

УДК 159.93

## ОСОБЛИВОСТІ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ НА ФАБРИЦІ ФЛЕКСОГРАФСЬКОГО ДРУКУ «НАРГУС»

**Чеботарьова І.Б.**

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

**Яценко Л.О.**

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

***Анотація.** В роботі детально розглянуті особливості основних технологічних процесів відтворення кольору на діючому флексографічному підприємстві ТОВ «Наргус». Для підвищення якості кольоровідтворення на невбираючих матеріалах здійснено аналіз браку на підприємстві «Наргус» та розроблено пропозиції щодо його усунення. Також проаналізовано нормативно-технічну документацією, яка використовується на поліграфічному підприємстві, етапи і стадії розробки друкованої продукції, особливості додрукарської підготовки і виготовлення флексоформ та визначено фактори, які впливають на якість друку. За результатами дослідження розроблена методика вибору флексографських форм для друкування на невбираючих матеріалах і методика підвищення швидкості підбору фарби та рекомендації щодо її застосування.*

***Ключові слова:** ФЛЕКСОГРАФСЬКИЙ ДРУК, ДРУКАРСЬКА ФОРМА, КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ, НЕВБИРАЮЧІ МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ, ПІДБОР ФАРБИ.*

### 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 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 року, 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.

Все це обумовило актуальність роботи – дослідження особливостей кольоровідтворення на підприємстві 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.

### **Мета та задачі дослідження.**

Мета роботи – аналіз особливостей відтворення кольору на флексографічному підприємстві «Наргус».

Об'єкт дослідження – основні етапи відтворення кольору на підприємстві ТОВ «Наргус»; пантонні фарби, підготовлені до друку накладу; причини виникнення браку на підприємстві; технології виготовлення флексоформ; особливості флексодруку на невбираючих матеріалах.

Завдання роботи передбачає таку послідовність дій:

- 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 флексографічного виробництва, 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.

### **Основна частина**

#### **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% в 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 г.», проведеного агентством Smithers, ринок друку упаковок та етикеток на кінець 2020 року 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, одне з провідних на українському ринку виробників упаковки [4]. Щорічно, підприємство «Наргус» випускає більше ста тисяч тон готової продукції. Відповідно такому великому обсягу продукції, підприємство намагається максимально контролювати якість продукції, що випускається. Згідно до цього, 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.

Завдяки дотриманню поставлених цілей, підприємство знижує відсоток браку продукції тим самим підвищує свої прибутки. Контроль готової продукції здійснюється відповідно до нормативно-технічної документації з оформленням Паспортів якості. Для контролю готової продукції різних характеристик матеріалів, лабораторія з контролю якості володіє такими приладами: прилад для тестування плівок на розрив; тестер для підбору оптимальних режимів пайки; термошафа; електронні ваги; мікрометри, тощо.

Також на підприємстві проводиться контроль напівфабрикатів на кожній стадії виробничого процесу:

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

Завдяки такому жорсткому контролю продукції, підприємство намагається якнайбільше уникати браку продукції, але не зважаючи на це – 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 звернено до відділу з контролю якості для збору інформації щодо дефектів, які викликають брак продукції.

Серед проблем, які найбільш часто зустрічаються при флексографічному друці можна виділити такі [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. 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. На сьогоднішній день стає необхідним підвищення якості друку на невбираючих матеріалах. Таких, як плівки та ламіновані папери, тому що це найбільш популярні матеріали на споживчому ринку етикетки і упаковки. У зв'язку з цим 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 цілий ряд факторів:

- параметри друкарської форми (тип матеріалу, товщина, жорсткість);
- кріплення друкарських форм на формні вали друкарської машини за допомогою двосторонньої липкої демпфируючої стрічки додатково усереднює тиск в друкованій парі;
- характеристики друкарського процесу (тиск, швидкість, температура сушильного пристрою);
- характеристики анілоксового вала (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].

Проте, якість кінцевої флексографічної продукції в більшій мірі безпосередньо визначається підготовкою до друку, тобто 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).

Аналізуючи цю статистику, ми бачимо, що найбільший відсоток – це проблеми деламінації (розшарування через фарбу, клей, матеріал тощо). І майже стільки ж (25%) дефект кліше (бульбашки на кліші, поганий засвіт, побито озоном).

Ще 20% це проблеми технології DigiCap (видні смуги мікрорастрування, іноді забирається збільшенням наносу, іноді кліше не підходить під вид робіт). Ще 25 % це 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 та інше) – 10%, та невідповідність профілю теж – 10%, а ще 5% – це помилки

кольороподілу, матеріалу, фарби, друкарі не виконують вимог технолога і т.д. Це дуже показна статистика, яка відповідає реальному виробництву.

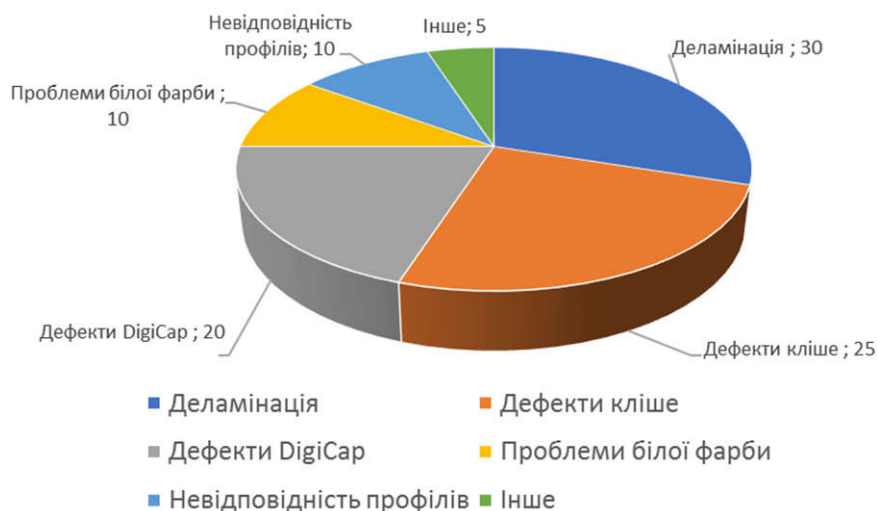


Рисунок 1 – Статистика браку на підприємстві «Наргус»

Аналіз наведених даних показує, що майже половина браку (45 %) пов'язана 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 флексоформ - кліше. Існує безліч можливих дефектів, які можуть виникнути в результаті початку друку тиражу, або на етапі додрукарської підготовки. Більшість браку які виникають у зв'язку з дефекту кліше – 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.

Останній розглянутий брак на друці – це не попадання 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  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$ .

Результат вважається задовільним за наступними допустимим відхилення кольору, які наведені в таблиці 1.

Проблеми з відтворенням кольору на відбитку може бути вирішено завдяки стандартизації виробництва. Що і підтверджується на підприємстві «Наргус». Саме можливість стандартизувати процеси, які впливають на якість кольоровідтворення та на якість продукції в цілому і буде досліджено.

Таблиця 1 – Колориметричні допуски для тріадних та спеціальних фарб

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

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 розглянуті усі етапи відтворення кольору:

- розробка оригінал-макету поліграфічної продукції;
- відтворення особливостей дизайну;
- кольороподіл;
- кольоропроба;
- відтворення необхідного кольорового охоплення завдяки правильному використанню відповідної технології растровання;
- 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**

На всіх етапах виробництва етикетко-пакувальної продукції відбувається контроль якості для кожної стадії створення упаковок або етикеток. Сучасні підприємств перевіряють якість продукції відповідно до своїх технічних інструкцій або зведенням правил, прийнятим керівництвом.

Якість макету у великій мірі залежить від підготовки, виконаної на додрукарській стадії розробки макету. В свою чергу від характеристик

матеріалу, обладнання, фарб залежить якість друку. Якість кінцевої друкованої продукції залежить від післядрукарської обробки.

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

За 1 годину до початку приладки тиражу, старший друкар отримує у начальника зміни: 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 по підготовці до друку. Під час цього контролю перевіряються: серії фарб, лаків, праймерів, залитих в бачки для фарб; 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.

Можна зробити висновки, що процес підготовки друкарського обладнання та друк гнучкої продукції виконується за детально описаними стандартами і рекомендаціями в повній мірі. В результаті чого отримуємо продукцію без браку, яка може конкурувати з іншими підприємствами.

### 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 тиражом, 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  $D_{opt}$  тріадних фарб: С, М, У, К. Отримані значення порівнюються зі значеннями еталонного зразка або з зазначеними в довідковій таблиці значеннями. Якщо  $D_{opt}$  відрізняються в більшу або меншу сторону від табличних значень на величину, яка перевищує  $\pm 0,05$ , фарба корегується додаванням освітлювача або більш пігментованою фарби.

### 3.3 Засоби вимірювальної техніки

Однією з основних задач, що належить до стандартизації підприємства, це оснащення лабораторій, дослідницьких відділів та дизайн відділів необхідним вимірювальним обладнанням.

На всіх етапах виробництва повинен 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 у кімнаті. Переглядовий стіл Etman Color view system (рис. 2), володіє перемикачами режиму світла, що дозволяє порівняти макет дизайну при різноманітних умовах освітлення.



Рисунок 2 – Порівняння освітлення А-30 (зліва) та D50 (справа)

На підприємстві «Наргус» для обчислюється  $dE$  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 рідини 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.

Спочатку колористом робиться замір в'язкості завдяки ручному віскозиметру, вже після, на друкарському обладнанні коригуються значення в'язкості фарби. Під час друку обов'язково підтримувати в'язкість фарби в певних рамках, оскільки можуть виникнути проблеми з просиханням фарби, або її налипанню на задрукованому матеріалі.

Контроль якості вже готового відбитка недостатній для забезпечення високої якості друку. Головне завдання в цьому випадку полягає в тому, щоб не допустити виходу бракованої продукції шляхом впровадження відповідних технологій, особливо на етапі додрукарської підготовки.

Одним з основних недоліків друкарського процесу у флексографії є високий приріст колірного тону. Це пов'язано з використанням низьков'язких друкарських фарб і еластичних друкарських форм. На збільшення тону під час друку впливають також і властивості формного матеріалу.

Більш точні вимірювання можна отримати з використанням спеціальних спектрофотометрів та цифрових мікроскопів. Ці прилади вимірювання також дозволяють виконувати контроль виводу фотоформ, виготовлення друкарських форм або контроль готової продукції. Нові USB-мікроскопи активно впроваджується в технологічний процес поліграфічного виробництва.

Для вимірювання параметрів друкарських форм буде використано прилад FAG FLEXi PRO, який дозволяє оцінити форму точки в тривимірному вимірюванні і визначити площу растрових точок на друкарській флексоформі (рис. 3).

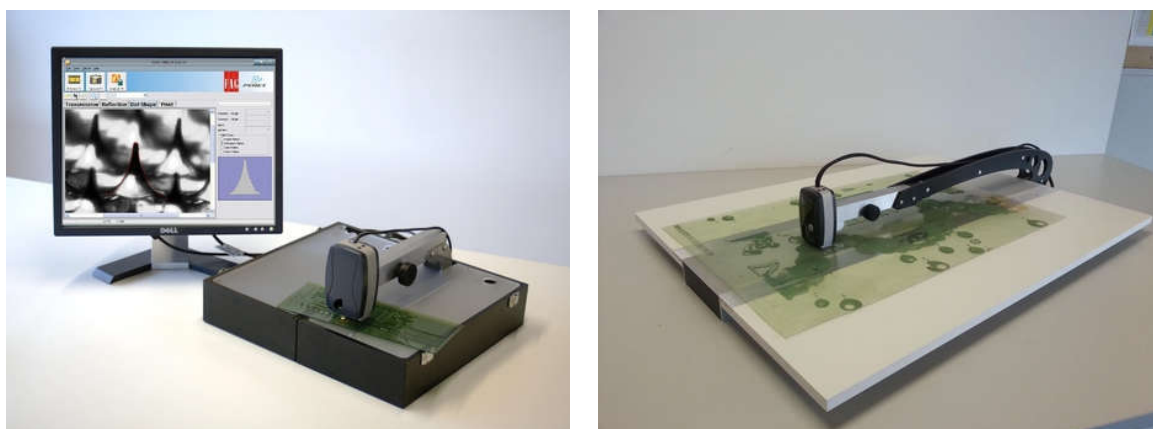


Рисунок 3 – Денситометр FAG FLEX<sup>3</sup>PRO

## **4 Контроль кольоровідтворення на різних етапах виробництва на підприємстві «Наргус»**

### **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. Дизайнер може зв'язатися з технологом та подати запит на кольоровий профіль. Оскільки на підприємстві «Наргус» технічне завдання попадає до технолога з друку, який аналізує можливу кількість фарб у дизайні – він дає свої поради до виготовлення макету та обирає профіль матеріалу. Кольороподіл здійснюється в Adobe Illustrator та Adobe Photoshop. Також існують дорожчі аналоги програмного пакету Adobe, наприклад: Esko. Завдяки Esko препрес-інженер не повинен самостійно обирати трепінг на дизайні, автоматизований підбір розділення дизайну на тріадні кольори, тощо. У відділі розроблено рекомендації для створення макету з метою запобігання можливого браку. При бажанні замовника отримувати стабільний відтінок кольору використовують систему пантонних кольорів.

Зазвичай рекомендовано працювати тільки з офіційними профілями для стандартних умов друку, оскільки вони виступають еталонами для кольоропроби та друкарського виробництва, але у випадку з «Наргус» – навпаки 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 профілей на кольоропробі – прискорена приладка і скорочення рекламаций.

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 друку, 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 й ще додаткові фарби для яскравості та точності відтворення пантонних кольорів. На підприємстві для кольоропроб використовують кольоропробний папір EFI Proof Paper спеціально розроблений для імітації тиражного друку. Відповідає друкарським паперам з Міжнародного стандарту ISO 12647-2, сертифіковано інститутом FOGRA. Унікальною особливістю кольоропробного паперу EFI є практично повна відсутність оптичних відбілювачів, які впливають на результати вимірювань кольору приладами, а також широкий колірний обхват.

#### 4.2 Особливості виготовлення кліше

В даний час існує величезний вибір фотополімеризуючих пластин для виготовлення флексографічних форм. Підприємство «Наргус» має свій репроцентр, на якому виготовляються флексоформи, а також іноді замовляє кліше для виконання окремих робіт в ТОВ «Лазерфлекс».

На підприємстві «Наргус», для виготовлення флексографічної форми використовується технологія «Flexcel NX». Технологія застосовується для фотоформ з термочутливою багат шаровою плівкою, які розроблені компанією KODAK – 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 «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 T1L, 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. 4): standart, advanced. Завдяки технології standart, растрові елементи кліше відтворюються з особливою формою конуса, що дозволяє відтворювати найскладніші растрові «розтяжки». В свою чергу, технологія advanced відтворює якнайкраще плашкові елементи, завдяки своїй особливій формі зрубленого конуса [7, 8].

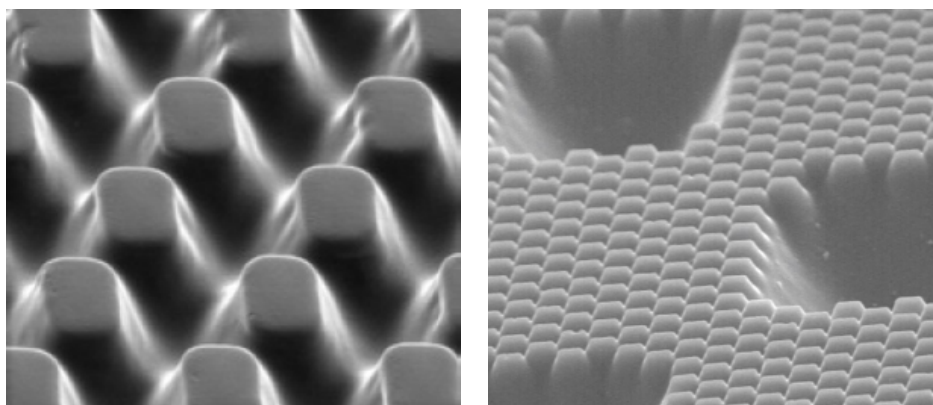


Рисунок 4 – Технології растрування advanced (зліва) та standart (справа)

Технологія KODAK NX – на даний момент неперевершена за якістю та тиражестійкістю аналогова технологія виготовлення фотополімерних друкарських форм. Дозволяє створювати форми з точкою 0,4% та лініатурою до

400 ірі. Високолінійні друккарські форми із застосуванням технології Flexcel NX дають низку переваг: швидкий прилад тиражу; можливість відтворення робіт високої складності; якість друку «плашок» можна порівняти з глибоким друком; збільшення швидкості друку тиражів до 50%; стабільна висока якість відбитків від замовлення до замовлення, від тиражу до тиражу.

Завдяки використанню різноманітних технологій растрування, підприємство намагається збільшити колірне охоплення – відтворювати більшу кількість відтінків, а отже швидше та якісніше контролювати колір на друці. Також важливим є оптимальний вибір флексоформи для конкретної продукції відповідно до матеріалу, на якому здійснюється друк та фарб, які використовуються.

### 4.3 Методика вибору формних пластин

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

#### 4.3.1 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 (кількість пластин, які можуть бути застосовані для друкування на невбираючих матеріалах). Потім розраховується сума набраних балів і визначаються максимальні (рис. 5).

	Експерт 1 технолог 1	Експерт 2 технолог 2	Експерт 3 препрес-інженер	Експерт 4 друкар	Експерт 5 інженер з якості	Сума	Ранг
1 ACE	1	2	3	1	2	9	11
2 ACE UP	2	5	5	5	6	23	8
3 ACE Next	3	1	1	2	1	8	12
4 ACT	9	7	7	6	5	34	7
5 FAH	8	8	12	8	8	44	4
6 FAR	7	6	6	7	9	35	6
7 FTF	6	4	4	3	4	21	9
8 FTH	5	9	8	11	7	40	5
9 FTM	10	11	10	12	10	53	2
10 FTS	11	10	9	9	11	50	3
11 NEF	12	12	11	10	12	57	1
12 Flexcel NX	4	3	2	4	3	16	10

Рисунок 5 – Результати опитування щодо вибору пластин для дослідження

Для узгодженості думок експертів розраховується коефіцієнт конкордації,  $K_w = 0,86$ , що говорить про добру узгодженість думок експертів.

#### 4.3.2 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 м.кв.

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 паковань, 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 МАІ здійснюється вибір формної пластини для виготовлення фотополімерної форми, призначеної для друку на тонких невбираючих матеріалах. Схема наведена на рисунку 6.

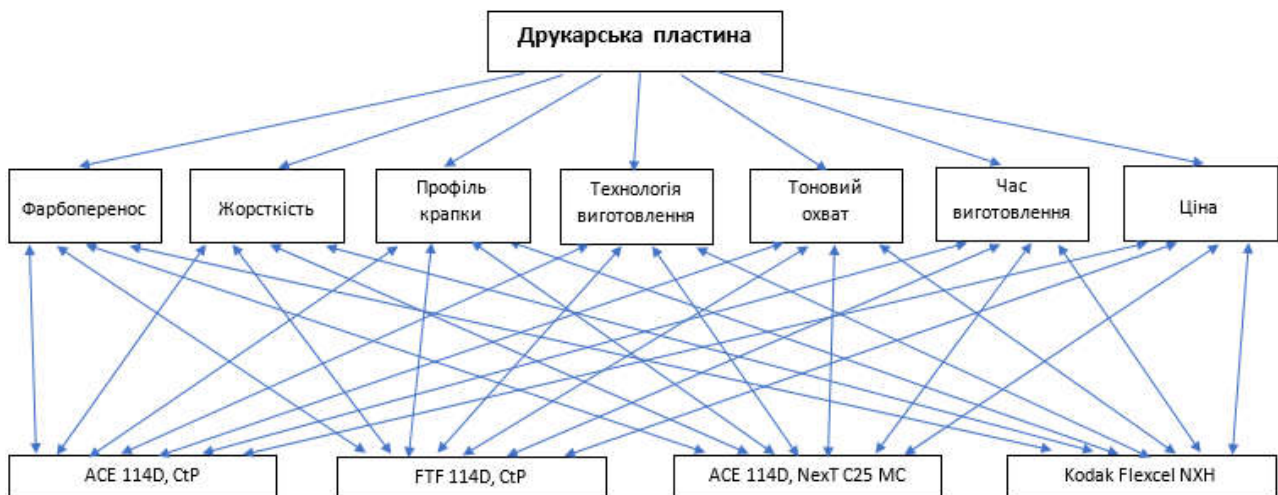


Рисунок 6 – Схема вибору формної пластини за МАІ

### 4.3.3 Побудова матриць попарних порівнянь та їх аналіз

Розглянемо процедуру побудови матриці попарних порівнянь критеріїв.

Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня були попарно порівняні щодо елементів наступного рівня і так до вершини ієрархії. Результати порівнянь формують матрицю, де попарно порівнюють відносну важливість лівих елементів таблиці (критеріїв) з елементами (критеріями) вгорі. Кількість порівнянь, які здійснював експерт на рівні 2 становить:

$$K_{\text{порівн.}} = \frac{n(n-1)}{2}, \quad (1)$$

$$K_{\text{порівн.}} = 7(7-1)/2 = 21,$$

де  $n$  – кількість критеріїв на одному рівні.

Складаємо матрицю  $a_{ij}$  – відношення критерію  $i$  до критерію  $j$ :

$$a_{ji} = 1/a_{ij}, \quad a_{ii} = 1. \quad (4.2)$$

Матриця порівнянь наведена в табл. 2 – результати методу МАІ (рис. 7).

Таблиця 2 – Матриця та результати парних порівнянь для критеріїв

Номер рядка (i)	Критерії	Номер стовпця (j)							Вага в долях	Вага в %	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

Зробимо порівняння альтернатив за критеріями. Для цього складаємо аналогічні матриці порівняння варіантів (альтернатив) за кожним критерієм (рис. 8-11).

За результатами експертних оцінювань критеріїв склали матрицю парних порівнянь (номери рядка і стовпчика відповідають певному критерію):

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1 & 9 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/5 & 3 & 1 & 7 & 1/3 \\ 5 & 5 & 1 & 1 & 3 & 1/5 & 1 \\ 3 & 1/3 & 1 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/7 \\ 1 & 1 & 1/3 & 5 & 1 & 3 & 1 \\ 1/9 & 1/7 & 5 & 3 & 1/3 & 1 & 1 \\ 5 & 3 & 1 & 7 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Зробимо аналіз матриць. Після формування матриці парних порівнянь за всіма критеріями визначили власний вектор матриці. Перевірили узгодженість матриці за допомогою її власного числа, оскільки власний вектор забезпечує впорядкування пріоритетів, а власне значення є мірою узгодженості оцінок.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a pairwise comparison matrix. The matrix is a 7x7 grid with diagonal cells containing '1'. The off-diagonal cells contain numerical values representing comparisons between seven criteria: Farbopereenos, Zhorstkist' (Strength), Forma krapki (Spot shape), Tekhnologiya (Technology), Tonoviy oхват (Tone coverage), Chas виготовлення (Production time), and Tsina (Price). The matrix is symmetric, with values in the lower triangle being the reciprocals of those in the upper triangle. A summary row at the bottom of the matrix shows the sum of each row. Below the matrix, there is a section for 'Проміжний висновок' (Intermediate conclusion) showing the weight of each criterion in both absolute and percentage terms. The bottom of the screenshot shows the 'Попарне порівняння' (Pairwise comparison) task pane with '1-Фарбоперенос' selected.

	1	2	3	4	5	6	7
1	1						
2	0,33	1					
3	0,2	0,2	1				
4	0,33	3	1	1			
5	1	3	3	1	1		
6	0,2	0,33	0,2	0,33	1	1	
7	1	1	1	1	1	1	1
Сума	18,11	10,81	8,73	20,33	7,53	21,53	4,68

	вага в долях	вага у відсотках
1	0,055	0,031
2	0,166	0,093
3	0,276	0,463
4	0,166	0,031
5	0,055	0,093
6	0,006	0,013
7	0,276	0,278

Рисунок 7 – Попарне порівняння

The screenshot shows a pairwise comparison matrix for 'Farbopereenos' with a detailed analysis of the 'Farbopereenos' parameter. The matrix is a 4x4 grid with diagonal cells containing '1'. The off-diagonal cells contain numerical values representing comparisons between four criteria: ACE 114D, CTP; FTF 114D, CTP; ACE 114D, Next C25; and Kodak Flexcel NXH. The matrix is symmetric, with values in the lower triangle being the reciprocals of those in the upper triangle. A summary row at the bottom of the matrix shows the sum of each row. Below the matrix, there is a section for 'Проміжний висновок' (Intermediate conclusion) showing the weight of each criterion in both absolute and percentage terms. The bottom of the screenshot shows the 'Попарне порівняння' (Pairwise comparison) task pane with '1-Фарбоперенос' selected.

	1	2	3	4
1	1			
2	0,2	1		
3	0,2	0,2	1	
4	0,33	0,33	1	1
Сума	10,00	7,33	1,73	7,33

	вага в долях	вага у відсотках
1	0,099	9,93%
2	0,190	19,02%
3	0,542	54,20%
4	0,169	16,85%
		100,00%

Рисунок 8 – Аналіз параметру «Фарбоперенос»

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			ACE 114D, CTP	FTF 114D, CTP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	
3	1	ACE 114D, CTP	1	3	1	0,14	
4	2	FTF 114D, CTP	0,33	1	0,2	0,11	
5	3	ACE 114D, Next C25	1	5	1	0,14	
6	4	Kodak Flexcel NXH	7	9	7	1	
7		Сума	9,33	18,00	9,20	1,40	
8							
9							
10							
11			ACE 114D, CTP	FTF 114D, CTP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	Ср.знач.
12	1	ACE 114D, CTP	0,107	0,167	0,109	0,102	0,121
13	2	FTF 114D, CTP	0,036	0,056	0,022	0,080	0,048
14	3	ACE 114D, Next C25	0,107	0,278	0,109	0,102	0,149
15	4	Kodak Flexcel NXH	0,750	0,500	0,761	0,716	0,682
16							
17							
18			вага в долях	вага у відсотках			
19	1	ACE 114D, CTP	0,121	12,12%			
20	2	FTF 114D, CTP	0,048	4,81%			
21	3	ACE 114D, Next C25	0,149	14,90%			
22	4	Kodak Flexcel NXH	0,682	68,17%			
23				100,00%			
24							

Попарне порівняння | 1-Фарбоперенос | **2-Жорсткість** | 3-Форма

Рисунок 9 – Аналіз параметру «Жорсткість»

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			ACE 114D, CTP	FTF 114D, CTP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	
3	1	ACE 114D, CTP	1	1	0,11	0,14	
4	2	FTF 114D, CTP	1	1	1	0,14	
5	3	ACE 114D, Next C25	9	1	1	3	
6	4	Kodak Flexcel NXH	7	7	0,33	1	
7		Сума	18,00	10,00	2,44	4,29	
8							
9							
10							
11			ACE 114D, CTP	FTF 114D, CTP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	Ср.знач.
12	1	ACE 114D, CTP	0,056	0,100	0,045	0,033	0,059
13	2	FTF 114D, CTP	0,056	0,100	0,409	0,033	0,149
14	3	ACE 114D, Next C25	0,500	0,100	0,409	0,700	0,427
15	4	Kodak Flexcel NXH	0,389	0,700	0,136	0,233	0,365
16							
17							
18			вага в долях	вага у відсотках			
19	1	ACE 114D, CTP	0,059	5,86%			
20	2	FTF 114D, CTP	0,149	14,95%			
21	3	ACE 114D, Next C25	0,427	42,73%			
22	4	Kodak Flexcel NXH	0,365	36,46%			
23				100,00%			
24							

1-Фарбоперенос | 2-Жорсткість | **3-Форма точки** | 4-Технологія

Рисунок 10 – Аналіз параметру «Форма точки»

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	
3	1	ACE 114D, CтP	1	1	1	0,33	
4	2	FTF 114D, CтP	1	1	1	1	
5	3	ACE 114D, Next C25	1	1	1	3	
6	4	Kodak Flexcel NXH	3	1,00	0,33	1	
7		Сума	6,00	4,00	3,33	5,33	
8							
9							
10							
11			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	Ср.знач.
12	1	ACE 114D, CтP	0,167	0,250	0,300	0,063	0,195
13	2	FTF 114D, CтP	0,167	0,250	0,300	0,188	0,226
14	3	ACE 114D, Next C25	0,167	0,250	0,300	0,563	0,320
15	4	Kodak Flexcel NXH	0,500	0,250	0,100	0,188	0,259
16							
17							
18			вага в долях	вага у відсотках			
19	1	ACE 114D, CтP	0,195	19,48%			
20	2	FTF 114D, CтP	0,226	22,60%			
21	3	ACE 114D, Next C25	0,320	31,96%			
22	4	Kodak Flexcel NXH	0,259	25,94%			
23				100,00%			
24							

← ... 2-Жорсткість 3-Форма точки **4-Технологія** 5-Тоновий охват

Рисунок 11 – Аналіз параметру «Технологія»

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	
3	1	ACE 114D, CтP	1	1	0,33	0,20	
4	2	FTF 114D, CтP	1	1	0,2	0,14	
5	3	ACE 114D, Next C25	3	5	1	1,00	
6	4	Kodak Flexcel NXH	5	7	1	1	
7		Сума	10,00	14,00	2,53	2,34	
8							
9							
10							
11			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	Ср.знач.
12	1	ACE 114D, CтP	0,100	0,071	0,132	0,085	0,097
13	2	FTF 114D, CтP	0,100	0,071	0,079	0,061	0,078
14	3	ACE 114D, Next C25	0,300	0,357	0,395	0,427	0,370
15	4	Kodak Flexcel NXH	0,500	0,500	0,395	0,427	0,455
16							
17							
18			вага в долях	вага у відсотках			
19	1	ACE 114D, CтP	0,097	9,71%			
20	2	FTF 114D, CтP	0,078	7,78%			
21	3	ACE 114D, Next C25	0,370	36,97%			
22	4	Kodak Flexcel NXH	0,455	45,54%			
23				100,00%			
24							

← ... 3-Форма точки 4-Технологія **5-Тоновий охват** 6-Час виготовл

Рисунок 12 – Аналіз параметру «Тоновий охват»

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	
3	1	ACE 114D, CтP	1	3	1	7	
4	2	FTF 114D, CтP	0,33	1	1	5	
5	3	ACE 114D, Next C25	1	1	1	5	
6	4	Kodak Flexcel NXH	0,14	0,20	0,20	1	
7		Сума	2,47	5,23	3,20	18,00	
8							
9							
10							
11			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	Ср.знач.
12	1	ACE 114D, CтP	0,404	0,579	0,313	0,389	0,421
13	2	FTF 114D, CтP	0,133	0,191	0,313	0,278	0,229
14	3	ACE 114D, Next C25	0,404	0,191	0,313	0,278	0,296
15	4	Kodak Flexcel NXH	0,058	0,038	0,063	0,056	0,054
16							
17							
18			вага в долях	вага у відсотках			
19	1	ACE 114D, CтP	0,421	42,13%			
20	2	FTF 114D, CтP	0,229	22,87%			
21	3	ACE 114D, Next C25	0,296	29,65%			
22	4	Kodak Flexcel NXH	0,054	5,35%			
23				100,00%			
24							

Рисунок 13 – Аналіз параметру «Час виготовлення»

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	
2			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	
3	1	ACE 114D, CтP	1	1	5	9	
4	2	FTF 114D, CтP	1	1	7	9	
5	3	ACE 114D, Next C25	0,20	0,14	1	3	
6	4	Kodak Flexcel NXH	0,11	0,11	0,33	1	
7		Сума	2,31	2,25	13,33	22,00	
8							
9							
10							
11			ACE 114D, CтP	FTF 114D, CтP	ACE 114D, Next C25	Kodak Flexcel NXH	Ср.знач.
12	1	ACE 114D, CтP	0,433	0,444	0,375	0,409	0,415
13	2	FTF 114D, CтP	0,433	0,444	0,525	0,409	0,453
14	3	ACE 114D, Next C25	0,087	0,063	0,075	0,136	0,090
15	4	Kodak Flexcel NXH	0,048	0,049	0,025	0,045	0,042
16							
17							
18			вага в долях	вага у відсотках			
19	1	ACE 114D, CтP	0,415	41,51%			
20	2	FTF 114D, CтP	0,453	45,26%			
21	3	ACE 114D, Next C25	0,090	9,03%			
22	4	Kodak Flexcel NXH	0,042	4,20%			
23				100,00%			
24							

Рисунок 14 – Аналіз параметру «Ціна»

Т. Сааті запропонував чотири алгоритми наближених методів визначення нормованих власних векторів квадратної оберненої симетричної матриці [9].

1. Підсумувати елементи кожного рядка і їх нормалізувати у спосіб ділення кожної суми на суму усіх елементів. Сума нормалізованих елементів

дорівнює одиниці. Перший елемент результуючого вектора буде пріоритетом першого критерію, другий – другого і т. д.

2. Підсумувати елементи кожного стовпця і отримати зворотні величини цих сум. Нормалізувати їх так, щоб їхня сума дорівнювала одиниці, розділити кожну зворотну величину на суму всіх зворотних величин.

3. Розділити елементи кожного стовпця на суму елементів цього стовпчика (нормалізувати стовпчики), додати елементи кожного отриманого рядка і розділити цю суму на число елементів рядка. Це процес усереднення по нормалізованих стовпчиках.

4. Помножити  $n$  елементів кожного рядка і отримати корінь  $n$ -го ступеня. Нормалізувати отримані числа.

Усі алгоритми дають один і той же власний вектор матриці. Будемо використовувати перший. Результати нормованих власних векторів квадратної оберненої симетричної матриці наведені в табл. 2.

Розрахунки матриці парних порівнянь за всіма критеріями і визначення власного вектора матриці наведені на рис. 7. Зроблено також аналогічні розрахунки за всіма критеріями для обраних типів пластин.

Методика аналізу матриць така:

- знаходимо суму елементів кожного стовпця;
- ділимо всі елементи матриці на суму елементів відповідного стовпця;
- знаходимо середнє значення для кожного рядка;
- отриманий стовпець задає «ваги» критеріїв поставленої мети;
- здійснюємо проміжний висновок (рис. 15).

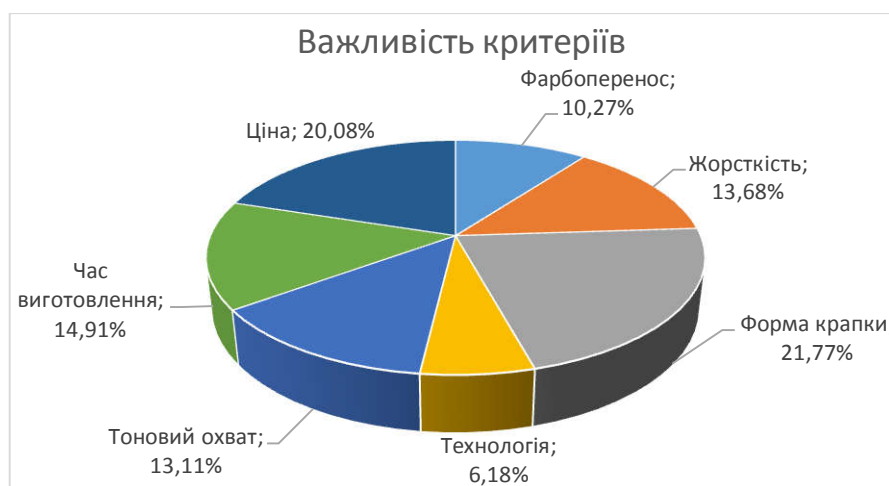


Рисунок 15 – Аналіз критеріїв вибору полімерних флексоформ

За результатами проведення аналізу матриці попарних порівнянь по визначених критеріях можна зробити наступний висновок.

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 пласка 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 і тягне за собою простоювання обладнання і, відповідно, матеріальні витрати. Майже на такому 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.

Для матриць попарного порівняння за критеріями також зробимо попередній аналіз. Отримані вектори вагових коефіцієнтів порівняння з точки зору відповідності окремим критеріям. За результатами попередніх пунктів сформовані вектор ваг критеріїв та матриця ваг альтернатив по кожному критерію.

Помножуючи отриману матрицю на стовпець матрично, отримуємо ваги альтернатив з точки зору досягнення мети – оптимальний вибір фотополімерних пластин серед обраного асортименту для друкування на невбираючих матеріалах (рис. 16). В результаті отримуємо ваги альтернатив з точки зору досягнення поставленої мети.

Матриця вагів альтернатив за кожним критерієм									
		Фарбоперенос	Жорсткість	Форма точки	Технологія	Тоновий охват	Час виготовлення	Ціна	
1	ACE 114D, CтP	0,099	0,121	0,059	0,195	0,097	0,421	0,415	0,210
2	FTF 114D, CтP	0,190	0,048	0,149	0,226	0,078	0,229	0,453	0,208
3	ACE 114D, NexT C25	0,542	0,149	0,427	0,320	0,370	0,296	0,090	0,300
4	Kodak Flexcel NXH	0,169	0,682	0,365	0,259	0,455	0,054	0,042	0,282
Матриця вагів критеріїв									
1	Фарбоперенос	0,103							
2	Жорсткість	0,137							
3	Форма крапки	0,218							
4	Технологія	0,062							
5	Тоновий охват	0,131							
6	Час виготовлення	0,149							
7	Ціна	0,201							
		Вага в долях	Вага у відсотках	Ранг					
1	ACE 114D, CтP	0,210	21,05%	3					
2	FTF 114D, CтP	0,208	20,78%	4					
3	ACE 114D, NexT C25	0,300	29,96%	1					
4	Kodak Flexcel NXH	0,282	28,21%	2					
			100,00%						

Рисунок 16 – Визначення ваг альтернатив

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

На другому місці платини 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, десятьма 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.

Для початку друку друкар згідно технологічної карти підбирає анілоксові вали. На підприємстві існує різноманітна кількість анілоксових валів, які

різняються за такими параметрами: виробник; тип гравірування; лініатура анілоксового валу; належність до певної друкарської машини.

До провідних виробників анілоксових фарб відносять: «Harper», «TLS Group», «Zecher», «Praxair». Кожен виробник намагається розробити свій тип комірки, щоб уніфікувати свою продукцію та продавати унікальні технології переносу фарби.

Для задруковування плашкових елементів використовується 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

Основну функцію, 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 друковані та колористичні властивості. З часом фарба пігментується, що позначається на друці продукції – виникнення дефектів. 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) C (насиченість) H (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.

Головна ідея поліграфічного підприємства – стандартизація кольорів у всьому виробничому процесі, тому на першому етапі «кольороподілу», для стандартизації відтворення однакових умов на друку і на моніторі екрану, дизайнери використовують профілі, створені менеджером з кольоропроб.

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 (рис. 17).



Рисунок 17 – Тестові мішені у кабінеті менеджера з кольоропроби

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 – оскільки профілі робляться лише під обладнання підприємства.

Після підготовки оригінал-макету, друкується кольоропроба, яка максимально точно передає зображення, якби воно друкувалося на друкарській машині підприємства Наргус. Щоб в дійсності кольоропроба відповідала зображенню на екрані – дизайнерські монітори калібрують за допомогою калібратора X-Rite (рис. 4.18, а). Наступний етап – друкування кольоропроби та її оптимізація (рис. 4.18, б). Здійснюється перевірка точності імітації кольору системою для кольоропроби і при необхідності проводиться оптимізацію.



Рисунок 18 – Калібрування: а) монітору, б) кольоропроби

Друкування кольоропроби виконується на професійному принтері від компанії Epson. Використовуються спеціальний папір для кольоропроби EFI Proofing Paper (Німеччина), яка практично позбавлена 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 у 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 «Наргус».

Постає перше питання про стандартизацію пантонних кольорів для друку на флексографічному підприємстві «Наргус». Не зважаючи на те, що формули не відповідають фарбам на підприємстві, існує більш значна проблема – різноманітна кількість матеріалів, які використовуються для друку. Наприклад: якщо пантон, або триадні фарби будуть друкуватися на матовій плівці, в порівнянні з прозорою плівкою – ці фарби будуть менш «світліші» (Lightness), більш «брудніші» (Chromacity), 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 було 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, щоб його перевірити, 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 формулі у спеціальний мірний стаканчик. Фарба добре розмішується, та завдяки піпетці, береться на 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 панторних 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 увійшли у дельту за стандартом 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 той пантон, що був використаний у друці тиражу.

Чим вища лініатура анілоксового валу тим «світлішим» вийде пантон, чим нижча – тим «темнішим». Ми можемо прослідкувати в першому замірі пантону 2144 – планувалося розробити більш світліший пантон для

високолінійного валу, але він кардинально змінився в ряду того, що друкар ввів низьколінійний вал і цей пантон кардинально змінився, про що й кажуть заміри – дельта E більше ніж 30.

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

#### 4.10 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, його кольороподіл щоб: підібрати теоретичний анілоксовий вал яким буде друкуватися тираж згідно з лініатурою, наявністю плашкових елементів чи растрових; чи друкується пантон в один нанос, 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 7 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 «H» на 3 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 3 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 невеликою кількістю води накрапаною 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 [10-12].

## Висновки

В роботі зроблено аналіз процесу контролю якості на підприємстві «Наргус», проаналізовано статистику браку на виробництві та причини його виникнення; розглянуто особливості використання фарб в процесі флексодруку.

Для дослідження особливостей відтворення кольору на підприємстві ТОВ «Наргус» були розглянуті всі етапи, які включали в себе відтворення кольору та його стандартизацію. Описані етапи підготовки фарби до друку. Розглянуті додрукарські процеси, які відтворюють колір: препрес, кольоровий менеджмент, колористика. Описаний технологічний процес підготовки фарби та надані рекомендації щодо коригування та стандартизації кольору на підприємстві.

В експериментальній частині 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

Завдяки проведеному аналізу було з'ясовано, 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.

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

Отримані в роботі 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. Тим самим, наладивши, останній етап стандартизування кольору на підприємстві можна підвищити ефективність приладки тиражу та зменшити витрати.

Список літератури.

1. Machouse. (б. д.). Цифровая эра упаковки. <http://machouse.ua/press-center/s3/news/tsifrovaja-era-upakovki.html>.
2. Printus. (б. д.). Ринок цифрового друку України: передчуття змін. <https://printus.com.ua/article/read/3778>.
3. Publish. (б. д.). Статистика. Дослідження Smithers про майбутнє пакування в період пандемії COVID-19. [https://www.publish.ru/news/202011\\_20093065](https://www.publish.ru/news/202011_20093065).
4. Наргус. <http://nargus.com.ua>.
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-i-aprobatsii-metodiki-kompleksnoy-otsenki-urovnya-kachestva-fleksopechati-ekstruzionnoy-upakovki>.

6. Поленок, Д.В., & Чеботарьова, І.Б. (2020). Основні етапи виготовлення гнучкої рулонної упаковки на підприємстві «Наргус». PRINT, MULTIMEDIA & WEB: матеріали школи-семінару V Міжнародної науково-технічної конференції, 84-86.
7. Es-print. (б. д.). Микрорастирование Kodak Digicap NX. <http://es-print.info/catalog/oborudovanie/kodak-flexcel-nx/mikrorastirovanie-kodak-digicap-nx.html>.
8. Кулинченко, М.П., Зубченко, М.Г., Чабан, М.А., & Чеботарева, І.Б. (2016). Технологія Flat Top Dots у виготовнні флексографськи друкарських форм. Біоника інтелекту, 1(86), 149-154.
9. Саати, Т. (1993). Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархій. <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/saaty.pdf>.
10. Вовк, О.В., Чеботарьова, І.Б., & Поленок, Д.В. (2022). Дослідження особливостей кольоровідтворення на підприємстві ТОВ «НАРГУС». Radiotekhnika, (209), 226-238.
11. Дурняк, Б.В., Ткаченко, В.П., & Чеботарьова, І.Б. (2011). Стандарти в поліграфії та видавничій справі: довідник. Львів: Укр. акад. друкарства.
12. Чеботарьова, І.Б., & Манаков, В.П. (2021). Дослідження засобів та методів управління якістю на підприємстві «БУРУНІН І К». У В.П. Ткаченко, О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова (Ред.), Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: колективна монографія (с. 164-188). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».