт.

За аналізом робіт авторів [1-6] на якість друку цифрового зображення впливають такі параметри, як форма точки, кут повороту та лініатура растру.

2.2.1 Роздільна здатність растрових зображень

Від вибраної роздільної здатності залежить обсяг файлу на диску, швидкість обробки документа в програмі редагування зображень і час виведення на друк.

Роздільна здатність, з якою зображення має бути відправлено на пристрій виведення, називається вихідною роздільною здатністю і визначається просторовою частотою растру. В області додрукарської підготовки цифрових зображень існує емпіричне правило, яке полягає в тому, що вихідна роздільна здатність має рівнятися подвоєній лініатурі растру (наприклад, 300 ppi для растру з лініатурою 150 lpi).

Насправді для більшості типів зображень ідеальне відношення вихідної роздільної здатності до просторової частоти растру, відоме також як коефіцієнт растрування, або коефіцієнт якості, набагато ближче до 1,5:1, ніж до 2:1, оскільки роздільна здатність при скануванні (тобто. роздільна здатність сканера або цифрової камери) завжди вимірюється при нульовому горизонтальному куті. Однак коли фотонабірний автомат або інший друкарський пристрій, що підтримує мову PostScript, генерує цифрові півтони або кольороподілу, растрову форму (або растри) повертають на деякий кут, щоб очей спостерігача не відчувало растрової структури.

Ця розбіжність між нульовим кутом щодо горизонталі, характерним для дозволу при скануванні, і кутами повороту растрових форм має велике значення, оскільки воно впливає обсяг інформації, необхідної для формування кожної точки растру в описі мовою PostScript. Теоретично один піксель повинен містити всю інформацію, необхідну для створення однієї точки растру, для якої ідеальним є відношення 1:1. Насправді так не виходить, тому що при повороті горизонтального відрізка даної довжини на 45° його горизонтальна проекція значно зменшується. Для компенсації цього «зменшення» необхідно збільшити

довжину горизонтального відрізка в 1,41 рази щодо його вихідної довжини, щоб підігнати протяжність діагонального відрізка.

Таким чином, для генерації однієї точки растру процесору растрових зображень (RIP) друкованого пристрою, що використовує мову PostScript, потрібен еквівалентний об'єм даних, який містить приблизно 1,41 пікселя зображення, а не 2 пікселі, як часто вважають (для кутів повороту блакитних, пурпурових) і жовтих растрів це ставлення навіть менше, ніж 1,4:1, але значення 1,41:1 відповідає найгіршому випадку – куту повороту растру для чорної фарби).

RIP усереднює всі значення тону всередині кожної області напівтонового осередку, отримуючи єдине значення, виходячи з якого генерує одну точку растра.

Якщо зображення містить багато надмірної інформації (ситуація з ставленням «дозвіл/лініатура», рівним 2/1), RIP усереднює безліч кольорів або градацій сірого, зводячи їх до єдиного значення, що зрештою негативно позначається на контрасті та деталях зображення.

Надлишкові дані у файлі зображення лише підвищують вимоги до засобів зберігання та збільшують витрати виводу, не підвищуючи якості надрукованої ілюстрації, внаслідок чого якість друку може навіть погіршитися.

Найчастіше коефіцієнт растрування, рівний 1,5, достатній оптимального відтворення деталей і розмаїття. Єдиним винятком із цього правила можуть бути надзвичайно деталізовані зображення на кшталт архітектурних креслень.

2.2.2 Лініатура растру

Цифра, яка вказується в паспорті цифрової друкарської машини як роздільна здатність, є кількістю реальних точок, які машина друкує на відрізку в один дюйм (наприклад, 600 або 1600 dpi).

Кількість растрових точок, що припадають на одиницю довжини, називається лініатурою. Лініатура вимірюється ліній на дюйм (line per inch – lpi). Фрагмент зображення блакитного кольору при заповненні 50%, відрастрований з різними лініатурами представлений на рис. 2.1.

Відношення роздільної здатності пристрою виводу до лініатури растру дає розмір сторін осередку растру, які вимірюються в точках принтера. Максимальна кількість точок цифрової друкарської машини, які утворюють растрову точку, дорівнює квадрату сторони комірки.

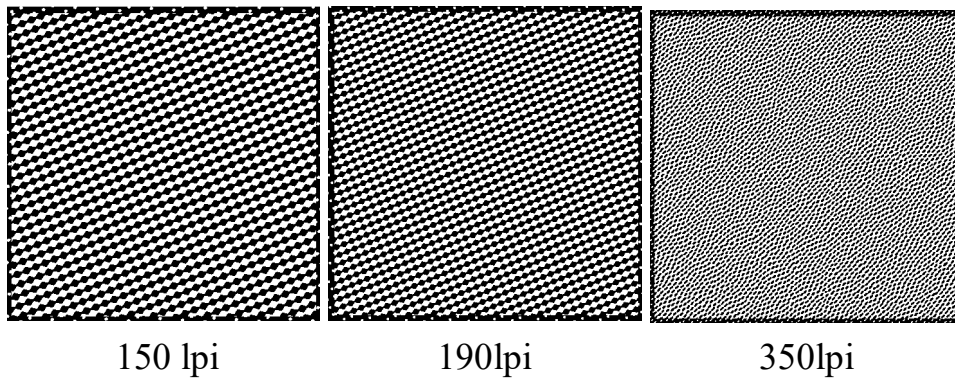


Рисунок 2.1 – Зображення з різною лініатурою

Якість передачі півтонів залежить від тонального діапазону, однак у будь-якому випадку для цього необхідно не менше 150 відтінків сірого, в той час як якісний друк вимагає набагато більшої кількості напівтонів, що передаються.

Найчастіше параметри растрування розраховуються при передачі всіх напівтонів, які дає комп'ютерний оригінал (при 8-битових напівтонових каналах це 256 відтінків).

Цифрові пристрої для обробки напівтонових зображень можуть створювати тільки точки фіксованого розміру. Для моделювання точок растру змінного розміру ці пристрої групують плями фіксованого розміру матрицю, звану напівтоною осередком. Кількість потенційно можливих тонів, які може відтворити цей напівтоновий осередок, залежить як від лініатури растру, так і від роздільної здатності друкованого пристрою, однак окремий напівтоновий осередок відтворює лише один відтінок сірого (або кольору друкарської фарби). Щільність цього відтінку та розмір точки растру безпосередньо пов'язані з числом плям фіксованого розміру в кожному півтоновому осередку, який, у свою чергу, визначається числовим значенням (від 0 до 255), що призначається для кожного пікселя.

В ідеальному випадку надруковане напівтонове сіре зображення має відтворювати 256 градацій сірого, а кольорове зображення – 256 відтінків для кожного з кольорів друкованої фарби. Однак кількість можливих відтінків, які може відобразити напівтоновий осередок, обмежений роздільною здатністю друкарського пристрою – розмір його точки визначає скільки точок можна розмістити на одному горизонтальному дюймі. Чим вище роздільна здатність друкарського пристрою, тим більшою може бути лініатура і тим більше відтінків можна на ньому відтворити.

У таблиці 2.1 наводяться дані, що дозволяють визначити оптимальну величину лініатури при заданій роздільній здатності.

Таблиця 2.1 – Лініатура растру, що рекомендується

Роздільна здатність друкарського пристрою, dpi	Лініатура растру, lpi	Кількість відтінків одного кольору
300	60	30
600	70	50-70
1200	65-128	90-256
2400	90-150	256
3600 і більше	150-300	256

Як видно з таблиці, при значеннях роздільної здатності вище 2400 dpi та лініатурі від 90 lpi і вище кількість відтінків одного кольору не перевищує 256, проте можна досягти підвищення якості та розширення колірною діапазону за рахунок збільшення глибини кольору. Це досягається під час друку з лініатурою понад 300 lpi.

Рекомендовані для друку лініатури:

- 12–24 лін/см – растрові зображення принтерів;
- 24–48 лін/см – ілюстрації в газетах;
- 48–60 лін/см – журнальні ілюстрації;
- 60–80 лін/см – рекламні та художні видання;
- 80 – 120 лін/см – спеціальні видання і стереодрук.

З ростом лініатури поліпшується чіткість і різкість зображення, зменшується помітність растра на ньому. Разом з тим зменшується кількість відтворених градацій і плавність тонопередачі, якщо лініатура підвищена без адекватного зменшення рівня власних шумів формного та друкарського процесів.

Правильним можна в більшості випадків вважати вибір значення лініатури, що забезпечує оптимальне співвідношення між такими різними показниками якості, як чіткість зображення і плавність тонопередачі. Кількісним виразом цього компромісного співвідношення є значення відносних площ мінімальних точок і пробілів [1].

2.2.3 Форма точок

Забезпечення точності відтворення друкарських елементів і мінімізація розміру пробілів є фундаментальним критерієм для оптимізації процесу растрового друку зображень. Водночас, оригінали можуть виявлятися значно різними за своїм характером. Деякі з них можуть містити в основному дрібні деталі та контури, з відсутністю великих просторів (фону).

І навпаки, у деяких оригіналах важливою є вірна передача тону без помітних переходів, а не дрібні деталі малюнків. Ясно, що для перших типів зображень, у яких переважають дрібні деталі, використовується вища лініатура, ніж та, яку передбачає вищезгадана стандартна методика. З іншого боку, для "м'яких" зображень, бажано трошки знизити лініатуру, намагаючись в той же час максимізувати кількість відтінків, які можна передати [1]. Тому для покращання характеристик друку можна використовувати також різні форми точок залежно від виду зображень та матеріалів, на яких здійснюється друк.

Цифрове растрування – це алгоритмічний процес відтворення напівтонового зображення за допомогою невеликих бінарних точкових елементів. У сучасних технологіях цифрового друку не існує практично жодних обмежень, пов'язаних з використанням різних растрових структур. У цифровому раструванні растрові точки складаються з малих окремих елементів. Чим вища роздільна здатність пристрою друку, тим точніше можна відтворити форму растрової точки.

Весь набір растрових точок може бути представлений у системі цифрового растрування за допомогою бітових карт, де кількісне співвідношення та відносне розташування нулів і одиниць визначають площу та форму майбутніх друкарських елементів і пробілів.

Форма точок і пробілів повинна забезпечувати їх однозначне відображення на фотоформі, стабільну передачу їх на друкарську пластину в копіювальному процесі і, подальше, на офсетну пластину і папір з мінімальними викривленнями. Круглі елементи найкраще відповідають цим вимогам, оскільки вони мають мінімальний периметр для заданої площі. Однак в процесі плавного зростання тону не вдається ефективно перейти від круглих друкуючих елементів до круглих пробілів у тінях. Тому застосовується так званий евклідов закон зміни їх форми, при якому круглі елементи світів поступово трансформуються в квадратні клітки, утворюючи шахове поле друкарських елементів і пробілів у середніх тонах.

Квадратні пробіли поступово перетворюються далі в круглі під час переходу до тіней (рис. 2.2).

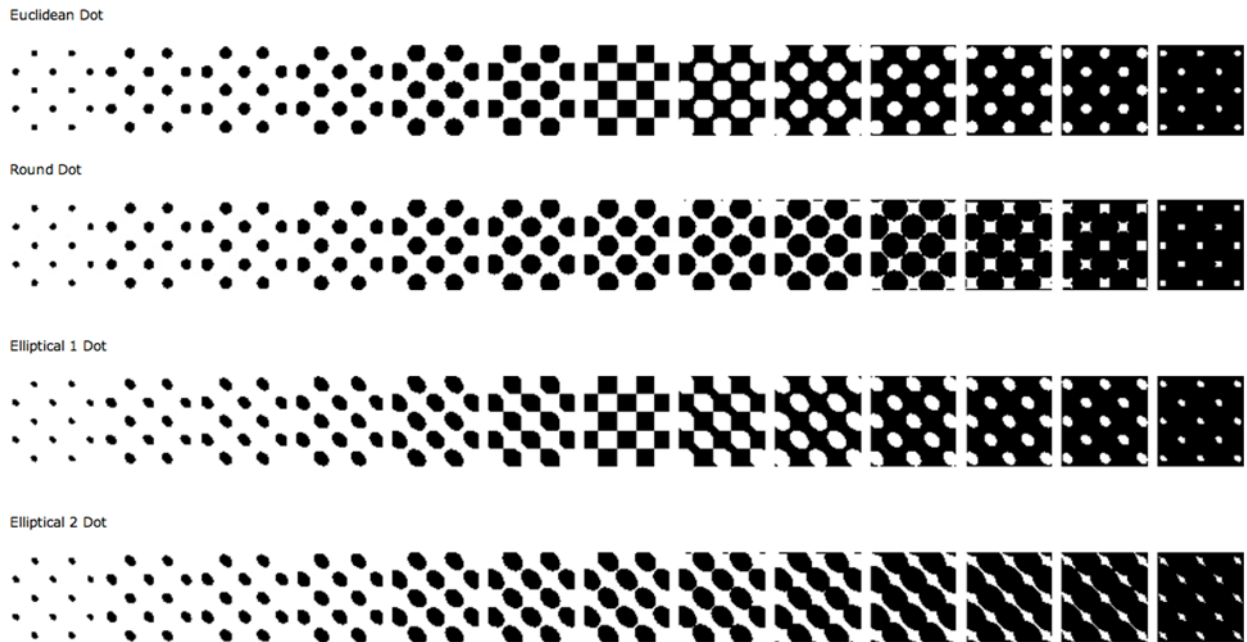


Рисунок 2.2 – Приклади растрових точок різної форми

Круглі растрові точки рекомендуються для покращання відтворення в газетному друці та для створення шкал контролю друкарського процесу. Форма точок у вигляді кола легко контролюється за допомогою простих методів і призводить до мінімального розтискування.

З іншого боку, еліптична форма точок використовується для уникнення появи лінійчастих структур, які можуть бути чутливими до напрямку (рис. 2.3). Стандарти, такі як DIN ISO 12647–2 для офсетного друку і ISO 12647–3 для газетного друку, рекомендують саме еліптичну або ромбічну форму точок [9].



Рисунок 2.3 – Приклад точок еліптичної форми

Евклідова форма точок є також рекомендованою для офсетного друку. В цій системі круглі точки утворюються у світлах, квадратні точки - у напівтонах, а круглі пробіли - в тінях. Така трансформація форм точок дозволяє згладити

градаційний перехід у зоні 50%, що сприяє контролю градаційної кривої. Евклідов закон зміни форми точок передбачає, що круглі елементи в світлах поступово переходять в квадратні комірки, утворюючи шахматне поле друкованих елементів і пробілів у середніх тонах. Квадратні пробіли, з свого боку, поступово переходять у круглі при переході до тіней (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Перетворення форми растрової точки за евклідовим законом

Цю форму точок часто використовують для зображень, де стрибок густини, що виникає під час друку, використовується для підвищення контрасту в середніх тонах. Однак, бажано досягати контрасту в середніх тонах, коригуючи градаційну криву в програмах редагування зображень, і використовувати еліптичну форму точок.

Частотно-модульовані растри використовуються в лазерних і струменевих принтерах, цифрових друкарських машинах. При стохастичному растрованні растрові точки розподілені як впорядковані структури (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Приклад частотно-модульованих растрів

Структура стохастичних растрових зображень базується на ідеї, що субелементи розміщуються у растровій комірці квазівипадковим чином. Такий метод забезпечує плавні переходи в ділянках з постійними безперервними тонами.

У такому растрі субелементи розташовані на площині комірки так, щоб це виглядало, начебто випадково. Проте важливо враховувати можливість утворення згустків на межах між комірками, що може призвести до зернистого вигляду зображення. Приклад стохастичного растровання для тріадних кольорів представлено на рисунку 2.6

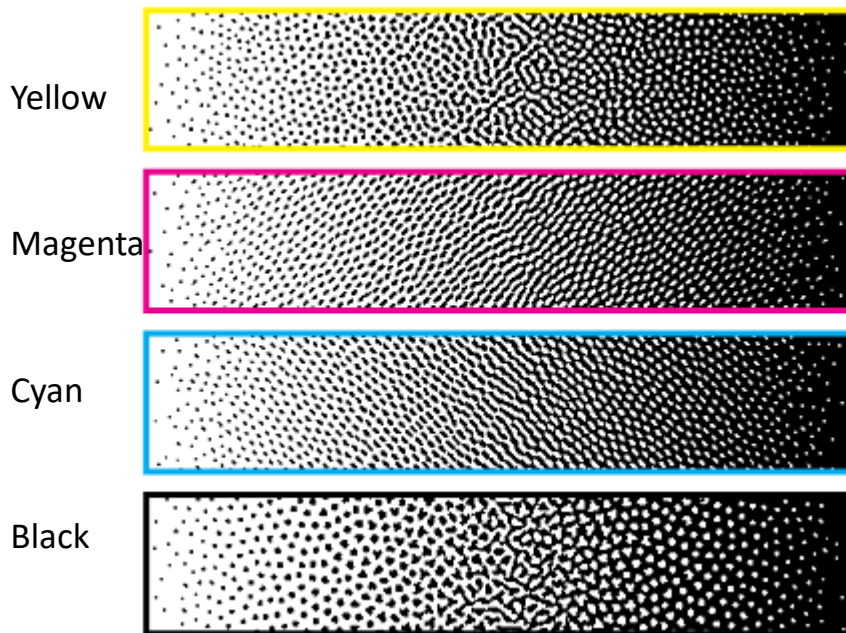


Рисунок 2.6 – Приклад гібридного растрування Spekta2

Наприклад, стохастичний растр Diamond Screening забезпечує високоякісний відбиток, що може конкурувати з фотодруком (рис. 2.7). Цей растр вирізняється високою чіткістю в деталях, що недосяжно для інших методів растрування. Відсутність розеток робить його особливо ефективним, а плавні тонові переходи стають ще більш згладженими. Такий вид растрування дозволяє створювати відбитки зображень з високочастотними періодичними структурами, такими як текстиль або деревина.

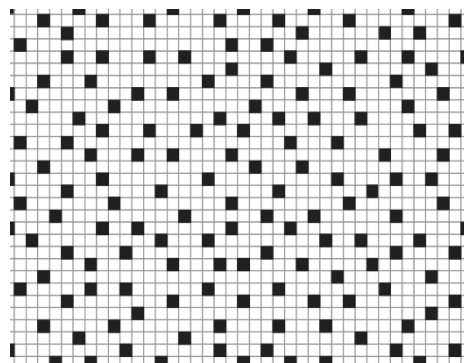


Рисунок 2.7 – Приклад стохастичного растру Diamond Screening

Нещодавно розроблену систему Megadot (рис. 2.8) неможливо порівняти із розглянутими вище системами. Ця система в основному використовує лінійний растр, який уникне виникнення офсетних розеток, проте забезпечує вражаюче

плавні переходи тонів під час друку. Рівень гладкості тонових переходів особливо помітний в растрах з лініатурою менше 60 ліній на сантиметр.

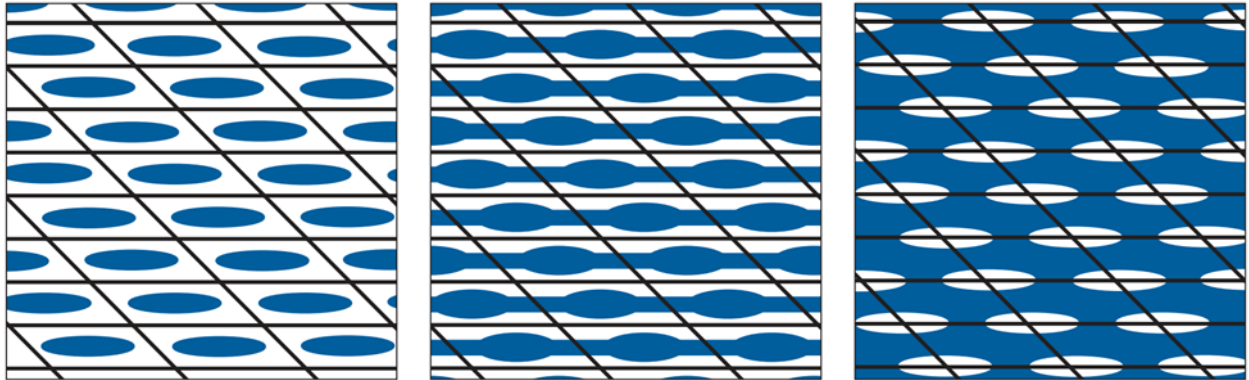


Рисунок 2.8 – Приклад лінійного растру Megadot

Цей лінійний растр розроблений для офсетного друку, але його можна вживати і для інших способів друку.

Вибір оптимальних режимів друку для досягнення більш високої якості друку та розширення діапазону кольорів і є метою дослідження в даній роботі.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

Для управління якістю на етапі додрукарської підготовки та в процесі друку використовуються такі засоби контролю:

- денситометри, спектроденситометри, спектрофотометри (портативні та настільні прилади);
- цифрові мікроскопи, лупи;
- переглядові кабінки та бокси;
- спеціалізоване програмне забезпечення.

Для проведення експериментальних досліджень в роботі були використані такі засоби контролю якості [11, 12]:

а) для перевірки форм растрових точок – цифровий мікроскоп TECHKON SpectroPlate Digital Microscope;

б) для контролю друкарського процесу та визначення параметрів якості друку – спектроденситометр відбитого світла X-Rite 518;

в) для контролю точності відтворення кольорів та побудови профілів – спектрофотометр Eye-One Pro UV Cut.

Цифровий мікроскоп TECHKON SpectroPlate призначений для вимірювання параметрів аналогових, СТР пластин, плівок та друкованих відбитків. Він здатний проводити вимірювання та візуальний контроль на вбудованому LCD дисплеї та екрані РС таких характеристик, як відносна площа растрової точки, лініатура і кут нахилу растру.

Цей інструмент застосовується для вимірювання результатів різних видів растрування, включаючи FM, AM та гібридне. Висока точність вимірювань приладу забезпечується якісною оптичною системою та ефективними обчислювальними алгоритмами. Зображення захоплюється кольоровою CMOS матрицею з роздільною здатністю 1024 x 1024 пікселів та великим динамічним діапазоном, а обчислення проводяться вбудованим мікропроцесором.

Спектроденситометри портативної серії X-Rite 500 володіють різним функціоналом, що залежить від їхнього номера моделі, і призначені для контролю якості друкованого процесу в друкарському цеху та лабораторії. Інструменти цієї серії працюють у відбитому світлі, обладнані 24 вузькозональними фільтрами для вимірювань у діапазоні від 400 до 700 нм і

генерують 31 інтерпольоване значення спектральної кривої. Спектроденситометри оснащені точною вимірювальною оптикою та підтримують як денситометричні, так і колориметричні функції. Також, вони можуть використовувати змінний поляризаційний та NO-фільтр, обладнаний різною вимірювальною апертурою.

Наприклад, спектроденситометр X-Rite 518 має такі денситометричні функції: густина, оптичні густини, розтискування, площа растрової точки, контраст, трепінг, помилка колірною тону та зачорненість.

Спектрофотометри Eye-One Pro призначені для вимірювання спектральних характеристик світла та забезпечують можливість отримання інформації про колір у різних колірних системах. Використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, ці прилади дозволяють розраховувати профілі використовуваного обладнання, таких як монітори, принтери або друкарські машини.

Процес вимірювань здійснюється наступним чином: спектрофотометр вимірює набір колірних патчів, висвітлюючи кожен з них світлом. Потім за допомогою голографічної дифракційної решітки та системи фотодатчиків він розкладає спектр відбите випромінювання. За отриманим спектром програмне забезпечення приладу аналізує кольоровідтворювальні можливості пристрою та дозволяє будувати його профіль або перевіряти якість друку.

Спектрофотометр X-Rite Eye-One Proof UV-Cut, використовуючи технологію GretagMascbeth, є ефективним інструментом для контролю якості передачі кольору. За допомогою спектрофотометрів Eye-One Pro користувачам відкриваються різноманітні можливості налаштування, калібрування та профілювання друкарського обладнання, моніторів, сканерів та проекторів.

Для автоматизації процесу вимірювання друкованих відбитків Eye-One Pro може використовуватися спільно з координатним столом Eye-One iO. При цьому обробка даних здійснюється за допомогою програми ProfileMaker 5.0.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Методика проведення досліджень

Для розв'язання задачі оцінки якості зображення в загальному вигляді потрібно знайти кількісні оцінки, які найкращим чином відповідають суб'єктивним [13, 14].

Такі оцінки можна отримати в кілька етапів:

- вибирається спосіб друку;
- вибирається обладнання;
- визначаються параметри оцінки якості відбитків;
- готується тестове зображення, яке використовується для оцінки якості;
- друкується тестове зображення на обраних видах паперу з різними параметрами настроювання друкарської машини;
- призначаються еталонні значення;
- здійснюється кількісний аналіз якості надрукованих зразків;
- виконується суб'єктивний аналіз надрукованих зразків спостерігачами-експертами;
- порівнюються оцінки відбитків, отримані кількісними і суб'єктивними методами, і з'ясовується, який з кількісних методів найбільш точно характеризує якість зображення.

Завдання даного дослідження – підбір технологічних параметрів для підвищення якості цифрового друку в умовах діючого підприємства, тому цілком допустима спрощена схема комплексного аналізу, коли аналізуються окремі показники якості, характерні саме для цього виробництва. При цьому після розрахунку показників якості робиться порівняння отриманих значень з еталоном та висновки щодо якості.

Комплексна оцінка якості зображення пов'язує візуальну оцінку споживачем, інструментальну оцінку і фізичні показники якості відбитків, отриманих за допомогою цифрового друку на друкарській машині Konica Minolta 6085.

Необхідно дослідити вплив різних параметрів зображень (роздільна здатність, лініатура, форма точки тощо) на якість цифрового друку. Основні види растрових структур для цієї машини наведено на рисунку 4.1 [15].

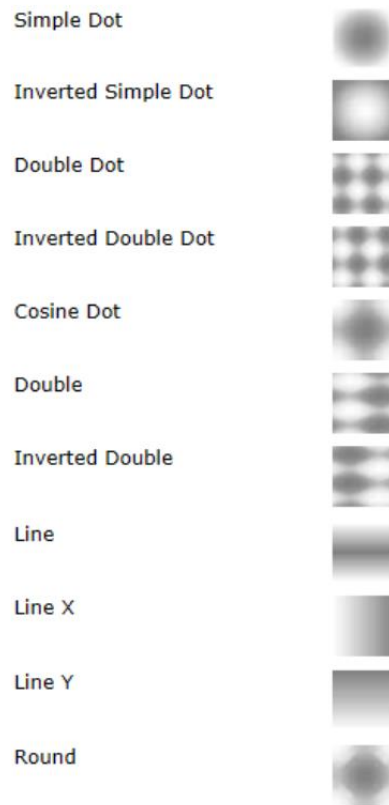


Рисунок 4.1 – Види растрових структур для цифрової друкарської машини Konica Minolta

Все більше друкарень встановлюють і активно використовують цифрове обладнання. Навіть великі поліграфічні підприємства, які спеціалізуються на офсетному або флексодруці, використовують цифрові машини для невеликих накладів. Але, якщо для офсетного та флексодруку, контроль якості чітко регламентований, то якість результатів цифрового друку оцінюється зазвичай візуально за принципом «подобається або не подобається», оскільки чітких, офіційно регламентованих критеріїв оцінки не існує.

Тому дуже актуальною є проблема оцінки результату друкування. Це особливо важливо в тих випадках, коли друк здійснюється не за типовими параметрами. Тобто, в кожній друкарні є налаштування машини, які рекомендують виробники для найбільш популярних матеріалів, наприклад, офсетний або крейдований папір тощо. Але зараз замовник дуже вимогливий і все більше робить замовлення на дизайнерських паперах, фактурних картонах, клейових матеріалах тощо. Причому друкується дуже різноманітна продукція – від звичайних візиток або етикеток до повнокольорових постерів з фотографіями та фірмовими кольорами. Це потребує використання додаткових налаштувань

друкарської машини – підвищення лініатури, зміна форми точки, вибір більш якісного режиму друку тощо. З однієї сторони всі ці налаштування дозволяють підвищити якість – відтворення дуже маленьких шрифтів, рівномірне задрукування на фактурних поверхнях, відтворення фотографічної точності зображення, але, в той же час, вони впливають на точність кольоровідтворення, градаційну характеристику друку та інше.

Тому розробка таких показників якості, які будуть враховувати додаткові налаштування цифрового друку, а також рекомендацій щодо використання додаткових режимів друкування для різних матеріалів, дуже важливе завдання для друкарні, яка хоче зацікавити і втримати свого клієнта.

4.2 План експерименту

В кваліфікаційній роботі досліджуються способи підвищення якості друку для цифрової машини Konica Minolta 6085 за допомогою додаткових можливостей растрування. Базові налаштування друкарського процесу наведені на рисунку 4.2.

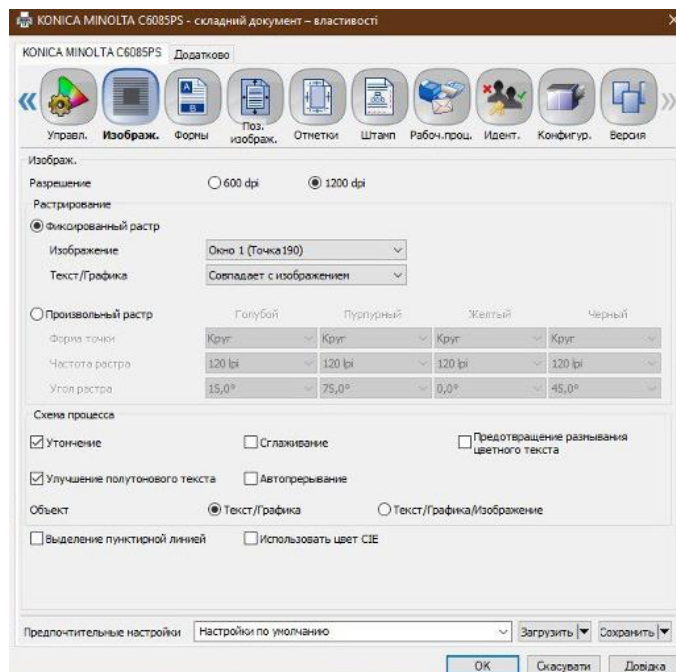


Рисунок 4.2 – Базові налаштування для друку Konica Minolta 6085

Основні варіанти налаштування довільного растрування для цієї машини наведено в додатку А.

Основні етапи дослідження:

- визначення номенклатури показників якості цифрового друку;
- розробка тестового зображення для друкування, яке враховує особливості додаткових функцій растрування;
- вибір показників якості цифрового друку;
- обґрунтування вибору поліграфічних матеріалів для дослідження якості друку на цифровій машині Konica Minolta 6085;
- друкування тестових зразків;
- попереднє експертне оцінювання зразків, вибір експериментального набору;
- інструментальне дослідження якості друку;
- розробка висновків та рекомендації щодо вибору видів растрів за видами оригіналів та за матеріалами.

Дослідження проводиться в умовах діючого поліграфічного підприємства – ТОВ «Друкарня «Мадрид» з використанням обладнання та матеріалів друкарні [22].

Під час аналізу літератури були виявлені 12 параметрів, за якими дослідники здійснювали оцінювання цифрового друку [5, 14-16]. Деякі зменшували цей перелік до 5-6 параметрів, відповідно до сфери дослідження.

Наведемо повний перелік критеріїв оцінки цифрового друку (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Критерії оцінки цифрового друку.

№ п/п	Критерій оцінки	Характеристика відбитку
1.	Відсутність зайвої оптичної щільності фону	Фон повинен бути чистий
2.	Загальна рівномірність друку	Не містить погано надрукованих, занадто світлих або темних місць
3.	Нормальна оптична щільність зображення	Відбиток не повинен виглядати перевантаженим та перенасиченим
4.	Чітка передача градацій	Добре простежуються всі переходи
5.	Задовільна роздільна здатність зображень	Добре помітні дрібні деталі при розгляді
6.	Достатній дозвіл друку	Відбиток виглядає чітко, контури не розпливаються
7.	Якість відтворення шрифтів	Відтворення мінімального кеглю шрифтів, якісні елементи літер
8.	Глянець	Рівномірний по всій площі відбитку
9.	Ступінь адгезії тонера до основи	Фарба не повинна обсипатися і змиватися водою

Продовження таблиці 4.1

№ п/п	Критерій оцінки	Характеристика відбитку
10.	Колірне охоплення	Якісний відбиток містить всі кольори макета
11.	Передача пам'ятних кольорів	Пам'ятні кольорів відображаються реалістично
12.	Контраст зображення	Відтворення самих світлих і самих темних відтінків

Відповідно до поставленої задачі, дослідити додаткові режими друкування цифрової машини Konica Minolta, можна не розглядати всі критерії для оцінки якості. Наприклад, показники, які пов'язані з щільністю фону або роздільною здатністю друку, не принципові, тому що використовується якісне друкарське обладнання та якісні матеріали для експерименту. Тому деякі показники не будуть розраховані, але буде здійснено їх візуальне дослідження для отримання інформації, яка буде використана під час розробки рекомендацій щодо друку.

Розглянемо основні критерії і спробуємо визначити перелік критеріїв, які суттєво впливають на якість і залежать від додаткових налаштувань режимів друкування.

Після аналізу пункти 6 та 9 були виключені з розгляду, тому що друкування виконується якісною цифровою друкарською машиною з високою роздільною здатністю, що забезпечує і достатній дозвіл друку, і добру адгезію. Пункт 1 – оптична щільність фону – буде досліджена для підтвердження якості матеріалів для друку, але в комплексний показник цей параметр не буде входити. Замість нього пропонується розрахувати контраст зображення - різницю між максимальною та мінімальною оптичними щільностями зображення. Підвищення лінійності призводить до відтворення більш насиченого зображення і, відповідно до зростання контрасту. Тому цей показник вирішено включити до розгляду. Пункт 8 – глянець – буде оцінений візуально. Друкування здійснюється на матеріалах з різною поверхнею, тому цей показник не завжди необхідний. Окрім запропонованих попередніми дослідниками критеріїв ще пропонується додати баланс по сірому. Він дає уявлення про узгодженість кольорів основних тріадних фарб та допоміжних кольорів (їх накладань) у світах, напівтонах та тінях, тобто збалансованість зображення за ахроматичною складовою. Його відтворення теж залежить від заданої лінійності та форми точки, тому він буде оцінюватись візуально і аналіз цього показника буде врахований в рекомендаціях.

Оцінка рівномірності задрукування плашки особливо важлива під час друку зображень з великими суцільними ділянками. Звичайно, сучасний цифровий друк вже не містить явного дефекту нерівномірності друку, але цей параметр слід контролювати, що підтверджують багато дослідників якості друку.

Для проведення експериментального дослідження на попередньому етапі обрана така номенклатура показників:

- передача напівтонів (лінійність друку).
- оптична щільність зображення
- якість відтворення шрифтів
- контраст;
- відхилення за кольорами.
- рівномірність друку;
- колірне охоплення.

Кожному показнику далі будуть призначені базові (еталонні) та граничні значення.

4.3 Розробка тестового зображення для оцінки якості цифрового друку

Тестові зображення були розроблені на підставі аналізу різних тестових зображень, які рекомендовані в літературних джерелах та використовуються на виробництві для тестування цифрового друку. Виходячи з формату друку, було розроблено 2 макети – перший для аналізу та візуальної оцінки зображень, другий – для визначення основних показників оцінювання якості цифрового друку. Також окремо була роздрукована шкала для побудови колірного охоплення.

Тест-об'єкти розділені на дві категорії з метою проведення як суб'єктивного, так і об'єктивного аналізу якості цифрового друку. Суб'єктивна оцінка здійснюється експертами і потім порівнюється з кількісними показниками.

Відповідно, розроблені тестові зображення включають тест-об'єкти для кількісної оцінки показників якості (рівномірність друку, лінійність друку контраст, кольорове охоплення, відхилення за кольорами) та елементи для візуальної оцінки експертами (зображення в кольорових системах RGB та CMYK для оцінювання якості відтворення пам'ятних кольорів, шкала для оцінювання

балансу по сірому, тестові об'єкти для контролю якості шрифтів, об'єкти з градієнтним заповненням для візуальної оцінки лінійності друку).

Векторні елементи створювались за допомогою Adobe Illustrator, растрові – в растровому редакторі Adobe Photoshop. Що дозволило забезпечити їх високу якість. Формат тестових смуг – 320x450 мм.

Розглянемо більш детально ці елементи та вимоги до них.

4.3.1 Тестові об'єкти для дослідження градаційних характеристик

Один з найважливіших показників якості оцінюється за кількістю напівтонів, що передаються. Пропонується використовувати шкалу з різними відносними розмірами растрової точки від 0 до 100%. Шкали розроблено для основних та додаткових кольорів (рис. 4.3). Вирішено зробити їх неоднорідними для більш детального аналізу світлих та темних тонів і побудови градаційних кривих (рис. 4.4).

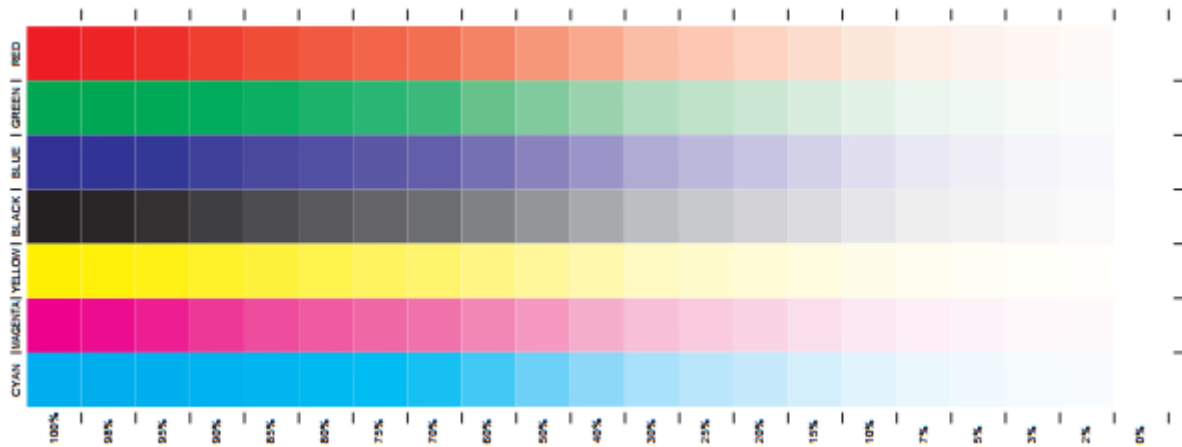


Рисунок 4.3 – Тест-об'єкт для визначення показника «Градаційна передача»

0	2	3	5	7	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	98	100
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Рисунок 4.4 – Вихідні дані відносних розмірів растрових точок для побудови градаційних кривих

Для візуального контролю лінійності градієнту були використані шкали з лінійним та радіальним градієнтом (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 – Тест-об'єкт для контролю показника «Градаційна передача»

4.3.2 Тестові об'єкти для дослідження відтворення та точності кольорів

Для оцінки колірної охоплення буде використана спеціальна шкала для побудови колірної профілю (рис. 4.6).

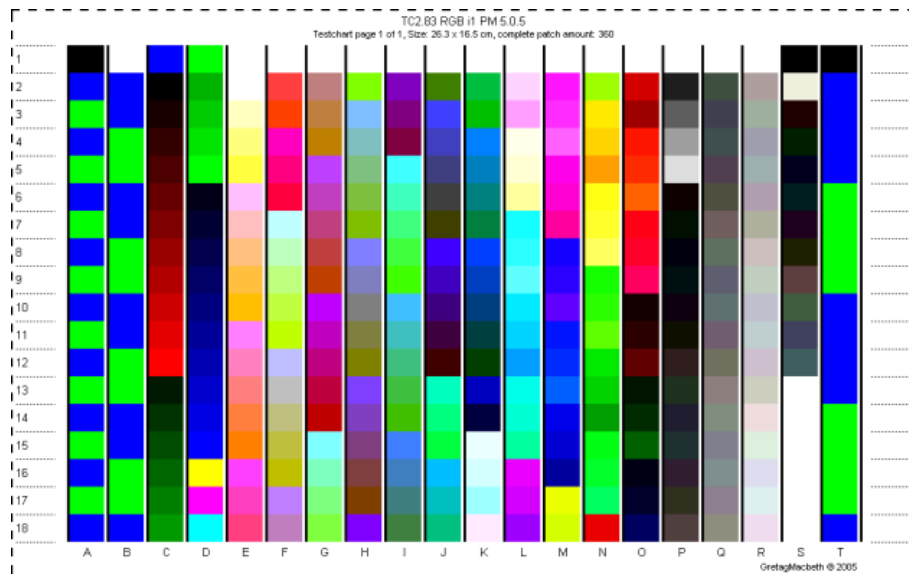


Рисунок 4.6 – Шкала для побудови колірної профілю TC2.83 RGB i1

Вимірювання проводяться за допомогою спектрофотометра. Далі за допомогою спеціалізованої програми формування профілів ProfileMaker здійснюється візуалізація та порівняння побудованих колірних охоплень та розраховується їх площа.

Для оцінки точності кольоровідтворення використовується шкала контролю друкарського процесу Ugra/Fogra Media Wedge V3 (рис. 4.7). Вона одержала широке поширення в поліграфічній практиці для поточного контролю якості кольоровідтворення, а також для узгодження якості друкування тиражу із замовником. Перевагою шкали є її невеликий розмір, що дозволяє її розташовувати на полях відбитків. Тому немає необхідності в додаткових витратах на окреме друкування тестових шкал контролю кольоровідтворення, і цей контроль можна здійснювати в потоковому режимі.

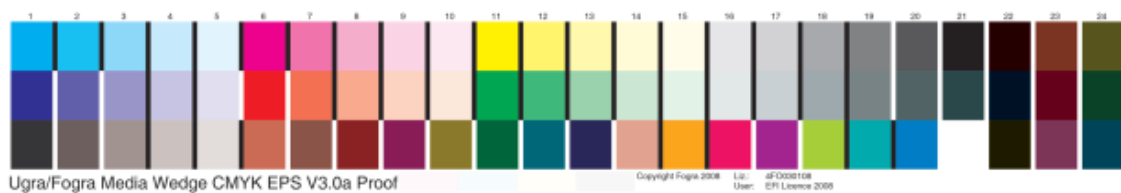


Рисунок 4.7 – Шкала Ugra/Fogra Media Wedge для контролю величини колірної розходження

Для кількісної відмінності колірних значень необхідно використовувати величину колірної розходження ΔE .

Як інструментальні засоби використовується програма MeasureTool пакета ProfileMaker і спектрофотометр.

Відтворення пам'ятних кольорів дуже важливе для відтворення кольорів на картинах та фоторепродукціях, тому було підібрано такий комплект зображень, які дозволять оцінити цей показник групі експертів під час суб'єктивного оцінювання якості цифрового друку. Використовується макет Fiera Color Test Page Description для Konica Minolta. Цей тестовий макет містить різноманітні еталонні зображення CMYK і RGB, а також Grayscale для перевірки відображення кольорів і балансу сірого (рис. 4.8).

Ще один показник, необхідний для контролю якості друкарського процесу – баланс по сірому. Він обов'язково контролюється для офсетного та флексографічного друку. Це нормоване співвідношення розмірів растрових елементів, що дозволяє отримати під час друку нейтрально-сірий тон з тріадних друкарських фарб при нормалізованому процесі друкування (рис. 4.9). Для цифрового друку його майже не використовують, але для проведеного експерименту дуже важливо його витримати, тому в даній роботі здійснюється візуальний контроль цього показника.



Рисунок 4.8 – Зображення для оцінки пам'ятних кольорів.

K75		C75 M66 Y66	K70		C66 M56 Y56
K50		C50 M40 Y40	K50		C45 M36 Y36
K25		C25 M19 Y19	K30		C27 M19 Y20

Рисунок 4.9 – Тест-об'єкт для визначення показника «Баланс по сірому»

4.3.3 Тестові об'єкти для оцінювання контрасту та рівномірності друку

Тестовий об'єкт для визначення рівномірності друку – це задруковані плашки основних кольорів, розташовані як по довжині, так і по ширині відбитка. Вони ще використовуються для контролю «виворотки» тексту. Робимо по 4 вимірювання оптичної щільності в горизонтальному та вертикальному напрямках (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Вимірювання рівномірності друку.

Контраст визначається як різниця між максимальною та мінімальною оптичними щільностями зображення. Тому для обчислення контрасту необхідні шкали для контролю світлих та темних відтінків з максимальними і мінімальними значеннями оптичної щільності (рис. 4.3).

Розроблені тестові зображення з контрольними елементами роздруковуються на обраних матеріалах із заданими параметрами лініатури та різними формами точок.

Зразки розроблених тестових об'єктів для проведення дослідження представлені в додатку Б.

4.4 Обґрунтування вибору поліграфічних матеріалів для дослідження

Для проведення експерименту були розглянуті матеріали, які використовуються на підприємстві. Аналіз заказів ТОВ «Друкарня «Мадрид» дозволив обрати матеріали, які найчастіше обирають замовники.

1. Крейдований папір глянцева поверхня, щільність 170 г\м².
2. Крейдований папір матова поверхня, щільність 150 г\м².

3. Крейдований картон матова поверхня, щільність 300 г\м².
4. Фактурний картон Linen embossed, льон, щільність 230 гр\м².
5. Фактурний картон Constellation snow lime, щільність 280 гр\м².
6. Дизайнерський папір Plike white, гладка фактура (за властивостями схожий з пластиком), щільність 330 гр\м².
7. Клейовий папір.

На цих матеріалах здійснюється більшість заказів, всі вони відносяться до якісних паперів. Дизайнерський папір та фактурний картон було обрано для дослідження можливостей покращання якості друку на цих матеріалах.

Для експерименту друкування буде здійснюватись з лініатурою 150, 200, 300 lpi. Тобто буде досліджуватись значення лініатури, яке рекомендують для всіх типів паперів.

Після аналізу технологій растрування та особливостей растрових структур, обрано такі форми точок: Round (кругла), Square (квадрат), Rhomboid (ромб), Line (лінія), Double Dot (подвійна крапка).

4.5 Експертне оцінювання якості друку

Після друку зразків було проведено попереднє експертне оцінювання відбитків.

З урахуванням завдань, поставлених для дослідження, обрано 5 експертів, які працюють в цифрових друкарнях: дизайнер, технолог, менеджер, друкар, начальник виробничого відділу.

Основні критерії при виборі експертів це формальні показники (посада, стаж роботи у галузі та ін.), успішність в попередніх експертизах (чітке розуміння поставлених завдань, адекватна оцінка); знайомство експерта з іншими членами групи (довіра до результатів інших експертів, особиста відповідальність перед іншими учасниками).

Експертні оцінки потрібні для порівняння з результатами інструментального контролю та обчислень. Для візуальної оцінки отриманих зображень було проведено експертне опитування експертів, які визначали номенклатуру показників якості цифрового друку.

Зважаючи на професійність експертів, перевага віддана методу рангу. Для кожного з експертів була поставлена задача пронумерувати відбитки на різних матеріалах від 1 до 7, де 1 – найгірша якість, 7 – найкраща. При цьому експерти

оцінюють як об'єктивні показники (наприклад, градаційні характеристики, рівномірність друку, баланс по сірому), так і суб'єктивні показники якості друку (відтворення пам'ятних кольорів, глянець та фактура поверхні тощо). Оцінювання експертами відбитків на різних матеріалах наведено в таблиці 4.2.

Найменші бали отримали фактурні матеріали. За думкою експертів додаткові можливості растрування не змогли підвищити якість друку на цих матеріалах. Тому в подальшому дослідженні вони не будуть використовуватись.

Детальне дослідження буде здійснено для основного матеріалу для всіх обраних форм растрових точок і для різних лініатур. Також буде зроблено порівняння з основними показниками інших матеріалів для розробки рекомендацій по використанню додаткових можливостей растрування під час друку.

Таблиця 4.2 – Оцінювання зразків матеріалів експертами

Показник якості	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Сума	Ранг
	дизайнер	технолог	менеджер	друкар	зав. виробництвом		
Крейдований папір глянсова поверхня	7	5	7	6	6	31	2
Крейдований папір матова поверхня	5	6	5	5	5	26	3
Крейдований картон матова поверхня	6	7	6	7	7	33	1
Фактурний картон льон	1	1	2	1	1	6	7
Фактурний картон крапка	2	2	1	2	2	9	6
Дизайнерський папір	4	3	4	3	3	17	5
Клейовий папір	3	4	3	4	4	18	4

Для перевірки міри узгодження рішень експертів розрахуємо коефіцієнт конкордації [14, 18]:

$$K_w = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}, \quad (4.1)$$

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

r – кількість експертів;

n – кількість об'єктів оцінювання.

При $K_w = 1$ – повна узгодженість, при $K_w = 0$ – узгодженість відсутня, при $K_w > 0,70$ – добра.

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3-n)},$$

$$W = \frac{12 \cdot 656}{5^2(7^3-7)} = 0.937,$$

де $S = 656$;

$n = 7$;

$m = 5$.

Розрахований коефіцієнт конкордації дорівнює 0,937, що говорить про високий ступень узгодженості думок експертів.

4.6 Оцінювання показників якості цифрового друку

4.6.1 Уточнення переліку показників

Після попереднього аналізу були визначені ключові показники, що мають великий вплив на якість цифрового друку при додаткових налаштуваннях. Остаточне уточнення цих показників якості проведено шляхом експертного опитування. Експерти здійснили уточнення номенклатури показників для оцінювання цифрового друку з додатковими налаштуваннями, проставляючи бали від 1 до 7 відповідно до важливості критерія та необхідності його включення в комплексний показник. Результати експертного опитування наведено в таблиці 4.3.

Для перевірки міри узгодження рішень експертів розрахуємо коефіцієнт конкордації за (4.1):

$$W = \frac{12 \cdot 630}{5^2(7^3-7)} = 0.9.$$

Таблиця 4.3 – Результати уточнення номенклатури показників якості

Показник якості	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Сума	Ранг
	дизайнер	технолог	менеджер	друкар	зав. виробництвом		
передача напівтонів	6	7	5	7	6	31	2
оптична щільність зображення	1	3	1	2	2	9	6
якість відтворення шрифтів	2	1	2	1	1	7	7
контраст	3	4	4	4	4	19	4
відхилення за кольорами	7	5	7	6	7	32	1
рівномірність друку	5	6	6	5	5	27	3
колірне охоплення	4	2	3	3	3	15	5

Отриманий коефіцієнт конкордації 0,9 говорить про високу ступінь узгодженості думок експертів.

Під час опитування експертів два показники набрали мінімальну кількість балів і були видалені. Це оптична щільність зображення та якісь шрифтів. Експерти вважають, що сучасна цифрова друкарська машина забезпечує достатню якість цих параметрів, тому немає необхідності їх включення в комплексний показник якості. Максимальна оптична щільність вимірюється і впливає на контраст зображення. Тому залишили тільки цей показник.

Ще один показник, який буде досліджено візуально, це якість відтворення шрифтів. Цей параметр цікавий з точки зору відтворення більш високою лініатурою або іншими формами точок, але на кінцеву якість він не впливає.

Група експертів обрала наступну номенклатуру показників для оцінки якості цифрового друку з урахуванням умов експерименту:

- передача градацій (лінійність друку);
- контраст;
- колірне охоплення;
- відхилення за кольорами;
- рівномірність друку.

Кожен з цих показників повинен мати граничне значення, перехід через яке говорить про брак.

4.6.2 Визначення показників якості друку

Базові та граничні значення цих параметрів були визначені, виходячи з практичних рекомендацій виробників поліграфічного обладнання та вимог нормативної документації [17]. Базові та граничні значення обраних параметрів наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Базові та граничні значення одиничних показників

№ п/п	Показник якості цифрового друку	Значення базового показника (еталону)	Граничне значення показника	
			мін.	макс.
1.	Передача градацій	71	50	–
2.	Контраст	45	30	–
3.	Колірне охоплення	11511	9750	–
4.	Відхилення за кольорами	3	–	4
5.	Рівномірність друку	0,017	–	0,024

4.6.2.1 Градаційна передача

Градаційна передача або лінійність друку – це один із найважливіших показників якості цифрового друку. Цю властивість можна оцінити за кількістю напівтонів, що передаються під час друку. Для цього використовуємо шкалу із різними відносними розмірами растрової точки від 0 до 100%.

Для аналізу використовується метод, що базується на обчисленні порогів світловідмінності в кожній області та враховує особливості передачі тонів на різних частинах градаційної кривої (світла, півтона та тіні). Це є градаційною (тональною) характеристикою чорно-білого або кольорового зображення на відбитку, яка визначає різницю у світлоті (насиченості кольору) найсвітліших і найтемніших його частин [16]. Показник градаційної передачі визначається:

$$n = \sum_{0,02}^{0,3} \Delta D_1 + \sum_{0,3}^{1,1} \Delta D_2 + \sum_{1,1}^{2,0} \Delta D_3, \quad (4.2)$$

де ΔD – число переходів оптичної щільності.

Для чорного кольору значення порогової чутливості відповідає середньому значенню, визначеному по Лаурі [14]: $\Delta D_1=0,01$, $\Delta D_2=0,02$, $\Delta D_3=0,31$.

Ідеальна градаційна крива це графік у вигляді прямої лінії. Отже, розрахувати еталонне значення можна за наступною формулою:

$$n = \frac{(0,3 - 0,02)}{0,01} + \frac{(1,1 - 0,3)}{0,02} + \frac{(2,0 - 1,1)}{0,3} = 71.$$

Лінійність друку також можна оцінити візуально. Якщо градієнтні заливки виглядають бездоганними, колірні переходи плавними, відсутня ступінчастість – градієнтну передачу можна вважати відмінною. Для візуальної перевірки цього показника додані спеціальні тест-об’єкти з лінійним та радіальним градієнтом.

Для найбільш повного уявлення лінійності цифрового друку шкали були розроблені для основних та допоміжних кольорів. Вимірювання здійснюється для кожного типу точки і заданих лініатур в чорному кольорі.

Значення вимірюваної оптичної щільності та розрахунок лінійності наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Вимірювання оптичної щільності та розрахунок лінійності

Форма точки	Лініатура	Dфон	D _{25%}	D _{75%}	D _{100%}	n
Round	150 lpi	0,07	0,24	1,61	2,57	88,7
	200 lpi	0,07	0,23	2,28	2,59	119,5
	300 lpi	0,08	0,24	2,41	2,61	125,2
Line	150 lpi	0,07	0,3	2,1	2,69	115,0
	200 lpi	0,08	0,29	2,36	2,61	125,3
	300 lpi	0,07	0,27	2,53	2,61	133,3
Square	150 lpi	0,07	0,26	2,35	2,63	124,4
	200 lpi	0,07	0,23	2,39	2,57	124,6
	300 lpi	0,08	0,24	2,6	2,74	134,5
Rhomboid	150 lpi	0,07	0,25	1,76	2,64	96,4
	200 lpi	0,08	0,25	2,39	2,62	124,8
	300 lpi	0,08	0,25	2,47	2,67	128,7
Double Dot	150 lpi	0,07	0,21	2,51	2,67	129,5
	200 lpi	0,07	0,14	2,48	2,64	124,5
	300 lpi	0,07	0,13	2,5	2,66	125,0

Як видно з отриманих результатів, лінійність для всіх відбитків задовольняє вказаним критеріям оцінювання, тобто більше еталонного значення, але візуальна оцінка показує кращий результат для менших лініатур. При збільшенні лініатури підвищується кількість фарби, при цьому розширюється

дінамічний діапазон, і спостерігаються занадто темні ділянки. Для покращання цього показника необхідно будувати спеціальні профілі, які будуть компенсувати цю нелінійність.

4.6.2.2 Контраст

Для аналізу контрасту друкування на обраних матеріалах обрано показник відносного контрасту. Він забезпечує баланс між максимальною оптичною щільністю на плашках та мінімальним збільшенням растрових елементів на зображенні. Для розрахунку контрасту використовуємо формулу Ширмера [15]:

$$K = \frac{D_p - D_r}{D_p} * 100\%, \quad (4.3)$$

де K – відносний контраст друку;

D_p – оптична щільність плашки (100%);

D_r – оптична щільність растрового поля.

Для визначення значення відносного контрасту цифрового друку вимірюється відносна площа растрового поля 75%, оскільки це поле розташовується на крайній межі «сірого», де знаходиться більшість півтонів.

Нижче наведені значення відносного контрасту цифрового друку для різних матеріалів, визначених експериментально та рекомендованих у нормативних документах:

- звичайний папір – 23-25;
- каландрований папір для офсетного друку – 30-35;
- крейдований папір для офсетного друку – 40-45;
- плівка – 35-40.

За еталонне значення прийнято значення контрасту крейдованого паперу. За граничне значення – контраст каландрованого паперу для офсетного друку.

Значення розрахованого контрасту для досліджуваного матеріалу наведено в таблиці 4.6.

Нульове значення контрасту свідчить про повне затікання фарбою пробілу на 75% растровому полі, що у свою чергу означає «втрату» всіх деталей у темній частині зображення. З отриманих результатів ми бачимо дуже мале значення відносного контрасту для відбитків з лініатурою 200 та 300 lрі.

Таблиця 4.6 – Розрахунок відносного контрасту друку

Форма точки	Лініатура	D _{100%}	D _{75%}	K
Round	150 lpi	2,57	1,61	37
	200 lpi	2,59	2,28	12
	300 lpi	2,61	2,41	8
Line	150 lpi	2,69	2,1	22
	200 lpi	2,61	2,36	10
	300 lpi	2,61	2,53	3
Square	150 lpi	2,63	2,35	11
	200 lpi	2,57	2,39	7
	300 lpi	2,74	2,6	5
Rhomboid	150 lpi	2,64	1,76	33
	200 lpi	2,62	2,39	9
	300 lpi	2,67	2,47	7
Double Dot	150 lpi	2,67	2,51	6
	200 lpi	2,64	2,48	6
	300 lpi	2,66	2,5	6

Це пояснюється, як і в попередніх дослідженнях, завеликою подачею фарби при більш високих лініатурах. Тому рекомендується за необхідності використання лініатури більше 150 lpi, використовувати компенсаційну криву та відповідні профілі. За допомогою відносного контрасту можна перевіряти правильність налаштування друкарської машини. У ході підготовчих операцій до друкування тиражу можна цей показник використовувати, як контрольний. Це дозволить забезпечити під час друку необхідну якість відтворення тіней на зображенні та друкування дрібних растрових елементів.

Найкращі значення контрасту показали відбитки з формою точок Round та Rhomboid. Найгірше значення у форми точки Double Dot.

4.6.2.3 Колірне охоплення

Цей показник дозволяє оцінити максимальну кількість кольорів, які здатна відтворити цифрова друкарська машина на обраних матеріалах (охоплення кольорів друку) з заданими додатковими параметрами.

Під час субтрактивного синтезу, що застосовується при друці фарбами та тонером, формується колірне охоплення у вигляді шестикутника. Вершини цього шестикутника відповідають фарбам синтезу (блакитний, пурпурний, жовтий) і кольорам, які виникають внаслідок їх попарних накладень (синій, зелений,

червоний). Кольори, що потрапляють увійдуть в область на кольоровому графіку, визначають колірне охоплення цифрового друку на обраних матеріалах. Збільшення площі колірного охоплення дозволяє відтворювати більше різних кольорів.

Для порівняння колірних охоплень вимірювались Lab-координати основних та допоміжних кольорів за допомогою спектрофотометру. На основі обраних шкал (рис. 4.6) були побудовані профілі для обраного матеріалу для різних форм точок. За допомогою інструмента Gamut View програми ProfileMaker на моніторі отримана об'ємна візуалізацію отриманих профілів і зроблено їх порівняння.

Приклад тривимірної візуалізації тіл колірних охоплень для крейдованого картону наведено в додатку В. На рисунку 4.11. показано порівняння охоплення цього матеріалу з колірним охопленням офсетного друку на крейдованому папері.

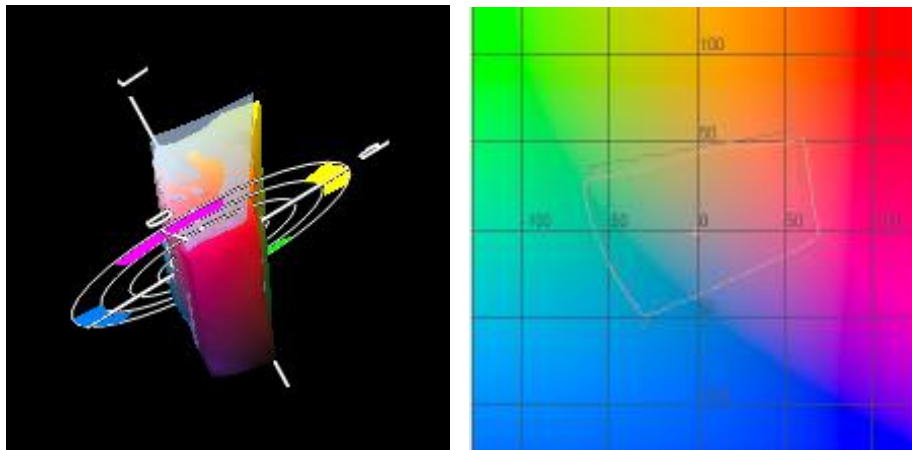


Рисунок 4.11 – Порівняння колірних охоплень цифрового друку та офсетного друку

Проекції тіла колірного охоплення на осі ab для всіх досліджуваних матеріалів надають можливість візуально порівняти отримані колірні охоплення.

Розрахуємо колірні охоплення обраного матеріалу з різними настроюваннями форми точок при максимальній лінійності. Всі отримані результати необхідно отримати в одній колориметричній системі CIE Lab. Розрахувавши математично площу проекції колірного охоплення на площину a^*b^* , порівняємо колірні охоплення для різних форм точок і зробимо висновок щодо кількісної оцінки колірного охоплення, як результат експерименту.

Прийmemo, що площа проекції охоплення кольорів в рівноконтрастній системі CIE Lab на площину $a*b^*$ пропорційна колірному охопленню. Площа цієї проекції може бути розрахована за допомогою формули Герона [13]:

$$S_{\text{тр}} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (4.4)$$

де a, b, c – вершини трикутника;

p – величина напівпериметра трикутника.

Площу шестикутника обчислимо як суму площ чотирьох трикутників:

$$S = \sum_{i=1}^4 S_{\text{тр } i}. \quad (4.5)$$

Для розрахунку площі проекцій колірних охоплення S для відбитків, отриманих на різних матеріалах з різними налаштуваннями, потрібно мати колірні координати, які отримали шляхом вимірювання Lab-координат основних та допоміжних кольорів. Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок колірних охоплення

Форма точки	Лініатура	S
Round	300 lpi	13387,52
Line	300 lpi	13768,16
Square	150 lpi	13301,06
	200 lpi	13393,918
	300 lpi	14037,56
Rhomboid	300 lpi	13486,49
Double Dot	300 lpi	12569,05

За розрахунком цього показника найбільше колірне охоплення у відбитка з формою точки квадрат (Square). Для нього розрахуємо охоплення для лініатур 150 lpi та 200 lpi. Як бачимо різниця між цими значення досить невелика (табл. 4.5), тому можна зробити висновок, що друкування з більш низькою лініатурою буде теж давати задовільні результати.

Найкращі значення цього показника у форм точок Square та Line. Найнижче значення у форми точки Double Dot.

Розрахунок площ проекцій колірних охоплення представлений в додатку Г.

Приклад колірних охоплення форм точок Square та Rhomboid на рис. 4.12.

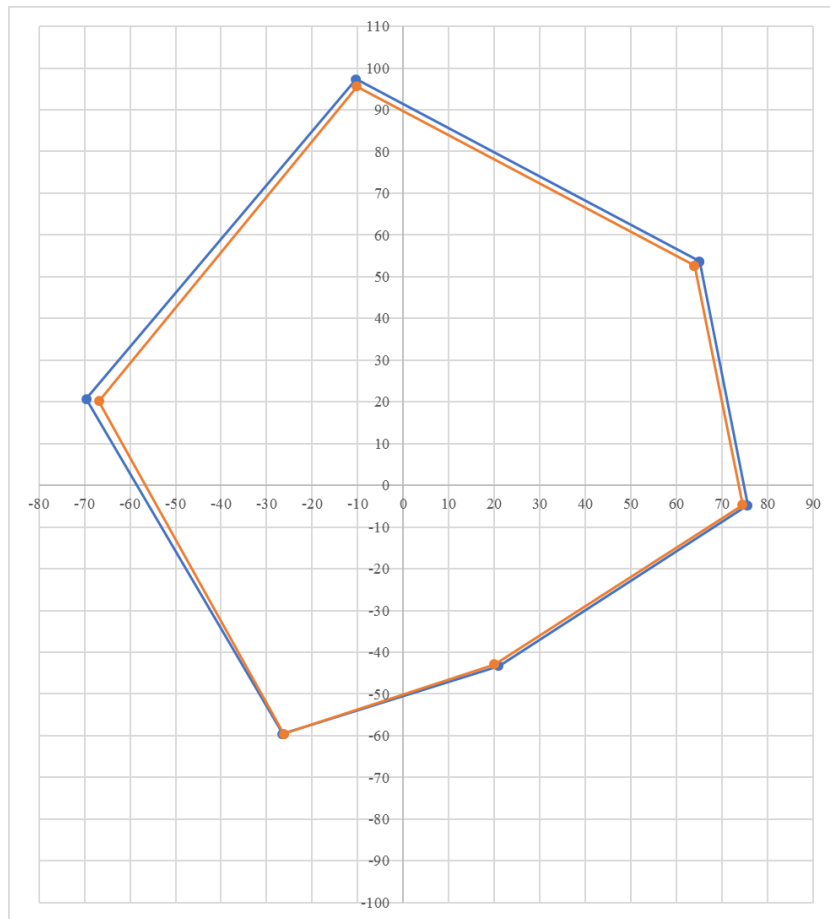


Рисунок 4.12 – Колірне охоплення відбитків з різною формою точок

Визначимо також площу проєкції охоплення кольорів для еталонного зразка (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 – Lab-координати еталонного зразка (перепроверить)

Колір	L	a*	b*
Сяан	67	-36	-45
Magenta	61	66	-5
Yellow	96	-6	88
Black	7	5	21
Red	57	65	43
Green	61	-61	28
Blue	39	11	-44
Колірне охоплення еталону			11511

Колірні координати еталону отримані шляхом вимірювання Lab-координат вихідного файлу розроблено тестового зображення у програмі Adobe PhotoShop. Розраховане колірне охоплення еталона наведено на рисунку 4.13.

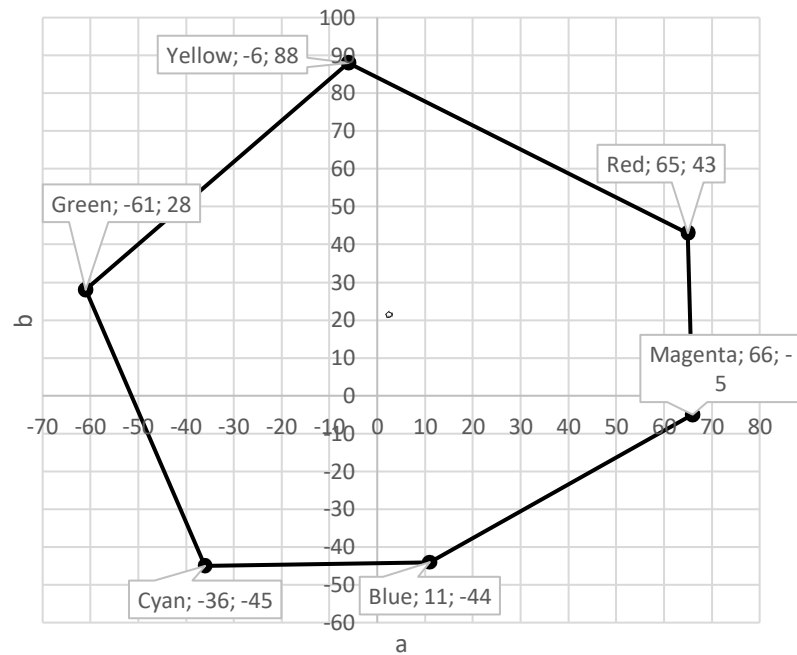


Рисунок 4.13 – Колірне охоплення еталону

Проведений аналіз показує, всі зразки перевищують еталонне значення. Надруковані відбитки з квадратною та лінійною формою точок мають саме широке колірне охоплення (більший динамічний діапазон). Це дозволяє друкувати з фотореалістичною якістю, а також відтворювати яскраві та насичені кольори. Порівняння цих охоплень з діапазоном офсетного друку для крейдованого паперу показує їх дуже близьке співпадіння. Дещо помітна різниця тільки в жовтих кольорах. Насичені і яскраві кольори добре передаються під час друку. Що підтверджується і візуальною оцінкою.

4.6.2.4 Відхилення за кольорами

Це властивість системи відтворювати кольори, ступінь відповідності яких на оригіналі та відбитку пропонується оцінювати за показником різниці кольору ΔE . У просторі CIE Lab різниця між кольорами оцінюється за допомогою Евклідової відстані [19]:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (L_1 - L_2)^2} = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2} . \quad (4.6)$$

За еталонне значення найчастіше приймають 3 одиниці.

Оцінка кольору та розрахунок середнього значення для кожного зразка здійснюється за шкалою Ugra Fogra-MediaWedge V3.0 в програмі MeasureTool, яка є в складі ProfileMaker від GreatagMacbeth (XRite).

Для контролювання кольору можуть використовуватись двохстрокові або тристрокові шкали. Вибір шкали контролю наведено на рисунку 4.14.

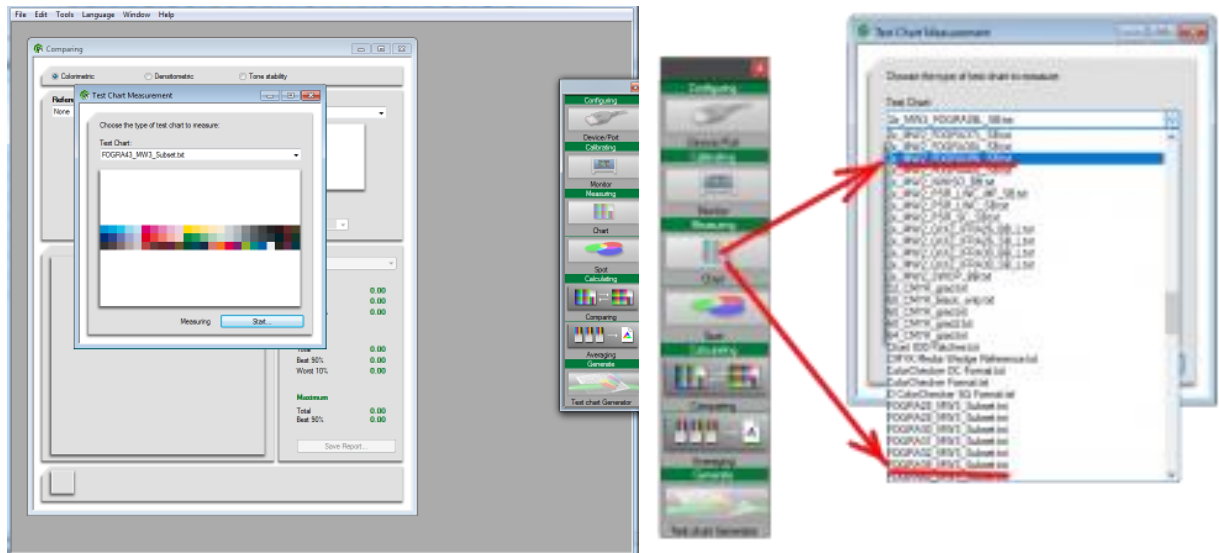


Рисунок 4.14 – Перевірка точності відтворення кольору

Різниця кольорів наведена в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Колірне розходження

Форма точки	Лініатура	ΔE
Round	150 lpi	2,82
	200 lpi	3,5
	300 lpi	7,2
Line	150 lpi	2,57
	200 lpi	4,34
	300 lpi	9,86
Square	150 lpi	2,9
	200 lpi	4,6
	300 lpi	10,08
Rhomboid	150 lpi	3,5
	200 lpi	5,02
	300 lpi	11,2
Double Dot	150 lpi	8,7
	200 lpi	11,15
	300 lpi	16,32

Розрахунок точності відтворення кольорів показав невідповідність цього критерія для всіх відбитків з більшою лініатурою. Метою роботи не є відбракування неякісних зразків. Тому негативні результати будуть враховані під час розробки рекомендацій щодо покращання якості друкарського процесу.

Найкраще значення різниці кольорів можна відзначити для форм лінійних та круглих точок з лініатурою 150 lpi. Самий гірший показник для подвійної крапки – 16,32. Це значно перевищує граничні межі.

4.6.2.5 Рівномірність друку

Даний показник дозволяє оцінити рівномірність задрукування плашки, що особливо важливо під час друку зображень з великими суцільними ділянками. Хоча сучасний цифровий друк зазвичай добре справляється з рівномірним задрукуванням будь-яких ділянок, але цей параметр слід контролювати, що підтверджують багато дослідників якості друку [19]. Рівномірність друку будемо оцінювати за значенням середньо квадратичного відхилення:

$$M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_{\text{ср}})^2}{n-1}}, \quad (4.7)$$

де M – показник макронеоднорідності друку;

$D_i, D_{\text{ср}}$ – значення оптичної щільності i -го поля плашки та середнє значення оптичної щільності по всій довжині плашки;

n – кількість полів плашки.

З формули видно, що тест-об'єкт для визначення рівномірності друку розташовані як по довжині, так і по ширині відбитка. Якщо вважати, що в ідеальному випадку плашка повинна бути рівномірною по всій довжині та ширині друку, то для розрахунку еталонного значення даного показника приймемо різницю оптичних щільностей нерозрізнених для ока на рівні 0,05D. Отже, за формулою (4.8) еталонне значення становитиме $M=0,024$.

Показник «Рівномірність друку» розраховується як середня арифметична макронеоднорідність друку в горизонтальному та вертикальному напрямках, що відповідає середньоквадратичному відхиленні. Приклад розрахунку для лініатури 150 lpi наведено в додатку Д.

Отримані показники рівномірності друку зведено в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Показники рівномірності друку

Форма точки	Лініатура	<i>M</i>
Round	150 lpi	0,0096
	200 lpi	0,0020
	300 lpi	0,0082
Line	150 lpi	0,005
	200 lpi	0,0058
	300 lpi	0,005
Square	150 lpi	0,0058
	200 lpi	0,002
	300 lpi	0,0096
Rhomboid	150 lpi	0,0082
	200 lpi	0,0058
	300 lpi	0,002
Double Dot	150 lpi	0,0058
	200 lpi	0,005
	300 lpi	0,0096

Всі отримані значення відповідають заданим критеріям якості. Даний результат свідчить про те, що сучасний цифровий друк вже не містить дефекту нерівномірності друку, як раніше.

Для повного представлення особливостей друкування з додатковими налаштуваннями необхідно здійснити візуальну оцінку якості шрифтів, балансу по сірому тощо. А також провести експертне оцінювання отриманих відбитків, перевірити відтворення пам'ятних кольорів, лінійності друку та інших показників, які можна оцінити візуально.

4.7 Візуальне оцінювання відбитків

Після проведення інструментального дослідження показників якості, можна зробити таке ранжування відбитків за формою точки: 1 – Rhomboid, 2 – Line, 3 – Round, 4 – Square, 5 – Double Dot.

Для підтвердження отриманих результатів було проведено візуальне оцінювання відбитків групою експертів для комплектів відбитків з різною формою точок. Їх ранжування відповідає отриманим результатам (табл. 4.11).

Розрахований за (4.1) коефіцієнт конкордації дорівнює 0,81, що говорить про високу ступінь узгодженості думок експертів.

Таблиця 4.11 – Результати уточнення номенклатури показників якості

Форма точки	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Сума	Ранг
	дизайнер	технолог	менеджер	друкар	зав. виробництвом		
Round	3	2	2	3	4	14	3
Line	5	3	4	5	3	20	2
Square	2	4	3	2	2	13	4
Rhomboid	4	5	5	4	5	23	1
Double Dot	1	1	1	1	1	5	5

4.8 Розробка рекомендацій

Дослідження, проведені в роботі, дозволяють зробити висновки і рекомендації щодо успішного використання різних растрових структур та додаткових налаштувань цифрової друкарської машини для підвищення якості друку та розширення можливостей друку.

Так, аналіз використання різних растрових структур показав, що за допомогою різних форм растрових точок на поверхні відбитку можна отримати мікрорельєф, який видимий оком. Це може імітувати фактурний матеріал на звичайному крейдованому картоні. Це дозволить вирішити частково проблему друку на фактурних матеріалах. На фактурних картонах не можливе друкування суцільних ділянок або дрібних елементів зображення без втрати якості. Тому замовнику можна пропонувати використовувати звичайні матеріали з імітацією растру, наприклад, для виготовлення обкладинок. До того ж ці матеріали значно дешевше за дизайнерські картони.

Експерименти з різними значеннями лініатур довели, що використання високих лініатур значно розширює колірний діапазон друку і контраст зображення, але без використання спеціально побудованих профілів йде значне спотворення кольоропередачі. Ми отримуємо дуже насичені та яскраві кольори, але з незадовільною точністю кольоровідтворення. Це необхідно враховувати під час виконання замовлень, коли замовнику необхідна точність відтворення кольору. Для цього випадку рекомендується знизити лініатуру до 150 lpi на відміну від стандартних налаштувань. Це дещо знизить колірне охоплення, але буде досягнута відповідна точність кольору. Також рекомендується для подальшої роботи побудувати профілі для найбільш використовуваних матеріалів (особливо фактурних).

Використання високих лінійтур можна рекомендувати, коли замовник вимагає так званих «кислотних» відтінків. Зараз це дуже популярні кольори.

Під час дослідження також підтверджено, що шрифти добре виглядають практично на будь-якому фоні до четвертого кегля. Шрифт другим кеглем виразно виглядає лише на білому фоні, на виворітці він майже зливається з кольоровим фоном. Втім, недоліком це вважати не можна, оскільки на практиці надзвичайно рідко використовуються тексти, надруковані шрифтом менше за шостий кегль - їх дуже складно читати, особливо неозброєним оком. Для відтворення мікрошрифтів можна рекомендувати використання більш високої лінійтури та додаткових можливостей по настроюванню шрифтів.

Для більш ефективної роботи з замовником рекомендується розробити каталог с прикладами реалізації додаткових можливостей друку.

Використання різних форм растрових структур з різними варіантами лінійтур – це один із способів підвищення якості друку, який не вимагає додаткових фінансових затрат, але, в той же час, може збільшити асортимент продукції і зацікавити споживача.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Характеристика науково-дослідної роботи

Метою роботи є дослідження способів підвищення якості друку для цифрової машини Konica Minolta 6085 за допомогою додаткових можливостей растрування.

Правильний вибір і вміле використання цих технологій можуть значно поліпшити якість та ефективність друкарських проектів. Одним з таких способів є використання довільного растрування з різною лініатурою. В роботі проведено дослідження особливостей використання різних растрових структур з різною формою точки з урахуванням типових рекомендацій виробників друкарських машин та особливостей друкарської машини Konica Minolta 6085.

Для досягнення мети роботи вирішені наступні завдання:

- проведено аналітичний огляд літератури за темою дослідження;
- досліджено особливості цифрового друку, які можуть впливати на якість відбитків;
- розроблено тестове зображення, яке враховує особливості додаткових функцій растрування;
- розроблено комплексний показник якості цифрового друку;
- обґрунтовано вибір видів поліграфічних матеріалів для дослідження якості цифрового друку;
- зроблено друкування тестових зразків;
- проведено експертне оцінювання відбитків;
- розроблені рекомендації щодо вибору видів растрів за видами оригіналів та за матеріалами.

Дослідження проводились в умовах діючого поліграфічного підприємства ТОВ «Друкарня «Мадрид» з використанням обладнання та матеріалів друкарні.

5.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

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

На стадії виконання підготовчого етапу було визначено мету та завдання кваліфікаційної роботи. На етапі виконання основної частини НДР було виконано описані задачі.

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

Основну частину вартості НДР становлять трудові витрати, також вони безпосередньо впливають і на строки розробки.

Дана робота здійснена на замовлення ТОВ «Друкарня Мадрид», її виконує один фахівець – друкар цього підприємства. Він виконує підготовку матеріалів, розробку тест-об'єктів для експерименту, друк з необхідними налаштуваннями. Також він здійснює інструментальну оцінку отриманих зразків та розрахунок показників якості. Для експертної оцінки отриманих зразків долучаються 5 експертів – фахівців видавничо-поліграфічної галузі.

Середня заробітна плата друкаря складає 13500,00 грн, експертів – 15000,00 грн.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт. Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ($Z_{\text{ср.дн.}}$):

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{Z_{\text{ср.міс.}}}{n}, \quad (5.1)$$

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

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

Середньоденна заробітна плата дослідника складає:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{13500,00}{22} = 613,64 \text{ грн.}$$

Середньоденна заробітна плата експерта складає:

$$Z_{\text{ср.дн.}} = \frac{15000,00}{22} = 681,82 \text{ грн.}$$

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт

Перелік робіт	Кількість виконавців	Посада виконавця	Трудо-місткість робіт, люд.-днів	Середньоденна заробітна плата, грн	Сума заробітної плати, грн
1	2	3	4	5	6
1. Підготовчий етап					
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	друкар	1	613,64	613,64
1.2 Підготовка вихідних даних для виконання НДР	1	друкар	1	613,64	613,64
2. Основний етап					
2.1 Постановка задачі	1	друкар	1	613,64	613,64
2.2 Розробка критеріїв якості для цифрового друку	1	друкар	2	613,64	1227,28
2.3 Формування та друкування тест-об'єктів	1	друкар	2	613,64	1227,28
2.4 Інструментальне оцінювання та розрахунок комплексних показників якості	1	друкар	2	613,64	1227,28
2.5 Експертне оцінювання відбитків	1	друкар	1	613,64	613,64
	4	експерт	0,5	681,82	1363,64
3. Заключний етап					
3.1 Оцінка отриманих результатів	1	друкар	0,5	613,64	306,82
3.2 Формування висновків та рекомендацій за темою дослідження	1	друкар	1,5	613,64	920,46
Усього			12,5		8727,32

Таким чином, витрати на заробітну плату складають 8727,32 грн.

5.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України.

До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);

- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати [21].

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

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали, визначені їх потребою для виконання робіт, і цін, що діють на момент складання калькуляції. Матеріали для друкування експериментальних зразків виконуються за рахунок підприємства. Тому матеріальні витрати складаються тільки з матеріалів, необхідних експертам.

Матеріальні витрати розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n Q_j \times C_j, \quad (5.2)$$

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

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

C_j – ціна одиниці j -го виду матеріалів.

Розрахунок матеріальних витрат представлено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок матеріальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість од.	Ціна, грн	Сума, грн
Папір	уп.	1	130,00	130,00
Ручки	шт.	5	10,00	50,00
Усього				180,00

Витрати на оплату праці розраховуються виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 8727,32 грн.

Єдиний внесок на загальнодержавне соціальне страхування (ЄСВ) – консолідований страховий внесок, збір якого здійснюється в систему загальнообов'язкового державного соціального страхування в обов'язковому порядку і на регулярній основі з метою забезпечення захисту у випадках,

передбачених законодавством, прав застрахованих осіб і членів їх сімей на отримання страхових виплат (послуг) за діючими видами загальнообов'язкового державного соціального страхування.

Відповідно до чинного законодавства ставка єдиного соціального внеску дорівнює 22 % від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 1920,01 грн.

При виконанні НДР застосовувалось наступне обладнання: комп'ютер вартістю 38900,00 грн, що є власністю організації виконавця, тому доцільно розрахувати суму амортизаційних відрахувань на період виконання НДР. Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (5.3)$$

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

BO_k – вартість основних засобів k -го виду;

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

T – термін науково-дослідницької роботи, днів;

L – кількість видів обладнання.

Сума амортизаційних відрахувань розрахована за (5.3) і складає 666,10 грн з урахуванням виконання роботи за 12,5 днів та загальним терміном експлуатації комп'ютера 2 роки (730 днів).

Витрати на використану електроенергію розраховуються за формулою:

$$Z_e = M \cdot t \cdot T_{кВт}, \quad (5.4)$$

де M – потужність устаткування (кВт/година);

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

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

Споживна потужність комп'ютера складає 0,5 кВт за годину. Тариф споживачів, які споживають більше 250 кВт\год. в місяць, складає 2,64 грн/кВт.

Підставивши значення у (5.4), визначимо величину витрат на спожиту електроенергію:

$$Z_e = 0,5 \cdot 100 \cdot 2,64 = 132,00 \text{ грн.}$$

До інших статей витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20 % від витрат на оплату праці, та вартість оплати послуг зв'язку.

Вартість оплати послуг зв'язку (інтернет) складає 150,00 грн за час виконання НДР.

Витрати на відрядження, аутсорсинг, інформаційні послуги та маркетингові заходи не мали місця. Для виконання НДР використовувалося безкоштовне ПО. Результати розрахунку кошторису витрат на виконання НДР наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Кошторис витрат на розробку НДР

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн
1	Заробітна плата	8727,32
2	Єдиний соціальний внесок (22 % від п.1)	1920,01
3	Матеріальні витрати	180,00
4	Амортизація основних засобів	666,10
5	Витрати на спожиту електроенергію	132,00
6	Інші витрати, у тому числі:	
6.1	Адміністративні витрати (20 % від п.1)	1745,46
6.2	Вартість послуг зв'язку	150,00
7	Усього витрати	13520,89

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР відбиває сумарні витрати за статтями і складає 13520,89 грн.

5.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

До результатів кваліфікаційної роботи магістра можна віднести дослідження можливості підвищення якості друкованої продукції за рахунок використання додаткових параметрів растровання.

Результат від впровадження НДР визначається за такою формулою:

$$\Delta P_j = |Xб_j - Xн_j|, \quad (5.5)$$

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

m – кількість досліджуваних характеристик;

$Xб_j$ – базове значення j -ої характеристики, тобто до впровадження результатів НДР;

$Xн_j$ – нове значення j -ої характеристики після впровадження пропонованих рішень.

За базові значення характеристик візьмемо дані замовника до проведення дослідження. У якості досліджуваних характеристик виступають кількість замовлень клієнтів, зацікавлених додатковими можливостями друку, а також отриманий прибуток від їх замовлень.

Порівнюючи нові характеристики з базовими за (5.5), отримаємо наступне значення прибутку – 12000,00 грн.

Далі проведемо оцінку економічної ефективності отриманого результату виконаної науково-дослідної роботи.

5.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Для визначення економічної ефективності результатів НДР необхідно порівняти витрати на розробку НДР з отриманими результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідної роботи є коефіцієнт «ефект-витрати»:

$$K_{ес} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (5.6)$$

де B_p – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн;

$K_{ес}$ – коефіцієнт «ефект-витрати», який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює j -ту характеристику досліджуваного процесу.

Підставивши раніше визначені значення у (5.6), розрахуємо чисельне значення коефіцієнту «ефект-витрати» для характеристики прибуток:

$$K_1 = (12000,00 / 13520,89) \times 100 = 88,79 \%$$

Таким чином, отриманий результат свідчить про те, що кожна гривня витрат на розробку НДР забезпечує збільшення прибутковості замовлень на 88,79 %. Дана науково-дослідна робота має досить високий показник економічної ефективності.

Результати дослідження можна використовувати в діяльності друкарні для підвищення якості друку та отримання додаткового прибутку.

Роботу у цілому можна вважати ефективною або такою, що має високий науковий та технічний рівень.

ВИСНОВКИ

В останні роки значно збільшилися обсяги використання цифрового друку. Різні матеріали зумовлюють використання цього виду друку для виготовлення самої різноманітної продукції – від невеликих візиток до кольорових книжкових видань. Замовник зараз обирає тільки якісну продукцію. Все це актуалізує проблему підвищення якості цифрового кольорового друку.

Правильний вибір і вмiле використання всіх можливостей цифрових друкарських машин може значно поліпшити якість та ефективність друкарських процесів. Це і визначило актуальність дослідження різних способів підвищення якості друку для цифрових машин. Одним з таких способів є використання довільного растрування з різною лініатурою.

В роботі проведено дослідження особливостей використання різних растрових структур з різною формою точки з урахуванням типових рекомендацій виробників друкарських машин та особливостей друкарської машини Konica Minolta 6085 для підвищення якості друкованої продукції.

В рамках цієї роботи проведено аналітичний огляд літератури за темою дослідження та досліджено особливості цифрового друку, які можуть впливати на якість відбитків.

Для проведення експерименту розглянуто основні поліграфічні матеріали, які використовуються на підприємстві; розроблено тестове зображення, яке враховує особливості додаткових функцій растрування та здійснено друкування тестових зразків.

Для оцінки якості друку розроблено показники якості цифрового друку та зроблено кваліметричне та експертне оцінювання зразків.

За результатами оцінювання розроблені рекомендації щодо вибору видів растрів за видами оригіналів та за матеріалами.

Дослідження проводиться в умовах діючого поліграфічного підприємства – ТОВ «Друкарня «Мадрид» з використанням обладнання та матеріалів друкарні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Кулішова Н.Є. Теоретичні основи растрування: конспект лекцій. Харків: ХНУРЕ, 2013. 104 с.
2. Chebotareva I.V., Chebotarev R.I., Shkarlat V.Yu. Problemy kachestvennoj pechati pri ispolzovanii gibridnogo rastrirovaniya // НТМТ, 2014.
3. Луцків М.М. Цифрові технології друкарства: моногр. Львів: МОН України. Укр. акад. друкарства. Львів. 2012. 488 с.
4. Барановський І.В., Луцків М.М, Філь Л.В., Чернозубова Г.А. Побудова характеристики растрування цифрового зразка тональної шкали // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук праць. 2013. № 29. С. 176-184.
5. Барановський І.В, Луцків М.М, Філь Л.В., Чернозубова Г.А. Побудова і аналіз характеристик растрування // Наукові записки: зб. наук праць. Львів: УАД. 2013. №3 (44). С. 102-110.
6. Heidelberg. Expert Guide. An Introduction to Screening Technology. 2002.
7. Ткаченко В.П., Чеботарьова І.Б., Киричок П.О., Григорова З.В. Енциклопедія видавничої справи: навч. посіб. Х.: Прапор. 2008.
8. Ткаченко В.Ф., Манаков В.П. Цифровий оперативний друк: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2007. 236 с
9. Дурняк Б.В., Ткаченко В.П., Чеботарьова І.Б. Стандарти в поліграфії та видавничій справі. 2011.
10. ISO/IEC 24790:2017 Information technology – Office equipment – Measurement of image quality attributes for hardcopy output – Monochrome text and graphic images.
11. X-rite 518 SpectroDensitometer. URL: https://ansystem.com/gretamacbeth/?code_no=5602106 (дата звернення: 25.10.2023).
12. i1Basic Pro UVcut (Eye-One Basic Pro UV Cut). URL: https://www.ansystem.com/gretamacbeth/?code_no=2731559#description (дата звернення: 25.10.2023).
13. Engeldrum P.G. Theory of Image Quality: The Image Quality Circle // Journal of Imaging Science and Technology. 2004. № 48. P. 446-456.
14. Ткаченко В.П., Цимбал Л.І. Основи метрології, стандартизації та управління якістю: навчальний посібник. Харків: ХНУРЕ, 2003.

15. Гавриш Є.В., Григор'єв О.В., Чеботарьова І.Б. Оцінка якості широкоформатного друку // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: мат. Міжнародної науково-технічної конференції. 2020. Т.2. С. 87-89.
16. Кульбич І.К., Лотоцька О.І. Оцінка якості відбитків при цифровому друці // Технологія і техніка друкарства. 2013. Вип. 4. С. 25-39.
17. AccurioPress C6100/C6085. Коротке керівництво. 80 с.
18. Григор'єв О.В., Вовк О.В. Метрологічне забезпечення якості поліграфічної продукції. 2022.
19. Sharma G. The Digital Color Imaging Handbook/ G. Sharma. New York: CRC Press, 2003. 764 p.
20. 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.
21. Методичні рекомендації до виконання економічної частини дипломних проектів, робіт для студентів денної та заочної форми навчання усіх спеціальностей / Л.В. Соколова та ін. Харків: ХНУРЕ, 2015. 49 с.
22. Вовк О.В., Донський Д.О. Використання додаткових модулів фальцювання при виготовленні книг у твердій палітурці цифровим способом друку // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: мат. Міжнародної науково-технічної конференції. 2023. Т. 1. С. 10-11.
23. Донський Д.О. Дослідження способів підвищення якості друку для цифрової машини Konica Minolta // Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів та студентів (22-23 лютого 2024 р., м. Харків). 2024. С. 116.