

ОСОБЛИВОСТІ ШИРОКОФОРМАТНОГО ДРУКУ НА ТКАНИНІ, ОЦІНКА ЯКОСТІ ДРУКУ ТА КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ НА РІЗНИХ МАТЕРІАЛАХ

Чеботарьова І.Б.

ст.викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Григор'єв О.В.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Манаков В.П.

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

Яценко Л.О.

ст.викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** В роботі досліджено технології, які використовуються для широкоформатного друку на тканині та особливості матеріалів, на яких здійснюється друк. Зроблено аналіз тенденцій розвитку зовнішньої реклами і можливості використання широкоформатного друку для виготовлення рекламної продукції та оформлення інтер'єру. На підставі вимог діючих нормативних документів, регламентуючих процес широкоформатного друку і практичних рекомендацій виробників рекламної продукції та виробників плотерів визначена номенклатура показників якості для оцінки широкоформатного друку на полотні і розроблені тест-об'єкти для проведення дослідження. Проведено експериментальне дослідження якості друку на різних матеріалах; розроблена методика комплексної оцінки якості друкування на широкоформатних принтерах та надані рекомендації щодо оптимального вибору матеріалів для широкоформатного друку з урахуванням вимог замовника та особливостей діючого поліграфічного підприємства.*

***Ключові слова:** ТЕХНОЛОГІЯ ШИРОКОФОРМАТНОГО ДРУКУ, СОЛЬВЕНТНИЙ ДРУК, УФ-ДРУК, ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ, ПОЛОТНО, КОМПЛЕКСНИЙ ПОКАЗНИК ЯКОСТІ.*

Вступ

Друк на полотні – особливий метод друку на синтетичному або тканинному матеріалі. Він використовується як для прикраси інтер'єру (офісів або житлових приміщень), так і в якості презенту. Відмінною рисою картини в якості подарунка є високий рівень персоналізації, що робить його більш цінним.

Друк фото на полотні виконується за допомогою UV-принтерів у високій роздільній здатності, що гарантує гарну деталізацію навіть самих дрібних елементів зображення. Завдяки особливостям виробництва, картина на полотні може радувати не один рік без втрати насиченості фарб.

Друк може здійснюватися як на синтетичному полотні, яке не втрачає своєї форми і не провисає, так і на натуральному матеріалі, який вважається більш екологічним, фактурним і в більшості випадків більш привабливим для замовника.

Вже понад 500 років полотно є одним з традиційних і найбільш популярних матеріалів для живопису. Зараз, з розвитком технології цифрового широкоформатного друку полотно ще і основа для друку художніх та рекламних матеріалів – плакатів, репродукцій і фотографій [1].

Полотно має красиве плетіння, фактурний матеріал, що надає відбитку схожість на реальну картину, особливо якщо використовується додаткове покриття спеціальними лаками. Так на виході виходить зображення, яке практично не відрізняється від намальованого руками. Тому така продукція і такий вид друку зараз дуже популярний.

В останні роки також значно збільшилися об'єми використання широкоформатного друку як для зовнішньої або транзитної реклами, так і для внутрішніх робіт. Різні технології друкування та різні матеріали забезпечують використання цього виду друку для виготовлення самої різноманітної продукції – від маленьких картин до супервеликих брендмауерів.

Багато поліграфічних підприємств, які займаються широкоформатним друком, надають послуги друкування на полотні [2]. Але не всі підприємства можуть задовольнити повні потреби споживачів. Це пов'язано з рядом факторів:

- по-перше, друкування здійснюється на різних за фактурою матеріалах і це впливає на зовнішній вид та якість відбитку;
- по-друге, полотно може бути як натуральним (з різних матеріалів), так і синтетичним, що позначається на екологічності виробу і впливає на її ціну;
- по-третє, для друкування можуть використовуватись різні технології друку, що теж впливає як на якість продукції, так і на інші властивості (ціну, екологічність, реалістичність тощо).

Всі ці фактори необхідно враховувати на етапі формування замовлення даної продукції для задоволення потреб споживачів, а також необхідно об'єктивно оцінювати якість друку цієї продукції [3-7].

Це актуалізує проблему оцінки та контролю якості широкоформатного друку. Дана проблема є недостатньо вивченою. Тому в даній роботі досліджена проблема контролю якості широкоформатного друку на різних матеріалах та розроблена методика комплексної оцінки відбитків, отриманих на різному полотні з використання різних технологій друку.

Мета та задачі дослідження

Мета роботи – дослідження особливостей широкоформатного друку на полотні, аналіз різних технологій друкування та оцінка якості відбитків на різних типах матеріалів.

Об'єкт дослідження – технології широкоформатного друку сольвентними та УФ-чорнилами на різних видах полотна.

Предметом дослідження є властивості синтетичних та натуральних полотен, на яких здійснюється друк, особливості технологічних операцій для різних видів друку та методи контролю і оцінки якості друку.

Для практичної цінності дослідження проводились на діючих поліграфічних підприємствах з використанням їх виробничого обладнання. Для наближення до реальних умов було обрано матеріал, який використовується на підприємствах. Це дозволило дослідити реальні технологічні процеси широкоформатного друку, виявити проблемні місця і розробити рекомендації для цих підприємств щодо підвищення якості широкоформатного друку

Для реалізації мети в роботі вирішується ряд задач:

- огляд і аналіз літературних джерел за темою дослідження;
- дослідження особливостей технологій та матеріалів, які використовуються для широкоформатного друку на тканині;
- вивчення вимог діючих нормативних документів, регламентуючих процес широкоформатного друку та практичних рекомендацій виробників рекламної продукції та виробників обладнання;
- визначення номенклатури показників для оцінки якості широкоформатного друку на полотні;
- розробка тест-об'єктів для проведення дослідження та друкування їх на різних матеріалах для експериментального дослідження якості друку;
- розробка методики комплексної оцінки якості широкоформатного друку на полотні;
- аналіз отриманих результатів та надання рекомендацій щодо покращання процесу друку на полотні для поліграфічних підприємств;
- розробка методики вибору матеріалів відповідно до побажань замовника та вимог технологій друкування.

Основна частина

1 Аналіз способів друкування на тканині

Для друку на тканинах застосовуються різні методи друку: цифровий друк, сублімаційний друк, трафаретний друк на тканинах, термоперенос [8-10].

Розглянемо особливості цих технологій друкування для обґрунтування подальшого дослідження.

Сублімаційний друк ґрунтується на явищі сублімації, перехід речовини з твердого стану в газоподібний, оминаючи рідкий стан [11]. Друк, при якому фарба при температурі 180-200°C і тиску переходить з матового паперу на поверхню. Друк наноситься на вироби, які не бояться термообробки, наприклад, синтетичні білі тканини (на кольорових колір тканини змішується з кольором друку), сувенірну продукцію, оброблену сублімаційним лаком. Друк сублімації

може застосовуватися для нанесення зображень на тканину. На відміну від інших способів друку дозволяє наносити на тканину фотографічні зображення з високою якістю. Технологія дозволяє отримати яскраві кольори, стійкі до впливу навколишнього середовища. Зі збільшенням популярності сублімації стали з'являтися нові матеріали, що використовуються здебільшого в рекламній та сувенірній продукції. Особливої популярності набули листи фарбованого алюмінію, керамічна плитка, покриті шаром особливого полімеру, в який проникає сублімаційна фарба. Таким чином виготовляються нагородні дошки, офісні таблички, фотоплитка і багато іншого.

Слід зазначити, що стійким до впливу навколишнього середовища (у випадку з друком на текстилі) відбиток стає тільки в тому випадку, якщо об'єктом переносу є синтетичне (поліестрове) полотно. Тобто, якщо перенести зображення сублімаційним способом на сумішеві тканини і просто його випрати, зображення зблякне. Причому ступінь зміни насиченості кольору залежить від процентного вмісту бавовни в полотні.

Технологія сублімації дозволяє отримувати чудову якість на таких видах тканини: шовк, атлас, сітка для прапорів, габардин, сатин.

Переваги та недоліки сублімації:

- сублімаційний принтер друкує дуже довговічні зображення за рахунок того, що фарба тверда і знаходиться під поверхнею паперу. Захисний шар перешкоджає випаровуванню фарби з-під поверхні;

- сублімаційні принтери друкують більш якісне зображення, ніж струменеві принтери при тій же роздільній здатності. Це обумовлено тим, що піксель не має чіткої межі, тому навіть під мікроскопом не помітні «краплі». Також якість підвищується за рахунок можливості змішувати на носії зображення кольору в досить широкому діапазоні (до 6 біт кожного з базових кольорів). Найбільш світлі тони формуються так само природно, як і темніші;

- сублімаційний принтер досить дорогий, також, як і витратні матеріали до нього;

- до серйозних проблем друку сублімації можна віднести вкрай повільне виведення фотографій (фото 10 × 15 см друкується більше 1 хвилини) і чутливість застосовуваних чорнила до ультрафіолету. Однак зараз вводяться нові типи захисної фарби, що забезпечує захист від ультрафіолету [9-11].

Технологія прямого цифрового друку на тканині дозволяє зробити практично будь-який одяг та інші вироби з тканини абсолютно унікальними. Можливий друк на футболках, джинсах, сорочках, регланах, кофтах і інших предметах одягу тиражем від одного екземпляра. Фарба, нанесена таким методом друку, стає ніби частиною одягу і не зникає згодом, її можна гладити з будь-якого боку, одяг під час прання не втрачає свого кольору досить довго.

Прямий друк по текстилю (або прямий цифровий друк по текстилю, direct-to-garment, digital textile printing) – це спосіб нанесення зображення на тканину за допомогою принтера DTG (Direct to Garment) без необхідності додаткової підготовки. Він передбачає прямий друк зображення без проміжних носіїв [2, 12].

Ця технологія є найсучаснішим видом друку на текстильних виробках. Перенесення зображення подібно звичайному друку на папері або інших стандартних носіях, але вимагає принципово іншого друкарського блоку і фарб на основі оксидів металів, здатних надійно утримуватися на тканині. Для світлої тканини використовується звичайний алгоритм роботи струминного принтера, для темної – нанесення спеціального праймера і далі повторення процесу для світлої тканини.

Підготовка матеріалу має на увазі згладжування, постпроцес – фіксацію нагріванням (до 150°C). Для прямого друку можуть використовуватися як спеціалізовані пристрої, так і широкоформатні струменеві принтери зі спеціальним блоком. З точки зору операційної системи в цьому випадку відбувається звичайний друк, тобто не потрібно ніякої спеціальної підготовки пристрою крім профілювання при установці. Повний процес обробки одного виробу займає близько 15 хвилин, з яких безпосередньо друк – близько 3-5 хвилин.

Переваги:

- а) оптичний дозвіл від 1440 dpi (залежить від текстури тканини);
- б) рівень деталізації набагато вище термотрансферного та шовкотрафаретного друку (шовкографії);
- в) технологія має всі перевагами цифрової поліграфії: низька собівартість при малих тиражах, швидкість друку, гнучкість зміни макета від копії до копії (персоніфікація);
- г) зображення витримує більше 60 циклів прання без істотної втрати якості, так як полімеризовані фарби стають буквально частиною тканини;
- д) можливий чотирьох, шести або восьмикольоровий друк (СМУК + Dark blue + Red + Grey + Golden Yelllow) с дозволом до 2880 * 1440 dpi.

Для прямого друку на одязі підходить практично будь-який вид тканини, на якому може полімеризуватися фарба [8]. На практиці це будь-який високоякісний текстиль, застосовуваний в рекламній і промо-сфері, а також звичайний одяг. Метод прямого друку неможливо використовувати для синтетичних тканин, зазвичай використовують 100% бавовна, або 95% бавовни і 5% лайкри. Також можливий друк на темних тканинах з використанням білих чорнил, які використовуються в якості підкладки перед нанесенням кольорового зображення.

Трафаретний друк (або шовкотрафаретний друк, шовкографія) – це спосіб друку, при якому зображення наноситься на поверхню за допомогою спеціального трафарету (шаблону) та сітчастої форми [13].

Суть процесу – фарба протискується через відкриті ділянки сітки (трафарету) на матеріал, що задруковується. Закриті частини сітки не пропускають фарбу, завдяки чому формується зображення.

Найбільш поширений метод для друку на тканинах великими тиражами (тиражі рекомендуються від 20 штук). Чим більше тираж, тим менше вартість малюнка на тканині. Це дуже стійкий і довговічний друк, але прання рекомендується до 40° C.

Використовується для нанесення різних зображень, логотипів та написів на текстильні вироби. Для цього способу нанесення застосовують спеціальні фарби і лаки, які безпечні й екологічні, тому широко використовуються для нанесення зображень на дитячих речах. Також за допомогою трафаретного друку можна робити рельєфні та структуровані зображення при використанні спеціальних фарб та флоків.

Переваги та можливості трафаретного друку [8]:

а) нанесення на матеріал шарів різної товщини. Такий шар в рази щільніше, ніж при офсетному друці, що в свою чергу дозволяє фарбі інтенсивніше переноситися на матеріал. Використання криючих фарб дає можливість зберігати бажаний, тобто первісний колір;

б) шовкографія дозволяє створювати більш глибокий ефект насиченості і блиску за рахунок підвищеної товщини шарів;

в) дозволяє покривати матеріал, товщина якого перевищує десятки міліметрів;

г) трафаретний друк використовується у випадках, де необхідно нанести зображення на гнучкі матеріали, або матеріали, які деформуються (поліетилен, пластик, фольга тощо);

д) дозволяє наносити зображення на вже готові вироби;

е) економічність використання даного методу при великих тиражах.

Якщо необхідно віддрукувати поліграфічні вироби, трафаретна технологія допомагає економічніше витратити матеріал на різні технічні потреби.

Термоперенос (термотрансферний друк) – це спосіб перенесення зображення з спеціальних термотрансферних носіїв на вироби з тканини, такі як футболки, кепки, спецодяг, сумки і т.д. Спочатку зображення наноситься на спеціальний носій за допомогою принтера або трафаретного друку, потім за допомогою термопреса відбувається перенесення зображення. Даний спосіб дозволяє отримувати високоякісні повнокольорові зображення практично на будь-яких матеріалах, як на темних, так і на світлих [8].

Друк флексом або флоком оптимальний при нанесенні написів, логотипів, коли зображення можна розділити на складові кольору. Флекс і флок – спеціальні текстильні термоплівки для друку зображень і малюнків на тканині. Цей вид нанесення в результаті багатьох зарубіжних тестувань і відгуків користувачів визнаний найбільш екологічно чистим і нешкідливим при носінні, а також найбільш міцним і довговічним. В процесі експлуатації і при пранні таке нанесення не змінює свої характеристики, краї зображення завжди акуратні й рівні, і на відміну від шовкотрафарету такий вид нанесення на тканину ніколи не потріскається. Можливий друк дуже маленьких деталей, що важливо при виготовленні фірмового одягу з логотипом або фірмовою символікою. І на відміну від інших видів нанесення друкувати можна і на рукавах, і на боках футболки, а не тільки на грудях або спині. Малюнок для друку спочатку вирізається плотером, а потім під спеціальним термопресом впікається в тканину при температурі 200°C.

Плівки бувають різних кольорів і відтінків, а також світловідбиваючі та голографічні. Якщо потрібний друк зображення на тканині в декілька кольорів – зображення вирізається кілька разів по черзі з потрібних кольорів плівок, а потім по черзі комбінується і наноситься на тканину. Основний недолік - цим методом можна надрукувати тільки напис або малюнок, але не фотографію.

Друк може виконуватися не тільки на одязі. Прапори, транспаранти, парасолі, скатертини, серветки і навіть картини. Це не повний перелік текстильної продукції. Для отримання якісної продукції можна використовувати різні види друку на тканинах (сублімаційний друк, прямий цифровий друк, трафаретний друк, термоперенос, широкоформатний друк), головне правильно обрати відповідно до матеріалу. Якість друку безпосередньо залежить від правильності вибору технології друку і вихідного матеріалу. Друк картин на полотні має свої особливості, які необхідно враховувати при виборі матеріалу і відповідної технології. Для аналізу переваг та недоліків різних видів друку рекомендується використовувати метод морфологічного аналізу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Аналіз способів друкування на текстилі

Спосіб друку	Показатели																	
	Тип тканини			Вид зображення		Зносо-стійкість		Стій-кість матері-алу до темпе-ратури	Вартість обладнання			Оптималь-ний тираж, шт.			Колір тканини		Нане-сення фак-тур-них зобра-жень	Об-ме-жен-ня
	синтетична	<50%	натуральна	растрове	векторне	невисока	висока		висока	середня	низька	1-30	30-100	>100	білий	кольоровий		
Офсетний			+	+	+	+			+					+	+	+		1
Цифровий	+	+	+	+	+		+	+		+		+	+/-		+	+/-		
Термо-перенос методом аплікації	+	+	+		+		+	+			+	+	+		+	+	+	2
Субліма-ційний	+	+		+	+		+	+			+	+	+	+	+			
Термотрансферний перенос			+	+	+	3		+			+	+	+/-		+	+/-		3
Трафарет-ний	+	+	+	+	+		+			+		-	+	+	+	+	+	4

Пояснення до таблиці:

+ – показники, які характеризують спосіб друку;

+/- – показники, які допускаються при спеціальних умовах;

1 – друк тільки на тканинах з натурального шовку;

2 – зображення не переноситься на тканини з нейлону, тканини, які містять силікон і з водовідштовхувальними речовинами;

3 – прання тільки ручне при температурі 30-40 °С;

4 – немає можливості друку на лляній тканині, полотні, мішковині, сітчастих тканинах.

За результатами складеної таблиці можна зробити наступні висновки: термоперенос методом аплікації виправданий для нанесення векторних фактурних зображень; сублімаційний друк рекомендується при використанні синтетичних тканин білого кольору (наприклад, для виготовлення прапорів), трафаратний друк має багато переваг, але використовувати його рентабельно тільки для великих тиражів. Для друку одиничних екземплярів на текстилі (друк картин на полотні, персоніфікованої продукції) доцільно використовувати цифровий друк [8, 9, 11, 14, 15].

Для більш якісного продукту також необхідно правильно вибрати вид цифрового друку та витратні матеріали. Для тканин використовується прямий цифровий друк та широкоформатний. Який, в свою чергу, може бути сублімаційним, струменевим і твердочорнильним [16].

Термосублімаційні принтери наносять зображення під поверхню паперу. Нагрівальний елемент всередині принтера впливає на плівку, розташовану над спеціальним фотопапером. При нагріванні з плівки починає випаровуватися фарба і вбиратися в папір. В результаті чого виходить безрастрове зображення фотографічної якості. Крім фотодруку, цю технологію застосовують для нанесення зображень на футболки, кружки та іншу сувенірну продукцію.

У твердочорнильних принтерах замість рідких чорнил використовуються брикети твердих чорнил, які в процесі друку розплавляються. Дана технологія має ряд переваг, дозволяючи друкувати на широкому асортименті матеріалів, забезпечуючи яскраві насичені кольори і рівномірне нанесення зображення. Однак вона не отримала широкого поширення в силу високої початкової вартості і необхідності постійно підтримувати барвник в розплавленому стані.

Принцип подачі і розпилення чорнила в струменевих принтерах дещо різниться. Деякі виробники використовують технологію безперервної подачі чорнила. В цьому випадку в друкуючій голівці під тиском подається фарбник, який на виході з сопла розбивається на мікрокраплі.

Використання водних чорнил досить поширене. Водні чорнила не приносять шкоди навколишньому середовищу. Надруковані відбитки можна використовувати всередині приміщення без будь-яких наслідків. Крім того, саме водні принтери дають найвищий дозвіл друку. У той же час відбитки вимагають спеціального покриття і не можуть використовуватися зовні приміщення.

Найбільш часто водні чорнила застосовуються для друку пробних відбитків, професійних фотографій, творів мистецтва, інтер'єрної реклами, банерів для короткострокового застосування на вулиці. Використовуються різні матеріали на зразок полотна або тканини. Однак будь-який матеріал потрібно обробити, щоб чорнило в ньому утримувалося.

Різновид водних – пігментні чорнила. Вони відрізняються більш тривалим терміном використання і насиченим кольором.

Для зовнішнього застосування найчастіше використовують сольвентні чорнила, під якими часто мають на увазі будь-які чорнила не на водній основі. Як правило, у формулі задіюються нафтопродукти, наприклад, ацетон.

Сольвентні чорнила дозволяють отримати дуже міцне і стійке до подряпин, води та УФ-випромінювання зображення. Шкідливі випари – головний недолік такого виробництва. Різні виробники використовують різні хімічні компоненти, тому іноді мова йде про «справжній» сольвент, а іноді – про «м'який» сольвент і «екосольвент». Екосольвентні чорнила менш токсичні, але і не такі стійкі.

Останні розробки в області струменевого друку привели до появи латексних і полімерних чорнил. Основний інгредієнт – вода, як сполучник використовується латекс або полімер. Це один з найбільш стійких типів чорнил. Відбитки не схильні до вицвітання на сонці і як наслідок, вони є навіть більш довговічними, ніж сольвентні або екосольвентні чорнила. Така довговічність відбитків стала можлива завдяки використанню нового матеріалу – латекс. Однак необхідна умова латексного друку – підігрів носія до і після друку, що дозволяє матеріалу краще вбирати чорнила і прискорює їх висихання. Тому матеріал повинен не боятися високих температур. Що не дозволяє використовувати латексні чорнила для синтетичного полотна.

Низку переваг мають у своєму розпорядженні УФ-принтери. На відміну від водних або сольвентних чорнил, УФ-чорнила не висихають і не випаровуються самі по собі, а тільки під впливом УФ-світла. При цьому виходить дуже яскраве зображення з живими кольорами.

При УФ-друці не потрібна спеціальна підготовка носіїв, що істотно заощаджує кошти. Закріплення відбувається дуже швидко, при цьому виходить дуже стійке зображення. Краплі зберігають форму (рис. 2.1). УФ-чорнила дозволяють задруковувати практично будь-який матеріал, включаючи гофрокартон, скло, дерево, вініл, метал, фактурну тканину.

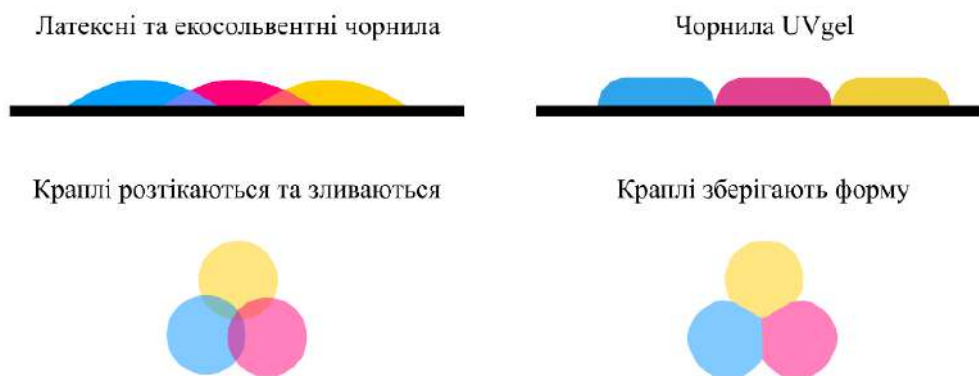


Рисунок 2.1 – Порівняння крапель різних видів чорнил

Проведений аналіз особливостей друкування на тканині дозволяє вибрати найбільш оптимальні матеріали та технологічні режими для виготовлення якісного продукту – для прикладу будемо розглядати картини на полотні [8, 9].

Проаналізувавши розглянуті способи друку на тканині для друкування картин прийнято рішення використовувати широкоформатний друк УФ-чорнилами та екосольвентними чорнилами. Ці методи дозволяють отримати яскраві і стійкі до впливу навколишнього середовища полотна. Технології екологічно безпечні, тому можуть використовуватися для виготовлення картин, які будуть розміщені в приміщенні.

2 Особливості широкоформатного друку

Широкоформатний друк зустрічається на кожному кроці. Вивіски, банери, рекламні оголошення – все це притягує погляд під час прогулянок або навіть поїздок в громадському транспорті. Інтер'єрна реклама також супроводжує нас всюди, будь то афіші, постери або рекламні стенди в офісі.

Розглянемо відмінності широкоформатного і інтер'єрного друку [2, 11].

Говорячи про широкоформатний друк, всі представляють тільки один вид продукції – власне зовнішню друковану рекламу, яку найчастіше ми зустрічаємо на вулицях. Але мало хто знає, що інтер'єрний друк також є різновидом широкоформатного. В чому ж відмінності між цими двома видами.

Більш висока якість інтер'єрного друку. Широкоформатний друк банерів не вимагає високої деталізації зображення, оскільки часто їх розглядають з відстані. А тому там немає необхідності в такій передачі кольору, як у інтер'єрних банерів.

Роздільна здатність. Для інтер'єрного друку характерний показник в 1440 пікселів, тоді як широкоформатного зазвичай досить 360-720 точок на дюйм.

Устаткування. Для друку інтер'єрної продукції часто використовуються невеликі принтери, які дозволяють досягти кращої передачі півтонів і деталізації. Друк великих банерів здійснюється на великих апаратах, основним завданням яких є саме робота з великими площами матеріалів.

Матеріали. Для різних способів друку вибирають різну основу. Так, в широкоформатному друці частіше звертаються до самоклеючої плівки, банерним сіткам і тканинам. А ось для інтер'єрного друку затребуваними є фотошпалери, полотна, перфорована плівка та інше. В цілому, ніщо не забороняє друкувати на будь-якому матеріалі, але більш дорогі матеріали зазвичай використовуються саме в інтер'єрному друці.

Чорнила. В широкоформатному друці використовують сольвентні та іноді екосольвентні чорнила; в інтер'єрному друці використовують також і водорозчинні фарби, латексні фарби, УФ-чорнила. Сольвентні чорнила не використовують для розміщення у приміщеннях, у зв'язку з їх токсичністю.

Міцність. Оскільки широкоформатний друк зазвичай розміщують зовні, він повинен бути стійким до зовнішніх чинників і досить міцним, щоб служити довгий час без пошкоджень. Для інтер'єрного друку показник міцності не настільки важливий, оскільки зсередини таких факторів як опади і вітер просто немає. Тому нерідко застосовуються навіть паперові носії.

Відстань сприйняття. Інтер'єрний друк зазвичай розглядають поблизу, саме тому так важлива чіткість і якість зображення. А ось у широкоформатних виробів якість і деталізація картини оцінюються не так ретельно. Досить подивитися на банер з 5-10 метрів – це і буде адекватною оцінкою.

Площа і ціна. Інтер'єрний друк – більш доступний, розрахований він на оформлення великих приміщень або роздруківку зовсім маленьких картинок. Широкоформатний друк – це тільки великі зображення, а тому і ціна їх вище.

2.1 Особливості технологічних режимів для широкоформатного друку.

Широкоформатний друк виконується за допомогою широкоформатних принтерів і плотерів, які дозволяють виконати якісний друк практично будь-якого формату і на будь-якому матеріалі.

Сучасний ринок широкоформатних принтерів різноманітний. Це проявляється і з точки зору технологій, і форматів одержуваних зображень і, звісно, цін. Ось уже кілька років лідерами цього ринку є струменеві плоттери. Існує безліч ознак, за якими можна робити диференціацію струменевих плоттерів. Зупинимось на двох основних.

Класифікація за типом струменевої системи [16].

Принтери по типу струменевої системи прийнято розділяти на два класи: термоструменеві (thermal inkjet printer) та п'єзoeлектричні принтери (piezoelectric printers). В даний час ціни на термоструменеві принтери безперервно знижуються і вони все більше захоплюють ринок принтерів початкового рівня, для п'єзoeлектричних систем залишається ринок продукції середнього і вищого класу.

Термоструменева система – активізація фарби і її викид відбуваються в результаті їх нагрівання. До переваг даної системи можна віднести лише одне – низька вартість друкуючої голови. Всі інші її характеристики – це одні недоліки. По-перше, друкуюча голова має дуже маленький термін служби. По-друге, для безпроблемної роботи термоструменевого принтера необхідно використовувати тільки оригінальні (досить дорогі) чорнила. По-третє, друк здійснюється тільки одним типом чорнила – на водній основі. По-четверте, друк на таких принтерах не дотягує до фотореалістичної якості. І, нарешті, для друку на термоструменевих принтерах необхідні тільки спеціальні носії.

П'єзoeлектрична система (викид фарби відбувається під тиском, створюваним коливанням мембрани).

П'єзотехнології базуються на властивості п'єзокристала розширюватися-стискатися під впливом електричного імпульсу. При виготовленні п'єзокристалів використовуються оксиди свинцю, цинку і титану.

Тут все навпаки – один недолік і багато переваг. Як недолік можна відзначити досить високу вартість друкуючої головки. Проте ресурс п'єзoeлектричних головок варіюється від семи місяців і значно перевищує ресурс головок термоструменевого друку. Друкуюча головка розташована стаціонарно, що зменшує механічний вплив на неї і значно підвищує термін служби.

До переваг системи відноситься можливість використання, по-перше, чорнила будь-якого типу і не самої відмінної якості, по-друге, самих різних матеріалів-носіїв. Завдяки перевагам цієї системи альтернатив цифровим струменевим плоттера на базі п'єзoeлектричній головки поки не існує.

Класифікація за типом чорнила [2, 11].

Чорнила для великоформатного повнокольорового друку діляться на наступні типи: водні, сольвентні, екосольвентні, масляні і УФ-затверджувані.

Водні. Як основа чорнил, використовуються водорозчинні органічні барвники на водній основі. Такі чорнила використовуються для високоякісного друку з високою роздільною здатністю і найбільш правильною передачею кольору тільки для інтер'єрного друку, тому що мають найнижчу світлостійкість і не має можливості друкувати на полімерних матеріалах без спеціального покриття, яке не дає чорнила розтікатися на поверхні матеріалу. Це спецпокриття не є водостійким і вимагає додаткового ламінування. Але навіть УФО ламінат не набагато подовжує термін служби подібних зображень. Приблизний термін служби всередині приміщень становить приблизно 2-2,5 року, поза приміщеннями – 0,5 року максимум, з урахуванням ламінування – близько року. В той же час даний вид друку є високоякісним по перенесенню кольорів і роздільній здатності.

Сольвентні. Ці чорнила являють собою колоїдний розчин пігменту в розчиннику, за рахунок чого утворюється емульсія. Пігменти можуть бути органічними і неорганічними. Останні мають найвищу світлостійкість, але вибір кольорової гама серед них обмежений у порівнянні з органічними. Тому у виробництві чорнила в основному використовують органічні пігменти з середньою світлостійкістю 2,5-3,5 року, в залежності від виробника і підбору ними колірних складових пігменту. Завдяки цьому сольвентні чорнила широко застосовуються для друку зовнішньої реклами. Для інтер'єрного друку їх використовують рідко, тому що в яскравості і насиченості кольорів вони істотно поступаються водним.

Сольвентні чорнила дешеві за вартістю, але дуже шкідливі для людини і навколишнього середовища, тому в приміщенні, де стоять сольвентні принтери необхідно встановлювати витяжну систему. Сольвентні чорнила не вибагливі до носія, так як за рахунок розчинника, який міститься в чорнилі, відбувається відмінна вбираність (проникнення) в матеріал.

Основна відмінність друкуючих сольвентними чорнилом принтерів від інших моделей на базі п'єзоголовок полягає в незрівнянно більшій стійкості надрукованого зображення до впливів зовнішнього середовища.

Слід уточнити, що стійкість зображення залежить від розмірів краплі барвника, що наноситься на матеріал. Чим крапля більше, тим більше кількість стійкого до вигорання пігменту і незмивного сполучного – сольвенту в ній. При цьому на принтерах невеликого формату (до 1 кв.м) картинка виходить яскравою і соковитою, незважаючи на відсутність зовсім дрібних деталей, властивих фотографії. Широкоформатні принтери для сольвентних чорнил здатні відтворити текст з висотою букви від 4-5 мм, при тому, що рекомендована відстань до глядача – не менше 3 м. Основний козир такої картини в порівнянні з більш якісними і менш продуктивними фотопринтерами – стійкість і довговічність, що забезпечується сольвентними чорнилом при хорошій якості передачі кольору.

Екосольвентні чорнила – це щось середнє між водними і сольвентними чорнилами. Вони містять невелику кількість органічних розчинників, завдяки

чому є більш безпечними в роботі, помірно лягають на матеріали. Для них рекомендується використовувати матеріали зі спеціальним покриттям. Їх світлостійкість вище, ніж у водних чорнил, але значно нижче, ніж у сольвентних. Термін служби друку такими чорнилами на вулиці без ламінування становить 3-6 місяців, на матеріалах із спецпокриттям (водо і УФО стійкими) він збільшується до 2-х років.

Найчастіше екосольвентні чорнила використовуються для інтер'єрного друку з високою роздільною здатністю, так як завдяки своїй консистенції здатні проходити через сопла друкованих головок з малим вихідним діаметром (отримується роздільна здатність до 1600 dpi).

Принтери, що працюють на екосольвентних чорнилах, не призначені для використання інших типів чорнил.

Масляні. Масляні чорнила в своїй основі мають масло. Для колірної складової використовуються жиророзчинні органічні барвники або звичайні дисперсні пігменти. Вони нешкідливі для людини, дуже насичені за кольором, але вибагливі до носія (необхідно, щоб він мав відповідне просочення, інакше чорнило не будуть вбиратися в матеріал; замість ламінування для масляних чорнил використовується спеціальна рідина, яка наноситься після друку зображення). Термін служби такого зображення на вулиці в середньому не перевищує навіть півроку, тому частіше масляні чорнила використовують для інтер'єрного друку.

Принтери, які друкують такими чорнилами, мають досить високу продуктивність – від декількох десятків квадратних метрів за годину.

УФ-чорнила. Ультрафіолетові чорнила (УФ-затверджувані чорнила або чорнила, що затверджуються під дією УФ-випромінювання) – новий виток розвитку рекламної індустрії. УФ-принтера можуть друкувати по гнучким рулонним матеріалам до 2 мм і по твердим матеріалами товщиною до 10 см. Використання УФ-чорнил забезпечує ряд істотних переваг в порівнянні з традиційними сольвентними і екосольвентними принтерами.

До переваг УФ-принтерів слід віднести:

- а) стійкість зображення при зовнішньому експонуванні до п'яти років;
- б) найширший спектр матеріалів для друку, який набагато перевершує перелік матеріалів для сольвентних принтерів (крім звичайних паперу, плівок і банеру, можна друкувати на склі, пластикових аркушах, металі, дереві тощо);
- в) гранично низька витрата чорнила (від 5 мл на 1 м² у виробничому режимі);
- г) екологічність виробництва – УФ-чорнило не містять шкідливих розчинників, тому не потрібна установка додаткового вентиляційного обладнання;
- д) надійність принтера і його компонентів – УФ-чорнила на відміну від сольвентних не містять агресивних розчинників, тому можливість хімічного руйнування системи подачі чорнила в принтері відсутня навіть теоретично.

Один з найважливіших факторів при виборі промислового принтера – це собівартість продукції, що виготовляється на ньому. Велика популярність сольвентних принтерів багато в чому пов'язана саме з цим показником.

Низька собівартість досягається можливістю апаратів друкувати на непідготовлених матеріалах і невеликою ціною на сольвентні чорнила. Що стосується чорнил, то тут потрібно враховувати два фактори: витрата чорнила на квадратний метр і їх вартість за літр. За показником витрат чорнила УФ-принтер в кілька разів ефективніше сольвентних апаратів. Одна з причин цього – різні принципи закріплення чорнил на матеріалі. Сольвентні чорнила висихають завдяки швидкому випаровуванню розчинника, який міститься в них. Таким чином, частина маси чорнила залишається на матеріалі, а частина випаровується в навколишнє середовище. При закріпленні УФ-чорнила вся кольорова маса залишається на матеріалі, так як процес випаровування відсутній – його замінює процес УФ-полімеризації [11].

2.2 Рекомендації щодо вибору матеріалів для друкування.

Для широкоформатного друку картин на полотні, фоторепродукцій та інших поліграфічних робіт використовують натуральні і синтетичні полотна.

Натуральні – справжні полотна, тому вважається, що роздруківки на них більш схожі на оригінали. Але при цьому вони вимагають до себе дбайливого ставлення. Для захисту основи і роздрукованого на ній зображення натуральні полотна необхідно покривати лаком. Лак забезпечує захист від проникнення пилу і вологи, а також захищає від механічних впливів. Адже набагато простіше очистити від пилу плівку, утворену лаком, а не кольоровий шар. Ну і крім того лак створює глянець.

Якщо планується надрукувати репродукцію, особливо картину, написану олійними фарбами, варто вибирати полотна з більшою щільністю (300 г/м² і більше). Таке полотно відрізняється грубою фактурою, яка і надає йому вид зітканої вручну тканини. Матеріал дуже міцний і без проблем витримує не тільки лакування, але і обробку гелями, що імітують мазки олійною фарбою.

Для друку фотографій на полотні краще використовувати тонкоткане полотно. Його поверхня більш гладкіша і біліша, а переплетення ниток рівномірно по всій поверхні полотна. Крім того, натуральні полотна можуть бути лляними і бавовняними. Взагалі професійні художники для роботи з маслом вибирають льон, він краще протистоїть вологості і перепаду температур. Але при цьому у льону більш зерниста і груба фактура.

При виборі матеріалу потрібно також враховувати те, що натуральні полотна майже завжди – матові, хоча виробники і намагаються робити поверхню більш глянцевою в порівнянні з природною.

Синтетичне полотно – рівне, що добре виглядає при друці фотографій. Вони бояться вологи менше натуральних і можуть бути як абсолютно білими, так і виконаними в іншому кольорі. По складу синтетичне полотно складається з поліестрових і бавовняних ниток, при цьому поліестеру більше. Бувають як

матовими, так і глянсовими. Можуть використовуватися як недорога і якісна основа для друку. При цьому на ньому ще й будуть мати гарний вигляд фотографії або модульні картини [2].

3 Дослідження якості друку на полотні

3.1 Вибір обладнання.

Провідними фірмами, що випускають принтери для широкоформатного друку, є Epson, Roland, Canon та Gongzheng [16, 17].

Сольвентні принтери – це найбільш поширений тип широкоформатних принтерів, застосовуваних для виробництва зовнішньої реклами. Представлені в даній категорії принтери володіють незаперечною перевагою – найбільш низькою собівартістю друку серед всіх типів широкоформатних принтерів, одночасно забезпечуючи високу продуктивність друку.

Принцип друку сольвентними чорнилом ґрунтується на тому, що сольвент, як основне середовище, роз'їдає поверхню друкованого матеріалу, таким чином, дозволяючи часткам пігменту проникнути вглиб поверхні носія і зафіксуватися після моментального випаровування розчинника.

Технологія друку сольвентними чорнилом набула найбільшого поширення і довгий час залишалася передовою, і в багатьох країнах, включаючи Україну, як і раніше займає основну частку на ринку зовнішньої друку. Якісні сольвентні чорнила мають високу адгезію і світлостійкість, швидко сохнуть і не вимагають додаткової обробки для захисту відбитка від вигорання і впливів навколишнього середовища.

Чорнила на основі сольвенту є найбільш дешевими з усіх можливих альтернативних варіантів, завдяки цій очевидній перевазі, сольвентні принтери є найбільш конкурентоспроможним рішенням для виробництва широкоформатної зовнішньої реклами.

Сольвентні принтери застосовуються для друку на традиційних для широкоформатного друку носіях, таких як: папір для сітілайтів, плівки ПВХ, банерна тканина, папір для скролів, тканина для прапорів, ПВХ сітка Mesh і багато інших. Також, крім зовнішньої реклами, сольвентні принтери з дозволом друку 1440dpi, іноді використовуються для друку на рулонних полотнах для широкоформатного друку, безшовних фотошпалерах і текстильному банері для сольвентного друку.

Крім низької вартості чорнила, обладнання для сольвентного друку, також є оптимальним бюджетним рішенням. Основне виробництво сольвентних принтерів зосереджено в Китаї, лідируючі позиції займають такі всесвітньо відомі виробники, як Gongzheng та Flora (рис. 3.1, 3.2).

Друк ультрафіолетовими чорнилами – це технологія нанесення фарб, які полімеризуються (твердіють) під впливом ультрафіолетового випромінювання. Барвник не вбирається в матеріал, залишаючись на його поверхні, що забезпечує яскраві та насичені кольори. Завдяки цьому, оброблений матеріал набуває характеристик, які особливо цінні як для рекламної сфери, так і для

промислового виробництва. Полімеризовані таким чином чорнила мають високу стійкість до факторів зовнішнього впливу, вони не вицвітають і не розчиняються у воді і розчинниках.

Крім того, чорнила мають високу покривну, або низьку прозорість, що дозволяє отримувати насичені та яскраві зображення, що працюють на просвіт.



Рисунок 3.1 – Принтер для широкоформатного друку екосольвентними чорнилами Gongzheng ThunderJet C1601S



Рисунок 3.2 – Сольвентний принтер Flora LJ-320P

УФ-технологія дозволяє друкувати як на рулонних, так і на твердих листових матеріалах, таких як стінові та стельові панелі, композитні матеріали, керамічна плитка, коркове покриття, лінолеум, килимове покриття, дерево, ДВП, ДСП, оргскло і скло, шпалери, полотно, тканина, картон і папір, плівка, пластик і ПВХ, металеві поверхні та багато іншого.

Як правило, більшість УФ-принтерів дозволяють друкувати як на жорстких листових, так і на рулонних матеріалах. Можливість стикувати декілька аркушів дозволяє отримувати зображення великих розмірів. Друк може здійснюватися з роздільною здатністю 600, 1200 і 2400 dpi [16, 17].

На рис. 3.3 показано принтер для широкоформатного друку ультрафіолетовими чорнилами Gongzheng GZM3200UV.



Рисунок 3.3 – УФ-принтер Gongzheng GZM3200UV

Принтер оснащений друкуючою головкою Epson DX5, що дозволяє отримувати зображення з роздільною здатністю 1440 dpi. Друк краплями змінного розміру (технологія GZGreyscale) дозволяє досягти тілесного відтінку з бездоганною точністю, плавністю градієнтів, тонка деталізація тексту та дрібних елементів зображення без втрати швидкості друку. У систему подачі чорнил можна встановити ємності об'ємом до 1,5 л, що забезпечує їх безперервну подачу. Автоматична система чищення і парковки зберігає вихідний отвір друкованої головки ідеально чистим та забезпечує найвищу якість друку.

Технологія широкоформатного ультрафіолетового друку (UV- або УФ-друку) отримує останнім часом все більшого поширення. Вона користується популярністю не тільки завдяки своїм незаперечним перевагам перед іншими видами друку, але й за рахунок нанесення високоякісних зображень практично на будь-які поверхні (скло, пластик, дерево, метал, картон, кераміку, плівку). Особливо широкий спектр текстильних матеріалів, натуральних (полотна) та синтетичних тканин, які використовуються для виробництва різних рекламних конструкцій, оформлення комерційних приміщень, декорування житлових інтер'єрів.

У цього способу друку є кілька важливих переваг, які роблять її «технологією майбутнього»:

- друк може бути нанесена практично на будь-який матеріал;
- УФ-друк наноситься буквально за кілька хвилин;
- мінімальні вимоги підготовки матеріалу для нанесення друку;
- друк білим кольором (дозволяє друкувати щільним, криючим білим кольором, в тому числі на прозорих матеріалах з двостороннім друком);
- висока швидкість висихання відбитків – лист висихає відразу ж після проходження через плоттер, фарба затвердіє під УФ-лампами. Можна зразу ж виконувати післядрукарську обробку або використовувати за призначенням;
- друкування з фотоякістю майже на всіх невбираючих матеріалах;
- вологостійкість. Звичайно, папір набуває вологостійкість після ламінування. Але зображення, роздруковані з УФ-технології на пластиці, вологи

не бояться, тому що фарба після висихання і затвердіння утворює міцну плівку, яка витримує як вологу, так і механічні дії. Позначається висока міцність утворюється плівки і хороші показники адгезії;

– стійкість до зовнішнього впливу: різкі перепади температур, сонячне світло, механічне пошкодження і т.д.;

– екологічність та безпечність для людини (при опроміненні ультрафіолетовою лампою не виділяють шкідливих речовин).

У поєднанні з прийнятною вартістю друку виходить, що за УФ-друком явне і очевидне майбутнє в плані внутрішнього та зовнішнього рекламного широкоформатного друку.

3.2 Вибір матеріалів.

Для оформлення інтер'єрів та, зокрема, цифрового друку картин використовуються переважно полотна (канва). Завдяки оригінальним фактурам, які створюються різним переплетенням ниток, багато репродукцій картин ледь відрізняються від оригіналу. Крім того, деякі види полотен, наприклад, Гойя Преміум, Далі Преміум, Матісс Преміум, Уорхол Преміум, мають особливе водовідштовхувальне покриття, що дозволяє використовувати їх для виготовлення рекламних конструкцій для зовнішнього використання. Подібна властивість має і канва Бавовняна Ексклюзив, яка має й іншу важливу якість – вогнестійкість.

Для проведення експерименту були розглянуті матеріали, які використовуються на реальних виробництвах (табл. 3.1) [2].

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики полотен

Назва	Зовнішній вигляд	Опис	Характеристики
Канва Матісс		Характеризується слабо вираженою фактурою. Матеріал виготовлений із 100% поліефіру. Тканина наділена невеликою щільністю, в той же час вона досить гнучка, тому зручно її кріпити на каркас. З Канви Матісс виготовляють середні за розміром панно, картини, фотополотна, банери. Для тканини підходить латексний друк, сольвентний друк, УФ-друк	Щільність – 270 г/м ² Ширина – 152 см
Канва Міро		Складається зі 100% бавовни. Полотно має значну щільність і фактуру художнього полотна. На своєму лицьовому боці тканина має спеціальне покриття, яке покращує якість друку, що наноситься на нього. Канва Міро Преміум підтримує латексний друк, сольвентний друк, УФ-друк. Тканина підходить для виготовлення настінних панно, банерів, фотошпалер, фотохолстів	Щільність – 360 г/м ² Ширина – 152 см

Продовження таблиці 3.1

Назва	Зовнішній вигляд	Опис	Характеристики
Канва Гойя		Полотно виготовлене з 40% бавовни, 60% поліефіру. Поверхня тканини має яскраво виражену структуру художнього полотна. Матеріал підходить для сольвентного, латексного та УФ друку. Канва просочена спеціальним водо-відштовхувальним складом, тому зображенню не буде страшна волога. Нанесений на тканину орнамент має тривалий термін служби. Він не блякне з часом, не стирається і не ламається. Канва Гойя ідеальна для виготовлення банерів, настінних панно, картин, фотошпалер та фотополотнів. Матеріал має підвищену щільність	Щільність – 330 г/м ² Ширина – 310 см

Дослідження проводились в рекламному агентстві, яке займається широкоформатним та цифровим друком, та на невеликому підприємстві, де здійснюють тільки широкоформатний друк. Аналіз заказів підприємств дозволив обрати два матеріали, які найчастіше обирають замовники, а саме синтетичне та натуральне полотно Канва Матисс і Канва Миро відповідно. Ці матеріали дозволяють друкувати як картини, так і фоторепродукції (тобто зображення з фотоякістю).

Напівсинтетичне полотно Канва Гойя має підвищену щільність та спеціальний водовідштовхувальний склад і, відповідно, значно більшу ціну. Тому в дослідженнях вона не буде використовуватись. Її обирають замовники на спеціальні замовлення.

Основна задача вибору матеріалу завжди виникає під час порівняння майже однакових за якістю матеріалів. Тому об'єктивно оцінити якість цих матеріалів і допомогти замовнику отримати якісну продукцію з урахуванням його переваг щодо екологічності, або яскравості, або реалістичності картини допоможе комплексний показник якості. Під час розробки цього показника були враховані особливості друкування картин на різному полотні та різними способами друку – екосольвентним та УФ-друком.

3.3 Методика проведення досліджень.

Комплексна методика оцінки якості друкованих картин на полотні (тобто широкоформатного друку на полотні) передбачає декілька етапів, в результаті яких виробляється єдина концепція оцінки з розрахунком комплексного показника [5, 18]. Він і визначає рівень якості досліджуваних друкованих зразків.

Алгоритм комплексної оцінки якості широкоформатного друку на тканині наведено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Комплексна оцінка якості широкоформатного друку на тканині

Комплексна оцінка якості друкованої поліграфічної продукції пов'язує візуальну оцінку отриманих зразків експертами та інструментальну оцінку фізичних показників якості відбитків на різних матеріалах, отриманих за допомогою широкоформатного друку на двох типах принтерів – екосольвентному та УФ.

Комплексний підхід до оцінювання якості широкоформатного рекламного друку здатний дати максимально точні і об'єктивні результати. Він включає в себе розгляд відбитків за кількома важливими параметрами та їх оцінювання.

Після цього визначається вагомість кожного з властивостей за певною методикою. Вагові коефіцієнти визначаються групою експертів. Сума всіх коефіцієнтів дорівнює одиниці. Після розрахунку комплексного показника, його значення порівнюється з суб'єктивною оцінкою експертів.

3.4 Критерії оцінки якості широкоформатного друку.

Зовнішня та інтер'єрна реклама користується величезною популярністю. Вона досить ефективна і прибуткова, оскільки кольорові, великі банери та плакати видно здалеку, а грамотне використання підсвічування дає можливість продовжити час їх роботи на темний час доби. При виробництві плакатів і банерів активно використовують можливості цифрового широкоформатного друку.

Основні переваги та особливості цифрового друку.

Найважливішою перевагою цифрового друку є його оперативність у порівнянні з іншими видами поліграфії. Серед інших привабливих особливостей технології фахівці також виділяють:

- можливість друку малих тиражів при збереженні рентабельності;
- короткі терміни виконання будь-яких замовлень;
- друк змінних даних;
- можливість використання і редагування користувальницького макета;
- оперативне створення макета і виконання пробного відбитка для попередньої оцінки результату з подальшим внесенням (при необхідності) правок;
- наявність в друкарнях обладнання, що дає можливість друку банерів будь-якого формату;
- простота використання друкарських цифрових машин з мінімумом налаштувань
- доступні ціни.

Всі ці та деякі інші переваги роблять технологію вельми популярною і затребуваною в оперативній поліграфії.

Все більше поліграфічних підприємств набувають і активно використовують цифрове обладнання. Але поки якість результатів оцінюється чисто візуально за принципом «подобається / не подобається», оскільки чітких, офіційно визнаних критеріїв оцінки не існує. Тому дуже актуальною є проблема комплексної оцінки результату друкування, тобто оцінки об'єктивно, без обліку якихось особистих уподобань.

В дослідженнях, які проведені попередніми дослідниками [5, 7, 18-20], сформульовано загальний перелік параметрів оцінки цифрового друку, який включає 11 пунктів.

Повний перелік критеріїв оцінки цифрового друку наступний.

1. Загальна рівномірність друку. Готовий продукт не містить погано надрукованих, занадто світлих або темних місць.

2. Чітка передача градацій. На банері повинні добре простежуватися всі переходи.

3. Нормальна оптична щільність зображення. Картинка не повинна виглядати перевантаженою.

4. Відсутність зайвої оптичної щільності фону. Ніщо не повинно перешкоджати сприйняттю основного контенту.

5. Достатня дозвіл друку. Картинка виглядає чіткою, контури не розпливаються.

6. Роздільна здатність. Добре помітні дрібні деталі при розгляді на відстані.

7. Фактура поверхні. Може виконуватися різної, повинна відповідати змісту реклами.

8. Глянець. Повинен бути рівномірним по всій площі рекламного плаката.

9. Колірний обхват. Якісний відбиток містить всі кольори макета.

10. Ступінь адгезії тонера до основи. Фарба не повинна обсипатися і змиватися водою.

11. Реалістичність передачі пам'ятних кольорів [7, 19].

Для друкування картин на холсті можна не розглядати всі критерії для оцінки якості, тому що дана продукція має свої специфічні риси.

Розглянемо основні з них і спробуємо визначити перелік критеріїв, які суттєво впливають на якість репродукцій на холсті.

Для виготовлення репродукцій і портретів відповідного розміру використовується полотно з високою щільністю, так як в цьому випадку роздруковане зображення виглядає природніше і об'ємніше, що як раз і потрібно для картини, особливо великого формату.

Художники теж вибирають для творчості бавовняні або лляні полотна, що мають грубу фактуру, обов'язково піддаючи їх ґрунтовці. Вони добре виглядають на підрамнику в класичній рамі.

При нанесенні фотографій краще вибирати полотна меншої щільності, що мають більш гладку поверхню. Це дозволяє краще передати насичені відтінки фотографій та їх повноту.

Синтетичне полотно добре підходить для виготовлення фотографій будь-якого розміру, в тому числі з високою роздільною здатністю, а також плакатів та іншої рекламної продукції, яку планується використовувати не тільки у приміщеннях. Такий матеріал має гарну стійкість до впливу вологи і він може використовуватись в вітринах та інших складних умовах.

Після аналізу особливостей друку на холсті, пункти 5 та 10 були виключені з розгляду, тому що друкування виконується якісними принтерами з високою роздільною здатністю, що забезпечує і достатній дозвіл друку, і добру адгезію.

Пункти 4, 7 та 8 також не будуть розглядатись, тому що друкування здійснюється на матеріалах з різним фоном і різною поверхнею. Тому глянець, як і фактурність не завжди необхідні. Також неможливо вказати мінімальну оптичну щільність фону в тих випадках, коли буде використовуватись не білий фон.

Основні оптичні характеристики фону та зображення будуть контролюватись іншими параметрами.

Кінцеве уточнення показників якості друкування картин на холсті було здійснено за допомогою експертного опитування.

На першому етапі обрано така номенклатура показників:

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

3.5 Розробка тестового зображення для оцінки якості широкоформатного друку на полотні.

Тестова полоса була розроблена на підставі аналізу різних тестових зображень, які рекомендовані в літературі та використовуються на виробництві для тестування процесу цифрового. Аналіз тест-об'єктів, які включені в розглянуті тестові смуги, дозволив вибрати необхідні елементи тестових об'єктів для контролю показників оцінки якості широкоформатного друку на полотні.

Всі векторні елементи створюються у векторному Adobe Illustrator, растрові – в растровому редакторі Adobe Photoshop. Це дозволяє забезпечити їх високу якість. Вихідний файл зберігається у форматі TIFF.

Формат тестової смуги – 500x1000 мм із врахуванням розмірів тестових елементів, а також принтерів, які розглядалися (Gongzheng ThunderJet C1601S та Gongzheng GZM3200UV). Вони мають максимальну ширину 1600 мм та 3200 мм відповідно.

Тест-об'єкти доцільно розділити на дві категорії з метою проведення як суб'єктивного, так і об'єктивного аналізу якості широкоформатного друку на полотні. Якщо дослідження проведено правильно, результати цих двох оцінок повинні збігатися. Тобто серед досліджуваних відбитків експерти повинні визначити найкращим той, у якого загальна кількісна оцінка найвища.

Таким чином, тестова смуга повинна включати тест-об'єкти, необхідні для кількісної оцінки показників якості (контраст, кольорове охоплення, відхилення за кольорами, рівномірність та лінійність друку) та елементи для візуальної оцінки споживачем (додатково зображення для оцінювання якості відтворення пам'ятних кольорів та баланс по сірому) [7, 18, 19, 21].

Розглянемо ці елементи більш докладно.

3.5.1 Тест-об'єкти для дослідження градаційних характеристик.

Для досліджування градаційної точності розроблена градаційна шкала для основних та додаткових кольорів, які мають поля з різними відносними розмірами растрової крапки: від 0 до 100 % (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Тест-об'єкт для визначення показника «Градаційна передача»

Поступову передачу доцільно контролювати по градаційній шкалі, розділеної на 20 полів від 5% до 100%, з кроком 5%. Для візуального контролю лінійності градієнту були використані 7 прикладів градієнту в кольорах СМҮК і RGB, та тестові зображення (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Тест-об'єкт для визначення показника «Лінійність градієнту»

3.5.2 Тест-об'єкти для дослідження відтворення кольорів.

Для оцінки колірного охопту буде використана спеціальна шкала для побудови колірного профілю TC2.83 RGB i1 (рис. 3.7).

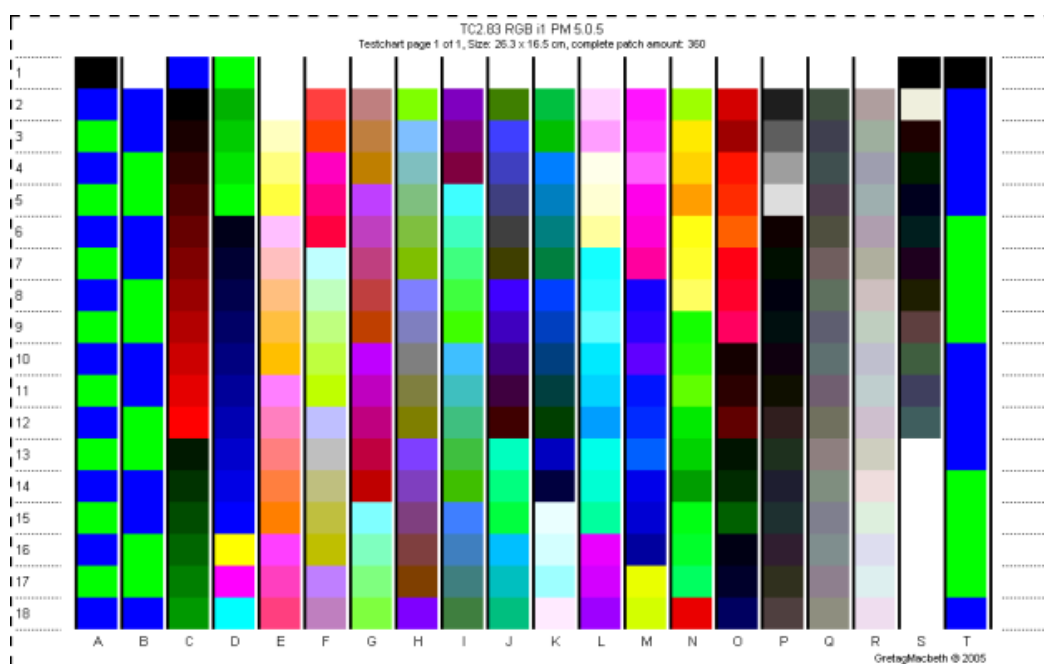


Рисунок 3.7 – Шкала для побудови колірного профілю

Вимірювання проводяться за допомогою спектрофотометра.

Ще один показник який не включається в розрахунок комплексного показника, але він необхідний для контролю якості друкарського процесу – баланс по сірому. Це нормоване співвідношення розмірів растрових елементів, що дозволяє отримати під час друку нейтрально-сірий тон з тріадних друкарських фарб при нормалізованому процесі друкування (рис. 3.8). 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.

Оцінка відтворення пам'ятних кольорів, як і баланс по сірому не входить в розрахунок, але цей показник дуже важливий для відтворення кольорів на картинах та фоторепродукціях, тому було підібрано оптимальний комплект зображень, які дозволять оцінити цей показник групі експертів під час суб'єктивного оцінювання якості друку (рис. 3.9).

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



Рисунок 3.9 – Зображення для оцінки пам'ятних кольорів.

3.5.3 Тест-об'єкти для оцінювання рівномірності та контрасту друку.

Тест-об'єкт для визначення рівномірності друку є запечатаний чорним тонером прямокутник, розташований як по довжині, так і по ширині відбитка. Для зручності вимірювання розділимо даний прямокутник по всій довжині на квадрати зі стороною 10 мм. Для горизонтального напрямку (по 20 значенням оптичної щільності плашки), а вертикального (13 значень).

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. Це градаційні шкали кольорів від 1 до 10% та від 91 до 100% (рис. 3.10).

Розроблена тестова смуга з контрольними елементами роздруковується на обраних широкоформатних принтерах (Gongzheng ThunderJet C1601S, Gongzheng GZM3200UV), які пройшли попереднє калібрування.

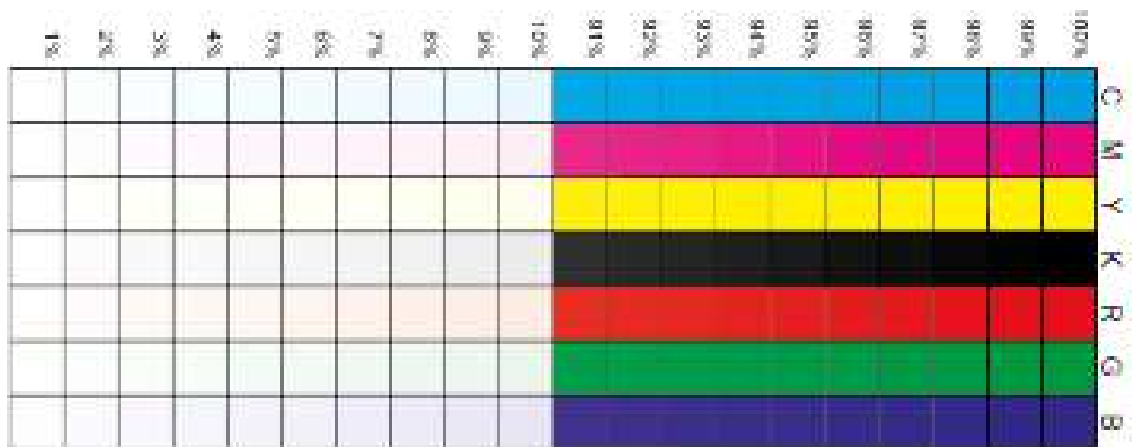


Рисунок 3.10 – Шкали для контролю оптичної щільності та контрасту

Вимоги до експериментального широкоформатного друку на холсті:

- зображення передається в форматі TIFF для збереження максимальної кольорової інформації;
- друкування здійснюється у виробничих умовах на матеріалах, які використовуються для виготовлення картин (синтетичне полотно Канва Матисс та натуральне полотно Канва Миро);
- формат відбитка – до 1600 мм шириною;
- обов’язково дотримання масштабу друку.

3.6 Оцінювання показників якості друку на полотні.

Для оцінювання якості широкоформатного друку було вирішено застосувати комплексний метод, який дозволяє виділити найбільш значущі одиничні показники. Для визначення коефіцієнтів вагомості цих одиничних показників використовується експертний метод, що ґрунтується на опитуванні працівників поліграфічних підприємств, які є професіоналами в галузі додрукарської підготовки та друку.

Після попереднього аналізу були виділені найбільш значущі показники, які впливають на якість широкоформатного друку на полотні. Кінцеве уточнення цих показників якості було здійснено за допомогою експертного опитування.

3.6.1 Вибір членів експертної групи.

Основне завдання під час виборів членів експертної групи полягає у залученні фахівців галузі, здатних максимально точно вирішити поставлене завдання. Для нашого дослідження за допомогою експертного опитування необхідно уточнити номенклатуру показників якості широкоформатного друку, а також визначити значення коефіцієнтів вагомості цих показників окремо для друкування картин і фоторепродукцій.

Проблема підбору експертів є однією з найскладніших у теорії експертних оцінок, оскільки необхідна наявність знань як теоретичних, так і практичних у досліджуваній предметній області. Кількість експертів у комісії впливає на точність та надійність її результатів. Переважно кількість експертів приймають 7 (рідше – 11 або 13).

З урахуванням перелічених завдань та відповідно до рекомендацій було визначено сім експертів з досліджуваних підприємств (РА – рекламне агентство, ПП – поліграфічне підприємство):

- дизайнер 1 (РА);
- дизайнер 2 (ПП);
- художник 1 (РА);
- художник 2 (ПП);
- технолог (ПП);
- препрес-інженер (РА);
- начальник відділу реклами (РА).

Основними критеріями при виборі експертів є:

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

Обрана група експертів ствердила номенклатуру показників для оцінки якості широкоформатного друку, визначених на попередньому етапі, а саме:

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

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

Еталонні (базові) та граничні значення цих параметрів були визначені, виходячи з вимог нормативної документації та практичних рекомендацій [17].

Базові значення даних параметрів наведено в таблиці 3.2. Їх визначення описано нижче.

Таблиця 3.2 – Базові та граничні значення одиничних показників

№ п/п	Показник якості широкоформатного друку на полотні	Значення базового показника (еталону)	Граничне значення показника	
			мінімум	максимум
1.	Контраст	45	35	–
2.	Кольорове охоплення	16107	7425	–
3.	Відхилення за кольорами, ΔЕ (середнє)	1,8	–	3
4.	Рівномірність друку	0,017	–	0,024
5.	Лінійність друку	71	50	–

3.6.2 Визначення базових та граничних значень показників якості друку.

1. Контраст друку.

Для аналізу контрасту друкування на обраних матеріалах будемо використовувати показник відносного контрасту, тому що саме він забезпечує баланс між максимальною оптичною щільністю на плашках та мінімальним збільшенням растрових елементів на зображенні. Об'єктивний метод знаходження даного балансу полягає у застосуванні формули Ширмера – Ренцера [22]:

$$K = \frac{D_p - D_r}{D_p}, \quad (3.1)$$

де K – відносний контраст друку;
 D_p – оптична щільність плашки (100%);
 D_r – оптична щільність растрового поля.

При визначенні відносного контраста друку вимірюється відносна площа растрового поля 80%, оскільки це поле розташовується на крайній межі «сірого», де заходиться більшість півтонів.

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

- звичайний папір – 23-25;
- каландрований папір для офсетного друку – 33-35;
- крейдований папір для офсетного друку – 40-45;
- папір типу «cast-coated» – 45-50;
- просвітний папір для широкоформатного друку – 45-50;
- банерна тканина – 40-45.
- плівка – 35-40.

За еталонне значення візьмемо значення контрасту для банерної тканини. Дослідження проводились як екосольвентними, так і УФ-чорнилами. За граничне значення прийнято контраст каландрованого паперу для офсетного друку.

2. Кольорове охоплення.

Цей показник дозволяє оцінити максимальну кількість кольорів, які здатні відтворити плотери на обраних матеріалах (охоплення кольорів друку).

У процесі субтрактивного синтезу (друк фарбами та тонером) кольірне охоплення набуває форми шестикутника. Вершинами шестикутника є точки, відповідні фарбам синтезу (блакитний, пурпурний, жовтий) і кольорам їх попарних накладень (синій, зелений, червоний). Кольори, які увійдуть в область на кольоровому графіку, обмеженому отриманим шестикутником, будуть визначати кольірне охоплення цього процесу – сольвентний та УФ-друк. Чим більша площа кольорового охоплення, тим більше кольорів можна відтворювати [7].

Для порівняння кольірних охоплень були виміряні Lab координати основних та допоміжних кольорів за допомогою спектрофотометра.

На основі відповідних шкал були побудовані профілі плотерів для кожного з матеріалів. Надається можливість візуально порівняти колірні охоплення плотерів під час їх візуального оцінювання експертами.

За допомогою інструмента Gamut View програми GretagMacbeth Eye-One Share на монітор було виведено об'ємну візуалізацію отриманих профілів і зроблено їх порівняння.

Приклад об'ємної візуалізації тіла кольорового охоплення сольвентного принтеру для синтетичного матеріалу наведено на рисунку 3.11, а. Порівняння його з УФ-принтером для цього матеріалу представлено на рисунку 3.11, б.

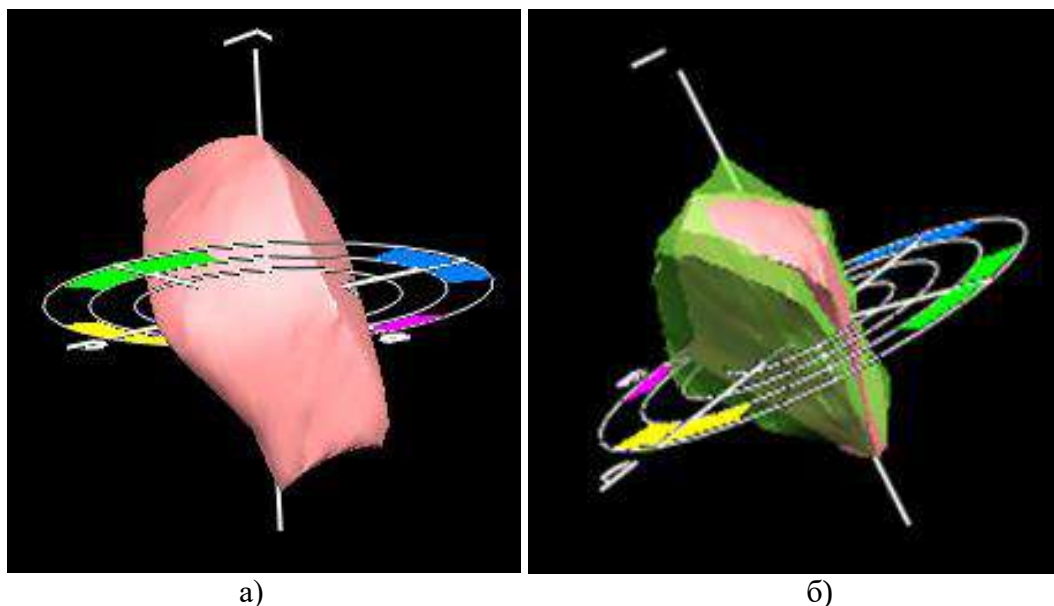


Рисунок 3.11 – Порівняння колірних охоплень УФ-принтера та сольвентного принтера для синтетичного матеріалу

Проекції тіла кольорового охоплення на осі ab для всіх досліджуваних надають можливість візуально порівняти колірні охоплення принтерів.

Розрахуємо кольорові охоплення всіх принтерів для всіх матеріалів. Для цього розрахуємо площу проекції колірного охоплення на площину ab . Зауважимо, що всі отримані результати доцільно звести в одній колориметричній системі CIE Lab.

Приймемо, 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 простої формули, яка полегшить обчислення. Кількісна оцінка колірного охоплення дозволяє порівняти зображення один з одним і може бути результатом експерименту.

Площа цієї проекції може бути розрахована за допомогою формули Герона [19]:

$$S_{TP} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (3.2)$$

де a, b, c – вершини трикутника;
 p – величина напівпериметра трикутника.

Площу шестикутника обчислимо як суму площ чотирьох трикутників:

$$S = \sum_{i=1}^4 S_{TPi} \quad (3.3)$$

Для розрахунку площі проекцій колірною охоплення S для відбитків, отриманих на різних матеріалах, потрібно мати колірні координати, які отримали шляхом вимірювання в системі Lab.

Для дослідження колірною охоплення сольвентного та УФ-друку розраховані площі проекцій колірних охоплень для всіх відбитків на синтетичному полотні (табл. 3.3) та натуральному холсті (табл. 3.4).

Таблиця 3.3 – Значення колірною охоплення для синтетичного холста

Фарба/Вид друку	Gongzheng GZM3200UV (ультрафіолет)			Gongzheng ThunderJet C1601S (сольвент)		
	L	a	b	L	a	b
Cyan	51,4	-35,3	-49,5	51,9	-32,6	-42,6
Magenta	53,1	71,2	6	54,9	63,7	-4,0
Yellow	86,8	-6,8	88,5	87,9	-8,5	69,2
Black	19,7	1,3	3,6	35,3	1,7	5,3
Red	52,6	64,9	55,8	52,6	59,3	38,1
Green	46,4	-71,1	22,2	48,1	-66	15,1
Blue	22,8	21,1	-41,2	27,4	13,4	-43,1
Площа колірною охоплення	12 855,00			9 751,03		

Таблиця 3.4 – Значення колірною охоплення для натурального холста

Фарба/Вид друку	Gongzheng GZM3200UV (ультрафіолет)			Gongzheng ThunderJet C1601S (сольвент)		
	L	a	b	L	a	b
Cyan	52,8	-33,7	-51,4	54,8	-36,6	-52,7
Magenta	45,6	60,7	6,2	51,8	74,6	-5,6
Yellow	86,4	-6,9	87	89,3	-9,2	77
Black	22,4	1,3	3,1	22,1	2	5,2
Red	53,4	65,6	56,2	50,3	64,4	45,6
Green	46,5	-67,5	21,6	51,1	-78,1	17,2
Blue	23,1	20,8	-40,7	19,1	18,7	-46,2
Площа колірною охоплення	12 030,32			11 686,65		

Розрахуємо площу проекції охоплення кольорів також і для еталонного зразка (табл. 3.5), колірні координати якого отримаємо шляхом вимірювання Lab-координат вихідного файлу нашого тестового зображення у програмі Adobe Photoshop.

Таблиця 3.5 – Lab-координати еталонного зразка

Колір	L	a*	b*
Cyan	62	-44	-50
Magenta	52	81	-7
Yellow	95	-6	96
Black	12	2	0
Red	52	74	54
Green	57	-74	30
Blue	25	25	-55

Колірне охоплення еталона наведено на рисунку 3.12. за розрахунком його значення.

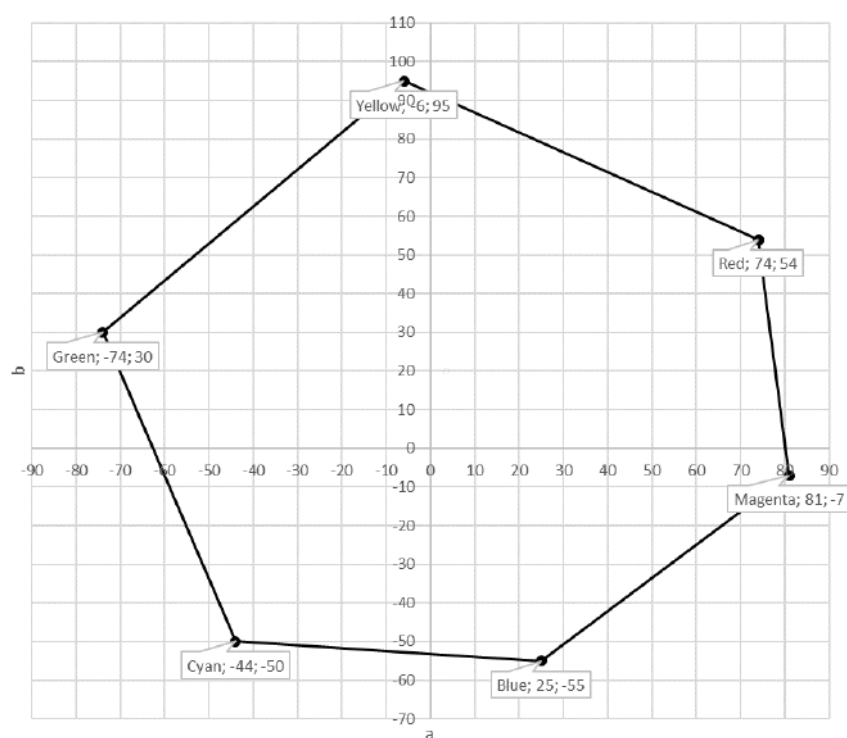


Рисунок 3.12 – Колірне охоплення еталону

Результати розрахунку площ проєкцій колірного охоплення на площину a^*b^* наведено у зведеній таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Площі проєкцій колірного охоплення

Колірне охоплення S			
Еталон		16107	
УФ-принтер		Сольвентний принтер	
Синтетичний холст Канва Матисс	12 855,00	Синтетичний холст Канва Матисс	9 751,03
Натуральний холст Канва Миро	12 030,32	Натуральний холст Канва Миро	11 686,65

Візуальне представлення колірного охоплення відповідно для натурального та синтетичного холстів наведено на рисунках 3.13 та 3.14.

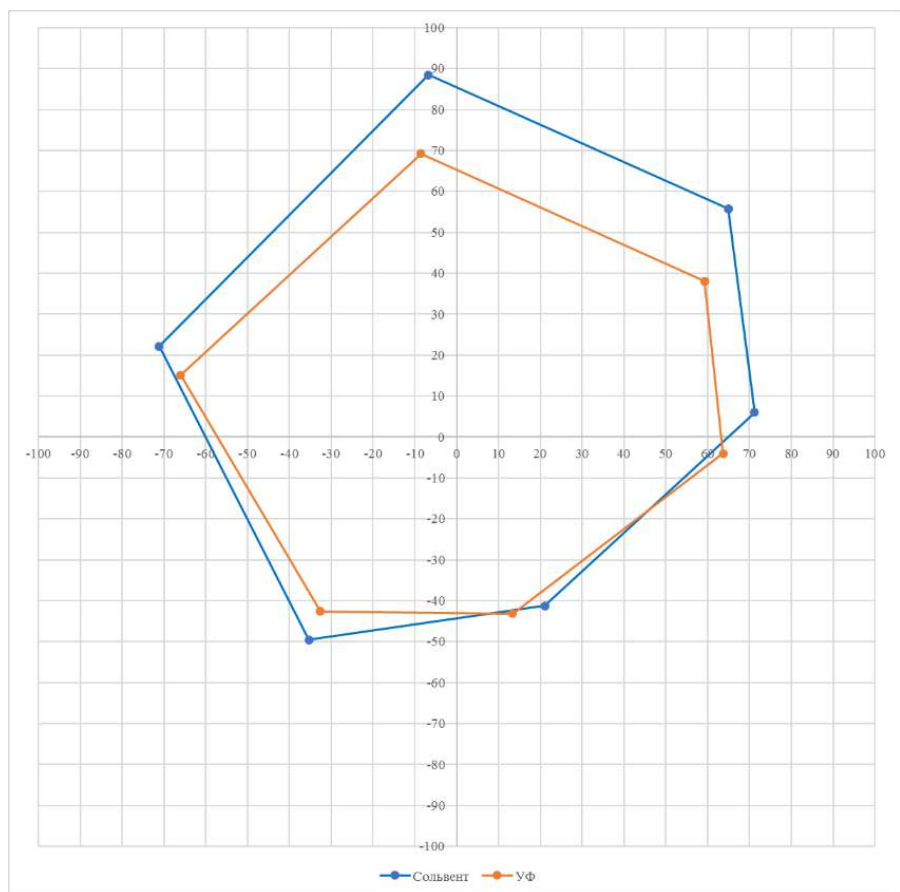


Рисунок 3.13 – Колірне охоплення для натурального холста

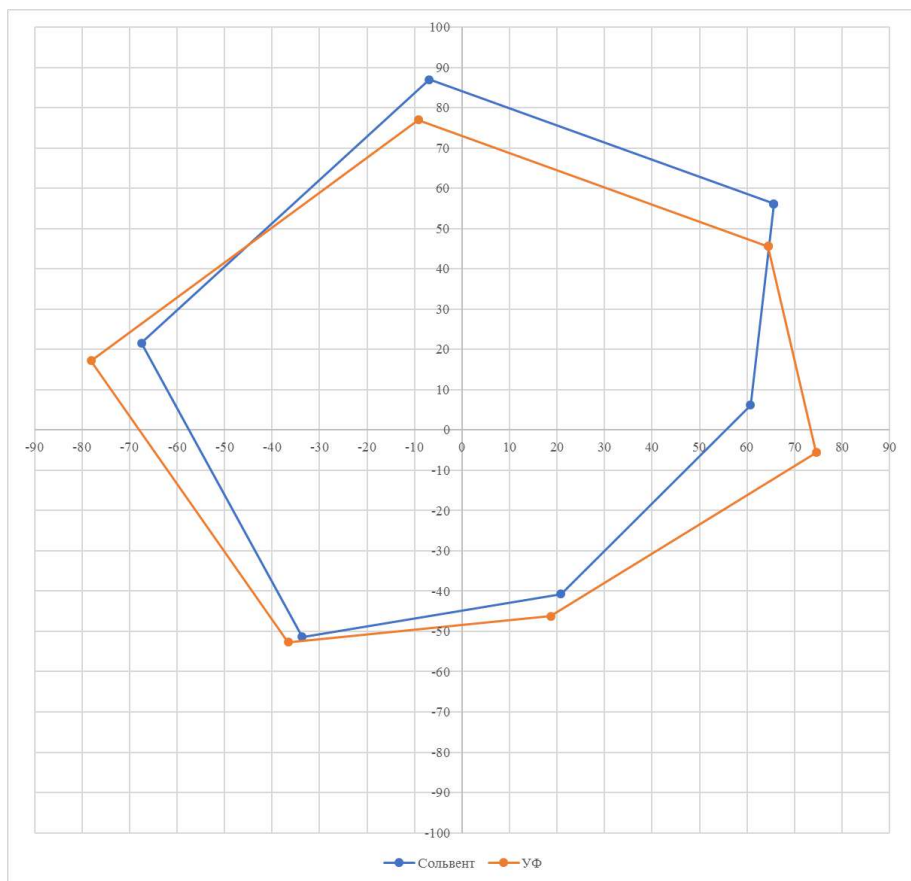


Рисунок 3.14 – Колірне охоплення для синтетичного холста

Проведений аналіз показує, що надруковані відбитки на синтетичному полотні мають більш розширене колірне охоплення, тобто більший динамічний діапазон. Це дозволяє друкувати з фотореалістичною якістю, а також відтворювати яскраві та насичені блакитні, зелені, рожеві та пурпурні відтінки. Це також покращує відтворення тілесних тонів. Що дозволяє друкувати будь-які картини на холсті і задовольняти будь-якого замовника. Сольвентний друк також перевищує граничне значення, тому замовнику можна рекомендувати будь який вид друку для отримання якісної продукції.

Насичені і яскраві кольори не блякнуть під час друку. Особливо це помітно для УФ-чорнил, що підтверджується і візуальною оцінкою.

3. Відхилення за кольорами.

Це властивість системи відтворювати кольори, ступінь відповідності яких на оригіналі та відбитку пропонується оцінювати за показником різниці кольору ΔE [23].

У просторі CIE Lab різниця між кольорами оцінюється за допомогою Евклідової відстані:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (L_1 - L_2)^2} = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2} . \quad (3.4)$$

Граничне значення для цифрового друку 3 одиниці. Всі зразки не перевищують це значення.

Розрахунок середнього значення для кожного зразка здійснюється за шкалою UGRA/FOGRA та наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Колірне розходження

ΔE		3	
УФ-принтер		Сольвентний принтер	
Синтетичний холст Канва Матисс	1,88	Синтетичний холст Канва Матисс	2,6
Натуральний холст Канва Миро	2,08	Натуральний холст Канва Миро	2,73

Дослідження підтверджують можливість використання цих принтерів для якісного друкування як картин, так і фоторепродукцій (УФ-принтера). Причому синтетичний матеріал має кращі характеристики.

4. Рівномірність друку.

Даний показник дозволяє оцінити рівномірність задрукування плашки, що особливо важливо під час друку зображень з великими суцільними ділянками. Цей параметр слід контролювати, що підтверджують багато дослідників якості друку.

В роботі [19] пропонується оцінювати рівномірність друку за значенням середньо квадратичного відхилення:

$$M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_{\text{сер}})^2}{n-1}}, \quad (3.5)$$

де M – показник макронеоднорідності друку;

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

n – кількість полів плашки.

З наведеної формули видно, що тест-об'єкт для визначення рівномірності друку є чорні прямокутники, 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 (3.2) еталонне значення становитиме $M=0,024$.

Показник «Рівномірність друку» розраховується як середня арифметична макронеоднорідність друку в горизонтальному та вертикальному напрямках. Значення макронеоднорідності відповідає середньоквадратичному відхиленні.

Значення оптичних щільностей задрукованих полів були виміряні у двох напрямках. Показники макронеоднорідності друку досліджуваних принтерів було зведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Показник рівномірності друку

УФ-принтер		Сольвентний принтер		Еталон
Синтетичний холст Канва Матисс	Натуральний холст Канва Миро	Синтетичний холст Канва Матисс	Натуральний холст Канва Миро	
0,016	0,019	0,021	0,023	0,024

Найкращий результат у цьому експерименті було отримано на синтетичному холсті Канва Матисс, роздрукованому на УФ-принтері. Загалом результати перевищили всі очікування.

Даний результат свідчить про те, що сучасний широкоформатний друк, вже не містить дефекту нерівномірності друку, як раніше. Причому ці принтери друкують якісно на будь-якому матеріалі, як синтетичному, так і натуральному з різною фактурою.

Ці результати можна рекомендувати замовнику, який сумнівається, що отримає якісне зображення на холсті.

5. Градаційна передача.

Це один із найважливіших показників якості друку. Дану властивість можна оцінити за кількістю напівтонів, що передаються. Використовуємо шкалу із різними відносними розмірами растрової точки: від 0 до 100%.

Для визначення використовуємо метод, що ґрунтується на підрахунку порогів світловідмінності в кожній області та враховує особливості тонопередачі на різних ділянках градаційної кривої (світлах, півтонах та тінях). Це градаційна (тональна) характеристика чорно-білого або кольорового зображення на відбитку, яка є різницею в світлоті (насиченості кольору) його найбільш світлих і темних ділянок [22].

Показник градаційної передачі:

$$n = \sum_{0,02}^{0,3} \Delta D_1 + \sum_{0,3}^{1,1} \Delta D_2 + \sum_{1,1}^{2,0} \Delta D_3, \quad (3.6)$$

де ΔD – число переходів оптичної щільності, виражене в значення порогової чутливості ока для ахроматичних зображень і в кольірних відмінностях при дотриманні балансу «сірого» для кольорових зображень.

Для чорного кольору значення порогової чутливості відповідає середньому значенню, визначеному по Лаурі [22]:

$$\Delta D1 = 0,01, \Delta D2 = 0,02 \text{ та } \Delta D3 = 0,31.$$

Ідеальна градаційна передача є графіком вигляді прямої лінії, отже, розрахувати еталонне значення можна за (3.4):

$$n = \frac{0,3 - 0,02}{0,01} + \frac{1,1 - 0,3}{0,02} + \frac{2,0 - 1,1}{0,3} = 71. \quad (3.7)$$

Лінійність друку також оцінюється візуально. Якщо градієнтна заливки виглядає практично бездоганною: кольірні переходи в цілому плавними, помітна ступінчастість майже відсутня – градієнтну передачу можна вважати відмінною.

Значення вимірної оптичної щільності та розрахунок лінійності наведено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Вимірювання оптичної щільності та розрахунок лінійності

Матеріал	Технологія друку	Dфон	D _{25%}	D _{75%}	D _{100%}	n
Холст натуральний	УФ	0,1	0,32	1,01	1,72	59
Холст синтетичний	УФ	0,02	0,45	1,15	1,98	81
Холст натуральний	Екосольвент	0,1	0,27	0,98	1,58	55
Холст синтетичний	Екосольвент	0,02	0,41	1,03	1,60	72

Для оцінки градаційних властивостей зображень, отриманих на широкоформатних принтерах, необхідно виміряти значення оптичної щільності контрольних шкал з різними відносними розмірами растрової крапки: від 0 до 100 %.

Для найбільш повного уявлення лінійності друку досліджуваних принтерів шкали розроблені для основних та допоміжних кольорів. Вимірювання

здійснюється для кожного типу матеріалу (синтетичні та натуральні холсти і для кожного тестованого пристрою).

Результати вимірювань градаційних кривих, побудованих за результатами експерименту, показують, що оптична щільність зображення залежить від типу принтера. Менші значення оптичної щільності спостерігаються на сольвентному принтері Gongzheng ThunderJet C1601S.

На відміну від екосольвентних чорнил, ультрафіолетові чорнила не висихають і не випаровуються самі по собі, а тільки під впливом ультрафіолетового світла. Тому виходить дуже яскраве зображення з насиченими кольорами та яскравою фактурою (нібито об'ємне зображення, як намальоване справжніми фарбами). Для ультрафіолетового друку не потрібна спеціальна підготовка носіїв, що істотно заощаджує кошти. Закріплення відбувається дуже швидко, при цьому виходить дуже стійке зображення з фотографічною якістю, яке можна використовувати для будь-яких картин на полотні.

3.7 Розрахунок комплексних показників якості відбитків для широкоформатного друку.

Формула розрахунку комплексного показника наступна:

$$Q = \frac{K}{45} + \frac{S}{16107} + \frac{3}{\Delta E} + \frac{0,024}{M} + \frac{71}{n}, \quad (3.8)$$

де Q – комплексний показник якості широкоформатного друку;

K – показник контрасту;

n – показник градаційної передачі (лінійності);

ΔE – значення різниці кольорів;

S – значення площі колірною охоплення;

M – показник рівномірності друку.

Для порівняння якості отриманих відбитків на різних матеріалах використовується комплексний показник, який розраховується для кожного експериментального зразка.

В таблицю 3.10 зведені значення всіх показників для кожного експериментального зразка.

Таблиця 3.10 – Показники експериментальних зразків за якістю друку

Полотно	Технологія друку	Показники				
		Контраст	Кольорове охоплення	Різниця кольорів	Рівномірність друку	Лінійність
натуральне	УФ	41,00	12 030,32	2,08	0,019	59
синтетичне	УФ	42,00	12 855,00	1,88	0,016	81
натуральне	Сольвент	38,00	11 686,65	2,73	0,023	55
синтетичне	Сольвент	36,00	9 751,03	2,6	0,021	72

Отримані результати розрахунку комплексного показника для широкоформатного друку на різних видах тканин та їх ранжування наведено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Ранжування експериментальних зразків за якістю друку

Експериментальний зразок	Комплексний показник якості	Ранг
УФ друк на синтетичному холсті	0,575	1
УФ друк на натуральному холсті	0,570	2
Екосольвентний друк на синтетичному холсті	0,523	3
Екосольвентний друк на натуральному холсті	0,490	4

Комплексна оцінка якості друку пов'язує візуальну оцінку, інструментальну оцінку та фізичні показники якості відбитка, отриманих за допомогою УФ-друку та сольвентного друку.

3.8 Експертне оцінювання якості друку.

Експертні оцінки не використовуються для обчислення комплексного показнику, але вони потрібні для подальшого порівняння з результатами обчислень. Для візуальної оцінки роздрукованих зображень було проведено експертне опитування тієї ж групи експертів, які визначали вагові коефіцієнти для об'єктивної оцінки показників якості широкоформатного друку на холсті.

Зважаючи на професійність експертів, перевага віддана методу рангу.

Для кожного з експертів ставилася задача пронумерувати відбитки від 1 до 6, де 1 – найгірша якість, 6 – найкраща.

За допомогою простого порівняння якості відтворювання тестових зображень, кожен з експертів може швидко відсортувати за якістю відбитки. При цьому експерти оцінюють як об'єктивні показники (наприклад, градаційні характеристики, рівномірність друку), так і суб'єктивні показники якості друку (відтворення пам'ятних кольорів, глянець та фактура поверхні тощо).

Оцінювання експертів наведено в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Оцінювання експертів

Експериментальний зразок	Експерт							Сума балів	Ранг
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7		
УФ друк на синтетичному холсті	6	5	6	5	6	6	6	28	1
УФ друк на натуральному холсті	3	4	3	4	4	4	4	18	2
Сольвентний друк на синтетичному холсті	1	2	2	2	1	1	1	8	3
Сольвентний друк на натуральному холсті	2	1	1	1	2	2	2	7	4

У процесі відбору експертів значну увагу приділяють узгодженістю їх

рішень.

Міру узгодження рішень групи експертів оцінюють за допомогою коефіцієнта конкордації, який визначається за формулою [5]:

$$K_w = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}, \quad (3.9)$$

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

r – кількість експертів;

n – кількість об'єктів експертизи.

Коефіцієнт конкордації може мати значення від нуля до одиниці (для повного узгодження):

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

Для підтвердження узгодженості цього експертного дослідження також розраховано коефіцієнт конкордації, який дорівнює 0,91. Це високий ступень узгодженості думок експертів. Під час порівняння результатів експертної оцінки з комплексним показником ми бачимо повне узгодження ранжування оцінюваних відбитків.

Це дозволяє стверджувати, що комплексну оцінку якості широкоформатного друку можна рекомендувати для практичного використання як типову на аналогічних підприємствах.

Висновки та рекомендації

В роботі були досліджені особливості широкоформатного друку на полотні, здійснено аналіз різних технологій друкування. Експериментальні дослідження проводились в умовах діючих поліграфічних підприємств, які мають екосольвентні та УФ-плотери і спеціалізуються на виготовленні широкоформатної продукції. Матеріали були обрані з асортименту цих виробництв, як найбільш доступні за якістю і ціною. Це дозволило провести всебічне дослідження як властивостей цих матеріалів (їх переваги та недоліки), так і особливості широкоформатного друку на цих матеріалах та надати необхідні рекомендації щодо покращання процесу широкоформатного друку для підприємств.

Обидва підприємства займаються друкуванням картин, тобто виконують друк на холсті. І мають великий попит на цей вид поліграфічних послуг. Для полегшення вибору матеріалів і технологій друкування під час замовлення споживачем була розроблена методика вибору найбільш оптимального сполучення матеріал – вид друку. Ця методика базується на ранжуванні матеріалів за узагальненим показником якості відповідно до вимог друку. Від того, що бажає отримати замовник – картину на полотні чи фоторепродукцію.

Отримані результати однозначно підтверджують якість всіх технологій на всіх матеріалах. Дослідження матеріалів, проведені в роботі, підтверджують екологічність як екосольвентного друку, так і УФ-друку, що дає можливість їх використання не тільки для зовнішніх робіт, але й навіть для виготовлення тканинних полотен для оформлення кімнат. Теж саме можна сказати і про властивості матеріалу – і синтетичне, і натуральне полотно повністю відповідають всім вимогам якості як для внутрішнього застосування, так і для зовнішньої реклами, яку можуть друкувати на холсті.

Для полегшення вибору замовнику пропонується алгоритм вибору, де він може вказати який з параметрів його більш за все цікавить – реалістичне зображення, фактурність, ціна і йому буде підібрано оптимальний варіант.

Це дає змогу стверджувати, що комплексну оцінку якості широкоформатного друку на полотні для досліджуваних матеріалів (синтетичного та натурального полотна) як за сольвентними та УФ-чорнилами можна рекомендувати для практичного використання на підприємствах, які займаються широкоформатним друком.

Результати дослідження можна пропонувати замовникам під час узгодження вибору матеріалу для друкування картин чи фотографій на полотні, або іншої поліграфічної продукції на цих матеріалах.

Комплексний підхід для оцінювання якості дає можливість уникнути суперечки і розбіжності як під час технологічного процесу виготовлення поліграфічної продукції, так і під час спілкування із замовниками.

Список літератури.

1. Чеботарьова, І.Б., & Івлева, А.О. (2020). Використання технології «ЖИКЛЕ» при художньому друці на полотні. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 102-103).
2. Сайт Формат-Харків. URL: <https://for-k.com.ua/>.
3. Григор'єв, О.В., & Вовк, О.В. (2022). Метрологічне забезпечення якості поліграфічної продукції. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 16-17).
4. Григор'єв, О.В., Вовк, О.В., & Петренко, А.І. (2022). Метрологічне забезпечення виробництва в Україні. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 20-21).
5. Манаков, В.П., Чеботарьова, І.Б., Чеботарьов, Р.І., & Муравйова, А.В. (2016). Розробка та апробація методики комплексної оцінки рівня якості флексодруку екструзійного пакування. *Traektoriâ Nauki = Path of Science*, (4). <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-iaprobatsii-metodiki-kompleksnoy-otsenki-urovnya-kachestva-fleksopechati-ekstruzionnoy-upakovki>.
6. Manakov, V., Chebotareva, I., & Muraviova, O. (2017). Integrated evaluation of the quality of extrusion packaging flexo-print. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 11-12).
7. Гавриш, Є.В., Григор'єв, О.В., & Чеботарьова, І.Б. (2020). Оцінка якості широкоформатного друку. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 87-89).
8. Чеботарьова, І.Б., Бізюк, А.В., & Стадник, А.Д. (2024). Аналіз способів друкування на тканині для брендування одягу. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 26-30).
9. Григор'єв, О.В., Чеботарьова, І.Б., & Козаченко, А.О. (2021). Особливості друкування картин на полотні. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 42-44).
10. Ткаченко, В.Ф., & Манаков, В.П. (2007). Цифровий оперативний друк: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ.

11. Chebotarova, I., Havrysh, Y., & Kozachenko, A. (2020). Creation of decorative photo zone elements using sublimation print. Perspective directions for the development of science and practice. (p. 22-26).
12. Вовк, О.В. (2022). Організація виробничого процесу на поліграфічному підприємстві «Формат-Харків». Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Інновації: монографія. (с. 5-36). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».
13. Ткаченко, В.П., Чеботарьова, І.Б., Киричок, П.О., & Григорова, З.В. (2008). Енциклопедія видавничої справи: навч. посібник. Х.: ХНУРЕ.
14. Вовк, О.В., Чеботарьова, І.Б., & Сокольников, В.О. (2021). Аналіз виробничих факторів на етапі додрукарської підготовки широкоформатної продукції. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 38-39).
15. Донський, Д.О., Манаков, В.П., & Чеботарьова, І.Б. (2025). Оцінка впливу виробничих факторів на якість продукції цифрової друкарні «Мадрид». Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 49-51).
16. Вовк, О.В., & Григор'єв, О.В. Технологія та обладнання поліграфічних процесів: конспект. Харків: ХНУРЕ, 2021. 160 с.
17. Каталог Orly. Принтери і обладнання. https://orly.dp.ua/catalog/printers_and_equipment/.
18. Чеботарьова, І.Б., & Манаков, В.П. (2021). Дослідження засобів та методів управління якістю на підприємстві «Бурунін і К». Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: монографія. (с. 164-188). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».
19. Кульбич, І.К., & Лотоцька, О.І. (2013). Оцінка якості відбитків при цифровому друці. Технологія і техніка друкарства, (4), 25-39.
20. Diakov, D., & Chebotarova, I. (2025). Colorimetric parameters of national flags of Ukraine and Bulgaria. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 1. (с. 233-234).
21. Григор'єв, О.В., Вовк, О.В., & Кириллова, Д.В. (2024). Контрольно-вимірювальне обладнання додрукарського етапу – гарантія якості друкованої продукції. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 207-209).
22. Гавенко, С.Ф., & Мельников, О.В. (2020). Оцінка якості поліграфічної продукції: навч. посібник / під ред. Е.Т. Лазаренко; Укр. акад. друкарства. Л.: Афіша.
23. Дурняк, Б.В., Ткаченко, В.П., & Чеботарьова, І.Б. (2011). Стандарти в поліграфії та видавничій справі: довідник. Львів: Вид-во УАД.