

УДК 655.3.062

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВІДБИТКІВ ПРИ ЦИФРОВОМУ ДРУЦІ

© І. К. Кульбич, магістрант, О. І. Лотоцька, к.т.н., доцент,
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Разработана методика комплексной оценки качества цифровой печати с помощью тестовых оттисков. Проведено исследование качества 24 оттисков, рассчитана комплексная оценка и сравнение ее результатов с оценкой экспертов.

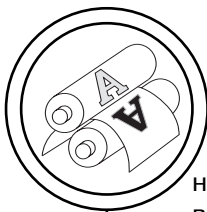
Method of complex estimation print quality with using test samples for digital printing was developed. 24 samples were printed, complex scale was calculated for them and results compared with experts estimations.

Постановка проблеми

Нові сучасні технології цифрового друку дозволяють швидко і якісно переносити зображення при повному комп'ютерному контролі без додаткової додрукарської підготовки, що суттєво заощаджує час при процесі виробництва друкованої продукції [1]. Друк малих накладів методом цифрового друку дуже вигідний і рентабельний за рахунок економії на додрукарських дорогих операціях. При цьому вартість одного відбитку на цифровому апараті не залежить від накладу. Цифровий друк дає можливість виготовляти малі накладі поліграфічної продукції і надавати замовникам великий асортимент друкарських послуг з виготовлення різноманітної поліграфічної продукції. Значно знижується не лише вартість додрукарської підготовки, оскільки не виготовляються друкарські форми і плівки, але і ризик втрати якості на цих стадіях друку [2, 3].

У цифровій індустрії настала ера боротьби за якість друку з одночасною тенденцією зниження собівартості відбитку. Цифровий друк як «молодий» напрям поліграфії в Україні до цього часу не піддався ретельному детальному аналізу якості, тобто сьогодні не представлені методи кваліметричного аналізу якості цифрових відбитків [4, 5]. І, вочевидь, що цифровий друк відрізняється від традиційного, і його специфіка не дає права використовувати для оцінки якості цифрового друку характеристики, рекомендовані для офсетного друку.

Нові технології вимагають нових методів оцінки якості. Варто відзначити, що сьогодні українські фахівці можуть сподіватися лише на роботи зарубіжних учених або самостійно проводити дослідження в цій сфері. Гостра необхідність в таких дослідженнях очевидна, оскільки цифровий друк зайняв свою чималу нішу на ринку поліграфії і



наполегливими темпами відвойовуватиме все ширші горизонти. Сьогодні експерти в області офісної поліграфії (друк на принтерах робочої групи і високопродуктивних пристроях) пропонують різні підходи до оцінки якості роботи цифрових комплексів. Але, як правило, подібні методики мають на увазі суб'єктивну оцінку загальної придатності тестового устаткування. Такі огляди техніки публікуються в галузевих журналах з поліграфії, видавничої справи і інформаційних технологій [1–14].

Зокрема, існує практична проблема вибору устаткування для цифрового друку, паперу, налаштувань друку. Вона пов'язана з відсутністю практичних методик оцінки якості цифрового друку.

Аналіз попередніх досліджень

Найбільш наближеним до розглянутої теми є дослідження Хомякової [11, 12]. Проте є значні обмеження у запропонованій Хомяковою методики: вона вимагає застосування не дуже розповсюдженого обладнання та більшої кількості вимірювань. Як вказано нижче, запропонований метод обчислення комплексного показника має деякі недоліки.

Мета роботи

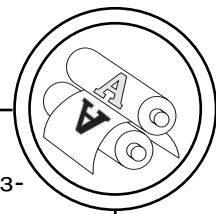
Метою дослідження є розробка узагальненої, комплексної оцінки якості цифрового друку, адже важливим компонентом проведених досліджень є стабілізація умов друку. Для спрощення практичного вико-

ристання ця система оперує вимірами, що не потребують складного обладнання та не покладаються на суб'єктивні відчуття.

Результати проведених досліджень

Для експериментальної перевірки розробленої методики комплексної оцінки використано 6 різних типів паперу, а саме офісний папір CLIO, Stora Enso 80 г/м², глянцева папір для струминного друку Glossy Photo Paper (Epson) 225 г/м², HP Premium Photo Paper 240 г/м², матовий папір Archival Matte Paper (Epson) 192 г/м², Double-Sided Matte Paper (Epson) 178 г/м². Для друкування відбитків використовували струминний принтер HP designjet 110 plus nr з різними режимами налаштування, а саме Plane paper, Normal, Drawings; Photo Gloss, High, Images; Photo Gloss, High, Drawings; Photo Matt, High, Images.

За еталонний взірець взято електронний варіант тест-форми. У зв'язку з отриманням великої кількості експериментальних даних, далі у тексті для деяких показників якості буде розглядатись тільки порівняння еталону з одним відбитком. А саме з відбитком, що отримав найкраще значення комплексного показника якості, який надрукований на папері HP Premium Photo Paper 240 г/м², налаштування Photo Gloss, High, Images. Для перевірки правильності отриманих результатів, обчислена середня розбіжність з оцінками експертів.



Розроблена тест-форма (рис. 1) містить декілька областей, які мають різне призначення:

- 1 — для перевірки рівномірності та оптичної густини друку;
- 2 — для перевірки градаційної точності;
- 3 — для вимірювання кольорового охоплення;

4 — для вимірювання роздільної здатності;

5, 6 — для експертних оцінок якості тексту та зображення.

Експертні оцінки не використовуються для обчислення комплексного показника, але вони потрібні для подальшого порівняння з результатами обчислень. Наведемо результати проведених досліджень.

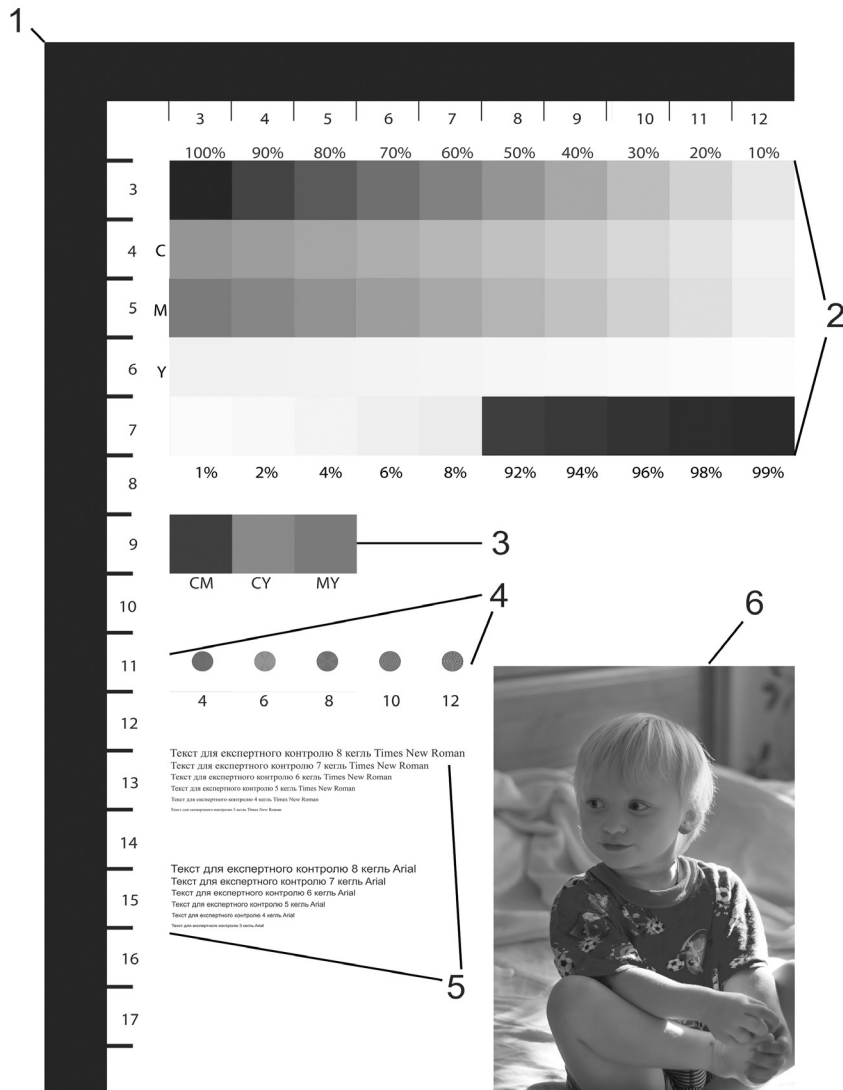
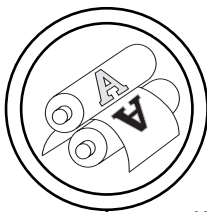


Рис. 1. Загальний вигляд тестового файлу для проведення експерименту



Дослідження оптичної густини фону. Оскільки білизна незадрукованих частин паперу впливає на якість відбитка, були проведені вимірювання оптичної густини фону для кожного зразка. Вимірювання здійснювались у незадрукованій частині посередині роздрукованого аркуша. В ідеалі, фону на відбитку не повинно бути, але стандарт ISO 12647-2 вказує типові значення оптичної густини до 0,07 Б для крейдованого паперу та до 0,15 Б для жовтого офсетного паперу.

Для досліджених зразків виміряні значення у діапазоні від 0,032 Б до 0,066 Б, що цілком відповідає вимогам стандарту. За еталонне значення приймемо оптичну густину 0,05 Б (приймавши, що подальше вдосконалення цього параметру не дає суттєвого впливу на якість відбитка). Так, для розглянутого зразка оптична густина фону складає 0,042 Б.

Дослідження рівномірності друку. Оцінка рівномірності задрукованої плашки особливо важлива при друкуванні зображень з суцільними ділянками. Для кожного зразка проводились вимірювання значення оптичної густини зони 1 в горизонтальному (12 вимірів) і вертикальному (17 вимірів) напрямках. Оптична густина плашок вимірювалась для контролю однорідності товщини фарбового шару по всій ширині відбитка.

Рівномірність друку обчислюється за значенням середньоквадратичного відхилення за формулою:

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

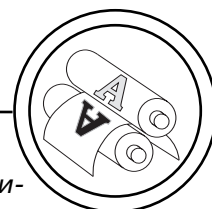
де M — показник макронеоднорідності друку; D_i , $D_{\text{сеп}}$ — значення оптичної густини i -го поля плашки і середнє значення оптичної густини по всій довжині плашки; n — кількість одиничних полів плашки [15].

За еталонне значення прийнято $M_{\text{ет}} = 0,0024$, а розглянутого зразка отримано $M = 0,0019$, що є кращим за еталон. Це вказує на те, що рівномірність друку є кращою, ніж спроможна розрізнити людина, і практично значимої різниці між еталоном і розглянутим зразком по даному параметру немає.

Дослідження градаційної точності. Для досліджування градаційної точності здійснені вимірювання оптичної густини зони 2 (рис. 1), яка має шкалу з різними відносними розмірами растрової крапки: від 0 до 100 %. Градаційна точність визначається за характером передачі півтонів (градація зображення) і рівню оптичної густини зображення.

У нашому випадку еталонним зразком виступає оригінал тестової смуги, виконаний в електронному вигляді. Оскільки ідеальна градаційна передача описується графіком прямої лінії, то значення даного показника властивості, дорівнює:

$$G = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - i \cdot D_{\text{max}})^2}{n-1}}, \quad (2)$$



де $D(i)$ — оптична густина плашки, яка залита на i -тій ділянці, %.

Наведемо графік вимірювання оптичної густини градацій сірого за зоною 2 (рис. 1) для відбитка, який надрукований на папері HP Premium Photo Paper 240г/м², налаштування Photo Gloss, High, Images.

Щоб оцінити градаційну точність проаналізуємо рис. 2, на якому результати вимірювань дещо відхиляються від прямої лінії. Зробивши розрахунки за формулою 2, значення G для еталонного тесту дорівнює 0,0230 (при відхиленні 0,01 Б для 1 % заповнення та 0,05 Б для 99 % заповнення), а для розглянутого тестового зразка — 0,0401.

Дослідження оптичної густини зображення. Показник міри чорноти відбитку визначається за значенням оптичної густини чорної плашки. Для дослідження оптичної густини зображення було проведено заміри в 5 точках зони 1 (рис. 2) і їх значення показані в табл. 1.

При друці чорною фарбою за СанПиН 1.2.1253-03 інтервал оптичної густини елементів зображення повинен бути не менше 0,7. Допускаються відхилення від нормативних не більше чим на 10 %. Рівномірність друку всіх відбитків, які досліджувались, відповідають цим умовам.

За оптичною густиною 100-% плашок чистого чорного кольору на відбитках, які надруковані на папері HP Premium Photo

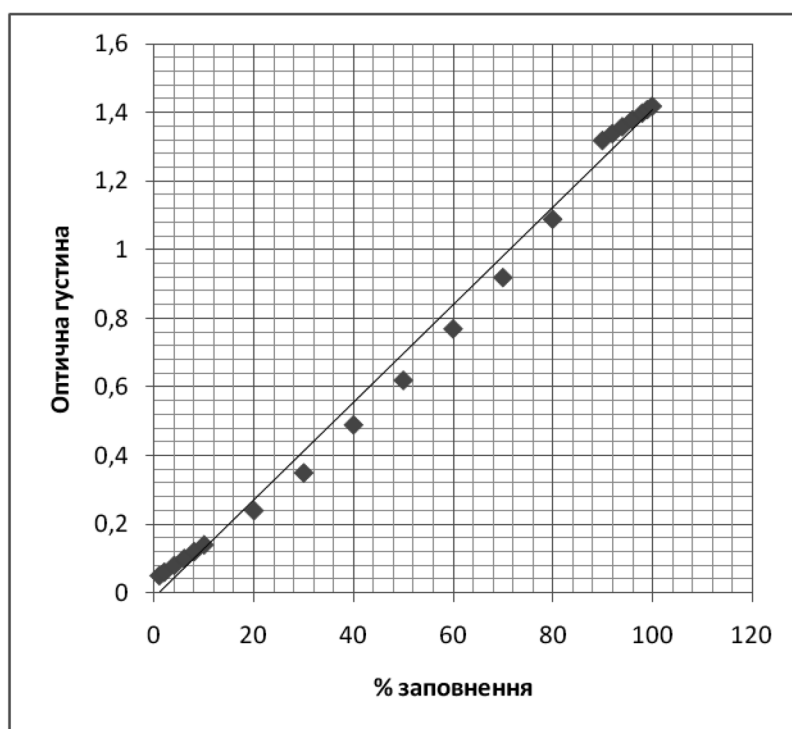
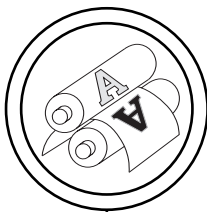


Рис. 2. Результати вимірювання оптичної густини для аналізу градаційної точності



Таблиця 1

Оптична густина зображення для налаштування Plane paper, Normal, Drawings

Папір	Значення оптичної густини плашки D в 5-ти точках					Середнє значення оптичної густини
	1	2	3	4	5	
Папір офісний	1,1	1,09	1,1	1,1	1,1	1,1
Glossy Photo Paper (Epson)	1,4	1,41	1,38	1,36	1,4	1,39
Archival Matte Paper (Epson)	1,51	1,51	1,52	1,49	1,49	1,5
Папір офсетний	1,15	1,14	1,15	1,16	1,14	1,15
Double-Sided Matte Paper (Epson)	1,32	1,32	1,33	1,31	1,31	1,32
HP Premium Photo Paper	1,7	1,71	1,68	1,72	1,7	1,7

Папер відмічаємо самі високі значення показників по чорному, так як оптична густина знаходиться в інтервалі 1,68–1,72. Такі ж високі значення оптичної густини були виявлені і при трьох інших режимах налаштувань.

Для електрофотографії оптична густина є в межах 1,4–2,0 Б, а для плоского офсетного друку — 1,6–1,9 Б. Отже, для друкування зображення високої

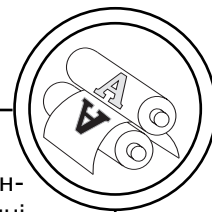
якості на даному обладнанні не бажано використовувати офісний папір і офсетний.

Дослідження роздільної здатності друкування. Роздільна здатність друку характеризує можливість цифрового друкарського устаткування відтворювати дрібні деталі. Цей показник оцінювали за тестовими кругами зони 4 (рис. 2). Значення роздільної здатності занесені у табл. 2.

Таблиця 2

Значення роздільної здатності для шести видів паперу і різних режимах налаштувань

Режими налаштувань	Значення роздільної здатності, лін./см для наступних видів паперу					
	Папір офісний	Glossy Photo Paper (Epson)	Archival Matte Paper (Epson)	Папір офсетний	Double-Sided Matte Paper (Epson)	HP Premium Photo Paper
Plane paper, Normal, Drawings	77	91	100	71	91	91
Photo Gloss, High, Images	77	100	100	71	118	111
Photo Gloss, High, Drawings	77	125	118	71	118	125
Photo Matt, High, Images	77	83	100	71	118	125



За еталонне значення взято 133 лін./см, що відповідає відтворенню окремих деталей розміру 75 мкм. Для розглянутого тестового зразка цей показник оцінено як 90 мкм, що відповідає 111 лін./см.

Для відтворення дрібних деталей є сенс використовувати налаштування High, Drawings, так як на жодному папері інші налаштування не забезпечують кращу якість (хоча демонструють таку ж якість у деяких випадках). Теж саме можна сказати і для паперу HP Premium Photo Paper — за будь-якими налаштуваннями інші папери не є кращими.

Дослідження колірного охоплення. Цей показник дозволяє оцінити максимальну кількість кольорів, які здатна відтворити система.

Порівнюємо колірні охоплення різних відбитків математично, розрахувавши площу проєкції колірного охоплення на площину a^*b^* , і графічно на тій же площині. Прийнято, що пло-

ща проєкції колірного охоплення в системі CIE Lab на площині a^*b^* пропорційна колірному охопленню. Площа цієї проєкції може бути розрахована за допомогою формули Герона:

$$S_{\text{TP}} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (3)$$

де a, b, c — вершини трикутника; p — величина напівпериметра трикутника, яка дорівнює

$$p = \frac{a+b+c}{2}.$$

Площу шестикутника обчислимо як суму площ чотирьох трикутників:

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

Для розрахунку площі проєкцій колірного охоплення S для еталонного зразка і відбитків потрібно мати колірні координати (табл. 3), які отримали шляхом вимірювання в системі Lab.

Таблиця 3

Значення колірного охоплення в системі Lab

Колір	Еталонний зразок			Відбиток надрукований на папері HP Premium Photo Paper, режим налаштування Photo Gloss, High, Images		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Red (MY)	52,00	74,00	54,00	52,02	44,52	27,65
Yellow (Y)	95,00	-6,00	95,00	88,52	-2,21	102,01
Green (CY)	57,00	-74,00	30,00	47,7	-62,59	17,07
Cyan (C)	62,00	-44,00	-50,00	50,18	-32,97	-45,42
Blue (CM)	25,00	25,00	-55,00	42,84	-12,04	-48,1
Magenta (M)	52,00	81,00	-7,00	55,15	47,14	-3,52
Площа колірного охоплення	16033			9582,1		

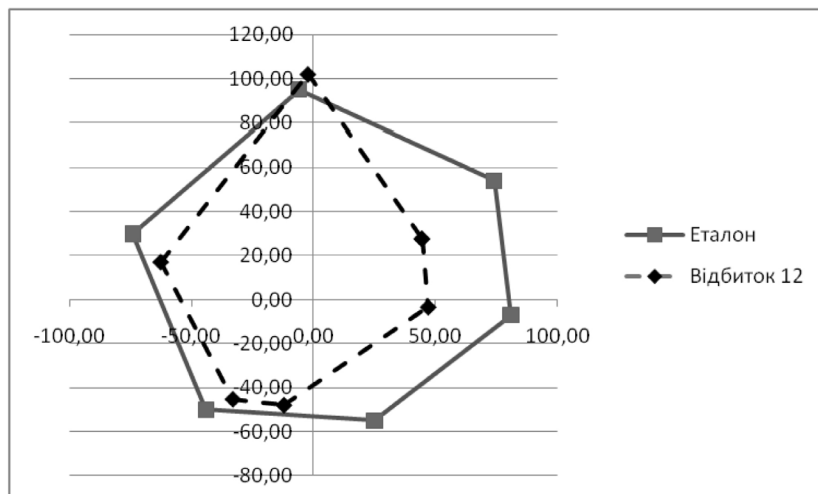
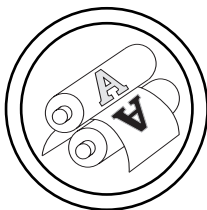


Рис. 3. Колірне охоплення еталонного зразка і відбитка надрукованого на папері HP Premium Photo Paper з режимами налаштування Photo Gloss, High, Images

Після того як значення досліджуваних зразків показано в табл. 3 будуємо графік колірного охоплення (рис. 3) для розрахунку площі колірного охоплення, значення якої знаходиться в табл. 3.

Розрахункова площа проєкції колірного охоплення для

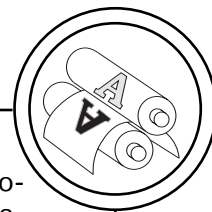
досліджуваних зразків показано в табл. 4.

Максимальна площа колірного охоплення представлена на відбитку надрукованому на папері Glossy Photo Paper (Epson) з режимами налаштування Photo Matt, High,

Таблиця 4

Значення площі колірного охоплення для шести видів паперу і різних режимах налаштувань

Режими налаштувань	Значення площі колірного охоплення для наступних видів паперу					
	Папір офісний	Glossy Photo Paper (Epson)	Archival Matte Paper (Epson)	Папір офсетний	Double-Sided Matte Paper (Epson)	HP Premium Photo Paper
Plane paper, Normal, Drawings	4225	6439	8169	5230	6522	6563
Photo Gloss, High, Images	4808	9269	9540	5564	7936	9582
Photo Gloss, High, Drawings	4769	9260	9696	5581	7935	9546
Photo Matt, High, Images	4762	12105	9553	6308	9520	7616



Images і вона є рівною 12105 (табл. 4).

Найгірший результат показав папір офісний, так як площа колірного охоплення є мінімальною від 4225 до 4808.

Отже використання режиму Photo Matt, High, Images дає можливість відтворити найбільшу кількість кольорів у більшості випадків. Проте у комбінації з папером HP Premium Photo Paper значно кращих результатів можна досягти з налаштуваннями Photo Gloss, High, Images.

Математична обробка результатів. Для порівняння значень абсолютних показників (приведення їх до однакового масштабу і виразу їх в однакових одиницях виміру) здійснено переведення їх у відносні значення за допомогою операції нормування:

$$X_{\text{відн}} = \frac{X_{\text{абс}}}{X_{\text{ет}}}, \quad (5)$$

де $X_{\text{відн}}$ — відносний показник властивості; $X_{\text{абс}}$ — абсолютний показник властивості; $X_{\text{ет}}$ — еталонне значення показника властивості.

Відносні значення показників якості наведено у табл. 5.

Комплексний показник якості. Виведена формула комплексного показника якості:

$$P = \sum_{i=1}^6 K_i \sqrt{\prod_{i=1}^6 X_{\text{відн}_i}^{K_i}}, \quad (6)$$

де $X_{\text{відн}_i}$ — значення відносного показника якості за номером i ; K_i — вага показника за номером i .

Для розрахунку комплексного показника якості прийняті наступні значення коефіцієнтів: оптична густина фону $K_1 = 1$, рівномірність друку $K_2 = 1$, градаційна точність $K_3 = 1$, оптична густина зображення $K_4 = 6$, роздільна здатність $K_5 = 3$, колірне охоплення друку $K_6 = 4$.

Подальший аналіз та покращення значень вказаних коефіцієнтів можливий, проте вимагає значно більшої кількості тестових зразків та може бути темою окремого дослідження.

У табл. 6 наведемо розрахунки комплексного показника якості для 24 відбитків, та середні значення показника для кожного паперу та налаштувань друку.

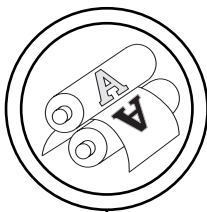
З табл. 6 бачимо, що в середньому найкращі результати отримані на папері 3 Archival Matte Paper (Epson) та з налаштуваннями Photo Gloss, High, Drawings. Але найкраща за комплексним показником є комбінація 6 HP Premium Photo Paper та налаштування Photo Gloss, High, Images.

У літературі [11] можна знайти більш просту формулу комплексних показників:

$$P_h = \sum_{i=1}^n X_{\text{відн}_i} \cdot K_i. \quad (7)$$

Ця формула може призвести до небажаних випадків, коли один з показників має дуже низьке значення, але комплексний показник досить високий.

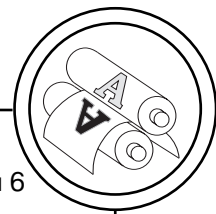
Для порівняння обох результатів з експертними оцінками виконано розрахунки за двома методиками. Показано, що



Таблиця 5

Відносні показники якості відбитків, які надруковані цифровим друком

Режим	Папір	№ відбитку	1. Оптична густина фону	2. Рівномірність друку	3. Градаційна точність	4. Оптична густина зображення	5. Роздільна здатність	6. Колірне охоплення
Еталон	—	—	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Normal, Plane, Drawings	Папір офісний	1	80 %	71 %	53 %	55 %	58 %	26 %
	Glossy Photo Paper (Epson)	2	83 %	22 %	46 %	70 %	68 %	40 %
	Archival Matte Paper (Epson)	3	86 %	27 %	80 %	75 %	75 %	51 %
	Папір офсетний	4	82 %	92 %	82 %	57 %	54 %	33 %
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	5	82 %	62 %	56 %	66 %	68 %	41 %
	HP Premium Photo Paper	6	82 %	10 %	69 %	85 %	68 %	41 %
High, Gloss, Images	Папір офісний	7	81 %	20 %	74 %	46 %	58 %	30 %
	Glossy Photo Paper (Epson)	8	82 %	95 %	59 %	71 %	75 %	58 %
	Archival Matte Paper (Epson)	9	84 %	92 %	79 %	67 %	75 %	60 %
	Папір офсетний	10	80 %	69 %	70 %	47 %	54 %	35 %
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	11	84 %	93 %	75 %	65 %	88 %	49 %
	HP Premium Photo Paper	12	84 %	100 %	87 %	75 %	83 %	60 %
High, Gloss, Drawings	Папір офісний	13	79 %	100 %	78 %	45 %	58 %	30 %
	Glossy Photo Paper (Epson)	14	82 %	61 %	69 %	71 %	94 %	58 %
	Archival Matte Paper (Epson)	15	85 %	92 %	78 %	68 %	88 %	60 %
	Папір офсетний	16	81 %	100 %	74 %	46 %	54 %	35 %
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	17	84 %	79 %	77 %	66 %	88 %	49 %
	HP Premium Photo Paper	18	80 %	66 %	72 %	74 %	94 %	60 %
High, Matt, Images	Папір офісний	19	79 %	83 %	76 %	44 %	58 %	30 %
	Glossy Photo Paper (Epson)	20	81 %	34 %	58 %	78 %	63 %	76 %
	Archival Matte Paper (Epson)	21	84 %	100 %	86 %	68 %	75 %	60 %
	Папір офсетний	22	81 %	100 %	75 %	47 %	54 %	39 %
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	23	83 %	95 %	82 %	68 %	88 %	59 %
	HP Premium Photo Paper	24	80 %	67 %	67 %	71 %	94 %	48 %



Таблиця 6

Комплексний показник якості розрахований за формулою 6

Назва паперу	Налаштування				Середнє значення
	1 Plane paper, Normal, Drawings	2 Photo Gloss, High, Images	3 Photo Gloss, High, Drawings	4 Photo Matt, High, Images	
1 Папір офісний	0,47	0,44	0,48	0,47	0,47
2 Glossy Photo Paper (Epson)	0,55	0,70	0,73	0,70	0,67
3 Archival Matte Paper (Epson)	0,66	0,71	0,74	0,72	0,71
4 Папір офсетний	0,54	0,49	0,50	0,53	0,52
5 Double-Sided Matte Paper (Epson)	0,59	0,69	0,69	0,74	0,68
6 HP Premium Photo Paper	0,61	0,76	0,74	0,68	0,70
Середнє значення	0,57	0,63	0,65	0,64	0,62

результати обчислені за допомогою формули (6) є в середньому більш наближеними до експертних оцінок ніж за формулою (7). Середнє відхилення = 1,52 замість 1,6.

Експертна оцінка. Для кожного з експертів ставилася задача пронумерувати відбитки від 1 до 24, де 1 — найкраща якість та 24 — найгірша.

Оцінювання експертів наведено в табл. 7.

За допомогою простого порівняння якості відтворювання тестового тексту та зображення, кожен з експертів швидко відтворював послідовність відсортованих за якістю відбитків. Порівняння результатів роботи різних експертів дає змогу стверджувати про невелику різницю в оцінках, а саме середнє відхилення складає 1,1.

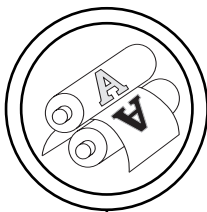
Порівняння результатів експертної оцінки з комплексним показником. Порівняння пронумерованої за зменшенням комплексної оцінки послідовності з висновками експертів доводить (рис. 4). Середнє відхилення складає 1,52.

Це дає змогу стверджувати, що комплексну оцінку якості можна практично використовувати — високі оцінки відповідають кращій якості з точки зору людини, та навпаки.

Висновки

1. Розроблено тестову форму з п'ятьма зонами, що слугують для контролю якості відбитків, які надруковані цифровим способом друку.

2. Експериментальним шляхом досліджено оптичну густину фону, рівномірність друку, градаційну точність, оптичну густину



Таблиця 7

Відносні показники якості відбитків, які надруковані цифровим друком

Режим	Папір	№ відбитка	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Середній ранг
Normal, Plane, Drawings	Папір офісний	1	17	17	17	17	17
	Glossy Photo Paper (Epson)	2	14	15	14	16	14,75
	Archival Matte Paper (Epson)	3	15	14	16	11	14
	Папір офсетний	4	18	19	18	18	18,25
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	5	13	13	13	15	13,5
	HP Premium Photo Paper	6	16	16	15	12	14,75
High, Gloss, Images	Папір офісний	7	23	22	23	22	22,5
	Glossy Photo Paper (Epson)	8	5	6	5	5	5,25
	Archival Matte Paper (Epson)	9	10	11	11	13	11,25
	Папір офсетний	10	20	21	20	23	21
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	11	12	12	9	9	10,5
HP Premium Photo Paper	12	4	4	2	1	2,75	
High, Gloss, Drawings	Папір офісний	13	19	18	24	20	20,25
	Glossy Photo Paper (Epson)	14	9	8	7	4	7
	Archival Matte Paper (Epson)	15	3	3	4	2	3
	Папір офсетний	16	24	24	19	24	22,75
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	17	11	9	10	8	9,5
	HP Premium Photo Paper	18	1	2	1	3	1,75
High, Matt, Images	Папір офісний	19	22	23	22	21	22
	Glossy Photo Paper (Epson)	20	8	10	12	7	9,25
	Archival Matte Paper (Epson)	21	6	5	6	14	7,75
	Папір офсетний	22	21	20	21	19	20,25
	Double-Sided Matte Paper (Epson)	23	2	1	3	6	3
	HP Premium Photo Paper	24	7	7	8	10	8

ну зображення, роздільну здатність друкування, колірне охоплення. Кожний показник якості порівнювався з еталонним відбитком.

3. Виведено формулу комплексного показника якості, за

якою виконані розрахунки. Здійснено порівняння з експертним оцінюванням, що дає змогу стверджувати про невелику різницю в оцінках, а саме середнє відхилення складає 1,1. Отже, результати обчислені

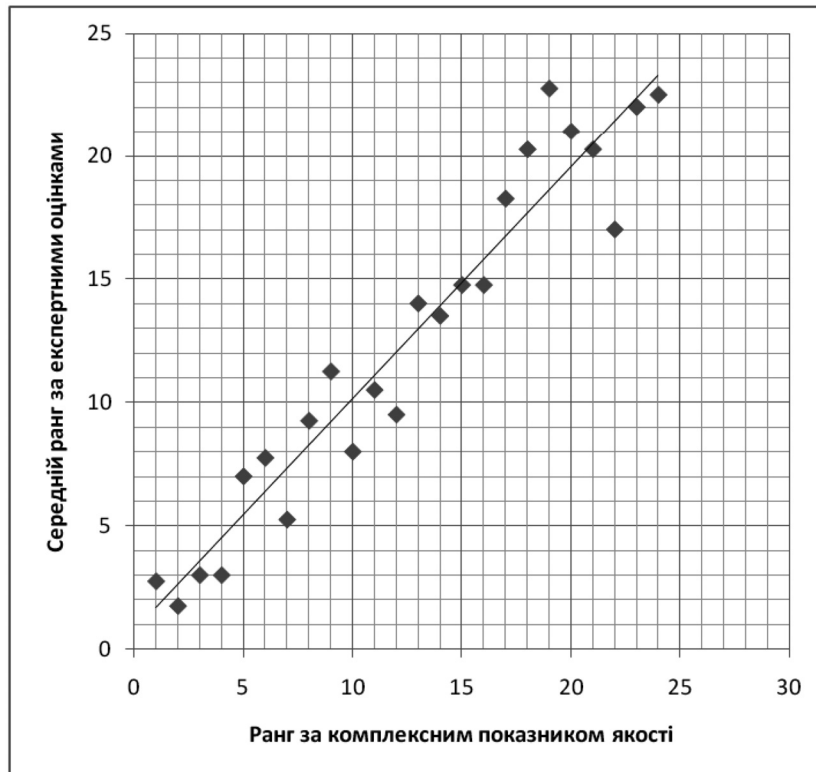
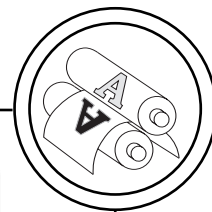


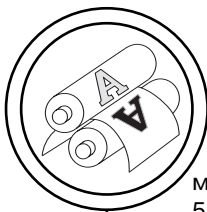
Рис. 4. Порівняння результатів експертної оцінки з комплексним показником

за формулою, достатньо достовірні для практичного використання.

4. За результатами експериментального моделювання доведено правомірність використання розробленої методики комплексної оцінки якості друку для аналізу якості відбитків, які

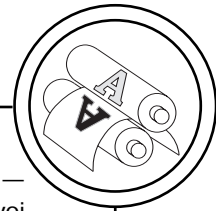
надруковані на струминному принтері. Доведено, що обраний метод розрахунку комплексного показника якості є дещо точнішим за наведений у літературі. Про це свідчить результати обчислення за допомогою виведеної формули, які мають середнє відхилення = 1,52 замість 1,6.

1. Зуев П. А. Исследование цветовоспроизведения в цифровых системах цветной электрофотографии / П. А. Зуев, И. А. Сысуев // Известия ТулГУ. Технические науки / Тула : Изд-во ТулГУ. — 2013. — № 3. — С. 204–213.
 2. Трабер К. Полиграфические характеристики цифровых печатных машин / Карл Трабер // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. — М. : Московский государственный университет печати им. Ивана Федорова. — 2006. — № 1. — С. 26–40.
 3. Егорова И. Н. Разработка системы комплексной оценки качества цифровой печати / И. Н. Егорова, Е. А. Шеремет // Восточно-Европейский журнал передовых технологий / Харьков. — 2009. — № 3–4(39). — С. 15–17.
 4. Андреев Ю. С. Терминология допечатной подготовки изданий / Ю. С. Андреев, Ю. Н. Са-



марин // КомпьютерАрт. — М. : КомпьютерПресс. — 2005. — № 3. — С. 58–64.
5. Стандарты качества [Электронный ресурс]. — Режим доступа : URL <http://www.polygraphcity.ru/standarty-kachestva.html>. — Название с экрана.
6. Оценка качества печати [Электронный ресурс]. — Режим доступа : URL http://www.izoproekt.ru/ozenka_kachestva_pechati/. — Название с экрана.
7. Азгальдов Г. Г. Определение ситуации оценивания качества / Г. Г. Азгальдов // Стандарты и качество. — 1995. — № 9. — С. 56–57. 8. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г. Г. Азгальдов. — М. : Экономика, 1982. — 256 с. 9. Лихачев В. В. Метрология и стандартизация : учебн. пособие. В 2 ч. Ч. 2 Квалиметрия печатного изображения / В. В. Лихачев. — М. : Изд-во МГУП «Мир книги», 1998. — 186 с. 10. Лихачев В. В. Точность представления градационной передачи цифровыми методами / В. В. Лихачев // Технология печатных и послепечатных процессов : сб. научных трудов. — М. : МГУП, 2002. — С. 90–94. 11. Хомякова К. В. Разработка методики оценки качества цифровой печати: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 / Хомякова Кристина Викторовна. — М., 2006. — 167 с. — Библиогр. : С. 125–133. 12. Хомякова К. В. Найдите 11 отличий... Как объективно сравнить цифровые печатные машины и оценить качество отпечатка одним числом [Электронный ресурс] / К. В. Хомякова. — Режим доступа к журн. : http://www.publish.ru/articles/200705_4412170. 13. Шашлов Б. А. Цвет и цветовоспроизведение : учеб. пособие / Б. А. Шашлов. — М. : Мир книги, 1986. — 280 с. 14. Киричок П. О. Структурна організація програмно-технічних засобів цифрового контролю якості кольоровідтворення / П. О. Киричок, В. В. Морфлюк-Щур // Технологія і техніка друкарства. — ВПІ НТУУ «КПІ». — 2011. — № 3. — С. 55–64. 15. Buczynski L. Special print quality problems of ink jet printers/IS&T's NIP 13: International conference on digital printing technologies. — 1997 — P. 638–644.

1. Zuev P. A. Issledovanie cvetovosproizvedenija v cifrovych sistemah cvetnoj jelektrofotografii / P. A. Zuev, I. A. Sysuev // Izvestija TulGU. Tehniceskie nauki / Tula : Izd-vo TulGU. — 2013. — № 3. — S. 204–213. 2. Traber K. Poligraficheskie harakteristiki cifrovych pechatnyh mashin / Karl Traber // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy poligrafii i izdatel's'kogo dela. — М. : Moskovskij gosudarstvennyj universitet pechati im. Ivana Fedorova. — 2006. — № 1. — S. 26–40. 3. Egorova I. N. Razrabotka sistemy kompleksnoj ocenki kachestva cifrovoj pechati / I. N. Egorova, E. A. Sheremet // Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij / Har'kov. — 2009. — № 3–4(39). — S. 15–17. 4. Andreev Ju. S. Terminologija dopechatnoj podgotovki izdanij / Ju. S. Andreev, Ju. N. Samarin // Komp'juArt. — М. : Комп'ютерПресс. — 2005. — № 3. — С. 58–64. 5. Стандарты качества [Электронный ресурс]. — Режим доступа : URL <http://www.polygraphcity.ru/standarty-kachestva.html>. — Название с экрана. 6. Оценка качества печати [Электронный ресурс]. — Режим доступа : URL http://www.izoproekt.ru/ozenka_kachestva_pechati/. — Название с экрана. 7. Азгал'дов Г. Г. Определение ситуации оценивания качества / Г. Г. Азгал'дов // Стандарты и качество. — 1995. — № 9. — С. 56–57. 8. Азгал'дов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г. Г. Азгал'дов. — М. : Экономика, 1982. — 256 с. 9. Лихачев В. В. Метрология и стандартизация : учебн. пособие. В 2 ч. Ч. 2 Квалиметрия печатного изображения / В. В. Лихачев. — М. : Изд-во МГУП «Мир книги», 1998. — 186 с. 10. Лихачев В. В. Точность представления градационной передачи цифровыми методами / В. В. Лихачев // Технологія печатних і



poslepechatnyh processov : sb. nauchnyh trudov. — M. : MGUP, 2002. — S. 90–94. 11. Homjakova K. V. Razrabotka metodiki ocenki kachestva cifrovoj pechati: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.13 / Homjakova Kristina Viktorovna. — M., 2006. — 167 s. — Bibliogr. : S. 125–133. 12. Homjakova K. V. Najdite 11 otlichij... Kak ob'ektivno sravnit' cifrovyje pechatnye mashiny i ocenit' kachestvo otpechatka odnim chislom [Elektronnij resurs] / K. V. Homjakova. — Rezhim dostupa k zhurn. : http://www.publish.ru/articles/200705_4412170. 13. Shashlov B. A. Cvet i cvetovosproizvedenie : ucheb. posobie / B. A. Shashlov. — M. : Mir knigi, 1986. — 280 s. 14. Kyrychok P. O. Strukturna orhanizatsiia prohramno-tekhnichnykh zasobiv tsyvrovoho kontroliu yakosti kolorovidtvorennia / P. O. Kyrychok, V. V. Morfliuk-Shchur // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. — VPI NTUU «KPI». — 2011. — № 3. — S. 55–64. 15. Buczynski L. Special print quality problems of ink jet printers/IS&T's NIP 13: International conference on digital printing technologies. — 1997 — P. 638–644.

Рецензент — Ю. Ю. Віцюк, к.т.н.,
ст. викладач, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 22.12.13