

ЯКІСТЬ ПЛОСКОГО ДРУКУ ДЛЯ ГРАФІЧНОГО МИСТЕЦТВА

Огірко І.В.

д.ф.-м.н., професор, кафедра Мультимедійних технологій,
Інститут поліграфії та медійних технологій, НУЛП

Пляцко М.М.

аспірантка, кафедра Мультимедійних технологій,
Інститут поліграфії та медійних технологій, НУЛП

***Анотація.** Кваліметрія плоского друку для графічного мистецтва охоплює методи кількісної оцінки якості продукції, включаючи статистичні, експертні та метрологічні підходи. У статті розглянуто вплив факторів технологічного процесу на показники якості та визначено критерії оцінювання.*

***Ключові слова:** ОФСЕТ, ЯКІСТЬ, ДРУК, КВАЛІМЕТРІЯ, ЕКСПЕРТИЗА, ГРАФІКА.*

Вступ

У сучасному графічному мистецтві плоский друк займає одне з провідних місць завдяки своїй здатності відтворювати високоякісні зображення з чіткими контурами, насиченими кольорами та детальною передачею відтінків. Особливо важливим серед технологій плоского друку є офсетний друк, який уже протягом багатьох десятиліть залишається основою для виготовлення поліграфічної продукції різного призначення – від художніх репродукцій і плакатів до пакувальної продукції та рекламних матеріалів. Його популярність обумовлена високою продуктивністю, економічністю та здатністю відтворювати велику кількість відбитків із мінімальними втратами якості.

Висока якість плоского друку досягається завдяки поєднанню складних технологічних процесів, спеціалізованих матеріалів та кваліфікованої роботи оператора. Ключовими чинниками, що впливають на кінцевий результат, є не лише якість друкарських форм, фарб і паперу, а й точність налаштувань друкарської машини, умови експлуатації обладнання, а також суворе дотримання технологічних параметрів на всіх етапах виробництва.

Зокрема, правильний вибір матеріалів відіграє важливу роль. Фарби повинні мати оптимальну в'язкість, колірну насиченість і стійкість до зовнішніх впливів, а папір – забезпечувати належну адгезію фарби та не деформуватися під час друку. Технологічні аспекти, такі як якість виготовлення друкарських пластин, правильне встановлення кольорів і реєстрації, а також контроль швидкості друку і вологості, визначають чіткість і контрастність зображень.

Людський фактор теж є важливим елементом процесу. Кваліфікація та досвід оператора друкарської машини впливають на оперативне виявлення та усунення можливих дефектів, що виникають під час друку, а також на

підтримання стабільності технологічного процесу. Крім того, ретельний контроль якості на всіх етапах виробництва дозволяє своєчасно виявляти відхилення від стандартів і забезпечувати відповідність поліграфічної продукції високим вимогам замовників.

Отже, якість плоского друку – це комплексний показник, що залежить від багатьох взаємопов'язаних чинників. Розуміння та оптимізація цих факторів є запорукою створення висококласної поліграфічної продукції, що відповідає сучасним вимогам мистецтва та промисловості.

Мета та задачі дослідження

В умовах стрімкого розвитку поліграфічної галузі та постійного підвищення вимог до якості друкованої продукції, особливо у сфері графічного мистецтва, актуальним є питання системного аналізу та удосконалення технологічних процесів плоского друку. Метою даного дослідження є комплексний аналіз критеріїв якості плоского друку, які застосовуються у графічному мистецтві, а також розробка та формалізація методологічних підходів до оцінювання якості з використанням кваліметричних і статистичних методів. Реалізація поставленої мети дозволить не лише підвищити якість друкованих зображень, а й оптимізувати технологічний процес, що забезпечить стабільність та надійність виготовлення продукції високого рівня.

Проблематика якості плоского друку є багатогранною і включає в себе широкий спектр параметрів, що охоплюють як технічні характеристики відбитків, так і суб'єктивні аспекти сприйняття кінцевого продукту. У сучасних дослідженнях під якістю поліграфічної продукції розуміють комплекс властивостей, що визначають відповідність виробу встановленим стандартам та вимогам замовника. У сфері графічного мистецтва, де естетична складова має не менш вагоме значення, ніж технічна, якість відбитку оцінюється за показниками чіткості, кольорової насиченості, рівномірності нанесення фарби, передачі деталей та інших параметрів, що формують візуальне сприйняття твору.

Важливою складовою дослідження є формалізація критеріїв якості, яка дозволяє перейти від інтуїтивних оцінок до об'єктивних параметрів, вимірюваних і кількісно аналізованих. Кваліметричні методи, що базуються на математичних моделях і теорії прийняття рішень, надають змогу систематизувати показники якості, ранжувати їх за значимістю та формувати інтегральні індекси. Це, у свою чергу, створює основу для впровадження автоматизованих систем контролю якості, які дозволяють підвищити ефективність виробничих процесів і знизити рівень браку.

Застосування статистичних методів аналізу відіграє ключову роль у вивченні варіабельності параметрів друку та виявленні закономірностей їхнього впливу на кінцеву якість продукції. Методи регресійного аналізу, факторного моделювання, кореляційного дослідження дозволяють виявити основні чинники, що обумовлюють якість відбитку, та розробити рекомендації щодо оптимізації

технологічних параметрів. Використання статистичних інструментів також сприяє формуванню системи оперативного контролю та моніторингу, що є необхідним елементом сучасного виробництва.

Одним із завдань даного дослідження є детальний аналіз технологічного процесу плоского друку з урахуванням властивостей матеріалів, параметрів обладнання та умов експлуатації. Особлива увага приділяється оцінці впливу властивостей друкарських фарб, якості виготовлення друкарських форм, вибору типу і структури паперу, а також параметрів друку (тиску, швидкості, вологості тощо). Результати аналізу мають слугувати основою для розробки рекомендацій, спрямованих на підвищення стабільності процесу та мінімізацію дефектів.

Таким чином, реалізація поставленої мети сприятиме формуванню комплексної методології оцінювання якості плоского друку у графічному мистецтві, що базується на синтезі кваліметричних і статистичних підходів, а також удосконаленню технологічних процесів. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності поліграфічної продукції та забезпеченню високих естетичних і технічних стандартів.

Основні задачі дослідження.

1. Провести систематичний огляд наукових праць і нормативної документації, що регламентують критерії якості плоского друку, з метою визначення актуальних тенденцій і виявлення проблемних аспектів.

2. Сформувані і формалізувати базовий набір критеріїв якості плоского друку, з урахуванням технічних параметрів і візуально-естетичних характеристик, притаманних графічному мистецтву.

3. Розробити методологію кількісної оцінки якості за допомогою кваліметричних моделей, що дозволяють систематизувати параметри і визначати їхню вагомість у загальній структурі якості.

4. Використати статистичні методи для аналізу експериментальних даних, отриманих у процесі контролю якості, та встановити взаємозв'язки між технологічними параметрами і показниками якості.

5. Проаналізувати вплив властивостей матеріалів (фарби, паперу) і параметрів друку на кінцеві характеристики відбитків, з метою розробки рекомендацій для оптимізації технологічного процесу.

6. Запропонувати науково обґрунтовані заходи щодо вдосконалення технології плоского друку, що базуються на комплексному аналізі та моделюванні процесів.

7. Провести експериментальну перевірку ефективності розроблених критеріїв і методик, підтвердити їхню практичну значимість і адаптивність до виробничих умов.

Реалізація поставлених задач сприятиме підвищенню якості поліграфічної продукції, оптимізації виробничих процесів та впровадженню сучасних систем контролю, що відповідають вимогам сучасного графічного мистецтва та індустрії загалом.

Основна частина

Якість у контексті плоского друку розглядається як складна система властивостей друкованої продукції, яка повинна відповідати певним вимогам: естетичним, технічним, експлуатаційним. У випадку графічного мистецтва особливої ваги набуває точність передачі зображення, стабільність тону, чіткість контурів, відсутність дефектів.

Виділяють кілька рівнів якості:

- технологічний – відповідність технічним параметрам друку;
- візуальний – сприйняття зображення споживачем;
- довговічність – стійкість до механічного зношення, дії світла, вологи.

Кваліметрія плоского друку для графічного мистецтва – вивчаються методологія і проблематика комплексної, кількісної оцінки якості. У кваліметрії кілька підходів до кількісного оцінювання якості. Найбільш уживаний з них базується на наступних принципах.

1. Якість являє собою сукупність тільки тих властивостей об'єкта, які пов'язані з досягненням за його допомогою результату (але не з понесеними при цьому витратами) і які проявляються в процесі споживання (експлуатації, використання) об'єкта відповідно до його призначення.

2. Деякі складні і будь-які прості властивості можуть бути виміряні за допомогою абсолютного показника властивості Q_i ($i = \overline{1, n}$, n – кількість властивостей оцінюваного об'єкта). Отримані в результаті цього значення показника Q виражаються у специфічних для кожної властивості одиницях. Для вимірювань можуть використовуватися метрологічні, експертні, аналітичні методи.

3. Всі властивості, що формують якість, утворюють ієрархічну структуру у вигляді дерева властивостей. Нижчий ярус цього дерева (корінь дерева) це найскладніша властивість – якість об'єкта, а гілки вищого ярусу це прості і квазіпрості властивості.

4. Для зіставлення різних властивостей, що вимірюються в різних за розмахом і розмірності шкалах, використовується відносний безрозмірний показник K_i відображає ступінь наближення абсолютного показника властивості Q_i , до еталонного Q_i^{em} і бракувальному Q_i^{bp} показниками, що характеризує найвищий і найнижчий рівні суспільних потреб.

Відносний показник описується залежністю $K_i = f(Q, Q_i^{em}, Q_i^{bp})$, яка у разі застосування спрощеного методу кваліметрії може бути представлена функцією:

$$K_i = \frac{Q_i - Q_i^{bp}}{Q_i^{em} - Q_i^{bp}}.$$

5. Для зіставлення по відносній важливості всіх властивостей, що входять в «дерево властивостей», використовуються безрозмірні коефіцієнти вагомості G_i .

Для зручності зазвичай приймається

$$0 < G_i < 1, \text{ а } \sum_{i=1}^n G_i = 1.$$

Значення коефіцієнтів вагомості визначаються із залученням різновидів експертного та неекспертного (аналітичного) методів.

6. Кількісна оцінка якості виражається за допомогою показника

$$K_K = \varphi(K_i, G_i, K_{ef}).$$

Функція φ може виражатися різними поліномами, середніми тощо. При застосуванні спрощеного методу кваліметрії ця функція дуже часто може бути виражена за допомогою формули:

$$K_K = K_{ef} \sum_{i=1}^n K_i G_i.$$

7. Якщо, крім якості об'єкта необхідно враховувати витрати на його виробництво і споживання (використання, експлуатацію) – так звані сукупні витрати (окремим випадком яких є використовувані в теорії економічної ефективності наведені витрати), то замість показника якості K використовується показник інтегральної якості, визначення значень якого ґрунтується на тих же принципах.

Однією з головних проблем K_K , яка зазвичай вирішується емпірично, є розробка алгоритму перетворення параметрів об'єкта в показники його якості і, зокрема, цілеспрямований пошук тієї мінімальної сукупності властивостей (показників), які утворюють якість об'єкта. Проблема вибору полягає у виявленні певних груп показників, які б задовольняли вимоги їх необхідності, достатності та незалежності.

Для вирішення цієї проблеми може бути використаний функціонально-типологічний аналіз, заснований на розгляді якості як системи. При цьому розрізняють зовнішні споживчі якості (властивості), за якими судять про придатність продукції задовольняти певні потреби відповідно до призначення, і внутрішні споживчі якості – фізичні, що зумовлюють зовнішні якості і характеризують об'єкт (створюваний і експлуатований), який має структуру взаємопов'язаних фізичних властивостей складових його елементів.

Оцінюють якість часто для вирішення задачі оптимізації якості об'єкта, тобто досягнення найкращого співвідношення між одержуваним від використання об'єкта корисним ефектом і визначення ступеня відповідності об'єкта оцінки заданому еталону.

У кваліметрії уживаються два терміни – вимірювання і оцінка. Якщо в метрології вимірювання розглядається як окремий випадок оцінок, то в кваліметрії вони характеризують два не супідрядні поняття. Під кількісною оцінкою в кваліметрії розуміють деяку функцію відношення (виражена

найчастіше у відсотках) показника якості даної продукції до показника якості продукції, прийнятої за еталон [1-3].

Особливо вагому роль відіграють комплексні оцінки, тобто оцінки показників якості продукції, що відносяться до сукупності її властивостей.

Ймовірно, важливість комплексних оцінок і та увага, яку приділяють їм дослідники, призвели до поширення думки, що кваліметрія оперує тільки комплексними безрозмірними оцінками, отриманими в результаті обчислення тим або іншим способом. Це, безумовно, звужує межі кваліметрії, оскільки виключає зі сфери кваліметрії диференціальні методи оцінки якості (тобто оцінки окремих, одиничних показників властивостей якості). Тим часом, сама назва кваліметрія показує, що її апаратом є всі види оцінок будь-якої розмірності, отримані різними способами

Статистичні методи оцінювання.

У поліграфії статистичний аналіз відіграє ключову роль у контролі якості. Найчастіше використовуються:

- середнє арифметичне як базовий показник;
- дисперсія та стандартне відхилення як показники стабільності;
- однофакторний і багатофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA);
- критерії значущості (наприклад, F-критерій Фішера).

Приклад: у серії експериментів із різними зволожувальними розчинами оцінювалась стабільність тону при тиражуванні ($n = 5$). Було встановлено, що розчин з рН 4,8 демонструє найменше відхилення оптичної густини ($\sigma = 0,03$), тоді як рН 5,5 – $\sigma = 0,09$. Це свідчить про вищу стабільність першого варіанта [4].

У будь-якому експерименті середні значення досліджуваних величин змінюються у зв'язку зі зміною основних чинників (кількісних та якісних), що визначають умови досліду, а також і випадкових чинників. Дослідження впливу тих чи інших чинників на мінливість середніх є задачею дисперсійного аналізу. Дисперсійний аналіз використовує властивість адитивності дисперсії випадкової величини, що обумовлено дією незалежних чинників. Залежно від числа джерел дисперсії розрізняють однофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз. Дисперсійний аналіз особливо ефективний під час вивчення кількох чинників. При класичному методі вивчення змінюють тільки один чинник, а решту залишають сталими. При цьому для кожного чинника проводиться своя серія спостережень, що не використовується при вивченні інших чинників. Крім того, під час такого методу досліджень не вдається визначити взаємодію чинників при одночасній їх зміні. Під час дисперсійного аналізу кожне спостереження служить для одночасної оцінки всіх чинників та їх взаємодії. Дисперсійний аналіз полягає у виділенні й оцінюванні окремих чинників, що викликають зміну досліджуваної випадкової величини. При цьому проводиться розклад сумарної вибіркової дисперсії на складові, обумовлені незалежними чинниками. Кожна з цих складових є оцінкою дисперсії генеральної сукупності. Щоб дати оцінку дієвості впливу даного чинника, необхідно оцінити значимість відповідної вибіркової

дисперсії порівняно з дисперсією відтворення, обумовленою випадковими чинниками. Перевіряють значимість оцінок дисперсії за допомогою критерію Фішера. Дисперсійний аналіз застосовується в різних формах залежно від структури об'єкту, який досліджують; вибір відповідної форми є однією з головних труднощів в практичному застосуванні аналізу.

Роль метрології.

Метрологічні методи дозволяють забезпечити об'єктивність результатів. До основних параметрів, що підлягають вимірюванню:

- оптична густина (DD);
- відтворення дрібних деталей (мінімальна лінія, що відображається без розмиття);
- градація тону;
- точність накладання фарб.

Також враховується стійкість до стирання, розмірність краплі фарби, ступінь зволоження форми. Контроль здійснюється за стандартами ISO, особливо ISO 12647-2:2013 [7].

Результати досліджень

У ході проведеного дослідження основною методологічною основою для аналізу впливу технологічних параметрів на якість плоского друку було обрано однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Цей статистичний метод дозволяє встановити, чи існує статистично значущий вплив окремих незалежних змінних (у даному випадку – параметрів друкарського процесу) на залежну змінну, якою є показники якості відбитка. Такий підхід є обґрунтованим у контексті поліграфічного виробництва, де результати залежать від великої кількості параметрів, що змінюються в межах допустимих технологічних значень.

На основі обробки експериментальних даних було визначено, що серед досліджуваних факторів найбільш значущими виявилися параметри, пов'язані з фізичними характеристиками друкарського циліндра, а також властивості зволожувального розчину. Зокрема, було встановлено, що варіації параметрів циліндра, таких як матеріал покриття, мікрорельєф поверхні та стабільність обертання, безпосередньо впливають на рівномірність нанесення фарбового шару. Визначено, що при дотриманні оптимальних параметрів циліндра підвищується якість передачі дрібних графічних елементів, покращується передача півтонів, зменшується ймовірність появи дефектів типу «притиснутий край» чи «засвітка».

Особливу увагу було приділено вивченню впливу хромування як одного з методів обробки поверхні друкарського циліндра. Хромування забезпечує утворення на поверхні циліндра стабільної та регулярної мікроструктури, що значно підвищує його функціональні властивості. Експериментальні дослідження показали, що хромування сприяє зниженню тертя між друкарською формою та

циліндром, що, своєю чергою, зменшує ризик пошкодження друкарської форми та сприяє подовженню її ресурсу. Крім того, хромування дозволяє забезпечити більш однорідне змочування та рівномірне розподілення фарби, що позитивно позначається на стабільності кольору та зменшенні спотворень на зображенні.

Ще одним важливим чинником, що виявився статистично значущим, є склад і властивості зволожувального розчину. Зокрема, параметри рН, в'язкість, поверхневий натяг та вміст ізопропілового спирту у складі розчину впливають на взаємодію фарби з поверхнею друкарської форми. Неправильний підбір зволожувального розчину може призвести до елементів забруднення зображення, втрати чіткості, зменшення насиченості кольору або нестабільного друку. Оптимізація параметрів розчину дозволяє досягти кращого балансу між змочуванням та нанесенням фарби, що особливо важливо при друці графічних композицій з великою кількістю півтонів і детальних елементів.

Варто також зазначити, що використання методів дисперсійного аналізу дозволило не лише виявити вплив окремих технологічних параметрів, а й оцінити їх відносну важливість у загальному контексті формування якості відбитка. Це створює передумови для розробки системи пріоритетів у технологічному процесі та сприяє побудові оптимізованих моделей контролю якості.

Отже, результати дослідження свідчать про доцільність і ефективність застосування статистичних методів, зокрема дисперсійного аналізу, у сфері поліграфії. Вони дозволяють сформуванню обґрунтовану основу для прийняття технологічних рішень, орієнтованих на покращення якості друку. Виявлені закономірності дають змогу модернізувати окремі елементи друкарського устаткування, зокрема вдосконалити поверхні друкарських циліндрів, а також впровадити системи контролю якості, засновані на аналітичному підході. У результаті це відкриває нові можливості для підвищення якості плоского друку, що має особливе значення у галузі графічного мистецтва, де вимоги до точності й естетичної досконалості є особливо високими. З метою глибшого розуміння взаємозв'язків між технологічними параметрами друку та показниками якості було також застосовано кореляційний аналіз. Результати цього аналізу підтвердили наявність стійких зв'язків між окремими характеристиками друкарського процесу. Наприклад, виявлено високий рівень кореляції між регулярністю мікрорельєфу циліндра та стабільністю тону зображення, а також між параметрами зволожувального розчину та чіткістю контурів графічних елементів. Ці результати дозволяють рекомендувати відповідні технічні коригування у виробничому процесі для забезпечення передбачуваної якості.

Окрім статистичних методів, у дослідженні було застосовано експертне оцінювання якості друку. До участі в експерименті було залучено фахівців у галузі графічного мистецтва та поліграфічних технологій, які проводили візуальну оцінку відбитків за рядом критеріїв: однорідність фарбового шару, точність передачі півтонів, наявність артефактів, насиченість та колірна відповідність. Порівняння результатів експертного оцінювання зі статистичними

показниками дозволило провести верифікацію математичних моделей і забезпечити їх адаптацію до реальних умов друкарського виробництва.

Встановлено, що комбіноване застосування кількісних і якісних методів аналізу забезпечує більш об'єктивну та повну картину впливу параметрів процесу на якість друкованої продукції.

У підсумку слід зазначити, що результати досліджень доводять: інтеграція методів кваліметрії, статистичного аналізу та сучасних технологій моделювання створює ефективний інструментарій для забезпечення та покращення якості плоского друку в галузі графічного мистецтва. З огляду на зростаючі вимоги до художньої та технічної досконалості поліграфічної продукції, така системна наукова основа є необхідною умовою подальшого розвитку галузі.

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що якість друкованої графіки є багатофакторним явищем, яке формується під впливом численних взаємопов'язаних чинників. Комплексна оцінка якості неможлива без системного підходу, що дозволяє врахувати всі аспекти виробничого процесу, починаючи від властивостей матеріалів і технологічних параметрів до людського фактора та умов експлуатації. Такий системний аналіз забезпечує глибоке розуміння сутності процесу формування якості і сприяє розробці ефективних заходів щодо її підвищення.

Одним із найбільш перспективних напрямів у дослідженні якості плоского друку є застосування кваліметричного підходу, який надає змогу формалізувати та систематизувати різноманітні властивості друкованих відбитків у вигляді структурованої моделі. Завдяки цьому підходу можливо не лише кількісно оцінити рівень якості, але й визначити вагомість окремих параметрів, що істотно впливають на кінцевий результат. Впровадження кваліметричних методів сприяє підвищенню об'єктивності оцінки та уніфікації критеріїв, що особливо важливо в контексті графічного мистецтва, де оцінка якості часто носить суб'єктивний характер.

Дослідження також підтвердило, що статистичний аналіз у поєднанні з експертними оцінками формує надійну базу для розробки моделей контролю якості друку. Статистичні методи дозволяють виявити закономірності і залежності між технологічними параметрами і якістю відбитків, а експертний аналіз доповнює цю інформацію глибинним розумінням естетичних і технічних особливостей. Такий комплексний підхід забезпечує більш точне і всебічне визначення якості, що є необхідною умовою для підвищення ефективності виробничих процесів.

Особливу увагу в дослідженні приділено технологічним удосконаленням, зокрема в області друкарського циліндра, які мають безпосередній і суттєвий вплив на кінцеву якість відбитків. Оптимізація параметрів роботи циліндра, покращення матеріалів і технологій нанесення фарби сприяють підвищенню чіткості зображення, рівномірності фарбового шару та відтворенню тональних переходів. Впровадження таких інноваційних рішень дозволяє суттєво підвищити якість поліграфічної продукції, що є критично важливим для

графічного мистецтва, де висока якість відбитків є запорукою збереження художньої цінності творів.

Отже, комплексний підхід, який поєднує кваліметричні методи, статистичний аналіз та технологічні удосконалення, є ключовим чинником забезпечення високої якості плоского друку. Впровадження таких підходів на практиці дозволить не лише підвищити стандарти якості в поліграфії, а й забезпечити сталий розвиток графічного мистецтва у сучасних умовах.

Список літератури.

1. Огірко, О.І., Галайко, Н.В. (2017). Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. Львів: ЛьвДУВС.
2. Дурняк, Б.В., Мельников, О.В., Васишин, О.М., & Дячок, О.Г. (2002). Поліграфія та видавнича справа: тлумачний слов. Львів: Афіша.
3. Мельников, О.В. (2007). Технологія плоского офсетного друку: підруч. 2-е вид. Львів: Укр. акад. друкарства.
4. Пляцко, М.М., & Огірко, І.В. (2024). Еволюція методів плоского друку в історії графічного мистецтва. Наукове видання. Поліграфія і видавнича справа, 2(88), 149-158.
5. Величко, О.М. (2005). Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту: монографія. Київ : Видав.-полігр. центр «Київський університет».
6. Гавенко, С.Ф., & Мельников, О.В. (2006). Стандарти у видавничо-поліграфічній галузі: навч. посіб. Львів: УАД.
7. Назар, І.М., Лазаренко, Е.Т., & Якуцевич, С. (2009). Параметри відбитків рулонного офсетного друку: фактори управління і впливу: монографія. Львів: УАД.