

УДК 655.3.022 + 655.3.062

DOI: 10.20535/2077-7264.1(87).2025.324495

© П. М. Ривак, канд. техн. наук, доц., І. М. Назар,
канд. техн. наук, доц., М. С. Кадиляк, канд. техн. наук,
доц., І. І. Карпа, асп., Д. Ю. Коляда, студент,
НУ «Львівська Політехніка», Львів, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЗВОЛОЖУВАЛЬНИХ АПАРАТІВ ОФСЕТНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ ПРИ ДРУКУВАННІ РЕКЛАМНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Досліджено вплив системи подавання зволожувального розчину в друкарській машині Heidelberg GTO-52 на якість відбитків рекламної продукції в офсетному аркушевому друці. Для комплексної оцінки якості досліджуваних відбитків використано функції бажаності Харрінгтона з по-кроковим виділенням етапів розрахунку.

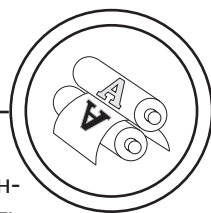
Ключові слова: офсетний друк; аркушева друкарська машина; зволожувальний апарат; зволожувальний розчин; якість друкованого зображення; оптимізація роботи друкарської машини.

Постановка проблеми

У наш час проблемі якості друкованого зображення приділяють все більше уваги. Це пов'язано з тим, що ринок поліграфії зростає, збільшується конкуренція в галузі. Інформованість замовників про те, яким має бути зображення, також підвищується, і пояснення, що проблеми з друком пов'язані з якістю підготовки файлу, є непереконливими. Однак забезпечення потрібної якості в короткі терміни не завжди можливе. Основними причинами неналежного виконання замовлення може бути низький рівень автоматизації поліграфічної техніки, неправильний вибір технологічних параметрів друку, а також людський чинник.

Оптимізація роботи друкарського виробництва допомагає уніфікувати технологічний процес, підвищити його економічну ефективність, знизити роль людського чинника. Завдяки оптимізації параметрів технологічних процесів і операцій та постійному проведенню конструкторських робіт, спрямованих на вдосконалення вузлів друкарських машин відповідно до сучасних тенденцій розвитку техніки, науковці розробляють, а провідні фірми пропонують на світовому ринку нові машини, здатні забезпечити виконання найрізноманітніших поліграфічних замовлень.

Вирішенням цієї проблеми може бути проведення колориметричних та денситометричних дослі-



джені друкованих відбитків, що дасть змогу здійснити оптимізацію роботи друкарської машини в умовах реального часу, направленої на підвищення її продуктивності та забезпечення високої якості відтворення багатофарбової продукції, яка відповідає світовим стандартам.

Аналіз попередніх досліджень

На сучасному етапі чітко окреслені вимоги до видавничо-поліграфічної продукції, як у світі, так і в Україні, та чітко сформульовані основні напрями вдосконалення автоматизації друкарських процесів. Відомо, що процес зволоження є одним із важливих чинників в офсетному плоскому способі друку. Тому особливого підходу вимагають взаємодія зволожувального розчину з папером, фарбою і друкарською формою, автоматичне регулювання подачі зволожувального розчину під час друкування накладу. Це, в свою чергу, вимагає створення ресурсозберігаючих заходів в технології офсетного друку зі зволоженням [1, 2].

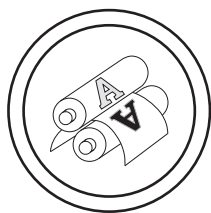
У результаті здійсненого патентного пошуку в технології офсетного способу друку [3–11] проаналізовано такі важливі конструктивні рішення: удосконалення існуючих та розроблення нових механізмів та вузлів зволожувальних апаратів з метою підвищення продуктивності роботи аркушевих і рулонних офсетних друкарських машин, що, в свою чергу, буде забезпечувати високу якість друкованої продукції. Особливої конструкції сучасних зволожувальних апаратів офсетних дру-

карських машин є важливими чинниками, що впливають на якість друкування. Безумовно, що одним із пріоритетних напрямів є розробка сучасних зволожувальних апаратів, а також рецептур новітніх зволожувальних розчинів, щоб суттєво покращити технологічний процес друкування.

Проведений аналіз попередніх досліджень літературних джерел [12–20] та нормативних документів [21] підтвердив актуальність і необхідність виконання оптимізації роботи друкарської машини, що сприяє підвищенню якості друку, розширенню асортименту друкованої продукції та зниженню її собівартості, скорочуючи витрати від браку і простоїв обладнання. Загалом оптимізація технологічного процесу виготовлення друкованої продукції зумовлює підвищення конкурентоспроможності друкарні як такої.

Мета роботи

Враховуючи вищесказане та виробничі потреби сучасних друкарень, перед авторами постало завдання проведення експериментальних досліджень якості відбитків рекламної продукції, віддрукованих на офсетній аркушевій машині Heidelberg GTO 52 з різними системами подавання зволожувального розчину, із застосуванням структурованого підходу аналізу окремих елементів друкованого зображення, на основі якого складається комплексний показник оцінки якості за узагальненим критерієм оптимізації на підставі функції бажаності Харрінгтона.



Об'єкти і методи дослідження

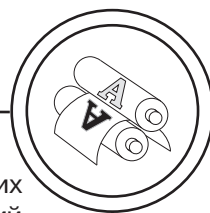
Об'єктом експериментальних досліджень обрано технологічний процес друкування рекламної продукції на офсетній аркушевій машині Heidelberg GTO 52 з різними системами подавання зволожувального розчину: Alcolor — пряме плівкове спиртове зволоження, VARN Komras та DDS 2 — пряме плівкове безспиртове зволоження. В друкарській машині Heidelberg GTO 52 використовується контактний спосіб подавання зволожувального розчину на друкарську форму та два різних зволожувальних розчини: спиртовий та безспиртовий [22, 23].

Засобом для оцінювання якості відбитків рекламної продукції були створені нами шкали: тестова шкала з полями півтонів і тонів, яка побудована для СМΥК-кольорів, як окремо для кожного кольору (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 % насичення), так і при накладанні 100 % полів попарно та тріадно СМΥ, згідно з міжнародним стандартом ISO 12647, а також ряд шкал для контролю якості офсетного способу друку Prinect/Fogra Digital Print Scale Control, яка включає елементи трепінгу, колірного балансу, двоїння і ковзання, розтискування, відтворення дрібних деталей, радіальної міри, поля півтонів, суміщення фарб, текстові елементи тощо. Також використано шкалу для визначення роздільної здатності та лініатури друкування, яка дає можливість контролювати відтворення багатофарбових зображень, кольори яких, для усунення муару, розміщені під відповідними кутами растру, незалежно від варіантів подаван-

ня і транспортування аркушів паперу, як вузькою, так і широкою сторонами [24, 25].

Матеріалами для дослідження обрано папери згідно міжнародного стандарту ISO 12647:2 2013 р., які користуються найбільшим попитом серед друкарень Львова, крім цього широко використовуються для виготовлення рекламної продукції: крейдований глянцеви́й (Magno Gloss) — 130 г/м², крейдований матовий (G-Print) — 115 г/м², некрейдований білий (Amber Graphic) — 120 г/м², некрейдований кремовий (Munken pure) — 120 г/м² (табл.).

Запропонована методика [27, 28] охоплює кілька стадій, у результаті яких виробляється єдина концепція з розрахунком комплексного показника, що й описує рівень якості досліджуваного відбитка, а також процес друкування. Спочатку необхідно вибрати та обґрунтувати перелік показників, за якими слід проводити оцінку. В поліграфії існує перелік нормативних документів, зокрема стандарт ISO 12647-2: 2013 [21], які дозволяють використовувати ряд оціночних показників, базуючись на регламентованих значеннях. За критерій якості зображення, отриманого в результаті офсетного друку, вибрано 13 групових показників контролю якості. Це колірна відмінність ΔE, оптична густина фону і плашки, рівномірність друкування, величини трепінгу, балансу по-сірому, контрасту, розтискування друкувальних елементів, ковзання, роздільної та видільної здатності, відтворення дрібних растрових елементів, контролю суміщення фарб, мікротекст.



Для аналізу перерахованих вище показників необхідно застосовувати об'єктивні і суб'єктивні методи оцінювання якості з використанням сучасних вимірювальних засобів таких як денситометр, спектрофотометр, мікроскоп і лупа. Експертами при суб'єктивному оцінюванні виступали викладачі кафедр поліграфічних технологій та пакування і медіа-медійних технологій Інституту поліграфії та медійних технологій НУ «Львівська політехніка», а також фахівці-практики з технології офсетного друку, які працюють в друкарнях міста Львова.

Як тестові об'єкти необхідно використовувати стандартизовані тестові шкали різних відомих виробників з усіма перерахованими елементами якості друкованого зображення.

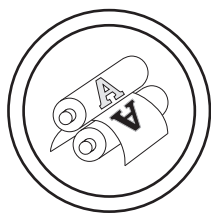
На підставі вищезазначених показників складають комплексний показник якості друкованого зображення. Розроблено багато методик його розрахунку [29–32]. У даному випадку вибрана методика оцінювання за узагальненим критерієм оптимізації на підставі функції бажаності Харрінгтона, значення якої розраховують за формулою:

$$O = \left(\prod_{i=1}^n d_i \right)^{1/n},$$

де d_i — одиничні функції бажаності за основними перерахованими вище показниками. Харрінгтон запропонував достатню складну методику підбору функцій бажаності для двосторонніх та односторонніх залежностей:

Технічні характеристики паперу [26]

Показники якості	Значення			
	Крейдований глянцевий, Magno Gloss	Крейдований матовий G-Print	Некрейдований білий Amber Graphic	Некрейдований кремовий Munken pure
Виробник	Sappi (Південна Африка)	Arctic Paper (Швеція)	Arctic Paper (Польща)	Arctic Paper (Швеція)
Маса (г/м ²)	130	115	120	120
Яскравість Таррі (%)	98	95	93	80
Глянець (%)	66	< 25	—	—
Білизна CIE (%)	127	117	143	62
Непрозорість (%)	95	96	96	94
Товщина (мкм)	96	113	145	136
Гладкість	1,1 PPS (мкм)	2,8 PPS (мкм)	160 Bendtsen (мл/хв)	150 Bendtsen (мл/хв)
Лініатура друку (lpi)	133–150	133–150	133–150	133–150



симетричні двосторонні:

$$d_i = \exp \left(-k \left(\frac{y_i - a_i}{b_i - a_i} \right)^2 \right),$$

односторонні:

$$d_i = \frac{1}{1 + \exp \left(-k \left(\frac{y_i - c_i}{a_i - c_i} \right)^2 \right)},$$

де y_i — кодоване значення показників, визначених за шкалою; a_i — оптимальне значення показника y_i , за якого двостороння функція бажаності дорівнює 1 (100 % якості), а одностороння — не менше за 0,95; b_i — значення показника y_i , за якого якість низька, менша за 0,05 (5 %); c_i — значення показника y_i , за якого досягають 50 % якості (0,5); параметр k керує формою кривої (згідно з оцінками експертів, найкраще значення цього параметра практично у всіх досліджуваних моделях дорівнює 1, тому що при $y_i = 0$ досягають задовільного значення якості — 0,37 — одиничної функції бажаності).

Для отримання кодованих значень y_i взято шість рівномірних інтервалів, тобто вибраний код -5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6. Відмітки на шкалі одиничної функції бажаності 1,00÷0,80, 0,79÷0,63, 0,62÷0,37, 0,36÷0,20, 0,19÷0,00 відповідають кодованим значенням одиничних показників якості друкованого зображення 6,00÷1,66, 1,65÷0,66, 0,65÷0,0÷-0,66, -0,65÷-2 та оцінюються відповідно на «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно», «погано».

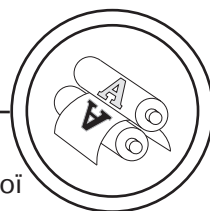
Таким чином, серед усього різноманіття показників, одиниць

виміру, а також методів оцінки якості друкованого зображення здійснено об'єднання роз'єднаних даних для їх порівняння шляхом виведення критерію узагальненого параметра оптимізації, розрахованого за узагальнюючою функцією бажаності Харрінгтона.

Результати проведених досліджень

Проведемо аналіз діаграм одиничних функцій бажаності для показників якості відбитків рекламної продукції на крейдованому глянцевою і матовому паперах (рис. 1, а, 2, а, 3, а) та некрейдованому білому і кремовому паперах (рис. 1, б, 2, б, 3, б), які віддруковані на офсетній машині Heidelberg GTO 52 з різними системами подавання зволожувального розчину. Для зручності опису умовно поділили одиничну функцію бажаності (вісь Y) на ділянки: відмінно (1,00–0,80); добре (0,80–0,63); задовільно (0,63–0,37); незадовільно (0,37–0,20); погано (0,20–0,00).

Як бачимо з побудованих діаграм, одинична функція оптичної густини фону, якого в ідеалі не повинно бути, знаходиться на ділянці «задовільно»: крейдований глянцева папір — 0,50; крейдований матовий папір — 0,51; некрейдований білий папір — 0,49. Некрейдований кремовий папір із значенням одиничної функції — 0,29 знаходиться на ділянці «незадовільно». Низький показник функції бажаності оптичної густини фону для кремового паперу зумовлений його пігментацією і, як наслідок, великим значенням оптичної густини, яка майже втричі перевищує значення для паперів з високим відсотком білизни.

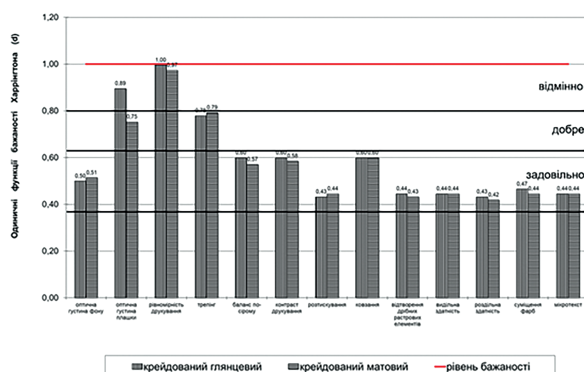


Відмінні результати одиничної функції бажаності належать таким показникам, як:

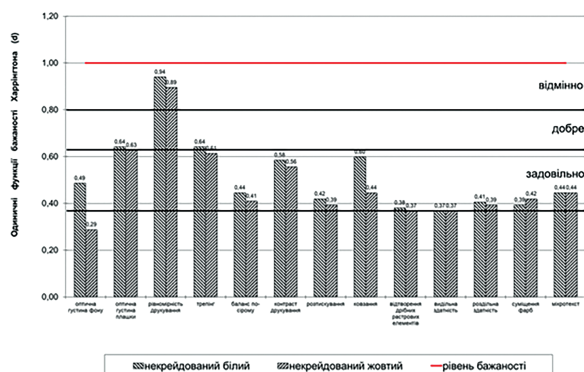
оптична густина плашки — 0,89 одиниць для крейдованого глянцевого паперу, система зволоження Alcolor (рис. 1, а). Каландрування надає поверхні паперу гладкої структури і тому, при друкуванні на глянцевому папері шар фарби є рівномірним. Верхній більший шар фарби залишається на гладкій поверхні паперу, утворюючи рівномірну поверхню, а менший всотується в структуру паперу.

Тому, при вимірюванні оптичної густини плашки світловий промінь у гладкому шарі фарби менше розсіюється та більше поглинається, аніж відбивається;

рівномірність друкування — 1 та 0,97 одиниць для крейдованого глянцевого та матового паперу відповідно, система зволоження Alcolor (рис. 1, а); 0,94 та 0,89 одиниць для некрейдованого білого та кремового паперу відповідно, система зволоження Alcolor (рис. 1, б); 0,97 та 0,96 одиниць (крейдований глянцево-матовий та ма-

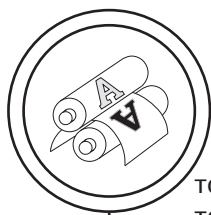


а



б

Рис. 1. Діаграми одиничних функцій бажаності для показників якості відбитків, віддрукованих на аркушевій офсетній машині Heidelberg GTO 52 з системою спиртового зволоження Alcolor на крейдованому (а) та некрейдованому(б) паперах



товий папери відповідно, система зволоження VARN Komras (рис. 2, а); 0,94 та 0,87 одиниць для некрейдованого білого та кремового паперу відповідно, система зволоження VARN Komras (рис. 2, б). Рівномірність друку є кращою ніж спроможна розрізнити людина і практично вагомої різниці між еталонними і вимірювальними значеннями немає. Отриманий результат свідчить про стабільне подавання фарб при друкуванні.

Добрі результати одиничної функції бажаності належать таким показникам, як:

оптична густина плашки — 0,75 одиниць для крейдованого матового паперу, система зволоження Alcolor (рис. 1, а); 0,64 та 0,63 одиниць для некрейдованого білого та кремового паперу відповідно, система зволоження Alcolor (рис. 1, б). У крейдованому матовому і некрейдованому паперах відбувається всотування більшого шару фарби в структуру самого паперу, а отже при вимірюванні оптичної густини плашки простежуються явища заломлення та розсіювання світлового проміння, внаслідок чого знижується коефіцієнт поглинання. Крім цього, низький показник білизни самого паперу частково знижує коефіцієнт поглинання;

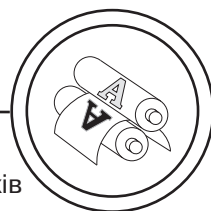
трепінг — 0,78 та 0,79 одиниць для крейдованого глянцевого та матового паперу відповідно, система зволоження Alcolor (рис. 1, а); 0,64 та 0,61 одиниць для некрейдованого білого та кремового паперу відповідно, система зволоження Alcolor (рис. 1, б); 0,78 та 0,75 одиниць для крейдованого глянцевого та матово-

го паперу відповідно, система зволоження VARN Komras (рис. 2, а); 0,61 та 0,61 одиниць для некрейдованого білого та кремового паперу відповідно, система зволоження VARN Komras (рис. 2, б). Отримані результати свідчать про стабільне подавання фарб при друкуванні та рівномірність її розподілу по всій площі відбитків, оптимальну концентрацію зволожувального розчину, правильно підібране офсетне гумово-тканинне полотно та налаштування тиску між циліндрами в зоні друкарського контакту;

баланс по-сірому — 0,6 одиниць для крейдованого глянцевого паперу, система зволоження Alcolor (рис. 1, а). Відмінність кольору контрольних полів від сірого спричинено відхиленням від норм показників розтискування;

контраст друкування — 0,6 одиниць для крейдованого глянцевого паперу, система зволоження Alcolor (рис. 1, а). Практики стверджують, що при максимально допустимому значенні контрасту досягається оптимальне співвідношення накочування фарби і величини розтискування. Ці величини тісно пов'язані між собою. Розтискування растрових елементів призводить до зменшення пробільних ділянок, внаслідок чого знижується контраст при друкуванні;

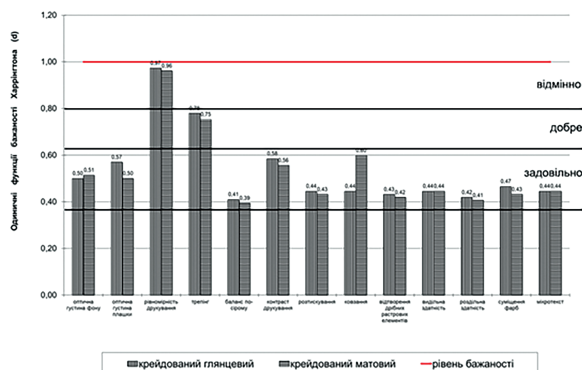
ковзання — 0,6 та 0,6 одиниць для крейдованого глянцевого та матового паперу відповідно, система зволоження Alcolor (рис. 1, а); 0,6 одиниць для некрейдованого білого паперу, система зволоження Alcolor (рис. 1, б); 0,6 одиниць для крейдованого матового паперу, система



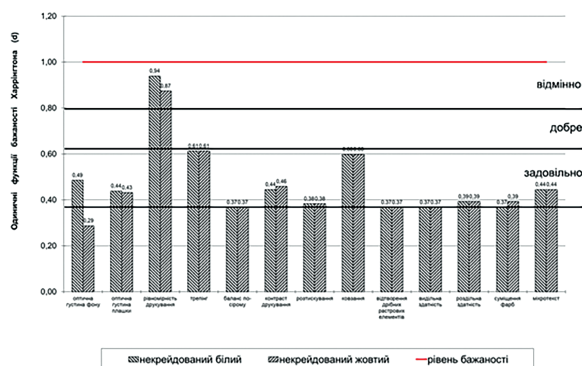
зволоження VARN Komras (рис. 2, а); 0,6 та 0,6 одиниць для некрейдованого білого та кремового паперу відповідно, система зволоження VARN Komras (рис. 2, б). Візуальний контроль шкали двоїння та ковзання показав відсутність муару — ідентичного зображення, яке утворюється накладанням двох періодичних структур з лінійним або кутовим зміщенням. Інструментальний контроль шкали показав, що концентричні кола відтворюються

з однаковою товщиною штрихів і пробілів, відсутнє проковзування та затягування пробілів.

Задовільні результати одиничної функції бажаності належать таким показникам: відтворення дрібних растрових елементів, видільної та роздільної здатності, суміщення фарб, мікротексту на досліджуваних відбитках, віддрукованих на Heidelberg GTO 52 з системами зволоження Alcolor та VARN Komras на всіх паперах (рис. 1, 2), значення яких знахо-



а



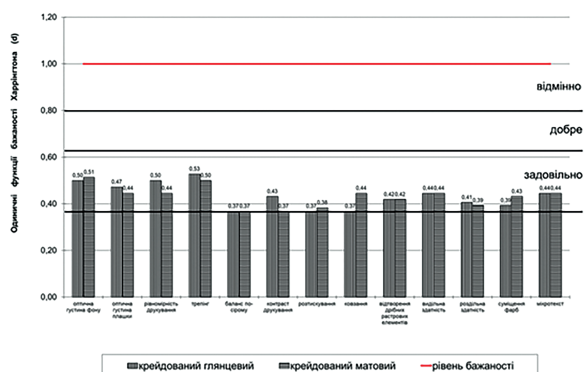
б

Рис. 2. Діаграми одиничних функцій бажаності для показників якості відбитків, віддрукованих на аркушевій офсетній машині Heidelberg GTO 52 з системою безспиртового зволоження VARN Komras на крейдованому (а) та некрейдованому (б) паперах

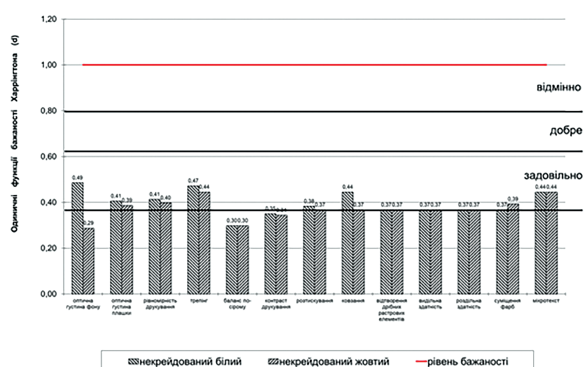


дяться в допустимих межах. Також є задовільними отримані результати одиничної функції бажаності для всіх показників якості, крім балансу по-сірому та контрасту друкування на досліджуваних відбитках, віддрукованих на Heidelberg GTO 52 з системою зволоження DDS 2 на всіх паперах (рис. 3), значення яких знаходяться в допустимих межах. Очевидно, в нашому випадку необхідно звернути увагу на додрукарський процес — можливо по-

рушені режими експонування пластин. Також на відтворення дрібних растрових елементів суттєвий вплив має процес растровання — перетворення цифрового зображення тональної шкали в растрову та умови неперервного керування розміром растрових елементів для корекції їх відносної площі. Перераховані вище причини мають вплив і на видільну та роздільну здатність, зокрема на відтворення штрихових елементів. Всі числові значення показ-

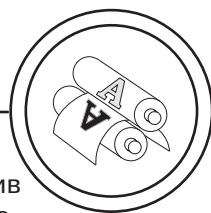


а



б

Рис. 3. Діаграми одиничних функцій бажаності для показників якості відбитків, віддрукованих на аркушевій офсетній машині Heidelberg GTO 52 з системою безспиртового зволоження DDS 2 на крейдованому (а) та некрейдованому(б) паперах



ника суміщення фарб знаходяться в межах максимально допустимого відхилення між центрами хрестів-міток двох будь-яких фарб, тобто не перевищують 0,12 мм.

Результати одиничної функції бажаності, що належать таким показникам, як *баланс по-сірому* та *контраст друкування* на некрейдованому білому та кремовому паперах (рис. 3, б) виходять за допустимі межі. Отримані результати свідчать про втрату градацій в тінях растрового зображення на досліджуваних відбитках, що пояснюється збільшенням накопчування фарби, внаслідок чого контраст на світлих ділянках зростає, у півтінях — стабілізується, а в темних ділянках спадає. Крім цього, ще суттєвий вплив на зниження контрасту має нестабільна емульсія зволожувального розчину. Надлишкове зволоження фарби призводить до зменшення її в'язкості в кліматичних умовах дільниці, збільшення часу її висихання та затягування фарбою пробільних елементів в темних ділянках.

На підставі отриманих одиничних показників якості виведено комплексні показники якості друкованих відбитків рекламної продукції, які формують оцінку конкурентоспроможності друкарні шляхом введення кількісних показників якості процесу друкування на офсетній машині Heidelberg GTO 52 з різними системами подавання зволожувального розчину.

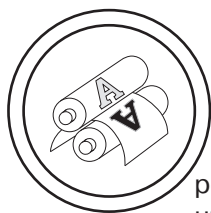
Висновки

Проведений аналіз експериментальних досліджень за новою методикою оцінювання якості друкованих відбитків рекламної продукції з використанням

«функції бажаності» дозволив формалізувати комплексний показник оптимізації, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності друкарні у виробничих умовах.

Аналізуючи представлені графічні залежності, можна стверджувати, що належна якість друкування досягається при використанні системи подавання зволожувального розчину Alcolor, про що свідчать показники оптимізації друку, які знаходяться в межах 0,46–0,56 одиниць. Дещо гірша якість друкування досягається на машині з системою подавання зволожувального розчину VARN Komras — показники оптимізації друку знаходяться в межах 0,44–0,51 одиниць. Допустима якість друкування досягається на машині з системою подавання зволожувального розчину DDS 2 (показники оптимізації друку знаходяться в межах 0,37–0,43 одиниць). Найкращі результати показника оптимізації друку можна пояснити використанням саме спиртового зволожувального розчину, оскільки він найкраще стабілізує баланс «фарба—зволожувальний розчин» за рахунок швидкого випаровування в процесі друку, тим самим дозволяє збільшити продуктивність роботи машини та забезпечити чітку растрову крапку на відбитках. Отже, на основі аналізу проведених експериментальних досліджень здійснено оптимізацію роботи аркушевої офсетної машини GTO 52 фірми Heidelberg.

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що найкращі друкарські властивості має крейдований глянцеви́й папір з комплексним показником конкурентоспроможності

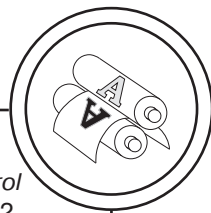


рекламної продукції — 0,56 одиниць для Alcolor, 0,51 одиниць для VARN Komras та 0,43 одиниць для DDS 2. Також добрі друкарські властивості має крейдований матовий папір з комплексним показником конкурентоспроможності рекламної продукції — 0,55 одиниць для Alcolor, 0,51 одиниць для VARN Komras та 0,43 одиниць для DDS 2. Як видно, відносно задовільні результати отримані на білому папері без покриття (некрейдованому) з комплексним показником 0,5 одиниць (зволожувальний апарат типу Alcolor); 0,46 одиниць (зволожувальний апарат типу VARN Komras) та 0,39 одиниць (зволожувальний апарат типу DDS 2). Незадовільні показники якості відбитків отримані на некрейдованому папері з кремовим відтінком з комплексним показником 0,46 одиниць з використанням зволожувального апарату типу Alcolor; 0,44 одиниці (зволожувальний апарат типу VARN Komras) та 0,37 одиниць (зволожувальний апарат типу DDS 2). Низький показник конкурентоспроможності рекламної продукції при друкуванні на кремовому папері зумовлений також його пігментацією. Ви-

рішенням цієї проблеми може бути створення профілю корекції кольору на стадії додрукарської підготовки файлу. Профілі друкарських систем дають можливість математичному апарату системи керування кольором при трансформуванні колірної інформації максимально точно узгоджувати колірні охоплення різних пристроїв, враховувати умови освітлення та характеристики кольоровідтворення. При цьому необхідно для друкування високоякісної продукції використовувати стандартизовані види паперу, оригінальні витратні матеріали та неухильно дотримуватися режимів технологічного процесу друкування (деформація форми, яка виникає на стадії друкування; коливання за товщиною форми; відхилення від встановлених розмірів у товщині гумовотканинного полотна; нестабільна вологість паперу, і як наслідок, його деформація; коливання температури та вологості у виробничих приміщеннях тощо). Ці чинники істотно впливають на розтискування друкувальних елементів, точність суміщення фарб на відбитках, та відповідно на якість рекламної продукції загалом.

Список використаної літератури/ References

1. Shablii, I. V. (2003). *Tekhnolohiia drukarskykh protsesiv [Printing process technology]*. Lviv: Oriiana-Nova, 208 s. [in Ukrainian].
2. Velychko, O. M. (2005). *Opratsiuvannia informatsiinoho potoku vzaiemodiiu elementiv drukarskoho kontaktu [Processing of information flow through the interaction of printing contact elements]*. K.: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr 'Kyivskiy universytet', 264 s. [in Ukrainian].
3. *Spray damping unit* // Patent US 6901853 B2 United States. Publish 07.07.2005. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/6901853.html> [in English].
4. *Adjustable spray dampening system* // Patent US 5025722 United States. Publish 25.06.1991. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/5025722.html> [in English].
5. *Spray-type dampening water supply apparatus* // Patent US 20030209613 A1 United States. Publish 13.11.2003. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/y2003/0209613.html> [in English].



6. *Modular dampening system spray bar having individual, localized control spray nozzles* // Patent US 20020030707 A1 United States. Publish 14.03.2002. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/y2002/0030707.html> [in English].

7. *Variable frequency pulsed spray dampening system* // Patent US 4649818 United States. Publish 17.03.1987. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/4649818.html> [in English].

8. *Spray dampening device having high effective spray frequency and method of using* // Patent US 6327974 United States. Publish 11.12.2001. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/6327974.html> [in English].

9. *Method and device for keeping a number of spray nozzles in a printing press beam clean* // Patent US 7861651 B2 United States. Publish 04.01.2011. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/7861651.html> [in English].

10. *Method of monitoring and/or controlling dampening-medium feed in an offset printing machine* // Patent US 5050994 United States. Publish 24.09.1991. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/5050994.html> [in English].

11. *Method for regulating dampening agent* // Patent US 5713286 United States. Publish 03.02.1998. Retrieved from <https://www.freepatentsonline.com/5713286.html> [in English].

12. Smith RPM. Spare Parts & Repair Services. *Sincal*. Retrieved from <https://www.sincal.net/english/smithbar.htm> [in English].

13. Spraying system Baldwin LithoSprayMaxima. *Baldwin*. Retrieved from <https://baldwintech.com/precision-application> [in English].

14. Spray humidification system. *TKS Tokyo Machine Building Works*. Retrieved from <https://www.tks-net.co.jp/?s=TKS> [in English].

15. (03.03.2025). Commander CL — the most successful 4/2 web press in its class. Koenig-bauer. Retrieved from <https://www.koenig-bauer.com/en/products/digital-webfed/web-offset/newspaper/commander-cl> [in English].

16. (03.03.2025). Frontline. *MachHOUSE*. Retrieved from <https://mach-house.ua/frontline> [in English].

17. HiLine Express. *MachHOUSE*. Retrieved from <https://machouse.ua/hiline-express> [in English].

18. Deltaspray Spray dampening systems with innovative nozzle cleaning system for maximum productivity. *Technotrans*. Retrieved from <https://www.technotrans.com/products/product-finder/detail/deltaspray> [in English].

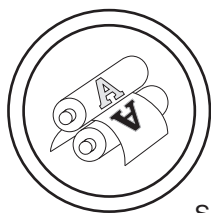
19. Optimising the efficiency of printing presses using modular spray dampening systems. *Technotrans*. Retrieved from <https://www.technotrans.com/press-releases/optimising-the-efficiency-of-printing-presses-using-modular-spray-dampening-systems> [in English].

20. Spray Dampening System. *Slideshare*. Retrieved from <https://www.slideshare.net/slideshow/spray-dampening-system/7357616> [in English].

21. ISO 12647-2: 2013. *Graphic technology — Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints. Part 2: Offset lithographic processes*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/57833.html> [in English].

22. (02.03.2025). Materialy ofitsiinoho сайtu firmy-vyrobnyka polihrafichnoho obladnannia [Materials from the official website of the printing equipment manufacturer]. *Heidelberger Druckmaschinen AG*. Retrieved from <https://www.heidelberg.com> [in Ukrainian].

23. Chekhman, Ya. I., Senkus, V. T., & others (2005). *Drukarske ustatkuvannia Printing equipment*. Lviv: UAD, 117–128 [in Ukrainian].



24. Ryvak, P. M., Shablii, I. V., Repeta, V. B., & Sukhotska, Z. S. (2013). Suchasni universalni testovi zasoby kontroliu yakosti drukuvannia na tsyfrovyykh mashynakh ta prystroiakh [Modern universal test tools for printing quality control on digital machines and devices]. *Kvalitohiia knyhy*. Lviv: UAD, 1(23), 29–32 [in Ukrainian].

25. Ryvak, P. M., Shablii, I. V., & Repeta, V. B. *Shkala kontroliu yakosti drukuvannia na tsyfrovyykh mashynakh ta prystroiakh [Printing quality control scale for digital machines and devices]* // Patent 104837, Ukraine. Publish 11.03.2014 [in Ukrainian].

26. (02.03.2025). Materialy ofitsiinoho сайту firmy-postachalnyka paperu [Materials from the official website of the paper supplier]. *Inter pap*. Retrieved from <http://interpap.com.ua> [in Ukrainian].

27. Ryvak, P. M. (2021). *Tekhnolohiia drukarskykh protsesiv [Printing process technology]*. Lviv: Ukr. akad. drukarstva, 224 s. [in Ukrainian].

28. Ryvak, P. M., Shablii, I. V., Repeta, V. B., & Rybka, R. V. (2014). Otsiniuvannia yakosti drukovanykh vidbytkiv z vykorystanniam 'funktsii bazhanosti' dlia formalizatsii kompleksnoho pokaznyka konkurentnozdatsnosti drukarni [Evaluating the quality of printed prints using the 'desirability function' to formalize a comprehensive indicator of the competitiveness of a printing house]. *Kvalitohiia knyhy*, 2(26), 3–9 [in Ukrainian].

29. Havenko, S. F., & Melnykov, O. V. (1999). Deiaki aspekty otsinky yakosti drukovanoi produktsii [Some aspects of assessing the quality of printed products]. *Naukovi zapysky UAD*, 1, 36 [in Ukrainian].

30. Havenko, S. F. (1995). Otsinka yakosti polihrafichnoi produktsii [Quality assessment of printed products]. *Palitra druku*, 4, 20 [in Ukrainian].

31. Vorzheva, O. V. (1998). Kompleksnyi pokaznyk yakosti drukarskoho vidbytky [Comprehensive indicator of print quality]. *Kvalitohiia knyhy*, 94 [in Ukrainian].

32. Zanko, N. V., Pysanchyn, N. S., Holubnyk, T. S., Mayik, L. I., & Kovalskyi, B. M. (2022). Kolorymetrychni metody kontroliu yakosti kolorovidtvorennia v polihrafii [Colorimetric methods for quality control of color reproduction in printing]. *Printing, multimedia and web-technologies. Innovations*. Kharkiv: LLC 'Drukarnya Madrid', 37–60.

The influence of the dampening solution supply system in the Heidelberg GTO-52 printing press on the quality of advertising product imprints in offset sheet-fed printing method is studied. The possibility of using Harrington desirability function as a tool for determining the comprehensive quality assessment of printed advertising products is considered.

Keywords: offset printing method; sheet-fed printing press; dampening unit; dampening solution; quality of printed image; optimization of printing press operation.

Надійшла до редакції: 12.03.25

Рецензія: 28.03.25

Опубліковано: 15.04.25