

О.В. ВОВК, канд. техн. наук, І.Б. ЧЕБОТАРЬОВА, Д.В. ПОЛЕНОК

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ ТОВ «НАРГУС»

Вступ

Технологія флексографічного друку набирає все більше замовників у сфері друку гнучкої рулонної упаковки. Завдяки точному відтворенні кольору, стійкому зносу флексографічних форм, гнучкому налаштуванню обладнання надає замовникам повну свободу керування процесу. Але з розвитком флексографії створюються нові стандарти, які більш жорсткіші від тих, що були. Насамперед це стосується відтворення кольору під час друку будь-якого накладу. Замовник бажає незмінність та стійкість кольору від накладу до накладу. Щоб заохочувати замовників і відповідати технологічним стандартам, вдосконалюється як саме друкарське обладнання, так і спосіб контролю кольору. За стандартом ISO 12647-2 від 2013 р., відхилення кольору за dE_{2000} повинно складати не більше 5. Виходячи з цього, підготовка фарби та її корекція – найважливіші процеси на друкарському підприємстві, оскільки саме на ці процеси припадає найбільше витраченого часу і матеріалів. Несерйозне ставлення до даної проблеми призводить до великої кількості браку, що, в свою чергу, веде до збитків і поганого іміджу підприємства перед замовниками.

Мета роботи – дослідження особливостей кольоровідтворення на ТОВ «Наргус» та виявлення факторів, які впливають на якість флексодруку. Дослідження основних етапів виробництва гнучкого пакування на різних матеріалах в умовах діючого підприємства дозволить виявити основні проблеми щодо кольоровідтворення. Використання апаратних та програмних засобів забезпечить повне дослідження відтворення кольору на друкарському виробництві. Детальне дослідження додрукарської підготовки продукції та технологій виготовлення флексоформ дозволить виявити основні фактори, які впливають на кінцеву якість продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- ознайомлення з найважливішими технологічними процесами відтворення кольору на флексографічному підприємстві;
- дослідження властивостей фарби на надрукованому матеріалі;
- аналіз браку на підприємстві «Наргус» та пропозиції щодо його усунення;
- ознайомлення з нормативно-технічною документацією на флексографічному виробництві, етапами і стадіями розробки друкованої продукції;
- дослідження особливостей додрукарської підготовки і виготовлення флексоформ, та визначення факторів, які впливають на якість друку;
- розробка методики вибору флексографських форм для друкування на невбираючих матеріалах;
- дослідження особливостей відтворення кольору в умовах діючого поліграфічного підприємства ТОВ «Наргус»;
- розробка методики підвищення швидкості підбору фарби та рекомендації щодо її застосування.

1. Аналіз процесу контролю якості на підприємстві

Під час аналізу світового ринку поліграфічної продукції друкування пакувань залишається єдиною галуззю, де спостерігається деяке зростання (на 3,3 % на рік), в цей сегмент входять коробки, етикетки, гнучкі пакування [1, 2]. Пандемія вплинула на обсяги виробництва упаковки в набагато меншому ступені, ніж на випуск книжково-журнальної продукції, рекламної продукції та оперативної поліграфії.

Згідно з даними дослідження «Майбутнє друку упаковки до 2025 р.», проведеного агентством Smithers, ринок друку упаковок та етикеток на кінець 2020 р. досяг 431,6 млрд дол. Не дивлячись на карантин, світовий ринок друкування упаковок буде в середньому зростати на 2,6 % і до 2025 р досягне обсягу 491,1 млрд [3].

Харківська фабрика флексографського друку «Наргус» – це сучасне високотехнологічне підприємство з виробництва гнучкої упаковки для харчової, фармацевтичної, хімічної та інших галузей промисловості, один з провідних на українському ринку виробників упаковки [4]. Підприємство намагається максимально контролювати якість продукції. Згідно з цим, для підприємства були поставлені такі цілі:

- постійно удосконалювати технологію виробництва, виконувати вимоги замовників та перевершувати їхні сподівання;
- проводити оптимізацію виробничих процесів і зниження витрат;
- вдосконалювати компетентність персоналу, проводити аудити з підвищення кваліфікації.

Контроль готової продукції здійснюється відповідно до нормативно-технічної документації з оформленням паспортів якості. Лабораторія з контролю якості володіє такими приладами: прилад для тестування плівок на розрив; тестер для підбору оптимальних режимів пайки; термошафа; електронні ваги; мікрометри, цифрові мікроскопи, спектрофотометр, тощо. На підприємстві проводиться контроль напівфабрикатів на кожній стадії виробничого процесу:

- додрукарської підготовки оригінал-макетів;
- плівок для виготовлення фотополімерних друкарських форм;
- фотополімерних друкарських форм;
- виготовлення напівфабрикатів.

Завдяки жорсткому контролю продукції підприємство намагається якнайбільше уникати браку продукції, але повністю уникнути браку неможливо. Це пов'язано з великою кількістю параметрів. Дефекти, що призводять до браку продукції, існують як на готовій продукції, так і на напівфабрикатах. Тому було проведено дослідження статистики відділу з контролю якості для збору інформації щодо дефектів, які викликають брак продукції.

Найбільш часто при флексографічному друці зустрічаються такі проблеми [5]:

а) проблеми взаємодії фарби з підложкою. Фарби в цьому виді друку мають відносно низьку в'язкість, що призводить до високого вбирання до висихання, отже, втрати насиченості друку. Тому найкращою для флексографічного друкування стає УФ-фарба. Її переваги пов'язані з миттєвим затвердінням і відсутністю органічних розчинників;

б) втрата контрастності на відбитку. Це найбільш важлива проблема, яка пов'язана з тим, що флексографські друкарські форми будучи еластичними, сприяють появі ефекту «розтискування» і, як наслідок, відбиток втрачає контрастність.

Необхідними умовами якості стає застосування друкарських форм, що забезпечують мінімальне збільшення тону. Актуальною задачею є обґрунтування методології вибору форм флексографічного друку, а також вибір оптимального обладнання для їх виробництва.

2. Основні дефекти, виявлені на виробництві

На формування градаційних характеристик у флексографському друкарському процесі впливає ряд факторів:

- параметри друкарської форми (тип матеріалу, товщина, жорсткість);
- кріплення друкарських форм на формні вали друкарської машини за допомогою двосторонньої липкої демпфуючої стрічки додатково усереднює тиск в друкарській парі;
- характеристики друкарського процесу (тиск, швидкість, температура сушильного пристрою);
- характеристики анілоксових валів (передана кількість фарби);
- фізико-хімічні та технологічні властивості друкарських фарб;

– тип і властивості процесу задруковування матеріалу (адгезійно-когезійна взаємодія з друкарською фарбою, активація поверхні для полімерних плівок, коронація поверхні тощо) [5].

Якість кінцевої флексографічної продукції визначається підготовкою до друку – особливостями додрукарської підготовки та правильним вибором фотополімерної форми.

За даними проведених досліджень на підприємстві ТОВ «Наргус» виявлено основні чинники, які приводять до браку продукції (рис. 1).

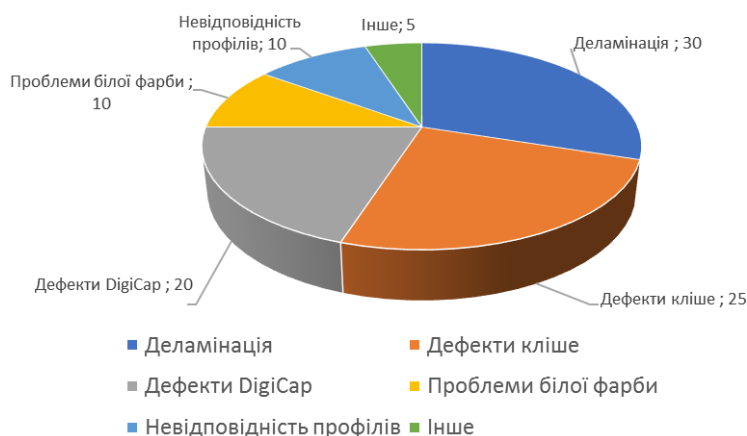


Рис. 1. Статистика браку на підприємстві «Наргус»

Найбільший відсоток (30 %) – це проблеми деламінації (розшарування через фарбу, клей, матеріал тощо). На другому місці (25 %) – дефект кліше (бульбашки на кліше, погане засвічування, побиття озоном). Ще 20 % – проблеми технології DigiCap (наявність смуг мікрорастрування, збільшення нанесу, невідповідність кліше під окремі види робіт). Останні 25 % – проблеми з кольоровідтворення, пов’язані з різними причинами, наприклад перенесення білої фарби (різний склад білої фарби від партії до партії; при друкуванні на темних фонах наявність «вікон» білої задруківки) – 10 %, та невідповідність профілю теж 10 %, а ще 5 % – це помилки кольороподілу, матеріалу, фарби, порушення вимог технолога тощо. Це показна статистика, яка відповідає реальному виробництву.

Аналіз наведених даних показує, що 45 % браку пов’язані з друкарськими формами (технологіями їх виготовлення, растрування та обраними фотополімерами). Правильний вибір додрукарських технологій та матеріалів для виготовлення друкарських форм значно знизить процент браку кінцевої продукції. Тому цей етап потребує детального дослідження.

Брак продукції може з’явитися в результаті виникнення різноманітних дефектів фотополімерних флексоформ (кліше). Більшість браку, який виникає у зв’язку з дефектами кліше, це недостатнє експонування друкарських елементів та неправильний вибір технології виготовлення флексоформ.

Щоб зменшити кількість цього виду браку на підприємстві «Наргус», пропонується дослідити різні технології виготовлення фотополімерних форм для флексодруку на невбираючих матеріалах.

Розглянемо непопадання кольору в рамки відхилення dE_{2000} у процесі підготовки друкарського обладнання (приладки) до друку тиражу. Для контролю правильності кольоровідтворення після отримання першого друкованого відбитка на приладці робиться порівняння отриманого кольору з еталоном за допомогою спектрофотометра. Вимірюється відхилення кольору dE_{2000} і відхилення координат кольору ΔL , ΔC , ΔH . Результат вважається задовільним за наступними допустимим відхилення кольору, які наведені в табл. 1.

Колориметричні допуски для тріадних та спеціальних фарб

Параметр	Чорний	Блакитний	Пурпурний	Жовтий	Pantone
Допустиме відхилення	L<5, C<3	H<6	H<6	H<6	H<8
Зміна відхилень	E ₂₀₀₀ <2	E ₂₀₀₀ <2	E ₂₀₀₀ <2	E ₂₀₀₀ <2	E ₂₀₀₀ <2

Проблеми з відтворенням кольору на відбитку можуть бути вирішені завдяки стандартизації виробництва, що і підтверджено під час виконання досліджень на підприємстві ТОВ «Наргус».

Будь-який етап підготовки макету до друку та відповідно сам процес друку на підприємстві підпорядковується внутрішнім розробленим правилам згідно досвіду та зовнішнім стандартам з друку. Тому розроблені рекомендації щодо покращання процесу кольоровідтворення можуть бути впроваджені на цьому виробництві.

У роботі розглянуто усі етапи відтворення кольору:

- розробка оригінал-макету поліграфічної продукції;
- відтворення особливостей дизайну;
- кольороподіл;
- кольоропроба;
- відтворення необхідного кольорового охоплення завдяки правильному використанню відповідної технології растрування;
- вибір правильних параметрів флексографічних фотополімерних форм та анілоксових валів;
- підготовка фарби до друку.

Для вирішення задач, поставлених в роботі, необхідна наступна експериментальна база: тиражі з наявністю декількох пантонів; різноманітні невбираючі матеріали, на яких відбуватиметься тиражний друк на підприємстві; пігментні фарби, які використовуються для друкування накладу; прободрукарський станок для прокатки фарб; спектрофотометр, цифровий мікроскоп; програмне забезпечення для обчислення оптичних властивостей фарб; пантонне віяло; комплект тестових флексоформ.

3. Аналіз технологічного процесу на ТОВ «НАРГУС»

3.1. Технологічні інструкції з процесу флексодруку

Для того щоб розглянути в повній мірі кольоровідтворення на підприємстві ТОВ «Наргус», проаналізовано особливості технічної документації з процесу флексографічного друку [6].

За годину до початку приладки тиражу старший друкар отримує у начальника зміни наступну документацію: технічне завдання на друк тиражу (ТЗ); технологічну карту (ТК); зразки на приладку, завірені технологом (менеджером) або оригінал-макет (кольоропробу), завіреним замовником (менеджером), зразки кольорів.

На ТК має бути присутній підпис особи, яка перевірила правильність монтажу друкарських форм на формних валах. Друкар вивчає в ТЗ і ТК інформацію, що стосується монтажу кліше, фарб і добавок до них, процесу друку, а також всі примітки і рекомендації менеджера, дизайнера, технолога. У разі, якщо друкар виявляє помилку в ТК, чи вважає, що можна зробити зміни в технології друку, що дозволяють поліпшити якість друку, він погоджує пропонувані зміни з технологом з друку (з повідомленням начальника зміни). Будь-які зміни в технічному завданні повинні бути відображені в самому ТЗ і обов'язково узгоджені з представником технічного відділу.

На друкарські секції встановлюються анілоксові і формні вали в порядку, зазначеному в технологічній карті технічного завдання. Формні вали встановлюються відповідно до напрямку друку, зазначеним у технологічній карті. Перед установкою анілоксових валів необхідно попередньо переконатися в їх чистоті. Старший друкар контролює результат роботи

колориста щодо підготовки до друку. Під час контролю перевіряються: серії фарб, лаків, праймерів; розташування фарб по секціях; правильність підключення розчинників до секцій з різними фарбами; наявність зазначених в ТК добавок в фарбах або їх відсутність; в'язкість фарб, лаків, праймерів; різні рівні визначення оптичної щільності.

Також у процесі пробного друку перевіряється адгезія фарби. Адгезія характеризує якість зчеплення фарби з поверхнею матеріалу і залежить від поверхневого натягу (активації) поверхні матеріалу і властивостей фарби. Якість адгезії визначається завдяки «скотч-тесту». У процесі друку треба витримувати 100 % адгезію.

Процес підготовки друкарського обладнання та друк гнучкої продукції виконується за детально описаними стандартами і рекомендаціями в повній мірі.

3.2. Технологічні інструкції з використанням фарб в процесі флексодруку

В процесі флексографічного друку на підприємстві «Наргус» використовуються два види фарб: готова фарба і виготовлена на «Станції змішання фарб». Фарби створені на основі сольвентно-водних фарб. На «Станції змішання фарб» базову тріадну фарбу (без освітлювача) необхідно готувати заздалегідь і складувати біля станції. На «Станції змішання фарб» пантонна фарба виготовляється безпосередньо перед тиражем, при відсутності її на складі зворотних фарб. Якщо на новий тираж необхідний пантон, формули якого немає в «базі даних формул InkMaker», то необхідно виготовити приблизний пантон, керуючись «пантонним віялом». Під час приладки на друкованому відбитку вимірюються оптичні щільності $D_{\text{опт}}$ тріадних фарб: С, М, У, К. Отримані значення порівнюються зі значеннями еталонного зразка або з зазначеними в довідковій таблиці значеннями. Якщо $D_{\text{опт}}$ відрізняються в більшу або меншу сторону від табличних значень на величину, яка перевищує $\pm 0,05$, фарба корегується додаванням освітлювача або більш пігментованої фарби.

3.3. Засоби виміральної техніки

На всіх етапах виробництва має бути використаний єдиний стандарт освітлення D50 (5000 K). Відбитки необхідно переглядати на спеціальних переглядових пристроях, що забезпечують рівномірне підсвічування знизу розсіяним світлом. Навколишнє освітлення повинно бути рівномірним і вдвічі менш інтенсивним, ніж освітлення в області перегляду.

На підприємстві «Наргус» біля кожної друкарської машини та в дизайн-відділі стоїть переглядовий стіл, завдяки якому можна переглядати кольоропроби за однаковими умовами освітлення в кімнаті. Переглядовий стіл Etman Color view system володіє перемикачами режиму світла, що дозволяє порівняти макет дизайну при різноманітних умовах освітлення.

Для обчислення dE використовується спектрофотометр Standard eXact. Standard eXact був спеціально розроблений для друку упаковки і є провідним на ринку спектрофотометром для перевірки кольору СМУК та спеціальних кольорових фарб.

Контроль в'язкості для флексографічного друку надзвичайно важливий, тому що від в'язкості в значній мірі залежить швидкість висихання фарби, гарне сприйняття її задрукованою поверхнею, чіткість друку, відсутність забивання пробільних елементів друкарської форми. На підприємстві «Наргус» використовуються ручні віскозиметри типу ВЗП-4, призначені для визначення умовної в'язкості лакофарбувальних матеріалів та відносних до них продуктів – ньютонівських або наближених до них рідин через зміну швидкості спливання рідини і поступової конвертації часу за спеціальними таблицями або за допомогою допоміжних засобів у абсолютних одиницях виміру в'язкості. Крім того, на підприємстві існує автоматичний віскозиметр, який встановлено на друкарському обладнанні. Під час друку обов'язково підтримується в'язкість фарби в певних рамках, оскільки можуть виникнути проблеми з просиханням фарби, або її налипанню на задрукованому матеріалі.

Одним з основних недоліків друкарського процесу у флексографії є високий приріст колірної тону. На збільшення тону під час друку впливають і властивості формного матеріалу. Більш точні вимірювання можна отримати з використанням спеціальних спектрофотометрів та цифрових мікроскопів. Для вимірювання параметрів друкарських форм використову-

ється прилад FAG FLEXi PRO, який дозволяє оцінити форму точки в тривимірному вимірюванні і визначити площу растрових точок на друкарській флексоформі.

4. Контроль кольоровідтворення на різних етапах виробництва

4.1. Відділ додрукарської підготовки

На підприємстві «Наргус» існує власний відділ додрукарської підготовки, де дизайнер і препрес-інженер виконують підготовку макетів до друку. Виходячи з можливостей флексографічного друку, дизайнер повинен надати концепцію дизайну, яка дозволить друкарському обладнанню видати всі очікування замовнику. У відділі розроблено рекомендації для створення макету з метою запобігання можливого браку. При бажанні замовника отримувати стабільний відтінок кольору використовують систему пантонних кольорів. Потрібно використовувати власні профілі, оскільки на підприємстві існує як друкарське обладнання так і інші ланки (наприклад монітор препрес-інженера) завдяки яким настає змога стандартизувати кольоровідтворення. Використання власних профілів для кольороподілу і кольоропроби на етапах додрукарського і друкарського процесів – невід'ємна умова стандартизованого поліграфічного технічного процесу. Переваги використання власних профілів на кольоропробі – прискорена приладка і скорочення реклаमाцій.

Для компенсації невідповідностей кольорових охоплень оригіналу та надрукованого відбитку на підприємстві використовується система семифарбувального друку Opaltone Matching System (OMS). Вона дозволяє розширити колірне охоплення відбитків за рахунок відтворення яскравих синіх, зелених і помаранчевих кольорів, які не можна отримати при тріадному друці, а також дає можливість мінімізувати застосування сумішевих фарб. Саме при введенні у макет пантонних кольорів принтер, що друкує кольоропробу, використовує не тільки тріаду фарб, а ще й додаткові фарби для яскравості та точності відтворення пантонних кольорів. На підприємстві для кольоропроб використовують кольоропробний папір EFI Proof Rare, спеціально розроблений для імітації тиражного друку. Він відповідає друкарським паперам з Міжнародного стандарту ISO 12647-2, сертифікованого інститутом FOGRA.

4.2. Особливості виготовлення кліше

Підприємство «Наргус» має свій репроцентр, на якому виготовляються флексоформи, а також іноді замовляє кліше для виконання окремих робіт в ТОВ «Лазерфлекс».

Для виготовлення флексографічної форми використовується технологія «Flexcel NX». Технологія застосовується для фотоформ з термочутливою багатошаровою плівкою, які розроблені компанією KODAK – Flexcel NX 830 Thermal Imaging Layer [7]. На цих фотоформах записується негативне зображення. Після запису зображень, плівку прикочують до звичайної аналогової форми за допомогою ламінатору.

Технологія «KODAK Flexcel NX» вирішує проблему окислення. Вона повністю виключає вплив кислоти на фотополімерний шар у процесі експонування. Сформоване в результаті прямого експонування зображення на фотополімері в точності повторює зображення, сформоване на плівці KODAK TIL, при цьому поверхня растрових точок має абсолютно плоску форму.

Для збільшення оптичної щільності, вимкнення «сивини» на плашках та растрах у системі «Flexcel NX» застосована інноваційна технологія растрування «Kodak DigiCap NX». Програмно-апаратна функція «DigiCap NX» формує на всій поверхні друкарської форми зернистого мікрорельєфу (5x10 мкм), підвищуючи фарбоперенос та якість друку у всіх тональних зонах, включаючи плашки. Застосування даної функції не лише забезпечує відсутність ефекту «сивини» на плашках, але і суттєво збільшує кольорове охоплення, забезпечує якісне відтворення деталей у контрастних кольорах. На підприємстві використовують дві технології растрування DigiCap (рис. 2): standart, advanced. Завдяки технології standart, растрові елементи кліше відтворюються з особливою формою конуса, що дозволяє відтворювати найсклад-

ніші растрові «розтяжки». В свою чергу, технологія advanced відтворює якнайкраще плашкові елементи, завдяки своїй особливій формі зрубленого конуса [7, 8].

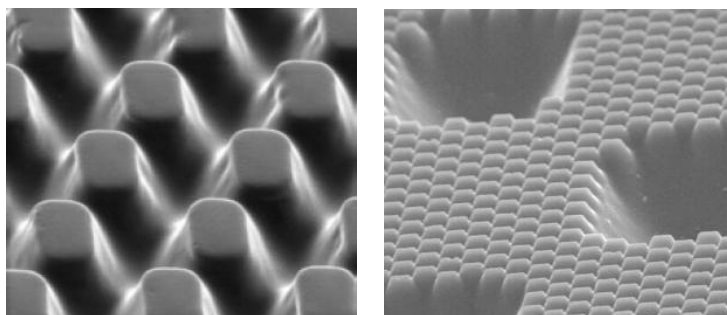


Рис. 2. Технології растрування advanced (зліва) та standart (справа)

4.3. Методика вибору формних пластин

Для аналізу характеристик пластин була розроблена відповідна методика оптимального вибору за репродукційно-графічними і друкарсько-технологічними характеристиками з використанням методу аналізу ієрархії (MAI). В якості критеріїв відбору пластин були визначені параметри, які найбільш пріоритетні для поліграфічних підприємств [5, 9].

Визначення асортименту досліджуваних пластин

Асортимент пластин був звужений на підготовчому етапі. Було проведено опитування групи експертів – фахівців цього підприємства, які обрали найбільш популярні пластини за їх думкою. Під час опитування були враховані критерії: популярність у виробників; ціна; час виготовлення. Для попереднього уточнення найбільш популярних пластин віддалася перевага методу рангу. Експерт повинен оцінити популярність за шкалою відносної значущості в діапазоні від 1 до 11 (оцінюються пластини, які можуть бути застосовані для друкування на невбираючих матеріалах).

Визначення критеріїв порівняння пластин та побудова ієрархії

Основні критерії для порівняння: фарбоперенос; еластичність (модуль пружності, МПа) або жорсткість (ShA); профіль крапки; технологія виготовлення ФПФ; тоновий охопит (%) ; час виготовлення (години); ціна за 1 м².

Основні альтернативи: ACE 114D, CtP; FTF 114D, CtP; ACE 114D, NexT C25 MC WSI_P04_P+; Kodak Flexcel NXH.

Всі пластини представлені з різними значеннями товщини. Для уточнення поставленої задачі обираємо фіксовану товщину – 1,14 мм. Вона найбільш застосовувана для виготовлення гнучких пакувань, тобто для друку на тонких плівках. Відповідно, ціна та час виготовлення буде вказана саме для пластин цієї товщини.

Були також оцінені пріоритети для поліграфічних підприємств, наприклад еластичність важливіша для споживачів, ніж набухання форми, тому що тиражі все частіше стають не об'ємними, результат еластичності видно відразу, в той час, як форма набухає від розчинників не так швидко. Фактор ціни так само важливий для споживачів, як фарбоперенос форми, тому що він оцінюється безпосередньо кінцевим замовником і впливає на привабливість кінцевої продукції. Внаслідок цього можна оцінити частку того чи іншого параметра форм в частковому співвідношенні від єдиного цілого поняття пріоритетності.

За допомогою методу MAI здійснюється вибір формної пластини для виготовлення фотополімерної форми, призначеної для друку на тонких невбираючих матеріалах.

Побудова матриць попарних порівнянь та їх аналіз

Розглянемо процедуру побудови матриці попарних порівнянь критеріїв.

Кількість порівнянь, які здійснював експерт на рівні 2 становить $K_{порівн} = \frac{n(n-1)}{2}$.

$K_{порівн} = 7(7-1)/2 = 21$. Матриця порівнянь наведена в табл. 2.

Матриця та результати парних порівнянь для критеріїв

Номер рядка (i)	Критерії	Номер стовпця (j)							Вага в долях	Вага, %	Ранг
		1	2	3	4	5	6	7			
1	Фарбоперенос	1	1/3	1/5	1/3	1	9	1/5	0,103	10,27%	6
2	Жорсткість	3	1	1/5	3	1	7	1/3	0,137	13,68%	4
3	Профіль крапки	5	5	1	1	3	1/5	1	0,218	21,77%	1
4	Технологія	3	1/3	1	1	1/5	1/3	1/7	0,062	6,18%	7
5	Тоновий охват	1	1	1/3	5	1	3	1	0,131	13,11%	5
6	Час виготовлення	1/9	1/7	5	3	1/3	1	1	0,149	14,91%	3
7	Ціна	5	3	1	7	1	1	1	0,201	20,08%	2

За результатами експертних оцінювань критеріїв визначаємо їх важливість (рис. 3).



Рис. 3. Аналіз критеріїв вибору полімерних флексоформ

З точки зору задоволення нашої мети найбільш вагомим є критерій «Форма крапки» (21,77 %). Це пояснюється підвищеними вимогами до якості флексодруку на невбираючих матеріалах. Це зазвичай пакування, які вимагають точності відтворення кольорів, напівтонів та насиченості плашки (особливо для пантонних фарб). Це дозволяє тільки плоска точка. Далі слідує ціна (20,08 %). Що теж відповідає вимогам замовника. Фотополімерні кліше мають досить високу ціну. Замовники згодні платити таку ціну за якісну продукцію, але виробники повинні розглянути можливість зниження цього показника за рахунок технологічних інновацій для збільшення попиту у замовників. Досить вагомий, але значно менший за попередні, критерій «Час виготовлення фотополімерних форм» (14,91 %). Це пов'язано з тим, що для неперервного технологічного процесу кожна затримка у часі досить проблемна й тягне за собою простоювання обладнання і, відповідно, матеріальні витрати. Майже на такому ж рівні критерії «Жорсткість пластини» (13,68 %) та «Тоновий охват» (13,11 %). Вони впливають на властивості форм відтворювати необхідну якість зображень під час друку. Для всіх пластин це нормовані і стабільні значення, тому вони майже внизу рейтингу. Потім слідує «Фарбоперенос» (10,27 %). І на останньому місці технології виготовлення – всі вони показують дуже високі показники якості.

За результатами проведених розрахунків перше місце посідають ACE 114D, NexT C25. Технологія nyloflex Next дозволяє сформувати стійку структуру растрових точок на формі, які не випадають у процесі друкування тиражу, що забезпечує стабільне та плавне відтворення градієнтів аж до значення 0 % та широкий тоновий діапазон. Сформовані мікроструктури дозволяють підвищити оптичну густину плашок.

Для отримання відбитків високої якості з розширеним діапазоном градацій також рекомендується використовувати комбінацію гібридного растру HD Flexo C25 MCWSI P+ з технологією плоскої точки nyloflex Next. Не зважаючи на різницю у ціні між ACE 114D, NexT C25 та ACE 114D приблизно в півтора рази, можна рекомендувати ці пластини на ті полігра-

фічні підприємства, які на перший план становлять якість продукції. Ці пластини допомагають зменшити кількість браку і забезпечити високу якість.

На другому місці пластини Kodak Flexcel NXH. Вони мають вищу оптичну щільність. Програмно-апаратна функція «DigiCap NX», яка є безкоштовною, формує на всій поверхні друкарської форми зернистий мікрорельєф, що помітно підвищує фарбоперенесення та якість друку у всьому тональному діапазоні, включаючи плашки. Застосування цієї функції не тільки усуває ефект «сивини» на плашках, але й суттєво збільшує колірне охоплення, а також забезпечує якісне відтворення деталей у високих кольорах. Але ці пластини дорожче та потребують більше часу на їх виготовлення. Друкарські форми за технологією Flexcell NX можна рекомендувати виробникам поліграфічної продукції для підвищення якості друкованої продукції, але на тих тиражах, які не дуже термінові.

4.4. Виробничий цех

Коли макет дизайну створено, кліше експоноване – машина готується до друку тиражу. Друкарське обладнання провідних світових виробників «Fischer & Krecke» серії BOBST (F&K 20SIX) дозволяє друкувати на всіх видах полімерних матеріалів шириною до 1250 мм, десятима фарбами, з діапазоном довжини відбитка від 300 до 670 мм. Машина оснащена системами комп'ютерного контролю і управління процесом друку, системою GPS, комп'ютерними відео-системами контролю кольору, що дозволяє постійно підтримувати високу якість відбитка.

Встановлення відеосистеми контролю якості відбитків допоможе підтримувати контроль кольору, та відстеження дефектів під час швидкісного друку. Будь-які дефекти легше виявити та виправити завдяки постійному контролю. Покращена реєстрація кольорів та моніторинг, масштаб, що збільшує зображення у 10 разів дозволяє дуже точно реєструвати «плями» та «бруд», а також здійснювати перевірку тексту та інших друкарських знаків. Відходи зменшуються, оскільки оператор машини може негайно вносити виправлення, поки машина друкує. Отже, друк займає менше часу і використовується менше матеріалу.

До початку друку друкар згідно з технологічною картою підбирає анілоксові вали, які різняться за такими параметрами: виробник; тип гравірування; лініатура анілоксу; належність до певної друкарської машини. Для задруковування плашкових елементів використовуються анілоксові вали від 80 лін./дюйм до 240 лін./дюйм, для растрових елементів від 280 лін./дюйм до 500 лін./дюйм. Оскільки пантони в більшості використовуються в плашкових елементах, технолог обирає переважно низьколінійні вали [6].

4.5. Станція змішування фарби

Основна функція, яку виконує станція змішування фарби, це – відтворення нової фарби та її зберігання. Доставка, транспортування і зберігання фарб. Термін зберігання фарб – не більше року. Після закінчення цього терміну, так само як і при недотриманні умов зберігання і транспортування, фарба може бути використана тільки після попереднього тестування на друкарські та колористичні властивості. З часом фарба пігментується, що позначається на друці продукції – виникають дефекти. Тріадна фарба зберігається у великих бочках, з яких дозують фарбу на тираж, в той час коли пантонна фарба зберігається у невеликих відрах, з певним номером на ній та вифарбовкою.

Оскільки підприємство має автоматизовану систему управління «ІС: Поліграфічне підприємство 8», знаходити певне відро з пантоном дуже просто та швидко. Всі дані з вифарбовок зберігаються в АСУ, тому, при необхідності вибору конкретного пантону, треба лише вказати координати фарби. Формули пантонів формуються по суб'єктивним характеристикам L (світлота) С (насиченість) Н (тон). Завдяки колу Іттена колорист змішує відповідні пігменти фарби для отримання певного номеру пантону.

4.6. Кольороподіл та профілювання

Процес відтворення кольору починається на стадії розробки дизайну – в дизайн-студії. Дизайн-відділ виконує функцію перевірки кольорів в макеті та кольороподілу. Дизайн розбивається на тріаду (СМУК), при необхідності, додаються пантони. Дизайнери узгоджують дизайн з менеджерами, а вони насамперед домовляються з замовниками. Якщо замовників все задовольняє, ТЗ рухається до технічного відділу, де вже прописується ТЗ з параметрами, які будуть використовуватися для друку. Оскільки ТОВ «Наргус» має власні друкарські машини та поєднаний з цим дизайн-відділ, воно має можливість друкувати тестові шкали для створення профілей під різноманітні матеріали.

Підприємство має широкий спектр матеріалів, які воно пропонує для друку продукції, але кожний матеріал має свої оптичні властивості та фізико-хімічні властивості, які впливають на оптичні властивості фарб. Для компенсації цих властивостей матеріалу використовують профілі. Щоб створити такий профайл, створюють технічне завдання в якому будуть друкуватися спеціальні тестові шкали на різноманітних матеріалах. Після чого, ці тести відносять до менеджера з кольоропроби [6]. Завдяки програмному забезпеченню та спектрофотометру від компанії X-Rite, за певними налаштуваннями будується профіль матеріалу, який буде передано до дизайн відділу у вигляді електронного формату .icc.

4.7. Особливості кольоропроби на підприємстві

Після того, як дизайнер отримує технічне завдання від менеджера з продажів, в якому вказаний певний матеріал, дизайнер обирає необхідний профіль і виконує кольороподіл згідно з профілем: тобто на його екрані буде відображено зображення, як би воно вийшло, якщо друкувалося на флексографічному обладнанні в підприємстві «Наргус». Профілі робляться лише під обладнання підприємства. Після того, як дизайнер зробив певний дизайн, друкується кольоропроба, яка максимально точно передає зображення, якби воно друкувалося на друкарській машині підприємства.

Щоб в дійсності кольоропроба відповідала зображенню на екрані, дизайнерські монітори калібрують за допомогою калібратора X-Rite. Наступний етап – друкування кольоропроби та її оптимізація. Здійснюється перевірка точності імітації кольору системою для кольоропроби і при необхідності проводиться оптимізація.

Друкування кольоропроби виконується на професійному принтері від компанії Epson. Використовуються спеціальний папір для кольоропроби EFI Proofing Paper, який практично позбавлений оптичних відбілювачів і забезпечує відмінні умови для друку кольоропроби з ефективним управлінням кольору. Після того, як замовник побачить кольоропробу вже на певному матеріалі та з урахуванням друкарського обладнання, на якому буде виконаний друк тиражу (враховується на кольоропробі), підписується акт договору про друк тиражу.

4.8. Обґрунтування підготовки пантонів до друку тиражу

Замовник встановлює, чи хоче він використовувати у друці дизайну пантони. Найскладнішим етапом при підготовці фарб на новий тираж є підготовка пантонних кольорів. Головною перевагою пантонних кольорів в тому, що існує паперове та електронне віяло. Завдяки ним колорист за допомогою спектрофотометру від компанії X-Rite може замірювати відхилення віяла від того, що вийшло при друці пантону на друкарському обладнанні. Але є й недоліки такої системи: паперове віяло дуже швидко стирається, віяла мають відхилення між собою (у деяких кольорах відхилення, за стандартом CIE2000, $dE > 4$), формули створення пантонних кольорів не відповідають фарбам, які використовуються на підприємстві.

Перше питання – це стандартизація пантонних кольорів для друку на флексографічному підприємстві «Наргус». Не зважаючи на те, що формули не відповідають фарбам на підприємстві, існує ще більш значна проблема – різноманітна кількість матеріалів, які використовуються для друку. Наприклад: якщо пантон або тріадні фарби будуть друкуватися на матовій плівці, в порівнянні з прозорою плівкою – ці фарби будуть менш «світліші» (Lightness),

більш «брудніші» (Chromasity), та буде змінений кут тону фарби (Hue). Ці параметри допомагають описати оптичні властивості будь-якої фарби на виробництві, завдяки цим параметрам описується відхилення від еталонного кольору.

Для вирішення такої суттєвої проблеми компанією було вирішено купити австрійське програмне забезпечення, яке б передбачало, яку формулу потрібно створити (змішування пігментів основних фарб) для відтворення пантону. Оскільки таке передбачення не однозначне, для його перевірки треба зробити «прокатку» фарби на прободрукарському станку.

Було обрано декілька технічних завдань, в яких використано декілька різних пантонів, з різними матеріалами, на яких вони будуть друкуватися. Завдяки великій базі підприємства, обираються схожі пантони, з мінімальними відхиленнями. Щоб перевірити, чи підходить цей пантон, – з іншої бази (з формулами пантонів) змішуються основні фарби згідно з формулою у спеціальному мірному стаканчику. Фарба добре розміщується та завдяки піпетці береться близько 5 грамів фарби і наноситься на друкарський станок біля матеріалу. Робиться прокатка на потрібному матеріалі та порівнюється з електронним віялом. Якщо дельта E фарби менше 5, її можна вже заносити в базу та віддавати у друк, але, якщо дельта більше, треба коригувати формулу або розробляти нову.

Після того, як формули було розроблено та видано на приладку тиражу, робиться перший викат фарби та порівняння з еталонною кольоропробою – пантони звіряють з електронним віялом завдяки спектрофотометру від компанії X-Rite eXact.

Для дослідження пантонів на різноманітних матеріалах було зроблено таблицю відхилень значень пантонних кольорів від теоретичних значень (табл. 3).

Таблиця 3

Відхилення пантонів від теоретичних значень

Матеріал	Теоретичний пантон	Фактичний пантон	Дельта			
			L	C	H	De2000
ПЭТпр 12 + Пленка пр 50	2144	2119	26,21	-2	-50,21	36,95
ПЭТпр 12 + Пленка пр 50	2747	2746	-3,61	-3,53	0,56	2,72
ПЭТпр 12 + Пленка пр 40	2347	2347	0,11	-1,23	-2,69	2,19
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	1915	198	0,25	-2,37	5,02	2,9
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	7481	3522	2,87	-3,12	-6,39	4,31
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	3515	3515	-2,39	-1,43	-0,25	1,82
ПЭТмат 12 + БОППмет 20	7427	187	-2,09	-7,26	-7,44	4,9
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 70	2322	469	-1,81	-7,04	10,32	5,5
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 70	7726	356	4,66	10,02	10,9	7,27
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 80	390	384	2,08	5,33	-6,95	5,5
ПЭТпр 12 + ПЭВДбел 80	186	1795	-0,83	-10,12	-5,16	4,45
ПЭТмат 12 + ПЭВДбел 140	7438	2066	-0,01	-7,62	-2,17	2,85
ПЭТпр 12 + БОППмет 20	320	320	1,66	-0,56	0,46	1,69

Завдяки цій таблиці бачимо, що з 13 підготовлених пантонів 9 відповідають стандарту дельта E2000. У стовбці «Теоретичний пантон» – це той пантон, що готувався на станції фарб, заміряний на тому ж самому матеріалі, та прокатаний на прокатному станку. У стовбці «Фактичний пантон» – заміряний пантон, що був використаний під час друку тиражу.

Чим вища лініатура анілоксового валу, тим «світлішим» вийде пантон, чим нижча – тим «темнішим». Ми можемо прослідкувати цю залежність в першому замірі пантону 2144. Планувалося розробити більш світліший пантон для високолініатурного валу, але він кардинально змінився внаслідок того, що друкар ввів низьколініатурний вал. Про що кажуть і заміри дельта E, які більше ніж 30.

Дані таблиці показують, що чистота (C) кольору завжди виходить більша, по світлості (L) майже не має змін, а по тону (H) все залежить від самого кольору фарби.

4.9. Рекомендації щодо підбору фарб для точного кольоровідтворення

Завдяки аналізу, проведеному в роботі, були розроблені рекомендації щодо автоматизації підбору фарб пантонів для будь-якого матеріалу з необхідною точністю:

- аналізувати макет дизайну та його кольороподіл щоб: підібрати теоретичний анілоксовий вал, яким буде друкуватися тираж згідно з лініатурою, наявністю плашкових елементів чи растрових; чи друкується пантон в один прохід без підкладки іншого кольору;

- перевірити матеріал, на якому буде друкуватися тираж: при наявності матового матеріалу слід урахувати, що dC повинна бути значно більша за підбираючий пантон (приблизно на сім одиниць); для прозорого матеріалу dC повинна >2 , а $dL <2$; для друку на прозорому матеріалі без білої фарби (другий шар білий матеріал), слід врахувати, що білий поліпропілен – не чистий білий, а жовтить за кутом «Н» на три одиниці;

- при наявності АСУ: слід шукати схожі пантони в базі даних. Звертати увагу на dH – не перевищувати >5 , відносно підбираючого пантону;

- при відсутності АСУ: на станції виготовлення фарби, підбирати за мінімальною dE пантони, відносно підбираючого пантону;

- після підбору схожого пантону розробити формулу пантону на тираж (використання спеціальних програм змішення фарб); намагатися не використовувати більше ніж три пігменти у фарбі;

- завжди робити прокатку фарби на прободрукарському станку з тим матеріалом, на якому буде друкуватися основний тираж;

- завжди заміряти прокатки на фотопапері (кольоропробний папір);

- при наявності другого шару, для більш точного підбору – імітувати ламінування завдяки невеликій кількості води, накрапаюю на другий шар;

- враховувати, що при зміні лініатури анілоксового валу буде змінено відтінок, насиченість та світлота фарби.

Для швидкісного і точного підбору фарб потрібно мати програмне та апаратне забезпечення; знати основні процеси флексодруку; мати уявлення, як змішується фарба (за колом Іттена) та які параметри зміняться при змішуванні певних пігментів. При наявності всіх складових, підприємство буде забезпечено швидкісним підбором пантонів на тираж та мінімальними затратами на приладку друкарського обладнання.

Висновки

Проведено аналіз процесу контролю якості на підприємстві ТОВ «Наргус», проаналізовано статистику браку на виробництві та причини його виникнення; розглянуто особливості використання фарб в процесі флексодруку. Розглянуто всі етапи, які включали в себе відтворення кольору та його стандартизацію. Описано етапи підготовки фарби до друку. Розглянуто додрукарські процеси, які відтворюють колір: препрес, кольоровий менеджмент, колористика. Описано технологічний процес підготовки фарби та надано рекомендації щодо коригування та стандартизації кольору на підприємстві.

Проаналізовано процес підготовки пантонних кольорів до друку тиражу; створено таблицю залежності відхилень пантонів на різноманітних матеріалах; розроблено методику підвищення швидкості підбору фарби та рекомендації щодо її застосування.

Встановлено, що виникаючий брак на підприємстві «Наргус», спричинений дефектом «Перевищення норм за dE_{2000} », може бути усунений повністю або частково. Проблему можна вирішити стандартизацією підбору фарби до початку друку, що зменшить час приладки та витрати матеріалів.

Виявлено, що на якість продукції впливає якість додрукарської підготовки та процес виготовлення флексоформ. Методом аналізу ієрархій виявлені чинники, які мають найбільший вплив на якість флексографічної форми під час друку на невбираючих матеріалах, та зроблена методика оптимального вибору формних пластин для невбираючих матеріалів.

Отримані результати говорять про те, що підготовка пантонів на прокатному станку впливає на приладку, також, якщо проаналізувати, який анілоксовий вал буде на тиражі, – можна з високою точністю припустити реальний пантон, який вийде в процесі друку. Відповідно, налагодження останнього етапу стандартизування кольору на підприємстві дозволяє підвищити ефективність приладки тиражу та зменшити витрати.

Список літератури:

1. Цифровая эра упаковки. <http://machouse.ua/press-center/s3/news/tsifrovaja-era-upakovki.html>.
2. Рынок цифровой печати Украины: предчувствие изменений. <https://printus.com.ua/article/read/3778>.
3. Статистика. Исследование Smithers про будущее упаковки в период пандемии COVID-19. https://www.publish.ru/news/202011_20093065.
4. Сайт «Наргус». <http://nargus.com.ua/ru>.
5. Разработка и апробации методики комплексной оценки уровня качества флексопечати экструзионной упаковки / Манаков В.П., Чеботарева И.Б., Чеботарев Р.И., Муравьева А.В. // *Traektoriâ Nauki = Path of Science*. 2016. №4. <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-aprobatsii-metodiki-kompleksnoy-otsenki-urovnya-kachestva-fleksopechati-ekstruzionnoy-upakovki>.
6. Поленок Д.В., Чеботарьова І.Б. Основні етапи виготовлення гнучкої рулонної упаковки на підприємстві "Наргус": PRINT, MULTIMEDIA & WEB // *Матеріали молодіжної школи-семінару V Міжнародної науково-технічної конференції (3 листопада 2020, м. Харків)*. 2020. С. 84-86.
7. Микрорастирование Kodak Digicap NX. <http://es-print.info/catalog/oborudovanie/kodak-flexcel-nx/mikrorastirovanie-kodak-digicap-nx.html>.
8. Технология Flat Top Dots в изготовлении флексографских печатных форм / М.П. Кулинченко, М.Г. Зубченко, М.А. Чабан, И.Б. Чеботарева // *Бионика интеллекта*. 2016. №1 (86). С. 149-154.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/saaty.pdf>.

Надійшла до редколегії 11.05.2022

Відомості про авторів:

Вовк Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри медіасистем і технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки; Україна; e-mail: oleksandr.vovk@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9072-1634>

Чеботарьова Ірина Борисівна – ст. викладач кафедри медіасистем і технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки; Україна; e-mail: iryna.chebotarova@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0105-4484>

Поленок Денис Віталійович – магістр кафедри медіасистем і технологій; Харківський національний університет радіоелектроніки; Україна; e-mail: denys.polenok@nure.ua