

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Талімонова Надія Леонідівна



УДК 655.3.066.36

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ
БАНКНОТНИХ ВІДБИТКІВ**

Спеціальність 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі технології поліграфічного виробництва Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Киричок Тетяна Юріївна,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
директор Видавничо-поліграфічного інституту

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гавенко Світлана Федорівна,
Українська академія друкарства (м. Львів),
завідувач кафедри технології друкованих видань
і паковань

кандидат технічних наук
Козік Олександр Михайлович,
ПАТ «Укрпластик» (м. Київ), член правління,
керівник дизайн студії

Захист відбудеться «__» _____ 2016 р. о __. __ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.10 в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут», за адресою: 01025, м. Київ, вул. Володимирська, 7 (корпус 25), ауд. 10.

З дисертацією можна ознайомитися у Науково-технічній бібліотеці ім. Г. І. Денисенка НТУУ «КПІ», за адресою 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «__» _____ 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к. т. н., доц.



В. А. Ковальов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дисертаційного дослідження обумовлена високими вимогами до якості виготовлення банкотної продукції, що має одночасно забезпечувати відповідний рівень захисту від фальсифікації, високу якість поліграфічного відтворення та зносостійкість.

Оскільки технологія виготовлення захищеного паперу має особливості, які визначають його структурні та фізико-механічні властивості, це може вплинути на якість поліграфічного відтворення на цьому виді паперу. Щоб забезпечити чіткість та однорідність відбитка, потрібно забезпечити не лише досягнення повного контакту всіх елементів зображення на контактувальних поверхнях у зоні друкарського контакту, а й рівномірне поглинання фарби структурними елементами паперу. Зважаючи на це, необхідно враховувати як характеристики мікрогеометрії поверхні паперу, так і макронерівності, пов'язані з неоднорідністю об'єму на ділянках водяних знаків.

Наразі вчені виокремлюють застосування двох підходів для визначення структурних характеристик паперу, один з яких ґрунтується на вивченні структурних неоднорідностей його поверхні, а другий – на вивченні рівномірності паперу в товщі, тобто рівномірності просвіту. Результати досліджень структурних неоднорідностей поверхні паперу та їх вплив на якість друку висвітлено в роботах Л. Г. Варєпо, А. В. Голунова, А. С. Борисової, Т. Ю. Киричок, О. М. Величко, С. Ф. Гавенко, Б. Н. Шахкельдяна, М. Фарелла, М. Меттанен та інших учених. Вплив характеристик просвіту паперу на якість поліграфічного відтворення подано в роботах Л. А. Козаровицького, В. Н. Леонтьєва, Д. В. Дунаєва, А. К. Хмельницького. Показники кореляції результатів досліджень впливу мікронерівностей поверхні та макронеоднорідності паперу в товщі свідчать, що для більш достовірного прогнозування якості друку слід застосовувати обидва підходи в комплексі.

Оскільки вплив структури паперу на якість відбитків більшою мірою визначається нерівномірним поглинанням фарби, зі збільшенням неоднорідності структури на ділянках водяних знаків змінюється й відповідність колірних характеристик на відбитку оригіналу, а також нерівномірне перебивання фарби на зворот відбитка, що може спричинити необґрунтоване вилучення з обігу придатних банкнот через помилкове оцінювання їх стану як зношених через перевищення допусків за показниками забруднення. Тому для забезпечення належної якості автоматизованого сортування банкнот має бути розроблена система норм та допусків, яка б урахувала структурні особливості паперу на ділянці контролю.

У зв'язку із зазначеними недоліками наявних теоретичних і практичних підходів до оцінювання структурних характеристик паперу актуальним є розроблення методології визначення структурних неоднорідностей товщі захищеного паперу, моделювання оптичних і колірних характеристик відбитків та їх звороту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі технології поліграфічного виробництва Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного

університету України «Київський політехнічний інститут» і є складовою досліджень за господарськими договорами: № 08-12-301 від 28.07.2008 р. «Дослідження впливу параметрів паперу та офсетних фарб на колірні характеристики та насиченість банкнотних відбитків» (номер державної реєстрації 0109 U 005818), в якому автор дисертації брала участь у розробленні методики проведення експериментальних, теоретичних досліджень та проведенні обробки й аналізу отриманих експериментальних даних; № 10-12-215 від 25.08.2010 р. «Дослідження впливу структури, фізико-механічних і колірних характеристик нового двошарового банкнотного паперу на друкарсько-технічні властивості та якість банкнотних відбитків» (номер державної реєстрації 0111 U 008780), в якому автором дисертації встановлено залежність якості кольоровідтворення від кількості нанесеної фарби, колірних та структурних характеристик паперу.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення технологічного забезпечення якості офсетного друку на папері з водяними знаками з урахуванням його структурних характеристик.

Для досягнення вказаної мети в роботі потрібно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати основні види браку банкнотної продукції та їх питому вагу і встановити напрями підвищення якості банкнотних відбитків.

2. Розробити комплексну методику проведення теоретичних та експериментальних досліджень для визначення структурних характеристик паперу з водяними знаками, а також колірних і оптичних характеристик відбитків та їх звороту.

3. На основі теоретичних та експериментальних досліджень розробити модель закріплення фарбового шару офсетного друку з урахуванням структурних характеристик паперу з водяними знаками.

4. Розробити модель формування оптичних характеристик відбитків та їх звороту для паперу з водяними знаками, яка б ураховувала глибину проникнення та розподіл компонентів фарби у папері.

5. Провести кореляційний аналіз взаємного зв'язку між структурними характеристиками паперу, зокрема в зоні водяного знаку, та оптичними параметрами відбитка та його звороту.

6. Розробити методику визначення кількісних показників характеристик просвіту паперу з водяними знаками, зокрема з півтоновими.

7. Розробити модель визначення зміни кольору звороту відбитків, яка виникає внаслідок перебивання фарби, що дозволить прогнозувати якість друку та скорегувати норми допусків на показник забруднення під час автоматизованого сортування банкнот для уникнення необґрунтованого вилучення з обігу придатних для експлуатації банкнот.

8. Розробити систему технологічного забезпечення визначення показників якості відбитків, отриманих офсетним способом друку на папері з водяними знаками.

Об'єктом дослідження є технологічний процес офсетного друку на папері з водяними знаками.

Предметом дослідження є взаємозв'язок між показниками якості відбитків, отриманих офсетним друком на папері з водяними знаками, та

структурними і колірними характеристиками паперу, а також параметрами технологічного процесу.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувалися комплексно, з проведенням теоретичних та експериментальних досліджень. Експериментальні дослідження виконувалися на сучасному технологічному устаткуванні в лабораторних умовах і на банкнотному виробництві. Під час вирішення поставлених задач використовувались методи математичного моделювання, метод контактної профілометрії, світлової мікроскопії, спектрофотометрії. У роботі використовувалося метрологічно каліброване обладнання та прилади: лабораторний друкарський прилад IGT Reprotest B.V.C1, офсетна машина Heidelberg Printmaster GTO 52-2, профілометр із цифровим відліком та індуктивним пристроєм моделі 296 заводу «Калібр», світловий мікроскоп Axiostar Imager, спектрофотометр Gretag Macbeth SpectroEye, денситометр GretagMacbeth QUIKDence 200, денситометр на просвіт Gretag D300.

Наукова новизна отриманих результатів

Уперше:

– теоретично обґрунтовано механізм формування оптичних характеристик відбитка, отриманого офсетним друком на папері з водяними знаками, виявлено та класифіковано фактори впливу на явище перебивання фарби на зворот, що дозволяє разом із розробленою структурно-логічною схемою технологічного забезпечення якості офсетного друку на папері з водяними знаками з урахуванням перебивання на зворот цілеспрямовано обрати вхідні параметри для подальшого моделювання якості банкнотних відбитків та керування якістю банкнотної продукції на етапі офсетного друку;

– здійснено моделювання зміни кольору звороту відбитків унаслідок перебивання фарби, яке враховує взаємозв'язок між структурними властивостями паперу, колірними характеристиками паперу і фарб, кількістю фарби на відбитку, параметрами мікроштрихів та колірними показниками звороту відбитку, що дозволить прогнозувати якість друку й урахувувати колірність звороту відбитка під час автоматизованого сортування банкнот.

Дістала подальшого розвитку:

– модель закріплення фарбового шару офсетного друку, що враховує особливості формування фарбового шару на папері з водяними знаками, яку підтверджено вперше отриманим комплексом спектрофотометричних та мікроскопічних досліджень зрізів паперу з водяними знаками, а також розвинутими аналітичними залежностями глибини проникнення та розподілу компонентів фарби у структурі паперу від загальної кількості та характеру пор паперу, дисперсності фарби та її реологічних властивостей, що у поєднанні з розвинутою імовірнісною моделлю взаємодії променя світла та фарбового відбитка уможливило подальше моделювання оптичних характеристик лиця і звороту відбитків та їх цілеспрямоване корегування;

– модель формування оптичних характеристик відбитків та їх звороту, яка враховує відмінності глибини проникнення та розподілу компонентів фарби в папері з різними структурними характеристиками суміжних ділянок, зокрема в папері з водяними знаками, і дозволяє прогнозувати якість друку та оптичні характеристики лиця та звороту відбитка.

Удосконалено:

– концептуальну модель формування якості офсетного друку, в якій виділено критерії, що підлягають автоматизованому встановленню під час вихідного контролю готової продукції та визначенню зношеності, що дозволяє цілеспрямовано обирати напрями забезпечення якості офсетного друку, здійснювати вхідний контроль матеріалів, вихідний контроль готової продукції та корегувати процес визначення зношеності банкнот.

Практичне значення отриманих результатів

1. Розроблена узагальнена класифікація дефектів банкотної продукції та отримані статистичні дані щодо кількості й розподілу дефектів банкнот української гривні на етапі вихідного контролю та післяопераційного контролю офсетного друку дозволяють обрати напрями забезпечення якості банкотної продукції на певних технологічних процесах, розвинути систему вихідного контролю та обґрунтовано встановлювати вагомість показників якості офсетного друку у банкнотному виробництві.

2. Здійснено кореляційний аналіз взаємного зв'язку між структурними характеристиками паперу, зокрема в зоні водяного знаку, та оптичними характеристиками відбитка та його звороту, результати якого стали підтвердженням коректності розробленої моделі закріплення фарби на відбитку та підґрунтям для розроблення технологічного забезпечення якості офсетного друку на папері з водяними знаками з урахуванням перебивання на зворот.

3. Запропоновано методику визначення кількісних показників характеристик просвіту паперу для об'єктивного оцінювання структури паперу з півтоновими водяними знаками, яка в поєднанні з алгоритмом визначення зміни кольору звороту відбитків, адаптованим програмним забезпеченням, відповідно до розробленої структурно-логічної схеми технологічного забезпечення якості офсетного друку на папері з водяними знаками з урахуванням перебивання на зворот, дозволить цілеспрямовано корегувати технологічний процес офсетного друку, прогнозуючи за результатами вхідного контролю оптичні характеристики відбитків та їх звороту та здійснюючи цілеспрямоване керування ними варіюванням параметрів технологічного процесу, а також на етапі контролю зношеності банкнот, встановлюючи обґрунтовані порогові значення оптичних показників загального забруднення та зношення під час налагодження сортувального обладнання. Застосування технологічного забезпечення якості офсетного друку на папері з водяними знаками з урахуванням перебивання на зворот дозволить на 7–12 % скоротити необґрунтоване вилучення банкнот з обігу через невідповідність оптичних показників зони контролю зношеності.

4. Розроблено захисну стрічку змінної ширини, найбільш вузька частина якої розташована на крайках банкноти та перпендикулярна їм, що дозволяє підвищити зносостійкість банкотної продукції, новизну якої захищено патентом на корисну модель України № 56679.

5. Розроблено пристрій, призначений для перевірки достовірності банкнот та цінних паперів, новизну якого захищено патентом на корисну модель України № 70071.

6. Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень впроваджено у виробництво на Банкотно-монетному дворі Національного банку України. Економічний ефект від впровадження розробок становить 322 598,04 грн.

7. Результати досліджень використовуються у навчальному процесі на кафедрі технології поліграфічного виробництва НТУУ «КПІ» під час проведення лекційних, лабораторних та практичних занять з дисципліни «Теорія кольору».

Особистий внесок здобувача. Внесок здобувача полягає у безпосередній участі на всіх етапах процесу, в безпосередній підготовці та проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, аналізі їх результатів, постановці конкретних завдань досліджень та обґрунтуванні висновків і практичних рекомендацій із застосуванням розробленої комплексної технології, оформленні результатів досліджень у вигляді патентів, публікацій у фахових виданнях і доповідей на конференціях. Основні результати роботи отримані самостійно. У публікаціях у співавторстві здобувачу належить: [1, 2, 6] – експериментальні дослідження, аналіз, розрахунки даних, висновки; [3] – встановлення закономірності між якістю кольоровідтворення та кількістю нанесеної фарби, колірними та структурними характеристиками паперу; [5, 7] – розроблення концептуальної моделі проникнення фарби в структуру паперу з водяними знаками, проведення спектрофотометричних вимірювань, аналіз результатів.

У двох патентах на корисні моделі, отриманих у співавторстві, частка дисертанта становить 50 % та 35 % відповідно. В опублікованих у співавторстві працях дисертанту належать основні ідеї проведених досліджень і наукове обґрунтування основних теоретичних положень.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися на засіданнях кафедри технології поліграфічного виробництва та науково-практичних семінарах Видавничо-поліграфічного інституту НТУУ «КПІ», а також на всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях: IX–XII, XIV, XV Міжнародні науково-технічні конференції студентів і аспірантів «Друкарство молоде» (м. Київ, 2009–2012, 2014, 2015 роки); Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (м. Тернопіль, 2010 р.); Pross. of the 42th Conference of international Circle of Educational Institutes for Grafic Arts, Technology and Management (Росія, м. Москва, 2010 р.); XI Міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка і технологія – 2010» (м. Київ, 2010 р.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 7 статей в наукових фахових виданнях, з них 1 – в міжнародному фаховому виданні з переліку Scopus, 2 патенти України на корисну модель, 10 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків і додатків. Обсяг рукопису становить 172 сторінки; містить 46 рисунків, 15 таблиць, 113 найменувань у списку літературних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет, методи дослідження, подано наукову новизну, практичну цінність отриманих результатів, зв'язок роботи з науковими програмами, наведено дані про апробацію, впровадження результатів роботи та про публікації.

У **першому розділі «Аналіз проблем якості друку цінних паперів, пов'язаних із властивостями паперу»** проаналізовано особливості захисту та виготовлення захищеного від підробки паперу. Виявлено відмінності деяких характеристик захищеного паперу від звичайного друкарського, що може спричинити різну якість поліграфічного відтворення.

Проаналізовано проблеми забезпечення відповідної якості друку банкнот, що дало змогу зробити висновок про актуальність визначення відсоткового співвідношення основних видів браку банкотної продукції, що дозволить виявити напрями для забезпечення кращої якості на певних технологічних процесах.

Визначено проблеми автоматизованого сортування банкнот, до яких можна віднести неідентичні умови оцінювання певних характеристик виробу під час розробки специфікації та у процесі автоматизованого сортування, неврахування можливих розбіжностей друкарських та колірних характеристик паперу з різних партій, що може призводити до відмінних показників колірності друку, неврахування структурних особливостей паперу на ділянці водяного знаку, де спостерігається різна глибина проникнення фарби, унаслідок чого можлива зміна колірності звороту через перебивання фарби. Наведені проблеми можуть спричинити необґрунтоване вилучення з обігу придатних банкнот через помилкове сприйняття їх стану як зношених.

Проаналізовано способи дослідження неоднорідності структури паперу, що дозволило виявити, що наразі застосовують два різні підходи, один з яких ґрунтується на вивченні рівномірності паперу в товщі, тобто рівномірності просвіту, а другий – на вивченні структурних неоднорідностей його поверхні. Більшість видів оцінок структурних характеристик паперу демонструють середнє значення неоднорідності для всього аркуша, тому вони не можуть бути застосовані для характеристики паперу з макронерівностями систематичного порядку. Отже, для об'єктивного оцінювання структури паперу з водяними знаками має бути розроблена спеціальна методика.

Аналіз попередніх досліджень впливу структури паперу на якість друку дозволяє зробити висновок про те, що для більш достовірного прогнозування якості друку слід враховувати як неоднорідність паперу в товщі, так і неоднорідність його поверхні.

Сформовано перелік завдань дисертаційного дослідження.

У **другому розділі «Теоретичні дослідження впливу параметрів захищеного паперу на якість друку»** проведено статистичні дослідження щодо виявлення основних дефектів банкотної продукції. Проаналізувавши основні види браку банкотної продукції та їх відсоткове співвідношення, було

виявлено, що найбільший відсоток браку спричиняє неналежна якість інтаглю та офсетного видів друку (21,14 % та 17,45 % відповідно). Під час офсетного способу друку найчастіше виникають проблеми з непродрукуванням зображення за рахунок марашок та недостатньої насиченості частин відбитка – 23,3 %, відхиленням кольору відбитка від затвердженого зразка банкноти – 21,44 %, невідповідністю товщини ліній – 17,27 %, непродрукуванням на ділянці водяного знака – 9,71 % (рис. 1). Оскільки специфічними та притаманними лише для продукції спеціального призначення є дефекти, пов'язані із непродрукуванням на ділянці водяного знака та відхиленням кольору відбитка від затвердженого зразка банкноти, актуальним є дослідити якість друку на ділянках водяних знаків та якість кольоровідтворення.

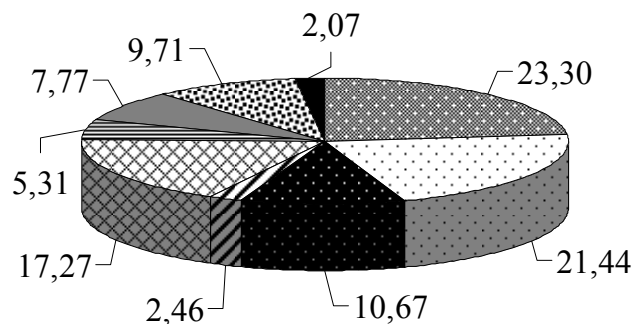


Рис. 1. Співвідношення видів браку готової банкотної продукції, що виникли під час офсетного способу друку

- Непродрукування зображення
- Відхилення кольору відбитка від затвердженого зразка банкноти
- Тініння фарби
- ▨ Фарбові плями
- ⊗ Невідповідність товщини ліній
- ▨ Двоїння зображення
- Відсутність чіткого розмежування кольорів
- ▨ Непродрукування на ділянці водяного знака
- Перебивання фарби на зворот

Проаналізовано структурні характеристики захищеного паперу та їх вплив на друкарсько-технічні показники. На основі проведеного аналізу зроблено висновок, що поверхня захищеного паперу має різні характеристики, наявність яких спричинена ущільненням виступаючих ділянок позитивних водяних знаків у процесі каландрування. Таким чином, на ділянці позитивного водяного знака поверхня паперу після каландрування є більш гладкою, а на негативних водяних знаках – більш шорсткою (рис. 2). Це явище може призвести до відмінних оптичних та колірних характеристик суміжних ділянок відбитка та його звороту.



Рис. 2. Профіль поверхні паперу з водяними знаками

Було проаналізовано фактори, що впливають на явище перебивання фарби на зворот відбитка, та визначено найбільш значущі (рис. 3).



Рис. 3. Фактори впливу на явище перебивання фарби на зворот відбитка

На основі проведених теоретичних досліджень було розроблено модель закріплення фарбового шару на папері з водяними знаками, що враховує розподіл складових частин фарби у поверхневих та об'ємних шарах паперу (рис. 4).

З використанням рівняння Лукаса-Уошборна було змодельовано глибину проникнення компонентів фарбової системи в папір, що враховує розмір, загальну кількість та характер розподілу пор паперу, дисперсність фарби та її реологічні показники (рис. 5).

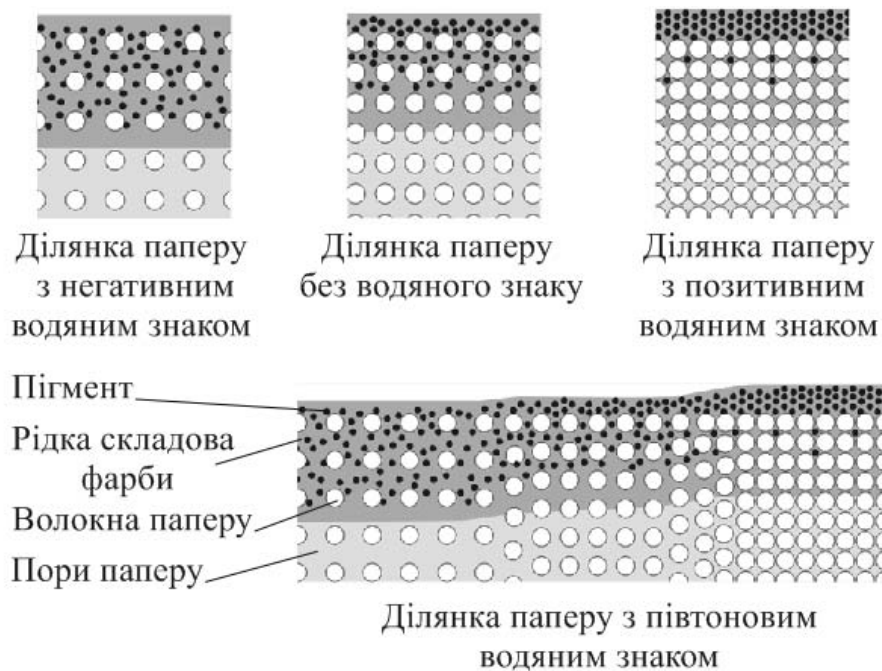


Рис. 4. Модель закріплення фарбового шару на папері, захищеному водяними знаками

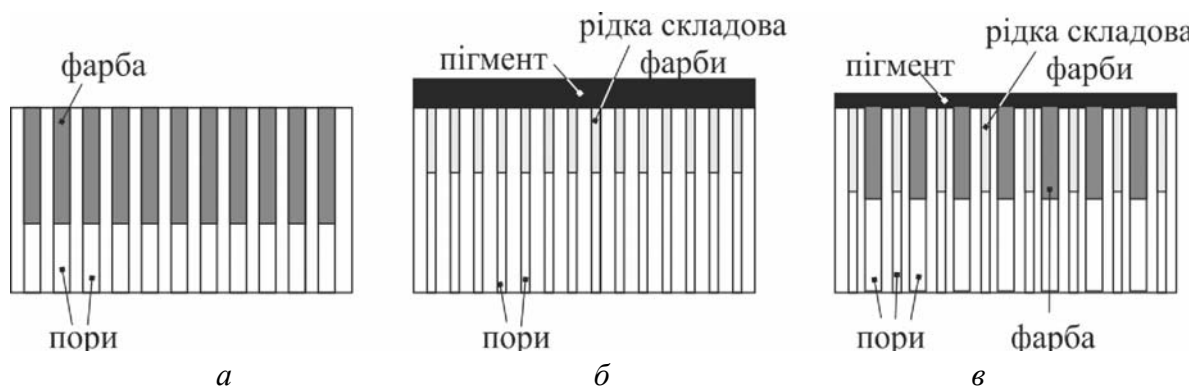


Рис. 5. Проникнення фарби в пористу структуру паперу:

$a - R_{\text{пор}} \geq R_{\text{піг}}$; $b - R_{\text{пор}} < R_{\text{піг}}$; $в - R_{\text{пор}1} \geq R_{\text{піг}} > R_{\text{пор}2}$

Глибина проникнення фарби $l_{\text{ф}}$, її рідкої складової $l_{\text{рід}}$ та товщина шару відфільтрованого пігменту $l_{\text{піг}}$ за умови $R_{\text{пор}1} \geq R_{\text{піг}} > R_{\text{пор}2}$

$$l_{\text{ф}} = \sqrt{\frac{R_{\text{пор}1} \cdot \gamma \cdot \cos \Theta \cdot t}{\eta \cdot \beta^2}}; \quad (1)$$

$$l_{\text{рід}} = \sqrt{\frac{R_{\text{пор}2} \cdot \gamma \cdot \cos \Theta \cdot t}{\eta \cdot \beta^2}} \cdot (1 - w_{\text{мір}}); \quad (2)$$

$$l_{\text{піг}} = V_{\text{рід}} \cdot w_{\text{мір}} / S = w_{\text{пор}2} \cdot N_{\text{пор}} \cdot \Pi \cdot R_{\text{пор}2}^2 \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{пор}2} \cdot \gamma \cdot \cos \Theta \cdot t}{\eta \cdot \beta^2}} \cdot w_{\text{мір}} / S. \quad (3)$$

Розроблено модель проходження променя світла у товщі відбитка (рис. 6) та виконано моделювання оптичних характеристик відбитків та їх звороту, що допоможе визначати показники розсіювання, пропускання та поглинання.



Рис. 6. Імовірнісна модель взаємодії променя світла та фарбового відбитка

Розроблено модель формування оптичних характеристик відбитків та їх звороту для паперу з водяними знаками, яка враховує глибину проникнення та розподіл компонентів фарби у папері. Ця модель дозволяє визначати показники розсіювання ρ , пропускання τ та поглинання відбитка k за умови як поглинання фарби в цілому, так і поглинання та фільтрація окремих її складових.

За умови $R_{пор1} \geq R_{піг} > R_{пор2}$ (рис. 5, в) шар, що складається з відфільтрованого пігменту,

$$\rho_1 = \rho_{ніз\infty} \frac{1 - e^{-2L_{ніз}x_1}}{1 - \rho_{ніз\infty}^2 e^{-2L_{ніз}x_1}}; \quad \tau_1 = e^{-L_{ніз}x_1} \frac{1 - \rho_{ніз\infty}^2}{1 - \rho_{ніз\infty}^2 e^{-2L_{ніз}x_1}},$$

де x_1 – товщина шару відфільтрованого пігменту ($x_1 = l_{піг}$), розраховано за формулою (3).

Зв'язуюче, що проникло в пори паперу, розглядатимемо як абсолютно прозору речовину, тоді коефіцієнти розсіювання та пропускання для шару паперу, в який проникла фарба, становитимуть:

$$\rho_2 = \rho_{фар\infty} \frac{1 - e^{-2L_{фар}x_2}}{1 - \rho_{фар\infty}^2 e^{-2L_{фар}x_2}} \cdot \beta N_{пор1} + \rho_{пап\infty} \frac{1 - e^{-2L_{пап}x_2}}{1 - \rho_{пап\infty}^2 e^{-2L_{пап}x_2}} \cdot (1 - \beta N_{пор1});$$

$$\tau_2 = e^{-L_{фар}x_2} \frac{1 - \rho_{фар\infty}^2}{1 - \rho_{фар\infty}^2 e^{-2L_{фар}x_2}} \cdot \beta N_{пор1} + e^{-L_{пап}x_2} \frac{1 - \rho_{пап\infty}^2}{1 - \rho_{пап\infty}^2 e^{-2L_{пап}x_2}} \cdot (1 - \beta N_{пор1}),$$

де x_2 – товщина шару, в який проникла фарба ($x_2 = l_{фар}$), розраховано за формулою (1); $N_{пор1}$ – кількість пор з радіусом більшим за пігмент на одиницю площі, $R_{пор1} \geq R_{піг}$.

Для шару, що складається лише з паперу:

$$\rho_3 = \rho_{nan\infty} \frac{1 - e^{-2L_{nan}x_3}}{1 - \rho_{nan\infty}^2 e^{-2L_{nan}x_3}}; \quad \tau_3 = e^{-L_{nan}x_3} \frac{1 - \rho_{nan\infty}^2}{1 - \rho_{nan\infty}^2 e^{-2L_{nan}x_3}},$$

де x_3 – товщина шару паперу, в який не проникла фарба.

Оптичні характеристики усіх шарів:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_{1+2+3} = \rho_1 \frac{\tau_1^2 \rho_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \cdot \frac{\left(\frac{\tau_1 \tau_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \right)^2 \rho_3}{1 - \rho_1 \frac{\tau_1^2 \rho_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \rho_3}; \\ \tau_{1+2+3} = \frac{\left(\frac{\tau_1 \tau_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \right)^2 \tau_3}{1 - \rho_1 \frac{\tau_1^2 \rho_2}{1 - \rho_1 \rho_2} \rho_3} \end{array} \right.;$$

Враховавши граничні умови розділу середовищ за нормального падіння випромінювання та глибини проникнення фарби більшої, ніж глибина проникнення зв'язуючого ($l_\phi > l_{\text{рід}}$), маємо:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{відбитку}} = & \rho_{1+2+3} + \rho_{0-1} + \rho_{1-2} + \rho_{2-3} + \rho_{3-4} + \rho_{4-0} = \rho_{1+2+3} + \left(\frac{n_{\text{ніз}} - n_0}{n_{\text{ніз}} + n_0} \right)^2 + \\ & + \left[\left(\frac{n_{\text{ніз}} - n_{\text{фар}}}{n_{\text{ніз}} + n_{\text{фар}}} \right)^2 \cdot \beta N_{\text{пор1}} + \left(\frac{n_{\text{ніз}} - n_{\text{зв}}}{n_{\text{ніз}} + n_{\text{зв}}} \right)^2 \cdot \beta N_{\text{пор2}} + \left(\frac{n_{\text{ніз}} - n_{\text{нан}}}{n_{\text{ніз}} + n_{\text{нан}}} \right)^2 \cdot (1 - \beta N_{\text{пор1}} - \beta N_{\text{пор2}}) \right] + \\ & + \left(\frac{n_{\text{нан}} - n_{\text{зв}}}{n_{\text{нан}} + n_{\text{зв}}} \right)^2 \cdot \beta N_{\text{пор2}} + \left(\frac{n_{\text{фар}} - n_{\text{нан}}}{n_{\text{фар}} + n_{\text{нан}}} \right)^2 \cdot \beta N_{\text{пор1}} + \left(\frac{n_{\text{нан}} - n_0}{n_{\text{нан}} + n_0} \right)^2, \end{aligned}$$

де ρ_{0-1} , ρ_{1-2} , ρ_{2-3} , ρ_{3-4} , ρ_{4-0} – коефіцієнт відбивання на межі розділення середовищ: повітря – шар 1 (пігмент), шар 1 – шар 2 (папір + фарба + зв'язуюче), шар 2 – шар 3 (папір + фарба), шар 3 – шар 4 (папір), шар 4 – повітря відповідно, де $N_{\text{пор2}}$ – кількість пор з радіусом, меншим за пігмент ($R_{\text{піг}} > R_{\text{пор2}}$) на одиницю площі.

Виходячи із закону збереження енергії, сума коефіцієнтів розсіювання, пропускання та поглинання дорівнює одиниці. Тоді показник поглинання

$$k_1 = 1 - (\rho_{\text{відб}} + \tau_{1+2+3}).$$

У третьому розділі «Методика проведення експериментальних досліджень» запропоновано комплексну методику проведення експериментальних досліджень, що дала змогу всебічно дослідити структурні характеристики паперу з макронерівностями систематичного порядку, а також визначити оптичні та колірні характеристики відбитків та їх звороту, що дозволило здійснити аналіз як одиничного показника якості, так і комплексного, який характеризується декількома параметрами. Для вивчення за допомогою світлової мікроскопії процесів проникнення фарби у папір розроблено методику приготування зрізів паперу, яка ґрунтується на методиках приготування гістологічних препаратів, модифіковану з урахуванням природи зразків.

Методика обробки експериментальних даних дала змогу отримати об'єктивне значення колірних та оптичних характеристик суміжних ділянок

паперу з урахуванням розмірів водяного знака та вимірювальної апертури приладу.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень» подано та проаналізовано результати проведених експериментальних досліджень. Дані мікроскопічних досліджень зрізів паперу дали змогу підтвердити коректність розробленої моделі закріплення фарбового шару на папері з водяними знаками. Глибина проникнення колоїдної системи пігмент – зв’язувальна речовина на ділянці без водяного знака становить 22–40 мкм, тоді як на ділянці позитивного водяного знака – 9–16 мкм з більшою концентрацією пігменту біля поверхні паперу (рис. 7).

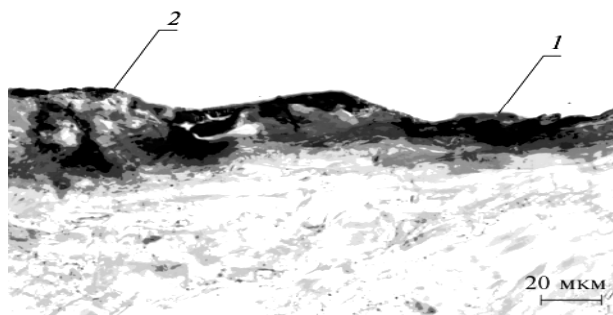


Рис. 7. Проникнення фарби у структуру паперу: 1 – ділянка без водяного знака; 2 – ділянка з негативним водяним знаком

Проаналізовано оптичні та колірні характеристики відбитків та їх звороту. Було виявлено, що значення різниці оптичної густини на суміжних ділянках паперу коливається у межах від 0,03 до 0,41 на відбитку та від 0,05 до 0,14 на звороті відбитка (рис. 8), причому оптична густина відбитка на ділянках негативних водяних знаків є меншою (0,71–1,12), ніж на інших ділянках (0,85–1,28). Натомість оптична густина на звороті відбитка є більшою на негативних водяних знаках (0,14–0,35 – на негативних, 0,03–0,28 – без водяних знаків).

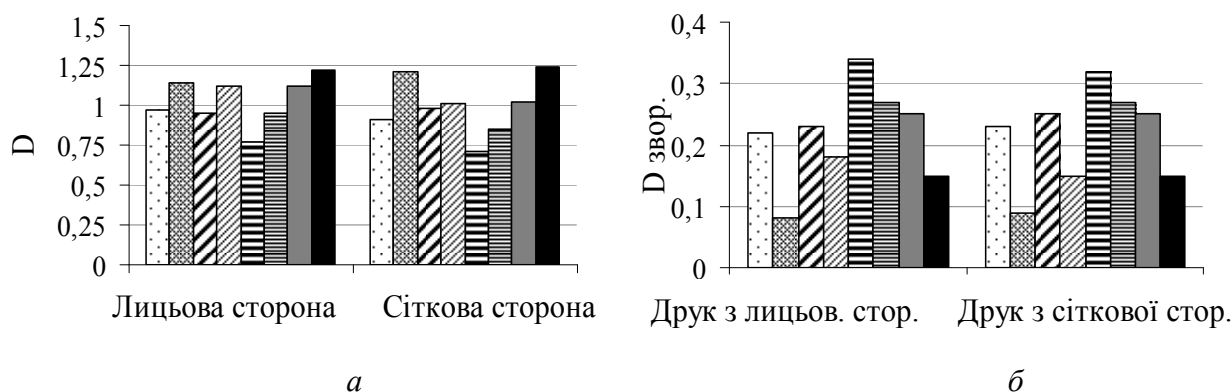


Рис. 8. Діаграми оптичної густини суміжних ділянок відбитків (а) та їх звороту (б), отриманих на папері Security lune

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| □ Негатив. ВЗ, Суан | ▨ Негатив. ВЗ, Yellow |
| ▤ Папір без ВЗ Суан | ▩ Без ВЗ, Yellow |
| ▧ Негатив. ВЗ, Magenta | ■ Негатив. ВЗ, Black |
| ▦ Без ВЗ, Magenta | ■ Без ВЗ, Black |

Дані проведеного кореляційного аналізу взаємозв'язку між оптичною густиною відбитка та його звороту дозволили виявити закономірність: зі збільшенням оптичної густини ділянки відбитка значення оптичної густини тієї ж ділянки з його звороту є меншою, і навпаки, зі зменшенням оптичної густини відбитка значення оптичної густини звороту збільшується (рис. 9). Це свідчить про більше проникнення фарби на ділянках паперу з меншою щільністю, що спричиняє зниження концентрації пігменту на поверхні відбитка та його проступання на звороті, що є також підтвердженням коректності розробленої моделі.

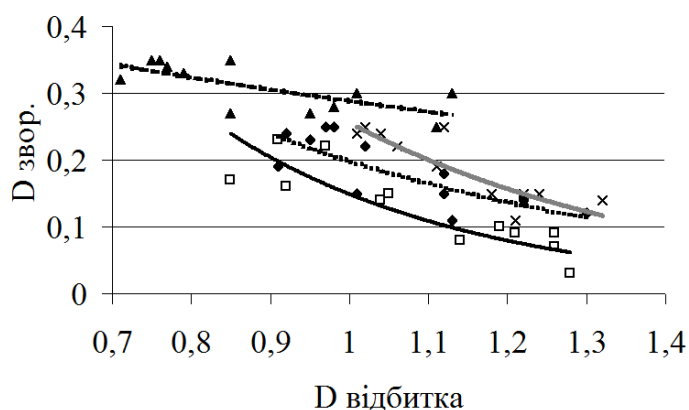


Рис. 9. Кореляція оптичної густини відбитка та його звороту:

—□— Cyan; - - -▲- - - Yellow;
◆..... Magenta; —×— Black

Досліджено зміни кольору відбитка на ділянках водяного знака і поза його межами. Зі збільшенням шару фарби колірні відмінності між ділянкою водяного знака і без нього зменшуються, але все одно значення ΔE між різними ділянками суттєве. Зі збільшенням кількості нанесеної фарби від 0,53 до 1,24 г/м² значення ΔE зменшилося від 17,47 до 7,12. Отримані значення підтверджують коректність концептуальної моделі закріплення фарби на папері з водяними знаками.

Здійснено кореляційний аналіз взаємного зв'язку між структурними характеристиками паперу, зокрема в зоні водяного знака, та оптичними характеристиками відбитку та його звороту (рис. 10). Виявлено, що зі збільшенням значень R_a спостерігається зменшення оптичної густини відбитка та збільшення оптичної густини його звороту (тобто перебивання). Значення достовірності апроксимації склали 0,78 та 0,65 для відбитків та звороту відповідно. У разі підвищення оптичної густини паперу на просвіт спостерігається збільшення оптичної густини відбитка та зменшення оптичної густини звороту відбитка; апроксимація складала 0,64 та 0,73 для відбитків та звороту відповідно. Спостерігається тенденція до збільшення оптичної густини відбитка та зменшення оптичної густини звороту відбитка зі збільшенням товщини паперу, хоча достовірність апроксимації не є високою.

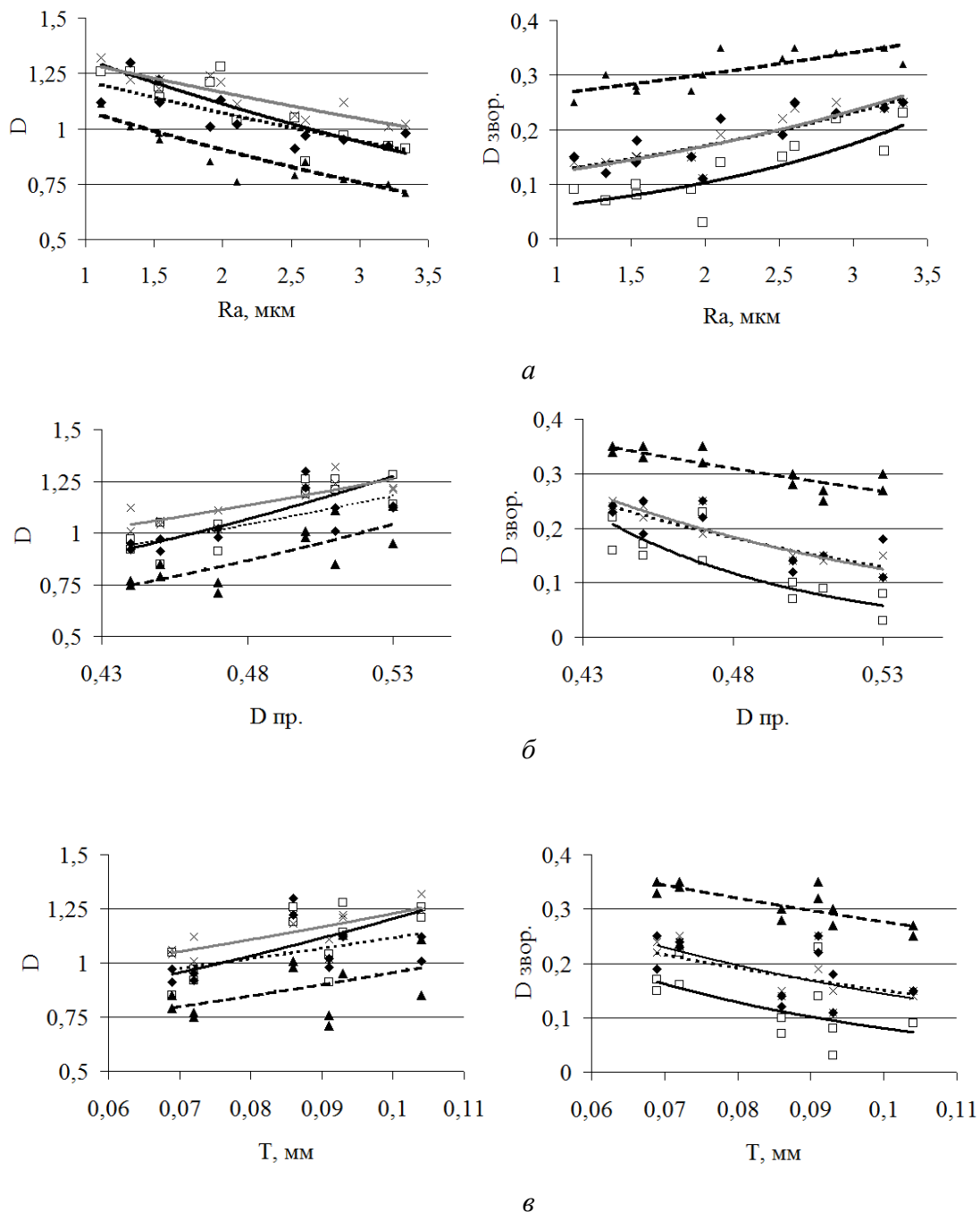


Рис. 10. Кореляція шорсткості (а), оптичної густини паперу, виміряної на просвіт (б), товщини паперу (в) та оптичної густини відбитків (зліва) та їх звороту (справа)

—□— Cyan; - - -▲- - - Yellow;
◆..... Magenta; —x— Black

У п'ятому розділі «Розроблення технологічного забезпечення якості офсетного друку» описано розроблений алгоритм та моделювання визначення зміни кольору звороту відбитка, що виникає внаслідок перебивання фарби на зворот (рис. 11), який дозволить уникнути необґрунтованого вилучення з обігу придатних банкнот через помилкову оцінку їх стану як зношених. Для створення моделі застосовано програмний продукт GMDH Shell BF 3.8.2 на основі методу групового урахування аргументів, який використовується для інтелектуального аналізу даних та прогнозування. Оптимальною обрано модель

з максимальним степенем 2 без перемноження членів. Отримано рівняння моделі:

$$\begin{aligned} \Delta E = & 189,418 - 2,1006 \cdot \Delta E_{n/\phi} + 2,01339 \cdot m - 1974,52 \cdot D_{np} + 0,0123078 \cdot \Delta E_{n/\phi}^2 - \\ & - 0,192043 \cdot m^2 - 0,884714 \cdot R_a^2 + 539,432 \cdot D_{np}^2 + 136,654 \cdot T^2 + 0,664916 \cdot \sin \Delta E_{n/\phi} + \\ & + 0,490147 \cdot \sin m - 0,884714 \cdot \sin R_a + 1589,25 \cdot \sin D_{np} . \end{aligned}$$

Під час перевірки моделі було отримано дані, які свідчать про її адекватність: середньоквадратичне відхилення становить 0,943 та 0,820 для навчальної та перевіркової вибірок відповідно; коефіцієнт детермінації – 0,844 та 0,891; кореляція – 0,919 та 0,952. На рис. 12 показано графічне подання фактичних та змодельованих вихідних даних.

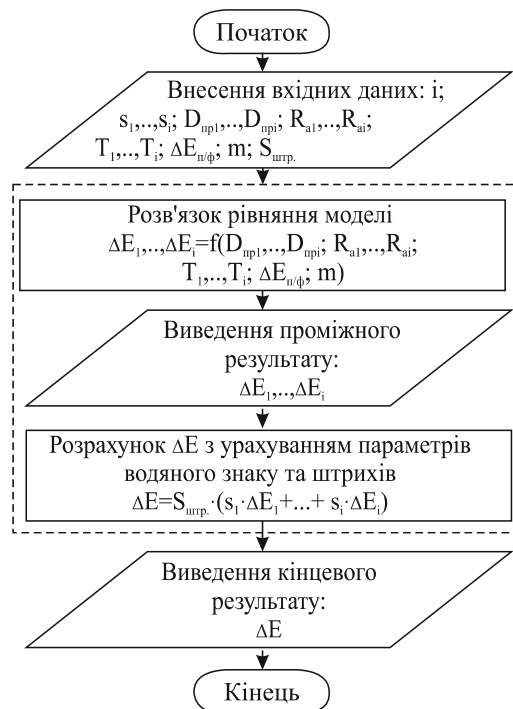


Рис. 11. Алгоритм визначення зміни кольору звороту відбитків унаслідок перебивання фарби

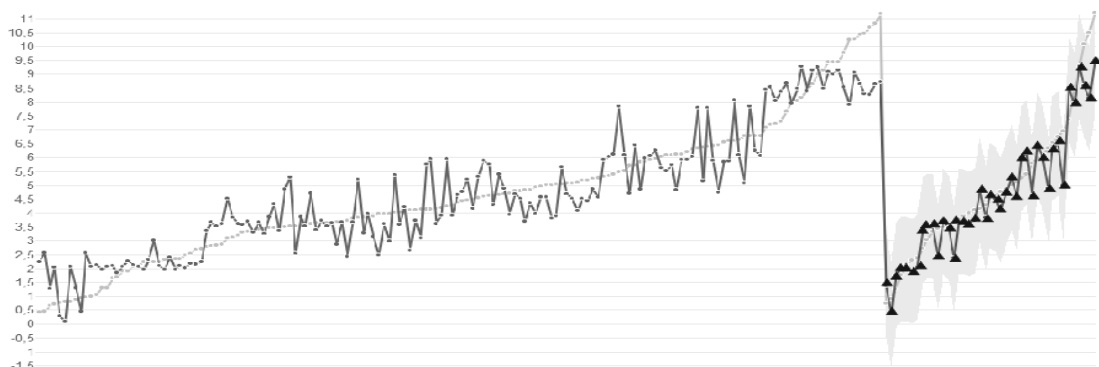


Рис. 12. Графічне подання фактичних та змодельованих вихідних даних

- Фактичні значення
- Розраховані значення (навчальна вибірка)
- ▲— Розраховані значення (перевірочна вибірка)
- Довірчий інтервал

Щоб об'єктивно оцінити структуру паперу з півтоновими водяними знаками, запропоновано методика та розроблено алгоритм (рис. 13), що дозволяє отримати кількісні значення характеристик просвіту паперу. Цей алгоритм передбачає сканування на просвіт банкнотного паперу в зоні контролю та його оцифрування, у результаті чого отримують чорно-біле зображення, що розбивається на певну кількість комірок. Визначається кількість умовних зон та діапазон їх оптичних густин, після чого аналізується кожна комірка зображення та привласнюється певній зоні, розраховується відносна площа кожної зони та середнє значення її оптичної густини на просвіт. Оптична густина визначається за цифровим зображенням, виходячи з відсотка чорного або з коефіцієнтів r , g , b .

За допомогою розробленого алгоритму було визначено параметри просвіту ділянки водяного знака на банкнотах української гривні. Так, для банкнот номіналом 50 грн розраховане середнє значення оптичної густини на просвіт для кожної з трьох умовних зон становить 0,69; 0,81; 0,95, а відносна площа кожної зони – 25 %, 51 % і 24 % (рис. 13, табл. 1).

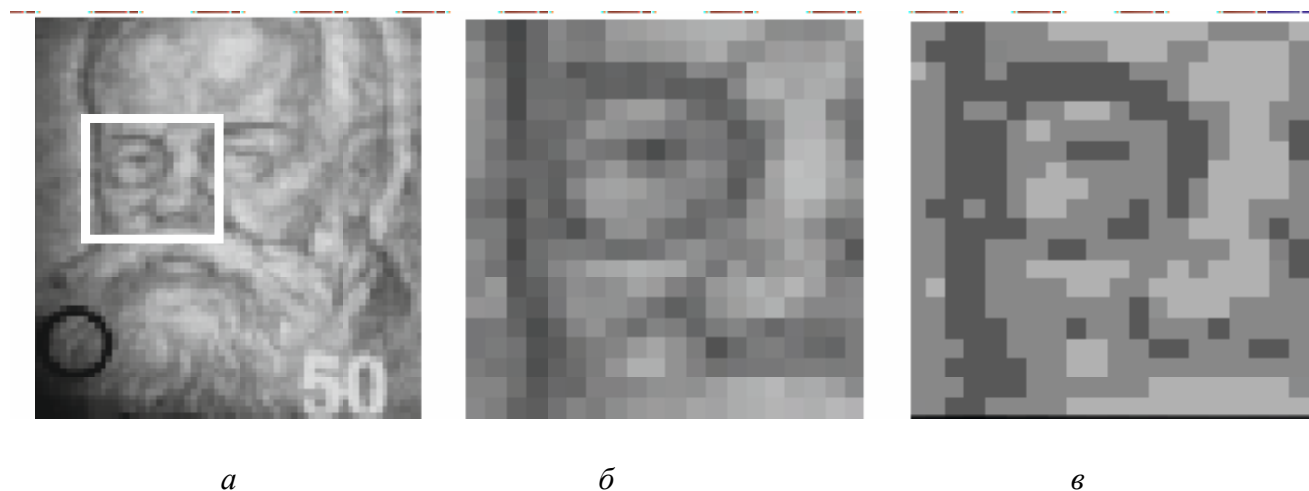


Рис. 13. Поетапне визначення параметрів просвіту ділянки з півтоновим водяним знаком: *a* – відскановане на просвіт зображення; *б* – ділянка зображення, розбита на комірки; *в* – ділянка зображення, поділена на умовні зони із середнім значенням оптичної густини

Таблиця 1

Значення параметрів просвіту ділянки з півтоновим водяним знаком

Зона	Кількість комірок у зоні n	Середнє значення коефіцієнтів: $r = g = b$	Середнє значення оптичної густини на просвіт $D_{пр}$	Відносна площа комірок зони $s, \%$
1	99	155	0,69	25
2	205	143	0,81	51
3	96	111	0,95	24

За допомогою розробленої моделі було визначено зміну кольору на ділянці водяного знака на нових банкнотах, яка розрахована за формулою:

$$\Delta E_{\text{контр}} = S_{\text{штр}} (\Delta E_1 \cdot s_1 + \Delta E_2 \cdot s_2 + \Delta E_3 \cdot s_3),$$

де $\Delta E_{1,2,3}$ розраховані за допомогою моделі значення різниці кольору звороту відбитка і паперу для кожної із зон. Так, для номіналу 50 грн показник ΔE на ділянці контролю (12×12 мм) склав 0,70 (табл. 2);

Таблиця 2

Параметри ділянки з півтоновим водяним знаком

Зона	Відмінність між кольором паперу та кольором фарби	Кількість фарби, г/м ²	Шорсткість незадрукованого паперу, мкм	Оптична густина незадрукованого паперу	Товщина незадрукованого паперу, мм	Відносна площа кожної зони	Відносна площа штрихів у зоні контролю	Відмінність між кольором звороту відбитка та папером (для кож. зони)	Відмінність між кольором звороту відбитка та папером (для ділянки контролю)
	$\Delta E_{\text{п/ф}}$	m	R_a	$D_{\text{пр}}$	T	s	$S_{\text{штр}}$	$\Delta E_{\text{зони}}$	$\Delta E_{\text{контр}}$
1	68,12	1,00	3,28	0,69	0,064	0,25	0,29	0,23	0,70
2			2,813	0,81	0,091	0,51		0,40	
3			2,471	0,95	0,117	0,24		0,08	

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень впливу параметрів матеріалів на якість офсетного друку розроблено структурно-логічну схему визначення показників якості відбитків, отриманих офсетним способом друку на папері з водяними знаками (рис. 14), що дозволяє оцінювати якість технологічного процесу друкування, прогнозуючи оптичні та колірні характеристики відбитків та їх звороту, а також здійснювати цілеспрямоване керування цими характеристиками, варіюючи вхідні параметри.

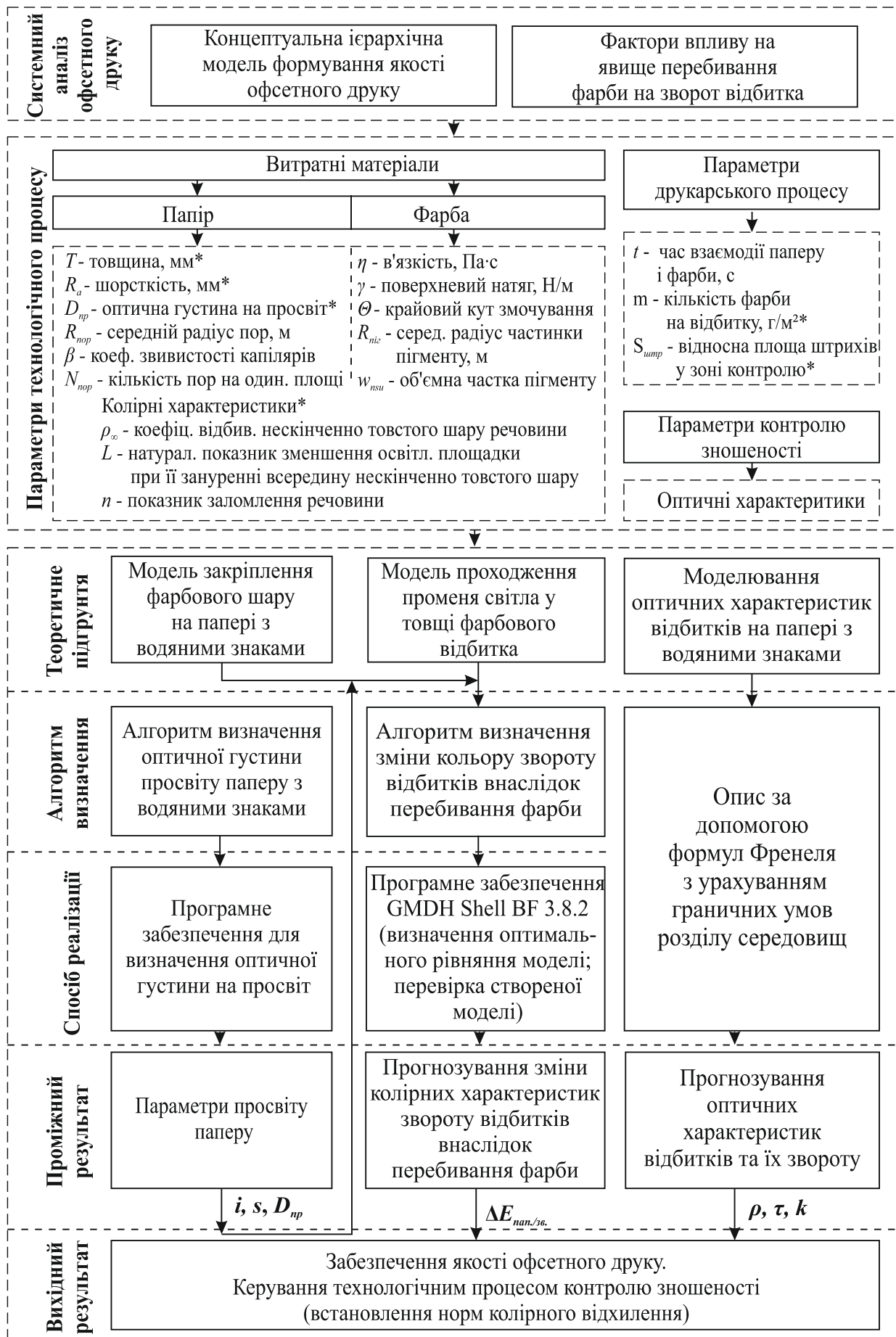


Рис. 14. Структурно-логічна схема технологічного забезпечення якості офсетного друку на папері з водяними знаками з урахуванням перебивання на зворот (* – параметри, що використовуються для визначення $\Delta E_{\text{пап./зв}}$)

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання – розроблено комплексний технологічний процес забезпечення якості банкотної продукції на етапі офсетного друку з урахуванням взаємного зв'язку між структурними та колірними характеристиками паперу і фарб, технологічними режимами та параметрами оригіналу.

Вирішення науково-прикладного завдання полягає у сукупності таких результатів:

1. Здійснено статистичне дослідження щодо виявлення та встановлення відсоткового співвідношення основних дефектів банкотної продукції, що дозволило цілеспрямовано обирати напрями підвищення якості банкотних відбитків.

2. Розроблено концептуальну модель закріплення фарбового шару офсетного друку, що враховує розподіл складових частин фарби у поверхневих шарах та об'ємі паперу з різними структурними характеристиками, зокрема з водяними знаками. Це стало теоретичним підґрунтям подальшого моделювання оптичних характеристик відбитків та їх звороту.

3. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень виявлено та систематизовано найбільш вагомні фактори впливу на явище перебивання фарби на зворот відбитків, що дозволило обрати вхідні параметри для подальшого моделювання якості банкотних відбитків.

4. Розроблено модель формування оптичних характеристик відбитків та їх звороту, яка враховує глибину проникнення та розподіл компонентів фарби в папері, котрі визначаються загальною кількістю та характером пор паперу, дисперсністю фарби та її реологічними властивостями. Ця модель дозволяє прогнозувати якість друку та явище проступання фарби на зворот для паперу з різними структурними характеристиками суміжних ділянок, зокрема для паперу з водяними знаками.

5. На основі виявлених факторів впливу на явище перебивання на зворот було удосконалено концептуальну ієрархічну модель формування якості офсетного друку, що дозволяє цілеспрямовано обирати напрями забезпечення якості офсетного друку, здійснювати вхідний контроль матеріалів, вихідний контроль готової продукції та корегувати процес визначення зношеності банкнот.

6. Розроблено комплексну методику експериментальних досліджень, що дала змогу всебічно дослідити структурні характеристики паперу з макронерівностями систематичного порядку, а також визначити оптичні та колірні характеристики відбитків і їх звороту, що дозволило здійснити аналіз показників якості.

7. Здійснено кореляційний аналіз взаємного зв'язку між структурними характеристиками паперу, зокрема в зоні водяного знака, та оптичними характеристиками відбитка та його звороту. Проведений аналіз дозволив виявити, що при більшій оптичній густині ділянки відбитка значення оптичної густини тієї ж ділянки з його звороту є меншою, і навпаки, при меншій оптичній густині відбитка значення оптичної густини звороту збільшується. Це

свідчить про більше проникнення фарби на ділянках паперу з меншою щільністю, що спричиняє зниження концентрації пігменту на поверхні відбитка та його проступання на звороті, що дозволяє підтвердити коректність моделі закріплення фарби на відбитку.

8. Для об'єктивного оцінювання структури паперу з півтоновими водяними знаками розроблено методику визначення кількісних показників характеристик просвіту паперу. Зокрема, було визначено параметри просвіту ділянки водяного знака на банкноті: середнє значення оптичної густини на просвіт для кожної з трьох умовних зон становить 0,69; 0,81; 0,95, відносна площа кожної зони – 25 %, 51 %, 24 % відповідно. Це дозволить цілеспрямовано корегувати обґрунтовані порогові значення оптичних показників загального забруднення та зношення під час налагодження сортувального обладнання.

9. Розроблено алгоритм та здійснено моделювання визначення зміни кольору звороту відбитків, яка виникає через перебивання фарби, що дозволить прогнозувати якість друку та скорегувати норми допусків на показник забруднення під час автоматизованого сортування банкнот для уникнення необґрунтованого вилучення з обігу придатних банкнот.

10. Розроблено структурно-логічну схему визначення показників якості відбитків, отриманих офсетним способом друку на папері з водяними знаками, що дозволило прогнозувати оптичні й колірні характеристики відбитків та їх звороту, а також здійснювати цілеспрямоване керування даними характеристиками варіюванням вхідних параметрів.

11. Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень впроваджено у виробництво на Банкнотно-монетному дворі Національного банку України й підтверджено актами впровадження. Економічний ефект від впровадження розробок становить 322 598,04 грн.

12. Результати досліджень використовуються у навчальному процесі на кафедрі технології поліграфічного виробництва НТУУ «КПІ» під час проведення лекційних, лабораторних та практичних занять з дисципліни «Теорія кольору».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Kyrychok T. Badanie szorstkosci powierzchni papierow ze znakami wodnymi = The Investigation of Roughness for Paper with Watermarks / T. Kyrychok, T. Klymenko, N. Malkush // Przeglad papierniczy. – 2012. – № 7. – P. 414–417. *Автором запропоновано методику проведення дослідження, проведено обробку експериментальних даних.*

2. Киричок Т. Ю. Мікрогеометрія поверхні паперу з водяними знаками / Т. Ю. Киричок, Т. Є. Клименко, Н. Л. Малкуш // Технологія і техніка друкарства: зб. наук. праць. – Київ, 2009. – № 4. – С. 130–137. *Автором проведено обробку та аналіз експериментальних даних, доповнено висновки.*

3. Киричок Т. Ю. Вплив технологічних параметрів на зміну колірних та оптичних характеристик відбитків / Т. Ю. Киричок, Т. Є. Клименко, Н. Л. Малкуш, П. Р. Гаврилюк // Технологія і техніка друкарства: зб. наук. праць.

– Київ, 2010. – № 1. – С. 20–28. *Автором проведено спектрофотометричні вимірювання, здійснено обробку отриманих даних.*

4. Киричок Т. Ю. Дослідження шорсткості паперу з водяними знаками / Т. Ю. Киричок, Т. Є. Клименко, Н. Л. Малкуш // Вісник НТУУ «КПІ», Машинобудування. – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – Вип. 59. – С. 126–128. *Автором проведено експеримент та оброблено отримані дані, доповнено висновки.*

5. Киричок Т. Ю. Дослідження процесу закріплення фарби на папері з водяними знаками / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Талімонова // Зб. наук. праць ВІПІ НТУУ «КПІ». – № 1. – 2011. – С. 71–75. *Автором проведено обробку та аналіз експериментальних даних, доповнено висновки.*

6. Киричок Т. Ю. Дослідження кольоровідтворення на одно- та двошаровому папері спеціального призначення / Т. Ю. Киричок, В. М. Нестеренко, Н. Л. Талімонова // Технологія і техніка друкарства: зб. наук. праць. – Київ, 2011. – № 3 (33). – С. 17–27. *Автором проведено обробку експериментальних даних, побудовано діаграми.*

7. Киричок Т. Ю. Моделювання проникнення фарби в папір з водяними знаками під час офсетного друку / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Талімонова, В. І. Заріцька, А. І. Денисюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2012. – № 5 (87). – С. 135–139. *Автором проведено обробку експериментальних даних.*

8. Патент UA 56679, Україна, МПК D21H 27/00, B44F 1/00 u201007703. *Захисний елемент для цінних паперів / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Малкуш; заявл. 18.06.2010; опубл. 25.01.2011; Бюл. № 2 – 2 с. Автором запропоновано розмістити найбільш вузьку частину захисного елемента на кромках банкноти та перпендикулярно їм, що дозволить підвищити зносостійкість банкотної продукції.*

9. Патент UA 70071, Україна, МПК G07D 7/12, G07D 7/20 u201113516. *Пристрій для контролю механічної стійкості поверхневих елементів / Т. Ю. Киричок, А. В. Шевчук, Н. Л. Талімонова; заявл. 16.11.2011; опубл. 25.05.2012; Бюл. № 10 – 5 с. Автором запропоновано розмістити шкребок в одній площині з вістрям алмазної голки з можливістю регулювання сили його притискання.*

10. Киричок Т. Ю. Профілографування поверхні паперів спеціального призначення / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Малкуш, Т. Є. Клименко // Прогресивна техніка і технологія: тези доп. XI Міжнар. наук.-техніч. конф. – Київ, 2010. – С. – 102.

11. Киричок Т. Ю. Визначення маси паперу на ділянках водяних знаків / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Малкуш // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: тези доп. міжнар. наук.-техніч. конф. – Тернопіль, 2010. – С. 193–194.

12. Kyrychok T. Research of paper structure with watermarks / T. Kyrychok, T. Klymenko, N. Malkush // 42-a конф. International Circle of Educational Institutes for Graphic Arts Technology and Management. – М., 2010. – С. 75–79.

13. Киричок Т. Ю. Способи формування паперового полотна з водяними знаками / Т. Ю. Киричок, Н. Л. Малкуш. – Тернопіль, 2010. – С. 81–82.

14. Малкуш Н. Л. Дослідження впливу параметрів паперу та офсетних фарб на колірні характеристики та насиченість банкнотних відбитків / Н. Л. Малкуш, В. С. Резнік // Друкарство молоде: тези доп. 9-ї Міжнар. наук.-техн. конф. студ. та аспірантів. – Київ, 2009. – С. 201–203.

15. Малкуш Н. Л. Модель закріплення фарби на папері з водяними знаками / Н. Л. Малкуш // Друкарство молоде: тези доп. 10-ї Міжнар. наук.-техн. конф. студ. та аспірантів. – Київ, 2010. – С. 246–247.

16. Талімонова Н. Л. Фактори впливу на якість відтворення поліграфічної продукції орловським способом друку / Н. Л. Талімонова // Друкарство молоде: тези доповіді 11-ї Міжнар. наук.-техн. конф. студ. та аспірантів. – Київ, 2011. – С. 9–10.

17. Талімонова Н. Л. Відхилення кольору на різних ділянках паперу з водяними знаками / Н. Л. Талімонова // Друкарство молоде: тези доп. 12-ї Міжнар. наук.-техн. конф. студ. та аспірантів. – Київ, 2012. – С. 9–10.

18. Талімонова Н. Л. Способи дослідження неоднорідності структури паперу / Н. Л. Талімонова // Друкарство молоде: тези доп. 14-ї Міжнар. наук.-техн. конф. студ. та аспірантів. – Київ, 2014. – С. 128–129.

19. Талімонова Н. Л. Визначення оптичної густини відбитків на папері з водяними знаками / Н. Л. Талімонова // Друкарство молоде: тези доп. 15-ї Міжнар. наук.-техн. конф. студ. та аспірантів. – Київ, 2015. – С. 6–9.

АНОТАЦІЯ

Талімонова Н. Л. Технологічне забезпечення виготовлення банкнотних відбитків. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» МОН України, Київ, 2016.

У дисертаційній роботі розроблено комплексний технологічний процес забезпечення якості банкнотної продукції, віддрукованої офсетним способом, з урахуванням взаємного зв'язку між структурними та колірними характеристиками паперу і фарб, технологічними режимами та параметрами оригіналу. Цей технологічний процес ґрунтується на розробленій концептуальній моделі закріплення фарбового шару, розробленому алгоритмі визначення кількісних показників характеристик просвіту паперу, алгоритмі та моделі визначення зміни кольору звороту відбитків, розробленій структурно-логічній схемі визначення показників якості, що враховує розподіл складових частин фарби у поверхневих та об'ємних шарах паперу з різними структурними характеристиками, зокрема з водяними знаками.

Комплексний технологічний процес забезпечення якості офсетного друку на папері з водяними знаками дозволяє прогнозувати оптичні характеристики відбитків та їх звороту за результатами вхідного контролю та здійснювати цілеспрямоване керування цими характеристиками через варіювання вхідних параметрів. Урахування явища перебивання фарби на зворот дозволить встановлювати обґрунтовані порогові значення оптичних показників загального

забруднення та зношеності банкнот під час налагодження сортувального обладнання, що дозволить уникнути вилучення з обігу придатних банкнот через помилкову оцінку їх стану як зношених.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень упроваджено у виробництво та навчальний процес.

Ключові слова: папір з водяними знаками, банкнотна продукція, контроль якості, проникнення фарби, оптичні характеристики, колір.

АННОТАЦІЯ

Талимонова Н. Л. Технологическое обеспечение изготовления банкнотных оттисков. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.01 – машины и процессы полиграфического производства. – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» МОН Украины, Киев, 2016.

В диссертационной работе разработан комплексный технологический процесс обеспечения качества банкнотной продукции, отпечатанной офсетным способом, с учетом взаимной связи между структурными и цветовыми характеристиками бумаги и красок, технологическими режимами и параметрами оригинала.

Этот технологический процесс основан на разработанной концептуальной модели закрепления красочного слоя офсетной печати, учитывающей распределение компонентов краски в поверхностных слоях и объеме бумаги с различными структурными характеристиками, в частности с водяными знаками; усовершенствованной концептуальной иерархической модели формирования качества офсетной печати, позволяющей целенаправленно выбирать направления обеспечения качества офсетной печати, осуществлять входной контроль материалов, выходной контроль готовой продукции и корректировать процесс определения изношенности банкнот.

Разработанная модель формирования оптических характеристик оттисков и их оборота учитывает глубину проникновения и распределение компонентов краски в бумаге, которые определяются общим количеством и характером пор бумаги, дисперсностью краски и ее реологическими свойствами. Также в технологическом процессе учитываются разработанная методика определения количественных показателей характеристик просвета бумаги; алгоритм и модель определения изменения цвета оборота оттисков, возникающего в связи с перебиванием краски; разработанная структурно-логическая схема определения показателей качества оттисков, полученных офсетным способом печати на бумаге с водяными знаками.

Комплексный технологический процесс обеспечения качества офсетной печати на бумаге с водяными знаками позволяет прогнозировать оптические характеристики оттисков и их оборота по результатам входящего контроля и осуществлять целенаправленное управление данными характеристиками путем варьирования входящих параметров. Учет явления перебивания краски на

оборот оттисков позволит устанавливать обоснованные пороговые значения оптических показателей общего загрязнения и изношенности банкнот во время налаживания сортировочного оборудования, что позволит избежать изъятия из оборота пригодных банкнот в связи с ошибочной оценкой их состояния как изношенных.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены в производство и учебный процесс.

Ключевые слова: бумага с водяными знаками, банкнотная продукция, контроль качества, проникновение краски, оптические характеристики, цвет.

ABSTRACT

Talimonova N. L. Technological assurance for manufacture of banknote prints banknote. – Manuscript.

Dessertation for the degree of technical sciences candidate, specialty 05.05.01 – Machines and processes of printing production. – National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kiev, 2016.

The dissertation developed a comprehensive technological process of ensuring the quality of banknote prints, which was made by offset method of printing. The correlation between structural and color characteristics of paper and inks, technological modes and parameters of the original was taken in to account. This technological process is based on the conceptual models and algorithms, that have been developed (a model describing the fixing of the ink layer, the algorithm which determines the quantitative characteristics of paper transparency, the algorithm and the model which define color differences on the back of the prints, the structurally-logic scheme which determines the indicators of the quality of the prints).

The complex technological process allows to predict the optical characteristics of the prints and their back according to the results of the input control and to make targeted management of these characteristics by varying the input parameters. Accounting for the ink penetration on the back of prints will allow to define reasonable limit values of optical parameters of total pollution and of decrepitude of banknotes during the adjusting of the screening equipment. This will avoid the expunging suitable banknotes from circulation in connection with the incorrect assessment of their condition as worn.

The results of theoretical and experimental studies introduced into production and the learning process.

Keywords: paper with water marks, banknote production, quality control, ink penetration, optical characteristics, color.