

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Сухіна Єлизавета Геннадіївна

УДК 655.3.066.36

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ БАНКНОТ

Спеціальність 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі технологій поліграфічного виробництва Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Регей Іван Іванович
Українська академія друкарства, завідувач кафедри
поліграфічних і пакувальних машин та технології пакування
кандидат технічних наук
Козік Олександр Михайлович
ВАТ «Укрпластик», головний експерт по друку

Захист відбудеться 22 лютого 2018 року о 13 годині 00 хвилин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.10 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Володимирська, 7 (корпус № 25), ауд. №10.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, проспект Перемоги, 37.

Автореферат розіслано «__» січня 2018 року.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, к. т. н.



Т. Є. Клименко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми зумовлена високими вимогами до збереження якості банкнот в обігу, що проявляється забезпеченням стійкості основи та її поліграфічного оформлення, а також збереженням захисних ознак упродовж усього терміну їх перебування в обігу, з урахуванням постійного зростання тиражів банкотної продукції у світі.

Якість банкотної продукції визначається показниками захищеності, розпізнаваності, машиночитаності, естетичного сприйняття та технологічності, що мають бути притаманні банкнотам упродовж усього часу їхнього перебування в обігу. Збереження цих ознак виражається показником зносостійкості. Оскільки контроль показників якості та їх зміни під час обігу мають свої особливості, зумовлені різними фізико-механічними, фізико-хімічними та оптичними властивостями різних структурних елементів, це впливає на якість сортувальних процесів банкнот. Зносостійкість банкотної продукції забезпечується на всіх етапах її виробництва, на кожному з яких отримують набір контрольованих ознак, що в результаті формують зносостійкий комплекс готової банкноти. Він, на думку вчених, найбільше залежить від характеристик основи, а також технологічних параметрів її поліграфічного оформлення. Результати досліджень зносостійкості банкнот, а саме впливу технологічних параметрів на зміну показників зношеності, досліджено в роботах Т. Киричок, Р. Коезе, П. Маркуса, П. Балка, А. Шевчука, Я. Геузбрука та інших учених. Процеси фізичного старіння целюлозної основи, що перебувають у тісній кореляції з процесом загального зношування банкнот, відображені в роботах К. Феллерсе, Д. Флятте, Т. Іверсена, Т. Ліндстрема, Т. Нільсона та ін.

Відбраковування придатної до обігу банкотної продукції під час сортувальних процесів може відбуватися через розбіжності структурних та поверхневих характеристик банкнотного паперу й неврахування допусків друкарських процесів офсетного та металографічного методів друкування, а також за рахунок неточностей коригування допусків під час налаштування сортувального обладнання, що відбувається суб'єктивним експертним шляхом.

Зважаючи на значну кількість компонентів технологічного процесу виготовлення та беручи до уваги зазначені недоліки наявних теоретичних і практичних підходів до оцінювання якості банкнот через контроль їх зношеності, можна вважати, що науково-технічне завдання прогнозування збереження показників якості банкнот в обігу з урахуванням допусків технологічного процесу їх виготовлення має важливе практичне значення та є актуальним. Утілення його в життя вимагає розвитку відомих і розробки нових методів забезпечення та оцінювання показників якості банкотної продукції в процесі обігу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконувалася на кафедрі технології поліграфічного виробництва Видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету

України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Банкнотно-монетному дворі Національного банку України (БМД НБУ) і є складовою частиною досліджень за господарськими договорами: № 12.07.98 від 27.04.2012 «Дослідження факторів, які впливають на зносостійкість банкнот, виготовлених на двошаровому папері» (номер державної реєстрації 0112 U 005296), в якому автор дисертації брала участь у розробці методики проведення експериментальних, теоретичних досліджень та проведенні обробки й аналізу отриманих експериментальних даних, № 13.07.78 від 25.03.2013 «Дослідження впливу фарб металографічного друку, їх композиційного складу на експлуатаційні властивості банкнотних відбитків» (номер державної реєстрації 0113 U 004832), в якому автор дисертації брала участь у розробці та проведенні експериментальних досліджень щодо контролю зношеності шару металографічного друку, що виконаний фарбами різної рецептури, № 14-07-117 від 16.04.2014 «Дослідження впливу геометричних параметрів друкарських елементів інтагліо форм на друкарсько-технічні властивості відбитків» (номер державної реєстрації 0115 U 005170), у якому автором дисертації було розроблено спеціальну методику контролю якості штрихів металографічного друку на відбитку та контролю зміни їхньої форми під час зношування за рахунок стирання фарби металографічного друку.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – встановити закономірності впливу нового комплексного технологічного процесу забезпечення контролю якості банкнотної продукції на паперовій основі у процесі зношування на стабільність і прогнозованість показників якості банкнот в обігу з урахуванням допусків технологічного процесу її виготовлення.

1. Дослідити механізми зношування банкнот та розробити нові методи оцінювання стану зношеності банкнот.

2. Створити комплексну інформаційну модель оцінювання рівня зношеності банкнотної продукції, що виготовляється на паперовій основі.

3. Розробити комплексну методику проведення теоретичних та експериментальних досліджень з метою визначення об'єктивності використання показників для оцінювання ступеня зношеності.

4. На основі теоретичних та експериментальних досліджень процесів зношування банкнот здійснити моделювання процесу їх штучного зношування з метою визначення норм і допусків для цього технологічного процесу.

5. На основі теоретичних засад контролю зношеності банкнот у поєднанні з визначенням їхніх електрофізичних властивостей розробити комплексний технологічний процес контролю фарбоперенесення на відбитках металографічного друку та контролю зміни товщини фарбового шару металографічного друку, що виникає у процесі зношування банкнот.

6. Розробити алгоритм та програмне забезпечення процесу визначення точності показників зношеності банкнот.

7. Розробити систему технологічного забезпечення визначення ступеня зношеності банкнот з метою імплементації в сортувальні процеси задля мінімізації помилок автоматизованого контролю якості банкнот.

8. Результати експериментальних і теоретичних досліджень комплексного технологічного процесу впровадити на підприємствах галузі та в навчальний процес.

Об'єктом досліджень є технологічні процеси виготовлення, експлуатації та сортування банкнотної продукції.

Предметом досліджень є взаємозв'язок технологічних параметрів металографічного друку з якістю банкнотної продукції та методи визначення зношеності та параметрів фарбового рельєфу.

Методи досліджень. Поставлені завдання вирішувалися комплексно, через проведення теоретичних та експериментальних досліджень. Перші з них ґрунтуються на основних засадах технології поліграфічного виробництва, матеріалознавства, фізичної хімії, другі – на використанні стандартних та спеціально розроблених методик із застосуванням сучасної контрольовимірювальної апаратури. Для обробки експериментальних даних застосовувалися методи математичної статистики, регресійного аналізу, технології великих даних, теорії ймовірності та планування експерименту, спеціально розроблене програмне забезпечення.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено важливе науково-практичне завдання забезпечення якості банкнотної продукції, в результаті чого:

уперше:

- створено модель технологічного процесу штучного зношування банкнот, що, із залученням уперше запропонованої узагальненої інформаційної моделі процесу визначення зношеності банкнот із дезагрегуванням технологічного процесу оцінювання комплексного показника зношеності на функціональні складники, дає змогу нормувати технологічні режими та допуски імітації зношування з метою відтворення його реальних процесів в імітаційних умовах з урахуванням питомої частки пошкоджень банкнот у реальному обігу та допусків на їх значення;

- розроблено систему контролю параметрів технологічного процесу сортування з метою зниження рівня браку сортувальних процесів, яка базується на імплементації зведеного електрофізичного показника зношеності як критерію коригування параметрів зношування, що, із залученням вперше запропонованої логічно-структурної схеми технологічного забезпечення якості сортувальних процесів, дозволяє уникнути необґрунтованого вилучення банкнот з обігу;

- розроблено методологію оцінювання показників зношеності банкнот на основі створеного алгоритму із застосуванням елементів кластерного аналізу, що дозволяє визначити достовірність та точність результатів оцінювання стану зношеності банкнот з урахуванням їх кроскореляційного зв'язку з результатами

суб'єктивного контролю зношеності банкнот за допомогою експертного оцінювання;

удосконалено:

- модель формування поверхневого та об'ємного опорів банкнот, у результаті чого створено моделі формування електрофізичних характеристик відбитків металографічного друку, які дозволяють пояснити механізм формування електрофізичних властивостей фарбових шарів металографічного друку, встановити залежності поверхневого та об'ємного опорів зразків від параметрів штрихів і таким чином визначити об'єм фарби на відбитках, що, із залученням уперше запропонованої логічно-структурної схеми побудови комплексного технологічного процесу забезпечення якості металографічного друку через контроль фарбоперенесення з використанням електрофізичних показників відбитків, дозволяє встановити норми фарбоперенесення за заданих параметрів штрихів друкарських форм металографічного друку, а також контролювати стійкість фарбового шару металографічного друку банкнот у процесі зношування.

набули подальшого розвитку:

- еквівалентні електричні схеми задрукованого різними видами друку банкнотного паперу, які враховують волоконний склад паперу, поверхнєве й об'ємне проклеювання, захисні елементи, а також зношеність, що дозволяє, із залученням уперше отриманих експериментальних залежностей електрофізичних властивостей відбитків від технологічних режимів металографічного та офсетного друку, властивостей паперу, а також зношеності, прогнозувати якість банкнотної продукції, у тому числі в процесі експлуатації.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Удосконалено технологічний процес сортування з метою виявлення непридатних до обігу банкнот з використанням контактного модуля визначення поверхневого та об'ємного опорів банкнот та спеціально створеного програмного забезпечення для коригування меж допусків параметрів контролю зношення банкнот для автоматизованого сортування за допомогою встановлення обґрунтованих порогових значень вимірюваних показників зношеності у процесі роботи сортувального обладнання з періодичним переналаштовуванням за рахунок зведеного електрофізичного показника зношеності, що дозволить на 24–32 % скоротити необґрунтоване вилучення банкнот з обігу.

2. Розроблено алгоритм та відповідний програмний продукт визначення достовірності результатів оцінювання ступеня зношеності банкнот, який може застосовуватись як під час досліджень, так і в процесі сортування банкнот в обробних комплексах.

3. Визначено вплив технологічних факторів металографічного друку (швидкості, тиску в друкарській парі) та параметрів гравійованих елементів друкарських форм на електрофізичні властивості відбитків, що дозволяє визначити показник фарбоперенесення та унормувувати параметри фарбового рельєфу за

рахунок вхідного коригування технологічних режимів друкування та додрукарської підготовки друкарських форм.

4. Запропоновано виробничі заходи забезпечення унормованого процесу сортування банкнот з метою врахування сумарних допусків критеріїв їх зношування.

5. Запропоновано конструктивні рішення пристрою, оцінювання зношеності банкнот, пристрою для контролю механічної стійкості фарбового шару металографічного друку, а також удосконалено методику штучного зношування банкнот з метою забезпечення адекватної деградації їх характеристик під час імітації процесу зношування. Новизну запропонованих технічних рішень захищено патентами на корисну модель України № 118347, № 102351 та № 103510 відповідно.

6. Розроблено технологічні рекомендації щодо контролю вологості паперових матеріалів, які забезпечують економічний ефект у розмірі 47,54 тис. грн та 42,23 тис. грн від їх впровадження у виробництво за рахунок зменшення кількості браку матеріалів, що підтверджено актом впровадження на Державному підприємстві «Київська офсетна фабрика» та в Державному видавництві «Преса України» Державного управління справами.

7. Результати досліджень використовуються у навчальному процесі на кафедрі технології поліграфічного виробництва НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського під час проведення лабораторних та практичних робіт з дисциплін «Захист інформації в поліграфії» та «Поліграфічне матеріалознавство».

Особистий внесок здобувача. Робота є результатом самостійних досліджень здобувачки, передбачених обраною тематикою.

У публікаціях у співавторстві здобувачці належить: [1, 2, 9] – підготовлено методологію проведення експериментальних досліджень та проведено експериментальні дослідження; [3] – запропоновано використання точкових електродів для вимірювання спаду напруги; [4] – запропоновано склад та дозування забруднювальних компонентів зношування; [5] – запропоновано розташування систем вимірювання профілю поверхні; [6, 7] – розроблено методику візуальної оцінки зношеності фарбових шарів металографічного друку; [8] – побудовано профілограми поверхні відбитків з різними профілями штрихів металографічного друку, зроблено висновки.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи доповідалися на міжнародних науково-практичних конференціях та семінарах: Міжнародна науково-технічна конференція студентів і аспірантів «Друкарство молоде», м. Київ, 2010, 2011, 2014, 2015, 2017 рр.; «Міжнародна науково-практична конференція з проблем видавничо-поліграфічної галузі», м. Київ, 2013, 2014 рр.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 6 статей у наукових фахових виданнях, з них 2 у міжнародних фахових наукометричних виданнях, 3 патенти України на корисну модель, 4 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку науково-технічних джерел, додатків. Обсяг рукопису становить 201 сторінку, у тому числі 64 рисунка, 26 таблиць, 8 додатків загальним обсягом 40 сторінок. В бібліографії наведено 161 найменування джерел науково-технічної інформації.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У **першому розділі** проаналізовано показники якості банкотної продукції, визначено їхні особливості; досліджено впливи на банкноти в обігу та механізми й ознаки їх зношування; виявлено відмінності характеристик банкнот із реального обігу та тих, які піддавались процесу штучного зношування. Це дало можливість зробити висновок про актуальність моделювання процесу штучного зношування, що дозволить виявити напрямки для забезпечення кращої якості технологічного процесу через визначення норм і допусків на цей процес та отримати більш достовірні результати досліджень зносостійкості банкнот.

Визначено проблеми автоматизованого сортування, які призводять до помилкового вилучення придатних до обігу банкнот. До них належать випадки, пов'язані з неврахуванням допусків друкарських процесів офсетного та металографічного методів друкування, які виявляються в перебиванні фарби, допусків колірності та інших параметрів банкнотного паперу, а також неідентичне оцінювання критичних меж забруднювання банкнот під час розроблення специфікацій на налаштування сортувального обладнання. У цьому разі мається на увазі періодичне експертне калібрування сенсорів забруднення сортувальних машин фахівцями з грошового обігу шляхом візуальної оцінки, що є суб'єктивним показником якості. Спостерігаються і проблеми, пов'язані з суттєвими відмінностями сортування за результатами оцінки забрудненості за денситометричними вимірюваннями. Також загальним недоліком сортування визначено 46–54%-ву невідповідність підходів до встановлення порогових рівнів зношення у споживачів банкотної продукції та автоматизованих комплексів для сортування. Таким чином, для уникнення неточностей сортувальних процесів актуальним є досягнення максимальної ідентичності відбитків та однорідності структурних елементів банкнотної основи, а також пошук методів, що дозволять здійснювати автоматизоване коригування критичних меж показників зношеності банкнот для сортувальних процесів і визначати стан зношеності. Відтак їх використання дасть можливість отримати результати, максимально достовірні з результатами оцінювання зношеності користувачами банкнотної продукції.

Визначено основні напрями формування зносостійкості банкнот, що формуються за рахунок технологічних режимів їх виготовлення та параметрів витратних матеріалів, з'ясовано вплив металографічного методу друкування як одного із засобів забезпечення зносостійкості та захищеності й ідентифікації банкнот. Оскільки в процесі зношування банкнот відбувається стирання фарб металографічного друку, забезпечення стійкості фарбового шару тут набуває важливого значення. Саме тому актуальним є пошук методів контролю та забезпечення стійкості фарбового шару металографічного друку в процесі зношування банкнот.

Сформовано суть та перелік завдань дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** проведено моделювання процесу штучного зношування банкнот з урахуванням дії різноманітних джерел впливу на них в умовах реального обігу, що призводить до формування зношеності.

На рис. 1 подано схему руху усталеного режиму компонентів зношування, що включають суміш банкнот, зношувальних та забруднювальних агентів. У барабані імітатора зношування, який обертається, матеріал рухається шарами. На параметри руху впливають: сила внутрішнього в'язкого тертя середовища, швидкість обертання барабана і сила тертя між його робочою поверхнею та матеріалом.

Для забезпечення максимально ефективного процесу нанесення забруднювальних компонентів на поверхню банкнотних зразків, які зношуються, потрібно надати максимального рівня контакту їхніх поверхонь і зношувальних агентів, що забезпечуватиметься в режимі перекочування останніх. Такі режими

спостерігаються і в разі використання сипучого матеріалу за малого ступеня заповнення барабана, і за невеликого тертя об його внутрішню поверхню. З урахуванням геометричних параметрів зношувальних агентів і фізико-хімічних параметрів забруднювальних агентів, за обраної технології штучного зношування банкнот, найдоцільніше застосовувати механіку суцільного середовища, а саме в'язкої рідини, для дослідження цього процесу.

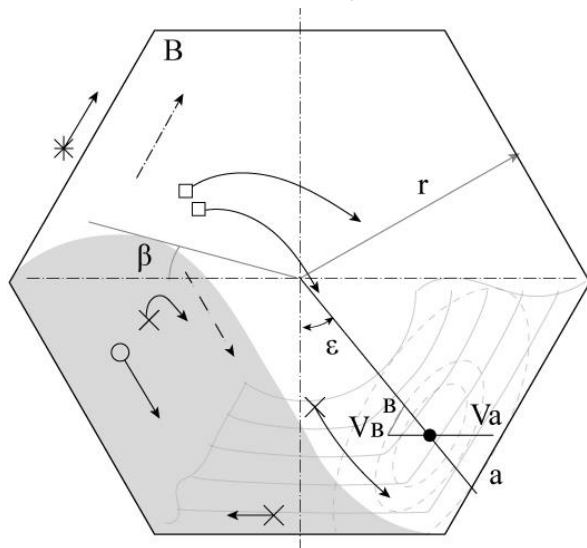


Рис. 1. Схема руху компонентів зношування:
1 – відцентровий; 2 – водоспадний; 3 – каскадний;
4 – перекочування; 5 – ковзання; 6 – напрямком загальної циркуляції

Для аналізу їхнього руху можна використовувати спрощене рівняння Нав'є-Стокса: $\frac{d^2V_\varepsilon}{dr^2} - \frac{1}{r} \frac{dV_\varepsilon}{dr} - \frac{V_\varepsilon}{r^2} = \frac{1}{r_\mu} \frac{dP}{d\varepsilon}$, де ε – кутова координата; V_ε – швидкість руху шару в тангенціальному напрямі, м/с; P – тиск середовища, Па; μ – коефіцієнт внутрішнього тертя, Па×с; r – внутрішній радіус барабана, м.

За умови, що $|V_B| = \vartheta |V_A|$ отримаємо:

$$V_\varepsilon = V_a \left[\frac{1}{a^{k_1}} \left(1 + \frac{(\vartheta + \frac{B^{k_2}}{a^{k_1}}) a^{k_2}}{B^{k_2} - a^{k_2 - k_1} B^{k_1}} \right) r^{k_1} - \frac{\vartheta + \frac{B^{k_1}}{a^{k_1}}}{B^{k_2} - a^{k_2 - k_1} B^{k_1}} r^{k_2} \right] + e^t \frac{1}{r_\mu} \frac{dP}{d\varepsilon}.$$

Розв'язання цього рівняння за методом Рунге-Кутта було реалізовано за допомогою програмного забезпечення MATLAB за значень технологічного процесу: $r = b - a = 0,28 - 0,14$; $r_\mu = 0,52$; $\frac{dP}{d\varepsilon} = const \approx 0,1$; $\vartheta = 1,3 - 1,8$; $n = 16 - 60$ об/хв.

Оптимальний режим обертання, що забезпечує максимальний контакт поверхонь – режим перекочування для обраної форми імітатора зношування виникає за частоти обертання $n = 25 - 46$ об/хв при виконанні умови, що загальний об'єм зношувальних агентів з урахування вимоги забезпечення сумарної ефективної площі поверхні зношувальних агентів, що в 30–40 разів перевищує сумарну площу поверхні зношуваних зразків, становить:

$$V_{opt} = \left[\frac{\pi}{12} - \frac{\pi}{10} \right] 4r_{зобвн}^2 h = \frac{r_{зобвн}^2 h}{4} (\alpha - \sin \alpha).$$

Кількість забруднювальної суміші визначено з таких міркувань: для банкнот з реального обігу збільшення маси однієї банкноти внаслідок накопичення шару забруднень на поверхні становить $0,046 \pm 0,024$ г. Оскільки імітація зношування проводиться циклічно, то маса розподіленого шару забруднювальних речовин, що осідає на банкнотах з урахуванням всотування за одиницю часу визначається так:

$$m_{soil} = \sum_{i=1}^n m_i \frac{\pi \mu_0 p_1 l_0 \sqrt{1 + V_{rel}^2 (1 - 2 \cos \alpha)}}{S_b 4 \sin \gamma},$$

де μ_0 – коефіцієнт зчеплення, що залежить від умов перебігу процесу (швидкість обертання барабану імітатора і характеристик контактуючих поверхонь); n – кількість циклів зношування; p_1 – концентрація банкнот в об'ємі барабана, $1/m^3$; l_0 – коефіцієнт, що враховує розподіл забруднювальних компонентів по поверхні зношувальних агентів та поверхні барабана; m_i – маса забруднюючих речовин, що додається за 1 цикл зношування, кг; V_{rel} – відносна швидкість обтікання банкнот зношувальними агентами м/с (за умови забезпечення режиму перекочування компонентів, близька до швидкості руху барабана); S_b – площа поверхні банкноти, m^2 .

Аналіз відносної кількості пошкоджень кожного виду показує, що на банкнотах, які визнані непридатними до подальшого обігу, наявні одночасно кілька видів пошкоджень. Саме тому актуальною є побудова інформаційної моделі технологічного процесу оцінювання комплексного показника зношеності з дезагрегуванням його на функціональні складники (рис. 2).

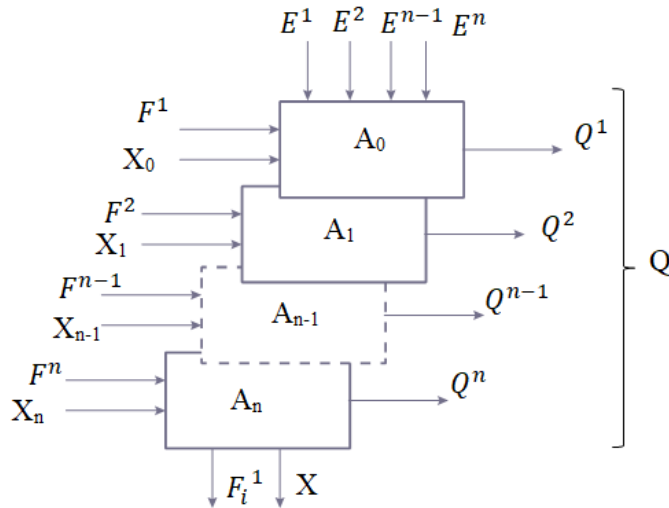


Рис. 2. Інформаційна модель оцінювання якості технологічних процесів контролю зношеності банкнот ($Y = A_0X; P(\Delta) \rightarrow \max; Q = A_i(F_iX_{ai}E_i)$)

збереження допуску кількісних і якісних параметрів кожного з етапів технологічних процесів Q_n^0 , де вибором вектора керованих параметрів є $X(X_1, X_2, \dots)$. Компоненти вектора Q показують, наскільки ефективно функціонує система в цілому.

Загальна система оцінювання ймовірності збереження допуску та Q^0 і сукупність значень додаткових показників оцінювання q_k^+ є меншим чи рівним за значенням Q^0 та q^0 , причому значення q_k^+ можуть не набувати екстремальних значень.

Виконання цих умов передбачає виконання всіх операцій з дотриманням необхідного рівня якості за $P(\Delta) \rightarrow \max$:

$$\left. \begin{aligned} Q_1^0 &\leq Q_{1 \text{ дод}}^0 \\ Q_2^0 &\leq Q_{2 \text{ дод}}^0 \\ Q_2^0 &\leq Q_{2 \text{ дод}}^0 \\ q_1^0 &\leq q_{1 \text{ дод}}^0 \\ q_2^0 &\leq q_{2 \text{ дод}}^0 \\ q_2^0 &\leq q_{2 \text{ дод}}^0 \end{aligned} \right\}$$

Таким чином, кількісною оцінкою якості перебігу процесу будуть допуски, за межі яких процеси не повинні виходити. Тому для оптимізації процесу оцінювання зношування в сортувальних процесах потрібно мінімізувати вплив неконтрольованих сигналів на систему, які в цьому випадку проявляються в суб'єктивному налаштуванні датчиків контролю загального забруднення.

Визначено технологічні основи контролю зміни якості реальних банкнот та банкнот в імітаційних умовах реального обігу за зміною їхніх структурних та поверхневих властивостей, які базуються на теоретичному обґрунтуванні впливу

Оскільки оцінювання стану зношеності банкнот є складним процесом, що включає визначення показників банкнот, то частина вхідних до системи сигналів, поданих у вигляді попередніх операцій ($F^1 \dots F^n$), які виконуються низкою модулів устаткування, режимів та параметрів їхньої роботи ($X_1 \dots X_n$), є кількісно керованими (параметри зони вимірювання, критичні межі тощо). Інша частина вхідних сигналів – некеровані, і вони подані у вигляді попередніх налаштувань ($E^1 \dots E^n$), що здійснюються суб'єктивним чином.

Завдання оптимізації зводиться до максимізації ймовірності

неоднорідності структури продукту на характер залежностей його електрофізичних параметрів (поверхневого опору, об'ємного опору, тангенса кута діелектричних втрат та електричної ємності), що можуть бути використані як індикатор зношеності банкнот. З метою визначення впливу структурних особливостей банкнот на формування їхніх електрофізичних властивостей та імплементування останніх як показників зношеності здійснено моделювання еквівалентних схем вимірювання поверхневого та об'ємного опорів (рис. 3) та електричної ємності і кута діелектричних втрат банкнот (рис. 4).

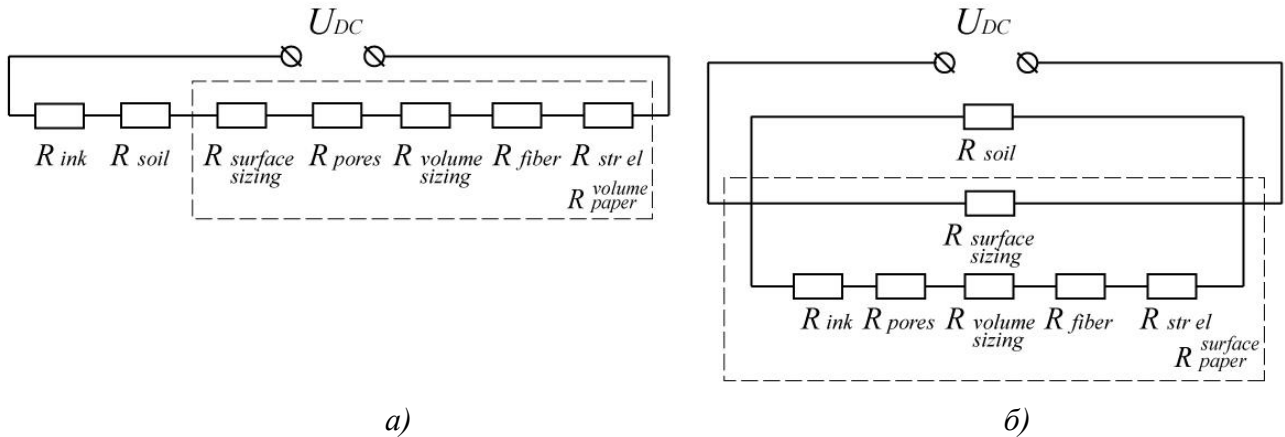


Рис. 3. Удосконалені еквівалентні електричні схеми банкноти: а) – об'ємний опір; б) – поверхневий опір

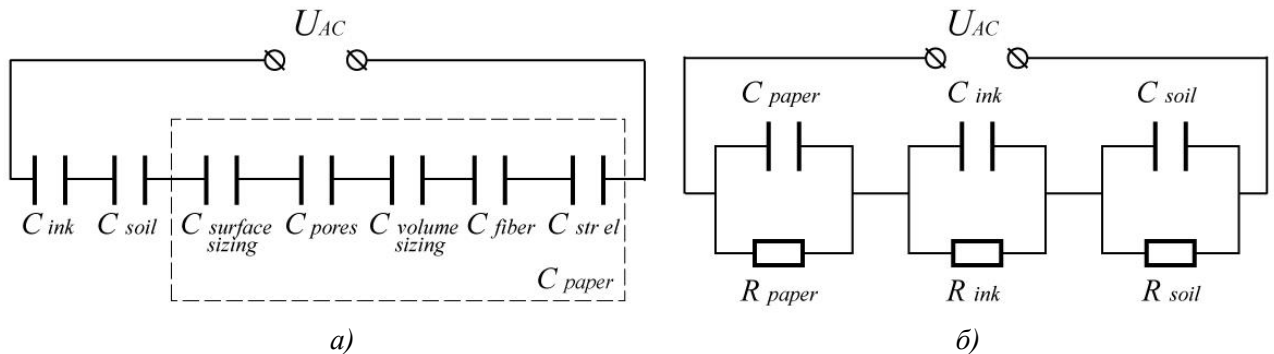


Рис. 4. Удосконалені еквівалентні електричні схеми банкноти: а) – електрична ємність; б) – тангенс кута діелектричних втрат

Об'ємний опір банкнот R_b^{volume} визначається так: $R_b^{volume} = \sum_{i=1}^n R_i$, де i – кількість структурних складових банкнотного паперу,

$$R_b^{volume} = R_{fiber} + R_{str\ el} + R_{pores} + R_{surface\ sizing} + R_{volume\ sizing} + R_{ink} + R_{soil},$$

де R_{fiber} – опір целюлозних волокон, Ом; $R_{str\ el}$ – опір захисних включень паперу (синтетичних волокон, металізованих волокон, захисних стрічок тощо), Ом; R_{pores} – опір пор паперу, що заповнені повітрям, Ом; $R_{surface\ sizing}$, $R_{volume\ sizing}$ – опори, що визначаються речовинами поверхневого та об'ємного проклеювання відповідно, Ом; R_{ink} – опір, що визначається характеристиками фарбових

шарів, Ом; R_{soil} – опір, що визначається адсорбованими поверхнею паперу забрудненнями, Ом.

Поверхневий опір банкнот $R_b^{surface}$ визначається так: $\frac{1}{R_b^{surface}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$,

$$\frac{1}{R_b^{surface}} = \frac{1}{R_{fiber} + R_{str el} + R_{volume sizing} + R_{pores} + R_{ink}} + \frac{1}{R_{surface sizing}} + \frac{1}{R_{soil}}.$$

Для імплементації описаних методів для процесу контролю процесу фарбоперенесення та контролю зношеності шару металографічного друку здійснено моделювання залежності об'ємного та поверхневого опорів від геометричних параметрів штрихів металографічного друку.

Загальний об'ємний та поверхневий опір ділянки з штрихами визначається:

$$R_{volume} = \sum_n R_{paper elements} + \sum_i 2(R_p + R_{penetration} + R_{ink}) = \sum_n R_{paper elements} + \sum_i (2\rho_p l_p / (h_p a) + 2\rho_{penetration} h_{penetration}^2 \times (ah_p \sin 2\beta) + 2(R_p + R_{penetration} + R_{ink})),$$

$$R_{surface} = \frac{1}{\sum_n R_{paper elements}} + \frac{1}{\sum_i \left(\frac{1}{\rho_p l_p / (h_p a)} + \frac{1}{\rho_{penetration} / (t_p a)} + \frac{1}{2\rho_{penetration} h_{penetration}^2 (ah_p \sin 2\beta)} \right)}$$

де i – кількість штрихів у вимірюваній зоні; ρ_p – питомий поверхневий опір фарби металографічного друку, Ом×м; a, h – ширина та висота штриха металографічного друку, відповідно, м; β – кут нахилу бічної грані штриха; l_p – еквівалентна довжина шару проникнення фарби в папір, м; $h_{penetration}$ – еквівалентна висота шару проникнення фарби в папір, м; h_p – товщина паперу, м.

Оскільки штрихи металографічного друку неідеальні за своєю формою на відбитку, важливою є можливість визначення загального об'єму фарби, що міститься на відбитку:

$$V_{ink} = \frac{2\rho_{ink} h_{ink}^3}{a h g \beta} (R_{volume} - R_{paper}).$$

У **третьому розділі** на основі виконаних теоретичних досліджень запропоновано комплексну методику проведення експериментальних досліджень, яка дала можливість усебічно оцінити вплив технологічних параметрів виготовлення банкнот на збереження показників якості в обігу, а також дослідити ефективність використання показників зношеності банкнот.

В експериментальних дослідженнях було використано банкноти української гривні номіналом 1, 2, 5, 10 грн. Відібрані банкноти номіналом 1 та 2 грн розподілили на 5 груп відповідно до рівня їх фізичного зношення, згідно з результатами експертного оцінювання (1 – найновіші, 5 – банкноти з максимально погіршеними характеристиками). Також використано дослідні зразки банкнот, виготовлені на банкнотному виробництві з дотриманням

відповідних умов на аркушевих друкарських машинах *De La Rue Giori S.A Super-Orlof-Intaglio* та *Super Offset Simultan 4*. Ці зразки відрізнялися за технологіями друкування, що були використані для їх виготовлення (без друкування (БД), офсетний друк (ОФ), металографічний друк (М), офсетний друк з одностороннім металографічним друком (ОФ+М), офсетний друк з двостороннім металографічним друком (ОФ+Мд)) та технологічними параметрами металографічного друку (зміна тиску в друкарській парі та зміна швидкості друкування) для оцінювання впливу технологічних параметрів виготовлення банкнот на збереження показників якості банкнот в обігу. Зразки піддавались багаторазовому штучному зношенню в імітаторі обігу, відповідно до методики, описаної в розд. 2.

Для дослідження параметрів якості фарбоперенесення металографічного друку через контроль електрофізичних параметрів відбитків було виготовлено спеціальні зразки металографічного друку, із використанням друкарської форми, виготовленої за технологією *DLE (Direct Laser Engraving)*, що дало можливість оцінити вплив параметрів гравійованих штрихів друкарських форм металографічного друку на показник фарбоперенесення. Як фактори впливу, які досліджувались, виокремлено форму профілю гравійованих штрихів друкарської форми (прямокутний, трапецієподібний, трикутний), відстань між комірками, кут нахилу бічної грані комірки, глибина та ширина гравійованих штрихів, швидкість друкування і параметри тиску в друкарській парі. Проведено профілометричні дослідження поверхні відбитків методом контактної профілометрії, які дали змогу визначити геометричні параметри штрихів на відбитках.

Для контролю зношування було застосовано оптичні методи контролю (спектрофотометричний контроль), що використовуються як під час наукових досліджень, так і під час оброблення готівкової маси, з метою визначення зміни кольорних характеристик банкнот та яскравості, показники зміни маси та товщини, а також електрофізичні методи контролю банкнот для визначення їхніх структурних і поверхневих змін. Для вимірювання поверхневого опору запропоновано експериментальну методику, що полягає у вимірюванні напруги між крайовими частинами банкнот під час прикладення до суміжних крайових частин напруги сталої величини.

З метою оцінювання точності показників зношеності розроблено спеціальну методологію на основі створеного алгоритму та відповідного програмного забезпечення, написаного мовою програмування *Python*, із застосуванням елементів кластерного аналізу, що дозволяє визначити достовірність та точність результатів оцінювання стану зношеності банкнот з урахуванням їх кроскореляційного зв'язку з результатами суб'єктивного контролю зношеності за допомогою експертного оцінювання.

У **четвертому розділі** подано та проаналізовано результати експериментальних досліджень. Дані щодо зміни маси та оптичних характеристик банкнот в обігу та штучно зношених зразків дали змогу підтвердити адекватність розробленої моделі імітації зношування банкнот, оскільки зміна маси для банкнот

номіналом 1 грн і для зразків банкнот, задрукованих лише офсетним методом друкування, становить 5,93 % та 5,87 % відповідно, для банкнот номіналом 2 грн та зразків, виготовлених за використання металографічного та офсетного методів друкування, – 9,98 % та 9,87 % відповідно (рис. 5).

Проаналізовано оптичні та колірні характеристики банкнот з обігу та експериментальних зразків. Найвне суттєве зменшення яскравості (*TAPPI*) банкнот як із лицьового, так і зі зворотного боків (рис. 6). Зміна яскравості є значно меншою у банкнот номіналом 2 грн – зміна відбувається на 19 % та 16,4 % для звороту та лицьової сторони банкноти, відповідно, тоді як для банкнот номіналом 1 грн – на 36,4 % та 26,4 відповідно, що може бути наслідком застосування металографічного друку для цих банкнот. Схожа тенденція спостерігається для експериментальних зразків банкнот, виготовлених з використанням металографічного друку та без цього виду захищеного друку.

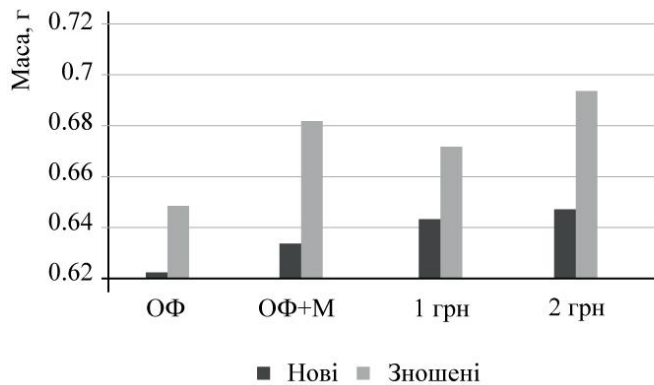


Рис. 5. Зміна маси банкнот внаслідок зношування

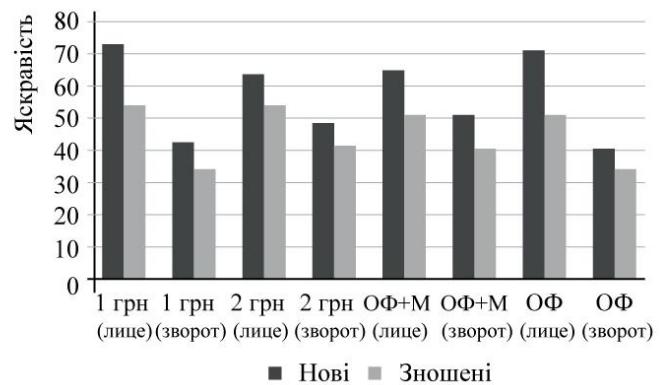


Рис. 6. Зміна яскравості банкнот внаслідок зношування

Визначено зміни колірних координат (рис. 7–9) та величину колірного відхилення (рис. 10), що найповніше характеризує сприйняття людиною зміни кольору банкноти. В результаті зношування цей показник становить $\Delta E_{ab}^{bs} = 3,47 - 10,2$ для максимально зношених дослідних зразків та $\Delta E_{ab}^b = 5,17 - 7,72$ – для банкнот з обігу.

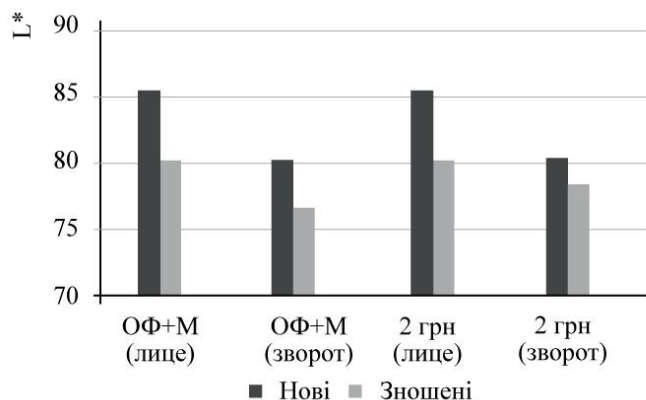


Рис. 7. Зміна колірних характеристик (L^*) внаслідок зношування

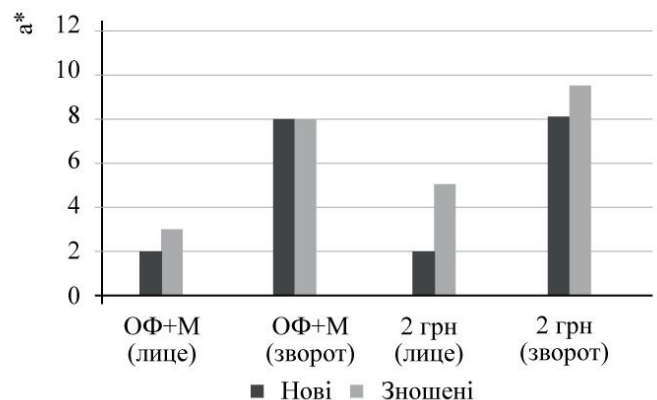


Рис. 8. Зміна колірних характеристик (a^*) внаслідок зношування

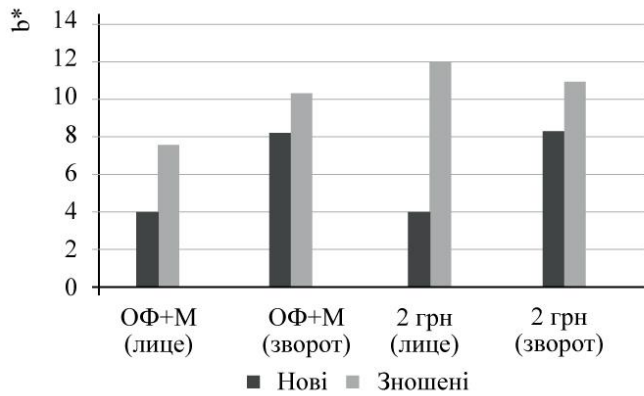


Рис. 9. Зміна колірних характеристик (b^*) внаслідок зношування

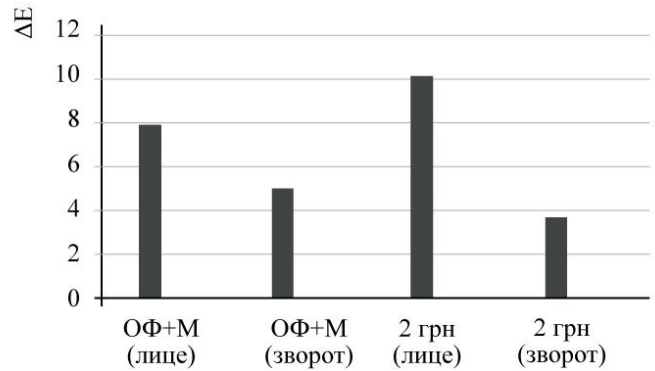


Рис. 10. Величина кольорового зсуву внаслідок зношування

Досліджено зміни електрофізичних показників банкнот під час реального (рис. 11, 12) та штучного зношування. Найбільш чутливим параметром зношення для банкнот з реального обігу визначено показник поверхневого опору (може змінюватись у 12–24 рази) та об'ємного опору (може змінюватись у 5,5–11 разів). Таким чином, для номіналів банкнот 1 та 2 грн встановлено граничні показники зношеності, що виражаються поверхневим та об'ємним опорами. Для номіналу 1 грн показником зношеності є значення поверхневого опору банкноти 50 МОм, а об'ємного – 340 МОм. Для номіналу 2 грн ці величини становлять 140 МОм та 350 МОм відповідно.

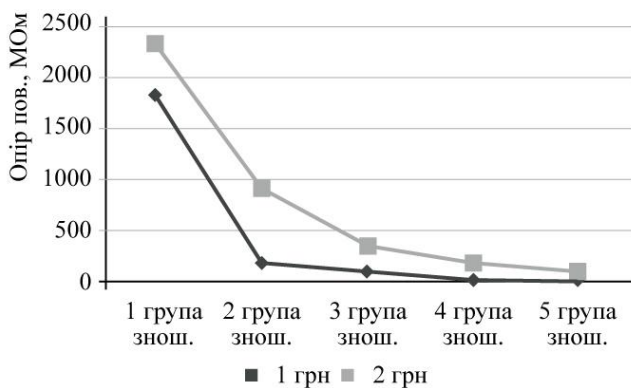


Рис. 11. Зміна показника поверхневого опору банкнот з обігу

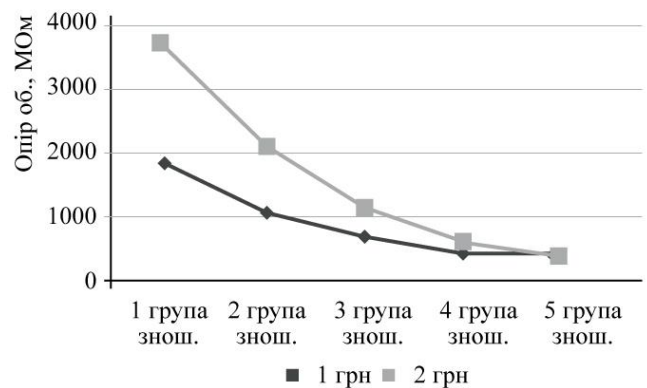


Рис. 12. Зміна показника об'ємного опору банкнот з обігу

Результати кореляційного аналізу між результатами вимірювань показників зношеності та ступенями зношеності банкнот, свідчать, що найкращі кореляційні властивості спостерігаються за використання показників об'ємного опору, поверхневого опору та яскравості лицьового боку банкноти, як для реальних банкнот, так і для експериментальних зразків (рис. 13).

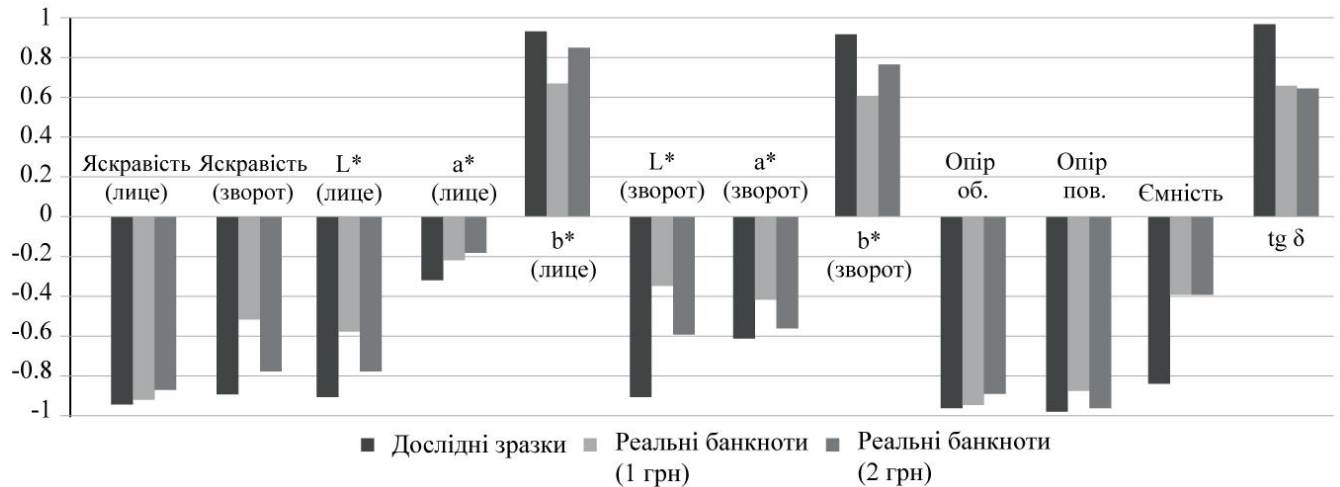


Рис. 13. Коефіцієнт кореляції Пірсона між досліджуваними показниками зношення та ступенями зношеності банкнот

Отримані результати підтверджено даними кластерного аналізу, які представлені у вигляді багатовимірної системи визначення належності кожного вимірюваного експериментально значення з вибірки до певного центроїда, що яскраво візуалізує спорідненість або розсіювання характеристик банкнот та банкнотних зразків з рівнем їх зношеності (рис. 14).

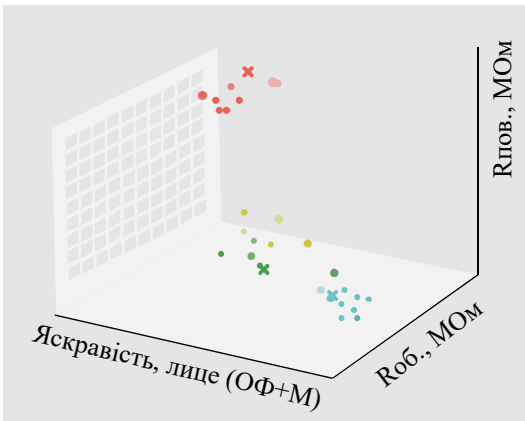


Рис. 14. Показники зношення, що є максимально спорідненими з результатами експертного оцінювання

Результати проведеного кореляційного аналізу взаємозв'язку між геометричними параметрами штрихів металографічного друку, отриманих за допомогою контактної профілометрії поверхні експериментальних зразків та їх електрофізичних параметрів, дозволили виявити закономірність: зі збільшенням кута нахилу бічних граней штрихів збільшуються показник фарбоперенесення та висоти отриманого фарбового рельєфу і ширина штрихів на відбитку, порівняно з шириною комірки друкарської форми. Для штрихів, отриманих з гравійованих штрихів, що мають прямокутний профіль, збільшення ширини штрихів

відбувається на 14 %, тоді як для трикутного і трапецієподібного профілів ця зміна становить 4 % та 7 % відповідно. Для штрихів, отриманих з гравійованих штрихів прямокутного профілю, показник фарбоперенесення досягає 78–92 %, тоді, як для трапецієподібного і трикутного профілів він перебуває у межах 65–76 % відповідно та 42–54 % відповідно.

Дослідження впливу технологічних параметрів швидкості та тиску друкування зразків металографічного друку на характер їх електрофізичних залежностей та результатів профілометричного вимірювання не виявило суттєвого

впливу зміни цих параметрів у досліджуваному інтервалі на параметри фарбового шару та ущільнення основи зразків.

Отримані коефіцієнти кореляції між геометричними параметрами гравійованих штрихів друкарської форми та електрофізичних параметрів відбитків металографічного друку дали змогу зробити висновок, що максимально чутливими показниками до зміни всіх геометричних параметрів друкарської форми є показники об'ємного та поверхневого опорів (рис. 15).

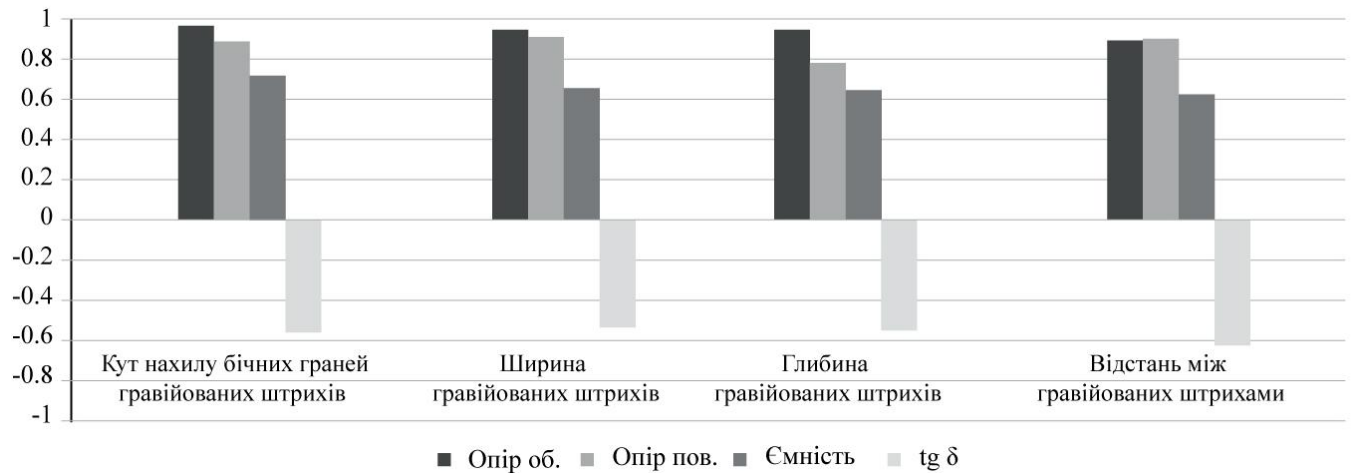


Рис. 15. Коефіцієнт кореляції Пірсона між електрофізичними показниками відбитків металографічного друку та параметрами гравійованих штрихів друкарської форми

П'ятий розділ присвячений розробці технологічного забезпечення якості технологічних та сортувальних процесів. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено логічно-структурну схему побудови комплексного технологічного процесу забезпечення якості металографічного друку через контроль фарбоперенесення з використанням електрофізичних показників відбитків, що дозволяє встановити норми фарбоперенесення за заданих параметрів гравійованих штрихів друкарських форм металографічного друку, а також контролювати стійкість шару металографічного друку банкнот під час зношування (рис. 16).

Як заходи щодо технологічного забезпечення якості сортувальних процесів розроблено структурно-логічну схему коригування критичних меж показників зношення банкнот для сортувальних процесів (рис. 17). Запропоновано алгоритм та спеціальне програмне забезпечення, що створене за допомогою мови програмування C++ та базується на використанні нейронної мережі зі зворотним поширенням помилки, з метою програмного коригування критичних меж показників зношеності з використанням зведеного електрофізичного показника:

$$R_{el} = \sum k \left(\frac{R_{volume\ 1}}{R_{volume\ 0}} + \frac{R_{surface\ 1}^{лице}}{R_{surface\ 0}^{лице}} + \frac{R_{surface\ 1}^{зворот}}{R_{surface\ 0}^{зворот}} \right),$$

де k – кількість вимірювань; $R_{volume\ 0}$ – еталонне значення показника об'ємного опору, МОм; $R_{volume\ 1}$ – вимірне значення показника об'ємного

опору, МОм; $R_{surface\ 0}$ – еталонне значення показника поверхневого опору, МОм; $R_{surface\ 1}$ – вимірне значення показника поверхневого опору, МОм.

Імплементація зазначеного програмного продукту до сортувальних процесів банкнот дозволить скоротити необґрунтоване вилучення банкнот з обігу через невідповідність оптичних показників зони контролю зношеності на 24–32 %.

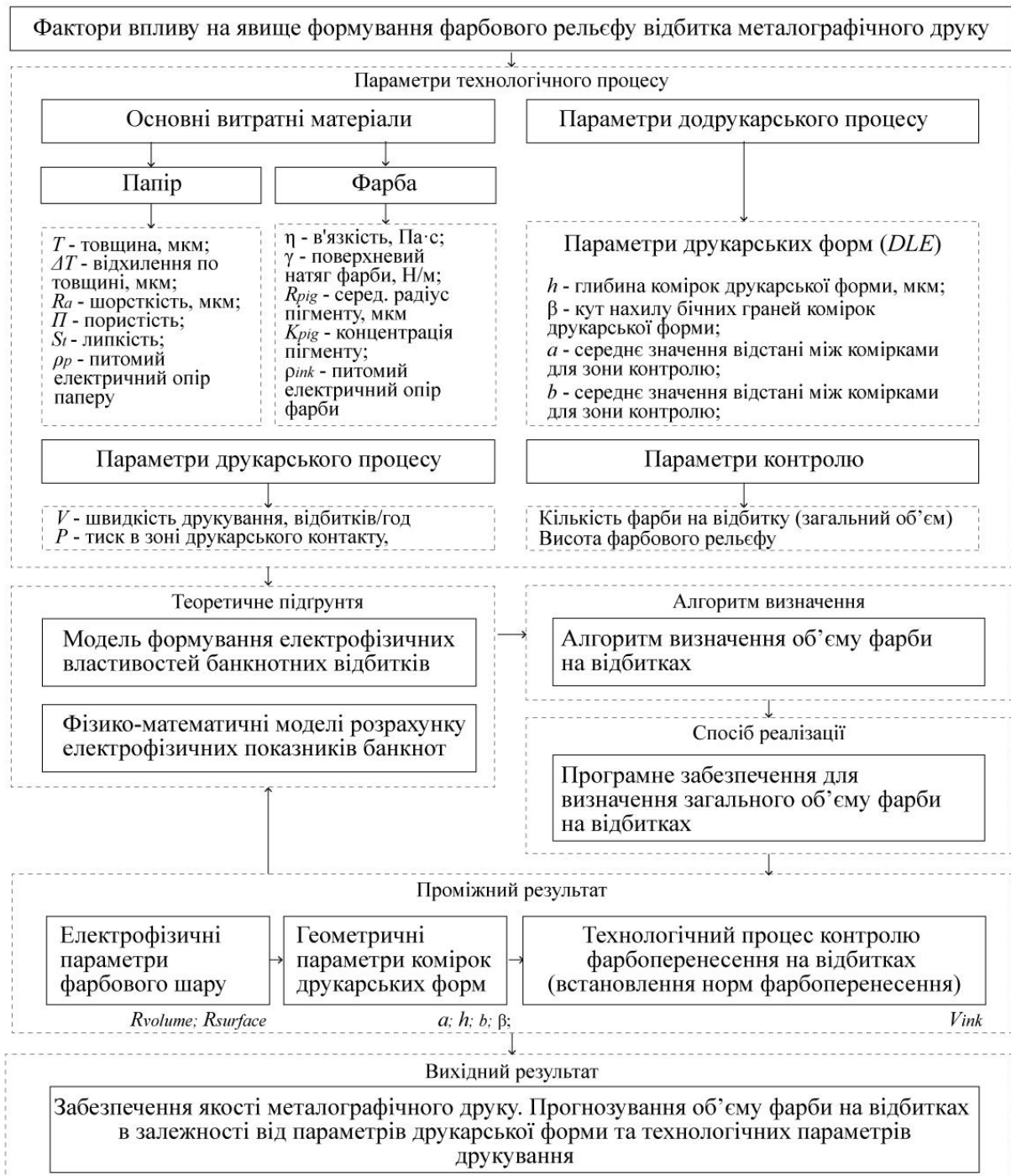


Рис. 16. Логічно-структурна схема побудови комплексного технологічного процесу забезпечення якості металографічного друку через контроль показника фарбоперенесення на відбитках

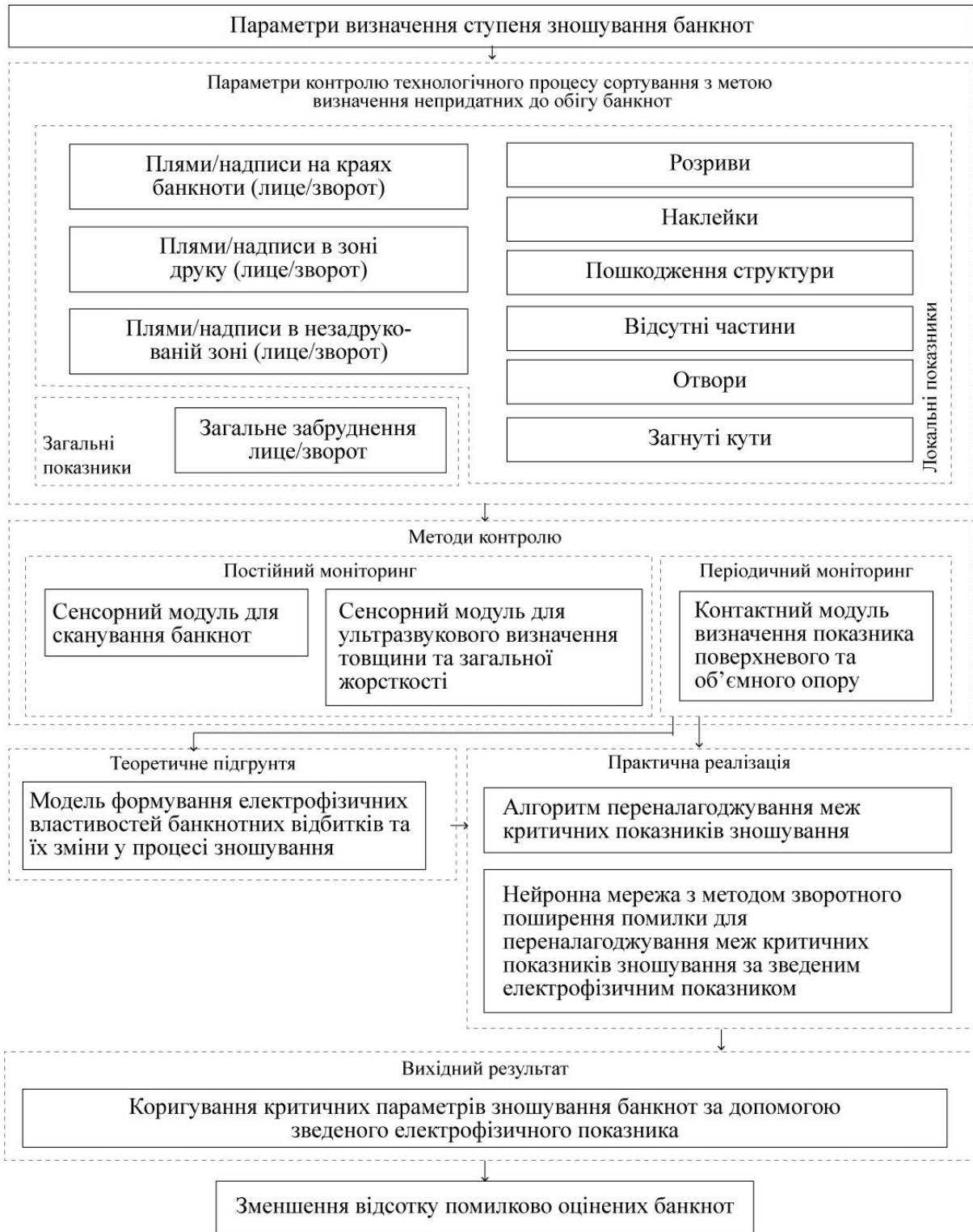


Рис. 17. Логічно-структурна схема побудови комплексного технологічного процесу забезпечення якості сортувальних процесів через коригування критичних меж допусків показників зношеності

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі проведених досліджень вирішено важливу науково-прикладну проблему – забезпечення контролю якості банкотної продукції в обігу. При цьому отримано такі результати:

1. Проаналізовано показники якості банкотної продукції, визначено їх особливості. Досліджено впливи, що діють на банкноти в обігу, та механізми й ознаки зношення банкнот. На підставі аналізу недоліків роботи обробних комплексів сортування банкнот, що зумовлені технологічними параметрами виготовлення банкотної продукції та інтенсивними умовами її використання, обрано напрямки підвищення якості процесу сортування банкнот, що полягають в досягненні максимальної ідентичності відбитків й однорідності структурних елементів банкотної основи, а також розробці нових методів визначення стану зношеності банкнот, використання яких дає можливість отримати результати, що є максимально достовірними з результатами оцінювання зношеності користувачами банкотної продукції.

2. Розроблено методологію оцінювання показників зношеності банкнот на основі створеного алгоритму із застосуванням елементів кластерного аналізу з відповідним програмним забезпеченням, що дозволяє визначити достовірність та точність результатів оцінювання стану зношеності банкнот з урахуванням їх кроскореляційного зв'язку з результатами суб'єктивного контролю зношеності банкнот за допомогою експертного оцінювання.

3. Створено модель технологічного процесу штучного зношування банкнот, що, із залученням вперше запропонованої узагальненої інформаційної моделі процесу визначення зношеності банкнот з дезагрегуванням технологічного процесу оцінювання комплексного показника зношеності на функціональні складники, дає змогу нормувати технологічні режими та допуски імітації зношування з метою відтворення реальних процесів зношування в їхнього імітаційних умовах урахуванням питомої частки пошкоджень банкнот у реальному обігу та допусків на їх значення;

4. Створено моделі формування електрофізичних характеристик відбитків металографічного друку, які дозволяють пояснити механізм формування електрофізичних властивостей фарбових шарів металографічного друку, встановити залежності поверхневого та об'ємного опорів зразків від параметрів штрихів і таким чином визначити об'єм фарби на відбитках, що дозволяє з використанням запропонованої логічно-структурної схеми побудови комплексного технологічного процесу забезпечення якості металографічного друку через контроль фарбоперенесення з використанням електрофізичних показників відбитків встановити норми фарбоперенесення за заданих параметрів гравійованих елементів друкарських форм металографічного друку, а також контролювати стійкість шару металографічного друку банкнот у процесі зношування.

5. Обґрунтовано доцільність використання електрофізичних показників банкнот як критеріїв їх зношеності та оцінювання впливу технологічних параметрів виготовлення на показник зносостійкості. У процесі дослідження банкнот з обігу встановлено уніфіковане значення показника об'ємного опору банкнот, як показника зношеності для всіх номіналів банкнот української гривні, на рівні 300 ± 50 МОм. Дослідження електрофізичних показників експериментальних зразків банкнот свідчить, що використання металографічного друку підвищує опір паперу в 1,75 разу через ущільнення структури паперу, яке виникає за рахунок тиску в друкарській парі. Зміни параметрів тиску та швидкості друкування не призводять до подальших змін у дослідному інтервалі.

6. Удосконалено технологічний процес сортування з метою визначення непридатних до обігу банкнот, із використанням контактного модуля визначення поверхневого та об'ємного опорів банкнот з метою зниження рівня браку сортувальних процесів та спеціально створеного програмного забезпечення для коригування меж допусків параметрів контролю зношування банкнот для автоматизованого сортування через встановлення обґрунтованих порогових значень вимірюваних показників зношеності в процесі роботи сортувального обладнання з періодичним переналаштуванням за рахунок зведеного електрофізичного показника зношеності, що дозволить на 24–32 % скоротити необґрунтоване вилучення банкнот з обігу.

7. Результати досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі технології поліграфічного виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського під час проведення лабораторних та практичних робіт з дисциплін «Захист інформації в поліграфії» та «Поліграфічне матеріалознавство».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Kyrychok T. Research of electrophysical parameters of banknote paper and banknotes / T. Kyrychok, S. Havenko, P. Kyrychok, Y. Sukhina, Z. Kazhmuratov// – Przegląd Papierniczy – 2016. – № 72. – С. 50–54.

(іноземне видання)

Авторкою підготовлено методику проведення експериментальних досліджень та виконано експериментальні дослідження.

2. Киричок Т. Ю. Влияние износа на электрофизические параметры банкнот / Т. Ю. Киричок, В. М. Кириленко, Е. Г. Сухина // Известия ВУЗов. Проблемы полиграфии и издательского дела. – М., 2013. – № 6. – С. 3–12.

(іноземне видання)

Авторкою розроблено методику проведення експерименту та виконано експериментальні дослідження, зроблено висновки.

3. Киричок Т.Ю. Дослідження зміни характеристик зразків банкнот під час імітації зношування / Т. Ю. Киричок, В. М. Нестеренко, Є. Г. Сухіна, О. В. Гуща // Технологія і техніка друкарства. – Київ, 2012. – № 4 (38). – С. 4–25. *Авторкою проведено аналіз отриманих результатів, зроблено висновки.*

4. Киричок Т. Ю. Вплив фарб металографічного друку, їх композиційного складу на експлуатаційні властивості банкнотних відбитків / Т. Ю. Киричок, Є. Г. Сухіна, О. В. Гуща // Технологія і техніка друкарства. – Київ, 2014. – № 2 (44). – С. 4–22. *Авторкою проведено аналіз отриманих результатів, зроблено висновки.*

5. Киричок Т. Ю. Методологія дослідження якості штрихів металографічного друку за допомогою профілографування поверхні відбитків / Т. Ю. Киричок, О. В. Гуща, Є. Г. Сухіна, М. В. Пінчук // Технологія і техніка друкарства. – Київ, 2015. – № 2 (48). – С. 4–14. *Авторкою побудовано профілограми поверхні відбитків з різними профілями штрихів металографічного друку, зроблено висновки.*

6. Киричок Т. Ю. Комплексне оцінювання чутливості електрофізичних показників зношування банкнот/ Т. Ю. Киричок, Є. Г. Сухіна, Ж. Т. Кажмуратов // Технологія і техніка друкарства. – Київ, 2016. – № 3 (53). – С. 4–14. *Авторкою підготовлено методологію проведення експериментальних досліджень.*

7. Пат. № 102351 Україна, МПК (2015.01) G07D 7/00, G01N 27/22 (2006.01). Спосіб оцінки зношеності банкнот / Киричок Т. Ю., Сухіна Є. Г., Гуща О. В.; заявник і патентовласник Киричок Т. Ю., Сухіна Є. Г., Гуща О. В.; №u201504060; заявл. 27.04.2015 р.; опублік. 26.10.2015 р. – бюл. № 20. *Авторкою запропоновано використання точкових електродів для вимірювання спаду напруги.*

8. Пат. № 103510 Україна, МПК (2015.01) G07D 7/00. Метод випробування, що імітує процес зношування банкнот / Киричок Т. Ю., Гуща О. В., Сухіна Є. Г.; заявник і патентовласник Т. Ю. Киричок, О. В. Гуща, Є. Г. Сухіна; №u201504058; заявл. 27.04.2015 р.; опублік. 25.12.2015 р. – бюл. № 24. *Авторкою запропоновано склад та дозування забруднювальних компонентів зношування.*

9. Пат. № 118347 Україна, МПК (2016.01) G07D 7/12; G07D 7/20. Пристрій для контролю механічної стійкості фарбового шару інтаглідруку / Т. Ю. Киричок, Ж. Т. Кажмуратов, О. В. Коротенко, Н. Л. Талімонова, Д. С. Булатов, Є. Г. Сухіна; заявник і патентовласник Киричок Т. Ю.; № U 201612816; заявл. 16.12.2016 р.; опублік. 10.08.2017 р. – бюл. № 15. *Авторкою запропоновано розташування систем вимірювання профілю поверхні.*

10. Сухіна Є. Г. Дослідження механізмів забруднення паперових банкнот / Є. Г. Сухіна // Друкарство молоде: доповіді XIII Міжнар. наук.-техн. конф. студентів і аспірантів. – Київ, 2013. – С. 54–55.

11. Sukhina Ye. Influence of deterioration on volume and surface resistivity of banknote production/ Ye. Sukhina // Друкарство молоде: доповіді XIV Міжнар. наук.-техн. конф. студентів і аспірантів. – Київ, 2014. – № 2. – С. 13.

12. Киричок Т. Ю. Дослідження факторів, що впливають на зношування паперових банкнот / Т. Ю. Киричок, О. В. Гуца, Є. Г. Сухіна // Технологія і техніка друкарства: новітні технології і обладнання поліграфії: Міжнар. наук.-техн. семінар студентів і аспірантів, професорсько-викладацького складу. – Київ, 2013. – С. 3–4. *Авторкою проведено літературний огляд за темою дослідження.*

13. Сухіна Є. Г. Дослідження точності показників зношеності банкнот / Є. Г. Сухіна // Друкарство молоде: доповіді XIII Міжнар. наук.-техн. конф. студентів і аспірантів. – Київ, 2017. – С. 54.

АНОТАЦІЯ

Сухіна Є. Г. Комплексна оцінка якості банкнот. – 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 імені Ігоря Сікорського», МОН України, Київ, 2018.

У дисертаційній роботі представлено комплексний технологічний процес забезпечення якості банкнотних відбитків, що ґрунтується на розробленій моделі технологічного процесу штучного зношування банкнот, узагальненій інформаційній моделі процесу визначення зношеності банкнот з дезагрегуванням технологічного процесу оцінювання комплексного показника зношеності на функціональні складники, методології оцінювання показників зношення банкнот на основі створеного алгоритму із застосуванням елементів кластерного аналізу з відповідним програмним забезпеченням, моделях формування електрофізичних характеристик відбитків банкнот та відбитків металографічного друку, які дозволяють встановити норми фарбоперенесення за заданих параметрів гравійованих елементів друкарських форм металографічного друку, а також контролювати стійкість шару металографічного друку та загальний показник зносостійкості банкнот у процесі зношування; програмному забезпеченні для коригування меж допусків параметрів контролю зношення банкнот для автоматизованого сортування через встановлення обґрунтованих порогових значень вимірюваних показників зношення у процесі роботи сортувального

обладнання з періодичним переналаштуванням за рахунок зведеного електрофізичного показника зношення.

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

Ключові слова: банкноти, контроль якості, електрофізичні характеристики банкнот, зношування банкнот, зносостійкість банкнот.

АННОТАЦІЯ

Сухина Е. Г. Комплексная оценка качества банкнот. – 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 имени Игоря Сикорского», МОН Украины, Киев, 2018.

В диссертационной работе представлен комплексный технологический процесс обеспечения качества банкнотных отпечатков, который основывается на разработанной модели технологического процесса искусственного износа банкнот, обобщенной информационной модели процесса определения износа банкнот с дезагрегированием технологического процесса оценки комплексного показателя износа на функциональные составляющие, методологии оценки показателей износа банкнот на основе созданного алгоритма с применением элементов кластерного анализа с соответствующим программным обеспечением, физико-математических моделях формирования электрофизических характеристик отпечатков банкнот и отпечатков металлографической печати, которые позволяют установить нормы краскопереноса при заданных параметрах ячеек печатных форм металлографической печати, а также контролировать устойчивость слоя металлографической печати и общий показатель износостойкости банкнот в процессе износа; программном обеспечении для корректировки границ допусков параметров контроля износа банкнот для автоматизированной сортировки путем установления обоснованных пороговых значений измеряемых показателей износа в процессе работы сортировочного оборудования с периодической перенастройкой за счет сводного электрофизического показателя износа.

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

Ключевые слова: банкноты, контроль качества, электрофизические характеристики банкнот, износ банкнот, износостойкость банкнот.

ANNOTATION

Sukhina Ye. Comprehensive quality assessment of the banknotes. – Manuscript.

The thesis is for getting a degree of engineering sciences candidate in 05.05.01 specialty – «Machines and Processes of Printing Production» from National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, 2018.

In the thesis the comprehensive technological process of determining of the banknote prints quality was conducted. Banknote quality is determined by security, readability, aesthetic perceptivity, adaptability and safety. The indicators of quality of banknote products are analyzed, their features were determined. The circulation influences on banknotes and the mechanisms of the banknote degradation are investigated. Banknotes quality control due the circulation is manifested in the stability of the banknote basis and its printing, as well as in preserving the protective features of banknotes throughout their term in circulation, taking into account the constantly growing circulation of banknote products in the world.

The technological process of determining of the banknote prints quality is based on the developed model of the technological process of the artificial deterioration of banknotes; generalized information model of the process of determining the degradation of banknotes due disaggregation of the technological process of estimating the complex index of degradation on functional components. Comprehensive methodology for estimating the indicators of banknote degradation based on the special software and algorithm that includes elements of cluster analysis and physico-mathematical models of the formation of electrophysical characteristics of banknote prints and intaglio prints.

The models allow to determine the norms of paint transfer at given parameters of the cells of printing forms of the intaglio printing and also to control the stability of the intaglio printing layer and the general index of deterioration resistance of banknotes during the lifecycle. Also the technological process is based on the special software for correcting control parameters thresholds of the banknote degradation by establishing thresholds of the degradation indicators measured during operation of sorting equipment with periodic migration due to general electrophysical deterioration indicator.

Technological recommendations for controlling the moisture content of paper materials were developed in order to stabilize printing processes.

The results of theoretical and experimental studies are used in the educational process at the Publishing and Printing Institute of the National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» during the laboratory and practical work on disciplines «Information Protection in Polygraphy» and «Polygraphic Material Science».

Keywords: banknotes, quality control, electrophysical characteristics of banknotes, banknotes deterioration, durability of banknotes.