

УДК 655.1:778.1

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ РІЗНИМИ СИСТЕМАМИ ВИВЕДЕННЯ

Б. М. Ковальський, Т. С. Голубник, Я. А. Мусулевський

*Українська академія друкарства  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

*У статті виокремлено головну задачу репродукування – якість кольоровідтворення. Для дослідження вибрані експериментальні відбитки віддруковані різними системами виведення, на яких виміряно колірні показники Lab та xY для побудови і визначення меж друкування устаткування. Визначено, що найбільш відповідне покриття має цифрова машина. Побудовано залежності собівартості виготовлення продукції від накладу, згідно вибраних технологій друку та цін на папір певної категорії обраних технологій друкування. Згідно побудови залежності при цифровому друці із збільшенням накладу собівартість готового відбитку частково спадає, а при офсетному друці із збільшенням накладу ціна суттєво знижується. Для порівняння часу з виготовлення продукції представлено дані часу на виконання друку при різних накладах, згідно яких побудовано залежність оперативності виготовлення продукції на різному устаткуванні. Доведено, що оперативність виготовлення продукції цифрових машин переважає у малих накладах, а офсетні доцільно використовувати при великих замовленнях.*

**Ключові слова:** кольоровідтворення, кольоропроба, колірне покриття.

**Постановка проблеми.** Одна з головних проблем сучасної поліграфії полягає в необхідності досягнення точного кольоровідтворення на відбитках, відповідно з екранним оригіналом. Для того, щоб результати друку можна було передбачити, дизайнер повинен чітко знати, який колір здатна відтворити друкарня, і врахувати це у своїй роботі. Важливо розуміти, що навіть при найвищій якості готової продукції завжди існують певні допуски, а точніше, їх величина.

Під якістю друку в даному випадку мається на увазі точність відтворення заданого кольору, а також можливі варіації між відбитками на різних етапах процесу, тобто стабільність і передбачуваність результату. Висока якість означає мінімальні допуски, проте вони завжди будуть присутні, і, на жаль, без них неможливо обійтися — це об'єктивна реальність.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Різні друкарні можуть виробляти продукцію, що відрізняється одна від одної навіть при виконанні однакового замовлення, через різницю в обладнанні, технологіях, навичках друкарів та виробничих умовах. Це підкреслює важливість співпраці між дизайнерами і друкарями для досягнення бажаного результату, а також необхідність контролю якості на кожному етапі виробництва.

Вагомий вклад з природи кольору та його характеристик описано у працях науковців [1, 2]. Дослідження характеристик відбитків тріадних фарб у кольоровому просторі Adobe RGB розглянуто у працях фахівців [3, 4].

**Мета статті:** на основі вимірних даних побудувати колірні покриття багатофарбових відбитків для різних систем друку (описані нижче). На основі собівартості виготовленої продукції та обсягу накладу відобразити залежність для різних систем друку. Додатково побудувати залежність оперативності виготовлення продукції від типу друкарського устаткування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** До цього часу в поліграфії аналогові та офсетні кольоропроби майже повністю витіснені цифровими кольоропробами, оскільки останні демонструють відмінне відтворення кольорів і мають значно нижчу собівартість. Різні монітори мають різне колірне охоплення, і те саме стосується друку на різних типах носіїв. Наприклад, на одному виді паперу можна надрукувати колір стиглого граната, а на іншому — це неможливо. Навіть при наявності правильно відкаліброваної системи і коректно налаштованого ICC-профілю, колір, який неможливо відтворити (як у випадку з кольором стиглого граната), буде замінений на найближчий до нього, який принтер може відтворити.

Для досліджень в якості модельних зображень використано зображення виведені у різних системах виведення, а саме: відбитки віддруковані офсетним способом друку Heildenberg MOV, цифрова машина HP Indigo press ws6800p, цифровий лазерний багатофункційний пристрій Xerox DocuColor240PS та цифровий Konica Minolta bizhub C224.



Рис.1. Офсетна машина Heildenberg MOV



Рис.2. Цифрова HP Indigo press ws6800p

Для аналізу кольоровідтворення різних систем друку та підготовки цифрового зображення необхідно побудувати колірні покриття на діаграмі CIE 1931 xyY. У цьому дослідженні колірне покриття друкарських систем буде порівнюватися з колірним охопленням робочого простору Adobe RGB (1998).

Основні етапи побудови:

Вхідні дані: координати кольору LabLabLab та xyYxyYxyY експериментальних відбитків для кожної системи друку.

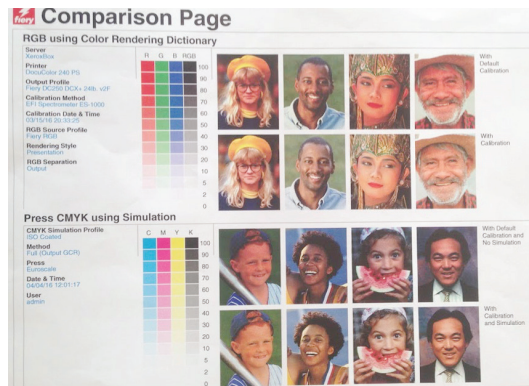


Рис.3. Цифровий лазерний багатofункційний пристрій DocuColor240PS

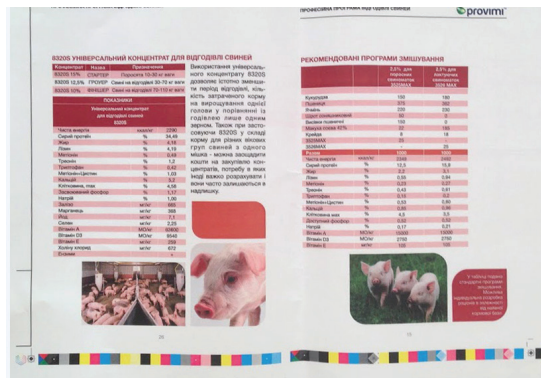


Рис.4. Цифрова Konica Minolta bizhub C224

Специфікація Adobe RGB (1998) у просторі  $xYxYxY$ . перетворення координат: якщо частина даних подана у форматі LabLabLab, їх потрібно перетворити у  $xYxYxY$  для відображення на діаграмі CIE.

Колірна діаграма CIE: відобразити межі колірного охоплення систем друку (обраних технологій) на діаграмі.

Накласти колірне покриття Adobe RGB (1998) для порівняння.

Аналіз: порівняння колірних охоплень дозволить оцінити, наскільки широку палітру кольорів можуть відтворити системи друку у порівнянні з Adobe RGB. Це дає змогу зрозуміти, які кольори можуть бути втрачені під час друку.

Adobe RGB (1998) має наступні координати хроматичності:

Таблиця 1

	x	y
Red	0.6400	0.3300
Green	0.2100	0.7100
Blue	0.1500	0.0600
White	0.3127	0.3290

Експериментальні дані досліджуваних відбитків виміряно за допомогою спектрофотометра Vip Spectra 2000. Для побудови областей колірної покриття друкарських відбитків, використано значення координат кольору експериментально отриманих в результаті друку (табл.7-9.) [5].

Таблиця 2

### Цифровий друк на машині Konika Minolia Bizhub c224

	X	Y
Cyan	0,171	0,235
Blue	0,195	0,171
Magenta	0,501	0,295
Red	0,628	0,322
Yellow	0,499	0,493
Green	0,305	0,54

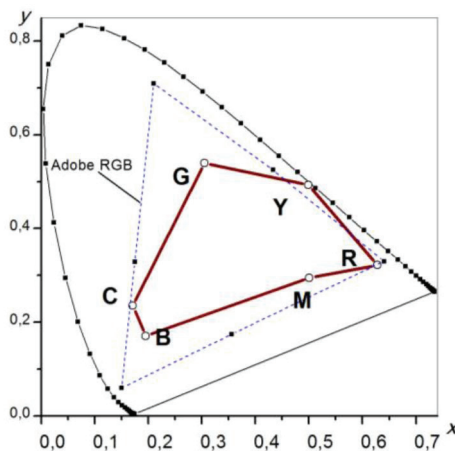


Рис 5. Колірне покриття на машині Konika Minolia Bizhub c224

Таблиця 3

### HP Indigo press ws6800p

	X	Y
Cyan	0,187	0,258
Blue	0,195	0,171
Magenta	0,504	0,254
Red	0,628	0,322
Yellow	0,459	0,497
Green	0,305	0,54

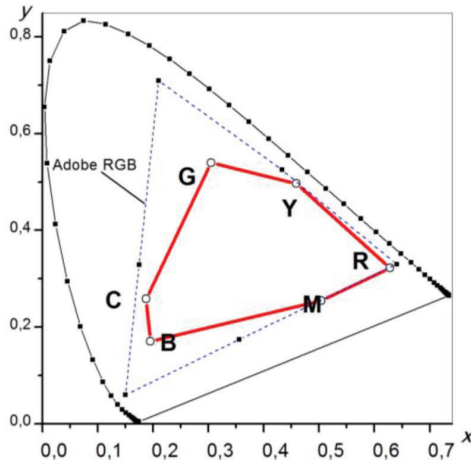


Рис.6. Колірне покриття HP Indigo press ws6800p

Таблиця 4

**Лазерний цифровий багатofункційного копiр DocuColor240PS**

	X	Y
Cyan	0,154	0,221
Blue	0,315	0,285
Magenta	0,535	0,258
Red	0,612	0,315
Yellow	0,461	0,501
Green	0,228	0,497

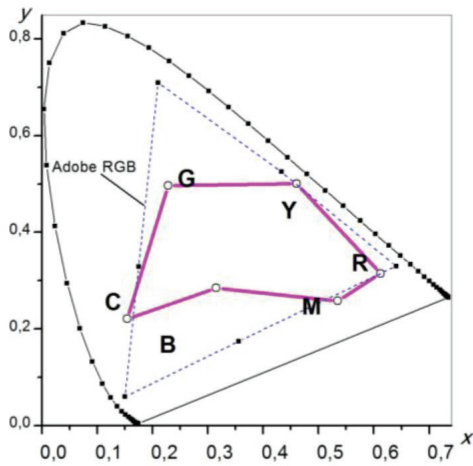


Рис.7. Колірне покриття лазерного цифрового багатofункційного пристрою DocuColor240PS

Таблиця 5

	X	Y
Циан	0,159	0,235
Blue	0,195	0,171
Magenta	0,518	0,258
Red	0,628	0,322
Yellow	0,462	0,501
Green	0,228	0,497

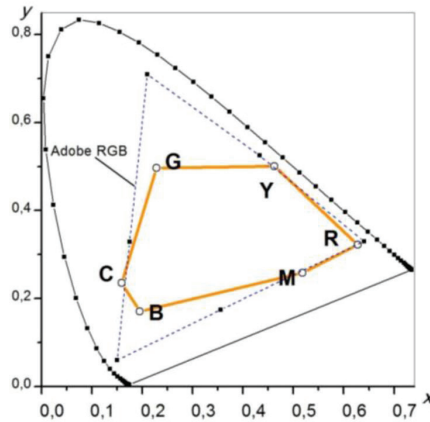


Рис.8 Колірне покриття на офсетній машині Heildenberg MOV

Для візуалізації колірної охоплення монітора та друкарського обладнання побудуємо діаграму CIE 1931 xуY, яка включатиме:

1. Трикутник монітора (Adobe RGB):

- Вершини трикутника визначаються координатами кольорів R (червоний), G (зелений), і B (синій) у просторі CIE.

2. Шестикутник друкарської системи (СМУК):

- Точки для основних фарб: Yellow (жовтий), Magenta (пурпурний), Циан (блакитний).
- Точки для змішаних кольорів:
  - Yellow + Циан = Green (зелений)
  - Yellow + Magenta = Red (червоний)
  - Циан + Magenta = Blue (синій)

3. Відображення:

- Зобразимо всю видиму область кольорів (форму підкови).
- Накладемо трикутник Adobe RGB і шестикутник СМУК для порівняння охоплення.

Кроки реалізації:

- Використати реальні координати хухуху для Adobe RGB і СМУК (якщо відомі).
- Побудувати діаграму з відповідними позначеннями.

Виходячи з побудованих покриттів найбільше покриття має цифрова машина HP Indigo press ws6800p.

Наступна дані для дослідження подано у табл. 6-9, які отримано з виробництва, що представлено для кожної системи виведення зокрема. Для встановлення залежності собівартості виготовлення продукції від накладу проаналізовано та обрано, згідно вибраних технологій друку вартісні показники певної кількості відбитків, враховуючи ціни на аркуш паперу [5].

Таблиця 6

Тип друку	Наклад, шт	Ціна, грн
цифровий <b>Bizhub c224</b>	10	12
	15	10
	25	9
	45	8
	90	7
	120	6
	150	5,6

Таблиця 7

Цифровий друк <b>Indigo 5500</b>	Наклад	Ціна, грн
	10	16
	24	10,4
	51	7,8
	201	6,8
	501	5,2

Таблиця 8

Офсет <b>Heldenberg mov</b> кольоровий друк, 4+0	Наклад	Ціна, грн
	2	20,6
4	19,6	
6	18	
10	16	
15	14	
20	12,2	
40	8,8	
60	6,8	
100	4,6	
140	3,6	



Таблиця 9

Копір DocuColor240PS	Наклад	Ціна, грн.
	10	100
	24	110
	51	130
	201	160
	501	250

Згідно даних таблиць 6-9 на рис 9 побудовано залежність собівартості виготовлення продукції від накладу.

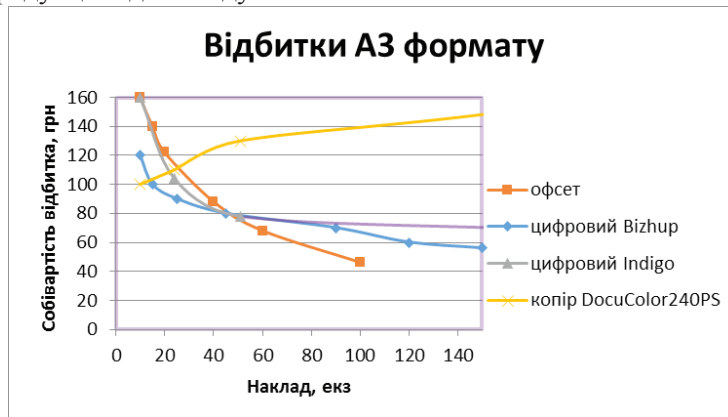


Рис.9 Залежність собівартості виготовлення продукції від накладу

Згідно підібраних показників собівартість і наклад можна стверджувати, що цифровий друк із збільшенням накладу собівартість готового відбитку частково знижується, однак цей процес не настільки виражений, як при офсетному друці. Це пов'язано з тим, що цифрові технології мають менші фіксовані витрати на налаштування обладнання, тому економія в основному відбувається завдяки економії часу на виробництві.

Офсетний друк: При збільшенні накладу собівартість знижується набагато більше через значні фіксовані витрати на підготовку друкарської форми та налаштування обладнання, які зменшуються при великому накладі, що дозволяє значно знизити ціну за одиницю продукції.

Відносно оперативності виготовлення продукції цифрові машини мають значну перевагу в оперативності. Час на підготовку і запуск друку набагато менший, ніж на традиційних офсетних машинах. Це особливо важливо для термінових замовлень, коли замовник готовий платити більше за швидкість виготовлення.

Офсетний друк потребує більше часу на налаштування, виготовлення форми, і підготовку до друку. Тому в разі термінових замовлень офсетний друк може бути менш ефективним.



Ціна кольорових копій на цифрових машинах зазвичай є дешевшими і більш доступними, оскільки ці машини дозволяють виготовляти невеликі накладу з мінімальними затратами на матеріали та час. Водночас офсетний друк більше підходить для великих тиражів, коли економія на великому накладі значно знижує вартість одиної продукції.

Для логічних операцій наступне завдання полягало у підготовці даних різних вивідних пристроїв. Практичний час з виготовлення продукції представлено у хв на виконання друку при різних обсягах (табл.10).

Таблиця 10

**Час виконання друкування нвкладу на різних системах виведення**

офсет	Час, хв	Наклад, екз
	13	250
	15	260
	20	420
	25	640
<b>Indigo</b>		
	18	50
	30	240
	45	500
	55	620
<b>Копір</b>		
	12	34
	20	150
	30	260
	40	460
<b>лазерний</b>		
	15	80
	30	180
	40	220
	50	245

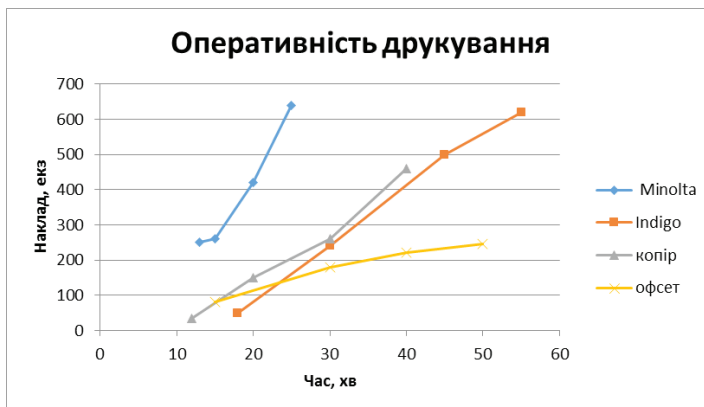


Рис. 10. Оперативність виготовлення продукції на різному устаткуванні

Залежність рис. 9 демонструє скільки відбитків можна отримати на різних устаткуваннях за певний період часу. Наклад до 300 відб. найшвидше друкувати на Konika Minolia Bizhub c224 або багатофункційному копії Xerox Docucolor 40, великі тиражі - на офсеті. Простий, лінійний характер залежності пояснюється тим, що для його побудови використано всього дві характеристики кожного друкарського пристрою: час підготовчих операцій і максимальну продуктивність.

**Висновки.** На основі віддрукованих відбитків різними системами виведення у статті описано побудову колірних покриттів багатофарбових відбитків на діаграмі CIE. Виходячи з побудованих покриттів найбільше покриття має цифрова машина HP Indigo press ws6800p.

Представлено залежність собівартості виготовлення продукції різних систем виведення від обсягу накладу. Доведено, що при цифровому друці із збільшенням накладу собівартість готового відбитку частково спадає, а при офсетному друці із збільшенням накладу ціна суттєво знижується.

Доведено, що цифрові машини — оптимальні для малих накладів, оскільки забезпечують високу швидкість виготовлення продукції. Офсетні машини — доцільні для великих накладів, коли економія на одиничній собівартості є ключовим фактором.

Таким чином, для вибору технології друку важливо враховувати наклад і необхідну швидкість виготовлення. Цифрові машини вигідні для термінових і малих замовлень, а офсетний друк — для великих

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дудяк В. О. Природа кольору та його характеристики / В. О. Дудяк, Н. В. Занько, З. М. Сельменська. – Львів :Укр. акад. друкарства, 2013. – 208 с.
2. Ковальський Б.М., Гавриш Б.М., Занько Н.В. Модель функціонування ІТ-системи контролю якості. № 12(26) (2023): Наука і техніка сьогодні DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12\(26\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12(26)).
3. Занько Н. В., Писанчин Н. С., Ковальський Б. М., Занько А. С., Бигар М. В. Спектральні вимірювання як основа стандартизації кольоровідтворення в репродукційних процесах. Збірник наукових праць «Поліграфія і видавнича справа» № 2 (86) /2023. С. 13–27 <http://pvs.uad.lviv.ua/uk/articles/spectral-measurements-as-a-basis-for-standardization-of-colour-images-in-reproduction-processes/>.
4. Буковський В. Ю. Дослідження колориметричних характеристик відбитків одержаних у різних системах виведення [http:// АКТ-2023М/2AU.pdf](http://АКТ-2023М/2AU.pdf).
5. Занько Н. В., Писанчин Н. С., Голубник Т.С., Дубневич М.М. Матриці колірних перетворень у профілях ICC Збірник наукових праць «Наукові записки» № 2(63) / 2021 с. 112–125 <http://nz.uad.lviv.ua/uk/articles/matrix-of-color-transformations-in-icc-profiles/>.

### REFERENCES

1. Dudyak V. O. Pryroda kol'oru ta yoho kharakterystyky / V. O. Dudyak, N. V. Zan'ko, Z. M. Sel'mens'ka – L'viv :Ukr. akad. drukarstva, 2013. – 208 s.

2. Koval's'kyy B.M., Havrysh B.M., Zan'ko N.V. Model' funktsionuvannya IT-systemy kontrolyu yakosti. № 12(26) (2023): Nauka i tekhnika s'ohodni DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12\(26\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-12(26)).
3. Zan'ko N. V., Pysanchyn N. S., Koval's'kyy B. M., Zan'ko A. S., Byhar M. V. Spektral'ni vymiryuvannya yak osnova standartyzatsiyi kol'orovidtvorenniya v reproduktsiyykh protsesakh. Zbirnyk naukovykh prats' «Polihrafiya i vydavnycha sprava» № 2 (86) /2023 S. 13–27 <http://pvs.uad.lviv.ua/uk/articles/spectral-measurements-as-a-basis-for-standardization-of-colour-images-in-reproduction-processes/>.
4. Bukovs'kyy V. YU. Doslidzhennya kolorymetrychnykh kharakterystyk vidbytkiv oderzhanykh u riznykh systemakh vyvedennya [http:// AKT-2023M/2AU.pdf](http://AKT-2023M/2AU.pdf).
5. Zan'ko N. V., Pysanchyn N. S., Holubnyk T.S., Dubnevych M.M. Matrytsi kolirnykh peretvoren' u profilyakh ICC Zbirnyk naukovykh prats' «Naukovi zapysky» № 2(63) / 2021 c. 112–125 <http://nz.uad.lviv.ua/uk/articles/matrix-of-color-transformations-in-icc-profiles/>.

doi: 10.32403/1998-6912-2024-2-69-65-75

## RESEARCH ON THE QUALITY OF COLOR REPRODUCTION BY DIFFERENT DISPLAY SYSTEMS

B. M. Kovalskyi, T. S. Holubnyk, Ya. A. Musulevskyi

*Ukrainian Academy of Printing*  
19, Pid Holoskom, St., Lviv, 79020, Ukraine

*The article highlights the main task of reproduction — the quality of color reproduction. For the study, experimental prints printed by different output systems were selected, on which the Lab and xyY color coordinates were measured to construct color coverages. It was determined that the digital machine has the greatest coverage. The dependences of the cost of manufacturing products on the circulation were constructed, according to the selected printing technologies, the cost indicators of a certain number of prints, taking into account the prices per sheet of paper. According to the construction of the dependence, with digital printing, with an increase in the circulation, the cost of the finished print partially decreases, and with offset printing, with an increase in the circulation, the price significantly decreases. To compare the time for manufacturing products, data on the time for printing at different circulations are presented, according to which the dependence of the efficiency of manufacturing products on different equipment was constructed. It is proved that the efficiency of manufacturing products on digital machines prevails in small circulations, and offset ones are advisable to use for large circulations.*

**Keywords:** color reproduction, color proofing, color coverage, print quality, printing products.

*Стаття надійшла до редакції 08.07.2024.*

*Received 08.07.2024.*