

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

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ БАНКНОТНОГО ВИРОБНИЦТВА

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня доктора філософії за освітньою
програмою «Видавництво та поліграфія»
спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Теоретичні та практичні засади банкнотного виробництва: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. Ю. Киричок, Т. Є. Клименко, Н. Л. Талімонова, О. В. Коротенко, С. О. Гулевич, О. П. Сокол. – Електронні текстові дані (1 файл: 9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 27 с.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Навчально-наукового видавничо-поліграфічного інституту (протокол № 10 від 06.06.2022 р.)

Електронне мережне навчальне видання

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ БАНКНОТНОГО ВИРОБНИЦТВА. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Укладачі: *Киричок Тетяна Юріївна*, докт. техн. наук, проф.,
Клименко Тетяна Євгенівна, канд. техн. наук, доц.,
Талімонова Надія Леонідівна, канд. техн. наук, доц.,
Коротенко Олена Володимирівна, канд. техн. наук,
Гулевич Сергій Олександрович,
Сокол Оксана Петрівна

Відповідальний редактор *Т. А. Роїк*, д-р техн. наук, проф., (в. о. завідувача кафедри ТПВ)
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Рецензент *В. М. Скиба*, канд. техн. наук, доц.

Навчальний посібник «Теоретичні та практичні засади банкнотного виробництва. Лабораторний практикум» відповідає навчальній програмі спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» освітньо-наукової програми «Видавництво та поліграфія» підготовки докторів філософії НН ВПІ. Наведено перелік лабораторних робіт як індивідуальних завдань лабораторного практикуму за розділами «Інтагліо (металографічний) друк», «Система захисту основи» та «Забезпечення зносостійкості банкнотної продукції». Показано застосування теоретичного матеріалу до розв'язування поставлених практичних задач у відповідності до лабораторної роботи.

Для студентів НН ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського та інших факультетів, інститутів, які вивчають виробництво захищеної від підроблення продукції, та зацікавлених осіб.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

ЗМІСТ

1. Загальні відомості.....	4
2. Основні вимоги до виконання лабораторних робіт.....	5
3. Зміст та перелік лабораторних робіт.....	6
3.1. <i>Лабораторна робота №1. Дослідження тактильних властивостей банкнот за методом тактильної дискримінації паперових банкнот.....</i>	6
3.2. <i>Лабораторна робота №2. Технологічний процес виготовлення паперу з водяним знаком</i>	9
3.3. <i>Лабораторна робота №3. Технологічний процес виготовлення форм інтаглідруку класичним способом та технологічний процес традиційного металографічного друку</i>	13
3.4. <i>Лабораторна робота №4. Дослідження фарбових шарів офсетного і інтаглідруку за допомогою світлової мікроскопії</i>	20
3.5. <i>Лабораторна робота №5. Дослідження фарбових рельєфів інтаглідруку за допомогою мікротомальних зрізів</i>	27
3.6. <i>Лабораторна робота №6. Технологічний процес імітування зношування банкнот та оцінювання зношеності</i>	32
4. Список літератури.....	38
Додаток А. Приклад оформлення титульного аркуша.....	41

1. Загальні відомості

Навчальна дисципліна «Теоретичні та практичні засади банкнотного виробництва» є вибірковою у циклі дисциплін підготовки докторів філософії за освітньо-науковою програмою «Видавництво та поліграфія» спеціальності 186 Видавництво та поліграфія. Курс присвячений вивченню технологій поліграфічної продукції, що потребує захисту від підроблення, зокрема банкнот, та відповідає нагальній ринковій потребі підготовки сучасних фахівців. Знання і розуміння технологій захисту друкованої продукції дозволяє успішно працевлаштовуватися на підприємствах, що випускають захищену від підроблення продукцію.

Навчальний посібник «Теоретичні та практичні засади банкнотного виробництва: Лабораторний практикум» охоплює основні методи та технології захисту друкованої продукції, а саме вивчення методу тактильної дискримінації, технології виготовлення паперу з водяним знаком, технології виготовлення форм інтагліодруку класичним способом та традиційного інтагліодрукування, а також методика штучного зношування банкнот.

Посібник призначено для студентів денної, вечірньої та заочної форми навчання технічних спеціальностей та здобувачів ступеня доктора філософії. Його можна використати також для підготовки до занять, заліків, екзаменів студентам (здобувачам) всіх форм навчання, які вивчають подібний матеріал.

Мета лабораторного практикуму полягає в закріпленні знань, одержаних студентами (здобувачами) під час вивчення дисципліни «Теоретичні та практичні засади банкнотного виробництва», їх застосуванні для вирішення конкретних завдань, сприянні самостійності у аналізі та прийнятті важливих професійних рішень, які є необхідною складовою підвищення технічного рівня підготовки студента (здобувача).

Основні завдання циклу лабораторних занять – формування у студентів (здобувачів) навиків розробляти захисний комплекс, обирати технології для виготовлення цінних паперів та документів суворого обліку, а також іншої друкованої продукції.

2. Основні вимоги до виконання лабораторних робіт

Роботи лабораторного практикуму з дисципліни «Теоретичні та практичні засади банкнотного виробництва» для кожного студента (здобувача) містять відповідні завдання. При виконанні робіт лабораторного практикуму необхідно дотримуватися наведених нижче правил. Роботи, виконані без дотримання цих правил, можуть бути повернені студенту (здобувачу) для доопрацювання.

Оформлення звіту та порядок захисту.

Протокол роботи лабораторного практикуму оформлюється як роздруковані сторінки формату А4, оформлення якої здійснюється із дотриманням вимог ДСТУ 3008-2015.

Типова структура роботи містить: титульний аркуш (оформлення у додатку); аркуш завдання; основна частина; додатки (за необхідністю); макет зразка виконаного завдання.

В протоколі стисло відображається хід роботи, отримані результати та висновки. За потреби, хід роботи (чи окремі його етапи) може фіксуватися як фото- чи відеозвіт. При захисті студент (здобувач) повинен розуміти зміст роботи, а також знати відповіді на контрольні запитання.

3. Зміст та перелік лабораторних робіт

3.1. Лабораторна робота №1

на тему «Дослідження тактильних властивостей банкнот за методом тактильної дискримінації паперових банкнот»

Мета роботи: ознайомлення з методикою тактильної дискримінації паперових банкнот.

Прилади та матеріали: паперові банкноти номіналом в 1, 2, 5 або 10 гривень, зразки крейдованого та некрейдованого паперу розміру, що відповідає розміру банкнот відповідних номіналів, непрозорі окуляри, навушники.

Теоретичні відомості

Поняття тактильності. Тактильні відчуття – це відчуття доторку і тиску. У взаємодії людини з довкіллям вони відіграють велику роль, оскільки сигналізують про присутність того чи іншого подразника, який контактує з поверхнею тіла.

Банкноти української гривні мають певні тактильні характеристики, що обумовлено, як шорсткістю основи банкноти, наявністю водяних знаків, так і присутністю елементів, створених за допомогою металографічного (інтагліо) друку.

Тактильність фарбових відбитків, надрукованих металографічним друком, визначається методом тактильної дискримінації [1, 2], що базується на 3-альтернативній процедурі відбору «одного з ...» [3, 4]. Тест на тактильну дискримінацію (TDT – The Tactile Discrimination Test) – це кількісний і стандартизований показник здатності розрізняти відмінності в тонко відсортованих текстурних поверхнях за допомогою дизайну з примусовим вибором із трьох альтернатив.

Для дослідження залучаються незалежні експерти, які оцінюють зразки. При цьому вони діляться на групи, що складаються з двох чоловік – дослідника та реєстратора. З метою забезпечення доступності виключно тактильних почуттів у тестуванні застосовують зорове та слухове маскування з використанням білого шуму через навушники та непрозорі окуляри.

Метод тактильної дискримінації. Експериментатор формує групи зразків, кожна з якої має по три варіації зразків, причому два зразка із варіацій є представниками одного типу, а третій – іншого типу. Експериментатор розміщує потрібну групу зразків у необхідній послідовності. Дослідник повинен почергово дослідити зразки, взявши один зразок однією рукою, перекласти в іншу та повернути на місце. Час контакту з кожним зразком – 1–2 секунди; пряме порівняння двох зразків одночасно виключається. В результаті дослідник має визначити той екземпляр, який за його відчуттями не є схожим на два інших, тобто відібрати «один із...». Реєстратор нотує результати дослідження та передає на обробку експериментатору.

Для уникнення впливу зовнішніх факторів на характеристики банкнот (так як паперова основа банкнот є гідрофільною) та на зміни стану шкіри (щоб уникнути зайвого потовиділення) було встановлено температуру повітря на рівні $22\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ та відносну вологість – $50\pm 2,0\%$. Перед початком вимірювань проводиться акліматизація зразків згідно стандартів – витримку протягом 24 год при температурі $22\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ та відносну вологість – $50\pm 2,0\%$.

Хід роботи

1. Підготовчий етап.

Сформувати групу, що складається з двох студентів – дослідника та реєстратора.

Підготувати три групи банкнот різного номіналу, що містять у собі по 5 однакових зразків (банкноти X.Y, де X – номер групи банкноти, X = 1;3; Y – порядковий номер банкноти в межах групи, Y = 1;5), кожен з яких порівнюється з двома новими банкнотами іншого номіналу («N») (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Варіації зразків у межах груп

№ групи	Тип варіації				
1	N-N-1.1	N-N-1.2	N-N-1.3	N-N-1.4	N-N-1.5
	N-1.1-N	N-1.2-N	N-1.3-N	N-1.4-N	N-1.5-N
	N-N-1.1	N-N-1.2	N-N-1.3	N-N-1.4	N-N-1.5
2	N-N-2.1	N-N-2.2	N-N-2.3	N-N-2.4	N-N-2.5
	N-2.1-N	N-2.2-N	N-2.3-N	N-2.4-N	N-2.5-N
	N-N-2.1	N-N-2.2	N-N-2.3	N-N-2.4	N-N-2.5
3	N-N-3.1	N-N-3.2	N-N-3.3	N-N-3.4	N-N-3.5
	N-3.1-N	N-3.2-N	N-3.3-N	N-3.4-N	N-3.5-N
	N-N-3.1	N-N-3.2	N-N-3.3	N-N-3.4	N-N-3.5

Для зведення до мінімуму впливу стану шкіри на результати експерименту учасники ретельно миють руки та висушують руки перед початком тестування.

2. Проведення тестування.

Учасникам дослідникам потрібно почергово взяти екземпляр однією рукою, перекласти в іншу руку та обома руками намагатися якомога точніше визначити відносний рівень шорсткості, гладкості, і т. п. поверхні банкноти. Після цього дослідником усно реєструється зразок, який за його відчуттями не був схожим на два інші зразки, тобто відбирається «один із...». Відмінний, на думку дослідника, зразок реєстратором позначається «1», інші два — «0». У разі, якщо дослідник був не в змозі ідентифікувати відмінний зразок, всім трьом екземплярам у підгрупі присвоюється оцінка «0» для виключення ймовірності випадкових оцінок. Дані заносяться до табл. 1.2.

Для процедури тактильного оцінювання зразків відводиться 5 секунд, при цьому пряме порівняння між двома зразками одночасно не дозволяється.

Після тестування експериментатор збирає дані з усіх груп учасників.

Таблиця 1.2. Результати тактильної дискримінації зразків

Тип варіації	№ групи (X)								
	1			2			3		
	N	N	1.1	N	N	2.1	N	N	3.1
N-N-X.1									
N-X.1-N									
X.1-N-N									
	N	N	1.2	N	N	2.2	N	N	3.2
N-N-X.2									
N-X.2-N									
X.2-N-N									
	N	N	1.3	N	N	2.3	N	N	3.3
N-N-X.3									
N-X.3-N									
X.3-N-N									
	N	N	1.4	N	N	2.4	N	N	3.4
N-N-X.4									
N-X.4-N									
X.4-N-N									
	N	N	1.5	N	N	2.5	N	N	3.5
N-N-X.5									
N-X.5-N									
X.5-N-N									

3. Обробка результатів.

Експеримент із тактильної дискримінації можна вважати успішним, якщо для кожної варіації $X.Y = 0$, тобто у разі, коли банкноти не були ідентифіковані дослідником серед трьох поданих йому зразків.

Якщо ж $X.Y \neq 0$, тобто дискримінувався зразок серед N, то експериментатором з'ясовуються причини такої дискримінації.

За даними табл. 1.2 буде визначено кількість та відсоток дискримінованих банкнот з п'ятнадцяти можливих. Чим менше значення тактильної дискримінації у відсотках для групи, тим кращим вважається результат.

4. Підготувати висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке тактильність?
2. Які елементи банкнот мають підвищену тактильність?
3. Чому тактильні відчуття важливі для автентифікації банкнот?
4. У чому полягає метод тактильної дискримінації?
5. Які фактори можуть вплинути на правильність процесу дискримінації зразків паперових банкнот?
6. Запропонувати раціональні пропозиції щодо підвищення рівня ідентифікації різних номіналів банкнот за рахунок тактильних відчуттів.

3.2. Лабораторна робота №2

на тему: «Технологічний процес виготовлення паперу з водяним знаком»

Мета роботи: ознайомитися з процесом формування водяних знаків на паперовому полотні під час його відливання.

Прилади та матеріали: подвійні рамки для черпання паперу із сіткою змінної щільності; паперова маса; подрібнювач; ємність для розведення паперової пульпи та черпання; губки для видалення вологи; сукна; прес.

Теоретичні відомості

Більшість цінних паперів виготовляють на паперових носіях інформації, тому значна кількість наявних методів захисту функціонує саме у цій галузі. Вимоги до захищених паперів можуть змінюватись відповідно до виду документа чи цінного паперу, який друкується на ньому. Для забезпечення надійного захисту від підробок основа для друку цінних паперів має відповідати таким вимогам [5–10]:

– у складі паперу не має бути оптичних відбілювачів (вимога визначена застосуванням захисних волокон та фарб, що проявляються в УФ-діапазоні);

– папір має бути придатний для задруковування кількома способами друку;

– наявність водяних знаків та інших елементів захисту (захисні волокна або інші включення, що контролюються у видимій або інших частинах спектра).

Найдавнішим традиційним та надійним методом захисту паперового полотна є застосування водяних знаків. Водяний знак – зображення, сформоване в процесі виготовлення паперу, яке видно на просвіт [5]. Водяний знак – це малюнки в паперовій масі, видимі на просвіт, що не тільки виконують захисні функції, а також підвищують загальний художній рівень цінних паперів [7]. Водяні знаки формуються переважно у процесі виготовлення паперу за рахунок різної щільності комірок сітки: чим щільніші комірки, тим темнішим на просвіт буде водяний знак.

Для виготовлення бланків ЦПДСОЗ залежно від установленого рівня захисту використовують три види захисного паперу [6], табл. 2.1:

– слабозахищений – папір без оптичного відбілювача (люмінесценції в ультрафіолетових променях);

– середньозахищений – папір без оптичного відбілювача (люмінесценції в ультрафіолетових променях) з однотоновим водяним знаком, із захисними волокнами та хімічним захистом;

– високозахищений – папір без оптичного відбілювача (люмінесценції в ультрафіолетових променях) із багато- чи двотоновим водяним знаком, із захисними волокнами та хімічним захистом.

Таблиця 2.1. Узагальнені вимоги до різних видів захищеного паперу

Узагальнені вимоги до паперу НОРМАТИВНІ (за ДСТУ)						
Вид паперу	1.1. Відсутність оптичних відбілювачів / світіння в УФ- діапазоні	2. Водяний знак			1.2. Захисні волокна	3. Хімічний захист
		Одно- тоновий	Дво- тоновий	Багато- тоновий		
<u>Слабо- захищений</u>	+	-	-	-	-	-
<u>Середньо- захищений</u>	+	+	-	-	+	+
<u>Високо- захищений</u>	+	-/+	+	+	+	+

Водяні знаки класифікують за кількома ознаками:

– за графічним виглядом: однотоновий (монохроматичне зображення, інтенсивність якого відрізняється від інтенсивності тону паперового полотна); двотоновий; багатотоновий (півтонове зображення в паперовій масі);

– за розміщенням на аркуші: фоновий (розміщений по всій поверхні аркуша та багаторазово повторюється на робочій поверхні; без фіксованих координат по довжині відносно краю аркуша); локальний (зображення, розміщене в точно заданому місці готової продукції); смуговий (багаторазово повторюється; впорядковано розташований по певній лінії аркушу, утворюючи при цьому візуальну смугу з фіксованими координатами її розташування); комбінований (складається із різних комбінацій фонового, локального, смугового водяних знаків);

– за орієнтацією на аркуші: горизонтальний; вертикальний; кутовий;

– за рівнем захисту: слабкий; середній; високий [5].

Найбільш захищеним вважається папір з багатотоновими водяними знаками, що використовуються для продукції з найвищим ступенем захисту, зокрема для банкнот.

Захисні властивості паперу забезпечуються (ДСТУ 4010:2015) [6]:

1. Складом паперу (співвідношення деревинної та бавовняної целюлози)

2. Водяним знаком (однотоновий, двотоновий, багатотоновий; персоніфікований).

3. Реакцією на контрольну речовину зміною забарвлення.

4. Долученнями:

– захисні волокна (видимі, невидимі, комбіновані);

– захисні конфетті (видимі чи невидимі);

– внутрішня захисна стрічка;

– віконна захисна стрічка.

У свою чергу, окрім наявних елементів захисту, папір повинен мати належні друкарсько-технічні та експлуатаційні властивості. Під час виготовлення основи для друку цінних паперів потрібно суміщати обидва цих фактори [5–7; 10; 11].

Розрізняють два основні види папероробних машин: плоскосіткові та круглосіткові. Основною складовою частиною папероробної машини є сітка. На сітці формується паперове полотно із суспензії та відбувається зневоднювання його до 17–22%. Від добротності сітки залежить якість паперу та ефективність роботи машини. Тому сітка має бути міцною, достатньо густою та рівномірно пропускати воду. Чим тоншим має бути папір, тим краще повинна бути подрібнена паперова маса і густішою має бути сітка [11; 12].

На плоскосіткових машинах в якості формуючої секції використовується горизонтальна нескінченна сітка. Розбавлена паперова маса виливається на сітку, в результаті чого волокна затримуються на поверхні, а вода просочується крізь сітку. Сторона, що формується в контакт з сіткою називається сітковою стороною паперу; інша сторона – лицьовою або верхньою. Далі сітка проходить поверх вакуумних відсмоктувачів. В цій ділянці для формування водяного знаку використовується рівняючий вал (dandy-roll), що має відповідний до водяного знаку рельєф [9; 10]. За допомогою такої технології можна отримати папір з однорівневими (однотоновими) водяними знаками.

Лицьова сторона паперу, сформованого на традиційній плоскосіткової папероробній машині містить більше коротких волокон та наповнювачів ніж сіткова. Це пов'язано із одностороннім зневодненням паперового полотна, що спричиняє відмінність друкарських властивостей різних сторін паперу. Дана технологія використовується для документів та цінних паперів з середнім ступенем захисту.

Круглосіткові папероробні машини формують папір на вигнутій сітці обертаючогося циліндра, зануреного у чан із суспензією паперової маси. Вода відділяється від суспензії під дією сили тяжіння із зовнішньої та внутрішньої сторін циліндра. Коли полотно зі з'єднаних волокон досягає найбільшої висоти на циліндрі, що обертається, воно контактує з волоком, переходить на нього і передається на наступні операції. Водяний знак формується за рахунок рельєфу сітки та частоти комірок. На круглосіткових машинах можна формувати багатотонові водяні знаки, що використовуються для продукції з найвищим ступенем захисту, зокрема для банкнот [11–13].

Хід роботи

1. Порвати папір руками (або взяти готову суху целюлозну масу), помістити його у подрібнювач, залити водою і подрібнити до однорідної маси.

2. Вилити отриману масу у ємність для черпання і додати необхідну кількість води (залежно від співвідношення паперових волокон і води можна досягнути різної товщини паперового аркуша).

3. Скласти рамки, як показано на рис. 2.1.

4. Перемішати водно-паперову масу та стиснувши рамки обома кистями рук, занурити їх під гострим кутом у ємність, а потім перемістивши у горизонтальне положення витягнути із води (рис. 2.2).

5. Зняти верхню рамку (без сітки), а нижню (із паперовими волокнами) перекинути на сукно; губкою видалити зайву вологу та відділити паперову масу від сітки, залишивши масу на сукні.

6. Накрити другим сукном та покласти під прес для видалення вологи (через деякий час варто замінити вологе сукно сухим для пришвидшення висихання).

7. Вийняти готовий папір із преса та проаналізувати якість формування паперу та водяного знаку.

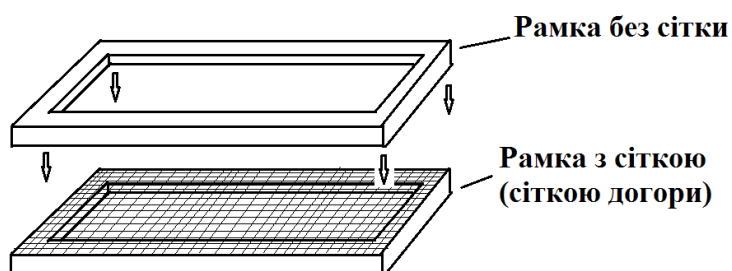


Рис. 2.1. Накладання рамок для черпання паперу

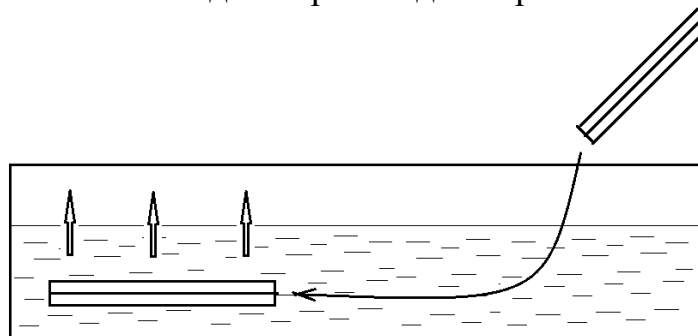


Рис. 2.2. Схема занурення рамки під час ручного черпання паперу

Контрольні запитання

1. Проаналізуйте отриманий папір. Яким чином відбулося формування волокон на більш щільних ділянках сітки? Поясніть чому.

2. Які види водяних знаків Ви знаєте? Наведіть приклади захищеної продукції, де вони зустрічаються.

3. Чому під час перевірки справжності банкнот під УФ-випромінюванням спостерігається свічення захисних елементів, а не паперової основи?

4. Які Ви знаєте захисні елементи, що можуть вводитися у паперову масу?

3.3. Лабораторна робота №3

на тему: «Технологічний процес виготовлення форм інтаглідруку класичним способом та технологічний процес традиційного металографічного друку»

Мета роботи: ознайомитися з процесом виготовлення форми інтаглідруку класичним способом та її особливостями.

Прилади та матеріали: мідна форма, напилек, кислотостійкий лак, роздрукований макет, металографічний верстат.

Посилання на відео:

<https://drive.google.com/drive/folders/1AfZ5cgQYtYU4wsyI8ZmKKzsbqDNCErT>

Теоретичні відомості

Металографічний друк (інтаглідрук) є одним з основних методів захисту і використовується для виготовлення цінних паперів та документів сурового обліку. Особливість цього методу друку полягає в можливості формування штрихів з різною товщиною фарбового шару (до 320 мкм), що сприймаються не тільки візуально, а й тактильно. Ця властивість металографічного друку забезпечує ідентифікацію справжності захищеної продукції в умовах неконтрольованого оточення, у тому числі ідентифікацію номіналу банкнот людьми з вадами зору.

Технологія металографічного друку базується на відомих технологічних методах – друкуванні із заглиблених друкарських елементів гравійованих друкарських форм густими фарбами під великим тиском у друкарській парі. Метод дозволяє отримувати високу роздільну здатність, широку гаму півтонів, рельєфне зображення і захист продукції [7]. На сьогодні, металографічний метод друку є обов'язковим методом захисту банкнот, паспортів та документів державного значення [14] у переважній більшості країн світу (рис. 3.1).

Металографічний друк вважається різновидом глибокого методу друку, при якому друкувальні елементи гравіюються на поверхні формного матеріалу і в подальшому утримують фарбу до перенесення її на задруковуваний матеріал. Головними відмінностями металографічного методу друку від глибокого є застосування гравійованих друкарських форм замість циліндрів та фарб із специфічними реологічними властивостями, що забезпечують швидке закріплення фарбового шару різної товщини на поверхні.



Рис. 3.1. Відбиток металографічного друку на зразку: 1–4 – зображення, надруковані інтаглідруком (ізард, портрет, позначення для сліпих, написи), 5 – зона водяного знаку, яка не задруковується.

Однією з технологічних характеристик металографічного друку є застосування високого тиску у зоні контакту формного циліндра і друкарського циліндра.

Високий тиск у друкарському контакті необхідний передусім для здійснення фарбоперенесення та закріплення фарбового шару на поверхні задрукованого матеріалу, яке відбувається шляхом всотування фарби підкладкою та окислювальної полімеризації. Вплив тиску на папір під час металографічного друку є аналогом каландрування паперу в процесі його виготовлення [15, 16]. Вигладжування ділянок паперу, які взаємодіють із пробільними елементами форми, у свою чергу, підсилює тактильний ефект відбитків (рис 3.2).

Використання металографічного друку при виробництві цінних паперів, зокрема банкнот, вплинуло на характер застосовуваних ілюстрацій – зазвичай це штрихові зображення, напівтон передається шляхом зміни товщини і ширини друкованих штрихів та ширини пробільних елементів.

Однак, цей спосіб друку застосовується для створення художніх графічних робіт, що реалізується класичним ручним способом травлення в офортних майстернях. Це дозволяє ознайомитися з основними етапами створення таких форм на практиці і зробити форму власноруч.

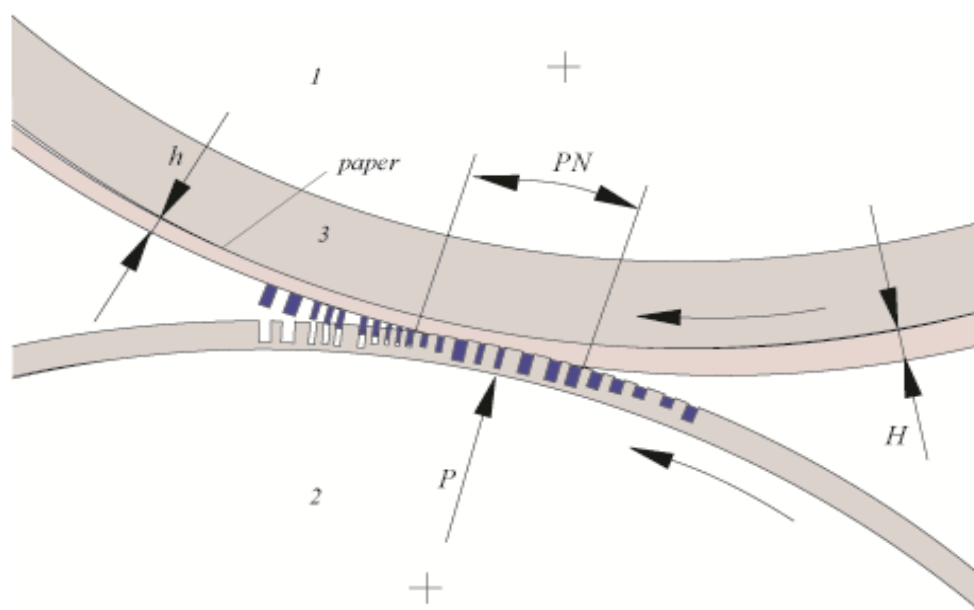


Рис. 3.2. Схема друкарського контакту друкарського (1) та формного (2) циліндрів. Тут 3 – декель, PN – друкарський контакт

Хід роботи

1. Підготовлену мідну форму вирізають потрібного формату, після чого за допомогою напилка по всьому периметру дошки на краях роблять фацети (обробку кромки (фаски) на зовнішньому боці шляхом зрізу його під кутом від 0° до 45°) (рис. 3.3). Це потрібно для того, щоб при друкуванні відбитка папір залишався неушкодженим.

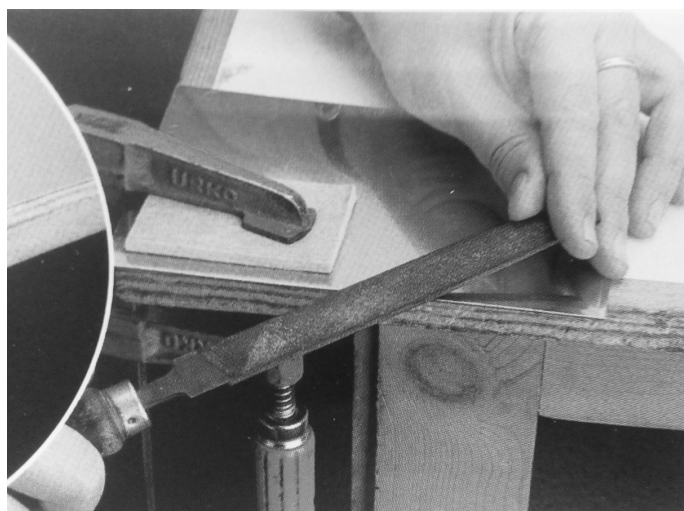


Рис. 3.3. Створення фацетів на краях форми

2. Наступний етап підготовки форми – це шліфування та полірування для усунення різного характеру пошкоджень (при транспортуванні, виготовленні мідного листа тощо) (рис. 3.4).

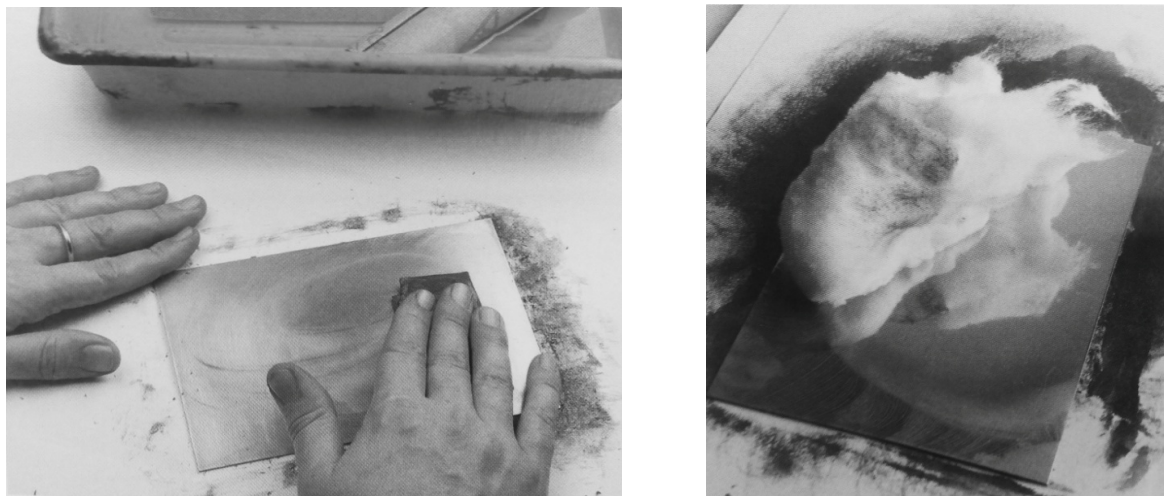


Рис. 3.4. Шліфування та полірування мідного листа

3. Після підготовчих робіт мідну форму знежирюють за допомогою ацетону та нагрівають для нанесення кислотостійкого лаку (в його склад входять віск, мастика, смола, асфальт). Після його висихання форму коптять для зручності при гравіюванні (рис. 3.5).

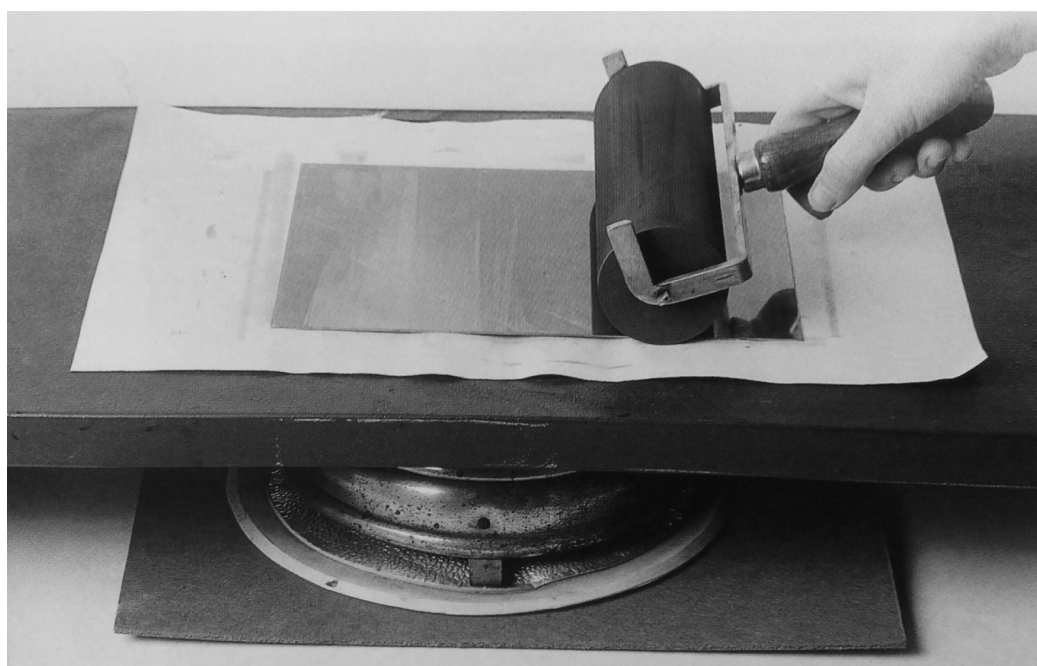


Рис. 3.5. Нанесення шару захисного лаку

4. Для перенесення макету на форму використовуємо метод калькування. Для цього на зворотній стороні роздрукованого макету грифелем закривається вся область рисунку, наклеївши макет на форму з лицевої сторони олівцем прорисовуються основні лінії макету.

5. Наступний етап – це етап безпосереднього гравіювання форми (офорту). Для цього знадобляться інструменти – голки різної товщини та заокруглень (рис. 3.6).



Рис. 3.6 – Інструменти для гравіювання

При гравіюванні слід не сильно та рівномірно повсюди натискати на голку, знімаючи лише тонкий шар ґрунту (лаку). Як доповнення до штрихового офорту також існує безліч різних «рулеток», за допомогою яких можна досягнути тональні градації різної сили та тону (рис. 3.7).

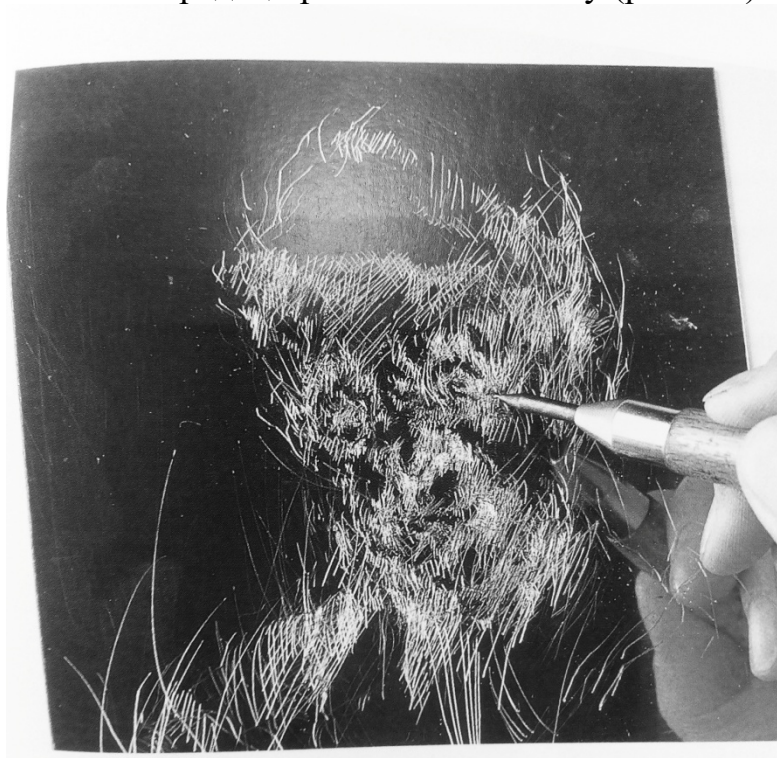


Рис. 3.7. Процес гравіювання зображення голкою

6. Після гравіювання починається етап травлення (рис. 3.8). Суть якого полягає в тому, що кислота в місцях, де немає кислотостійкого лаку, тобто там, де рисунок програвіюваний, вступає в реакцію з металом та протравлює його в глибину і ширину, таким чином на дошці утворюються заглиблені

штрихи. Залежно від часу травлення, штрихи більш або менш заглиблені. Такі травлення слід робити 4–5 разів, залежно від творчих задач.

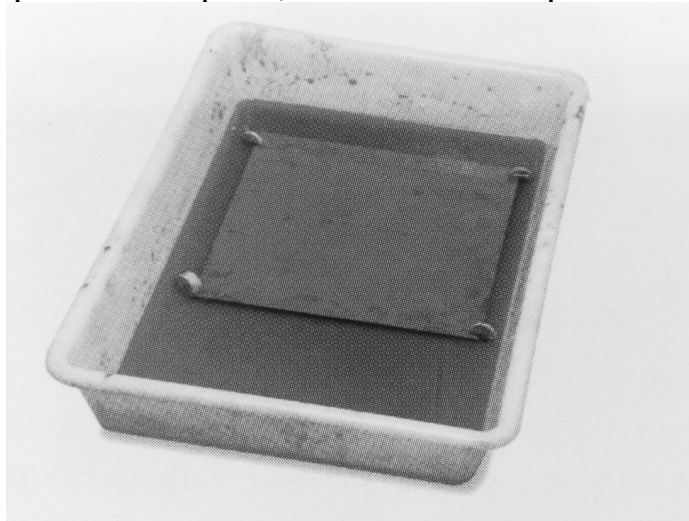


Рис. 3.8. Процес травлення форми

Коли форма повністю витравлена, на металографському верстаті (рис. 3.9) друкується відбиток.

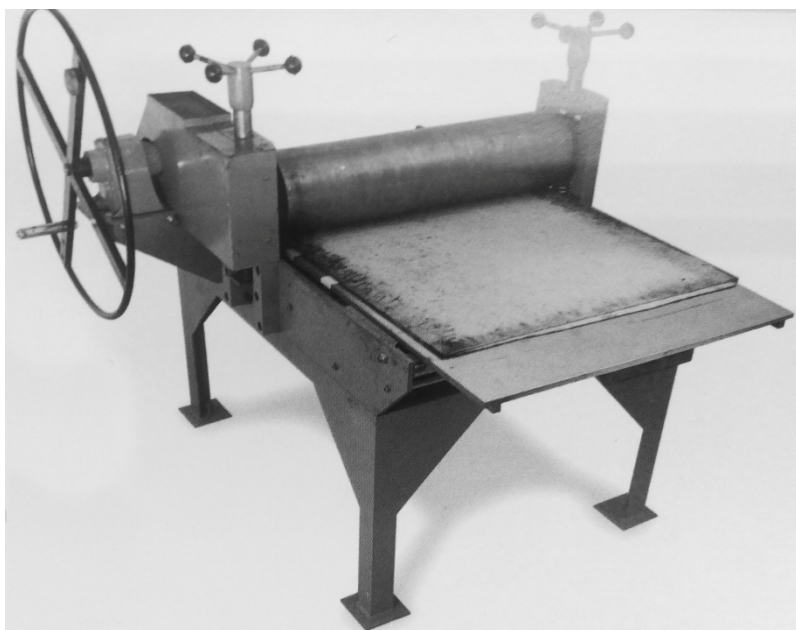


Рис. 3.9. Металографський верстат

7. Під час друку на талер кладуть мідну форму, поверх неї вологий папір, хромерзац та фетрову тканину. Це робиться для того, щоб вал, який притискає (верхній), не пошкодив папір та мідну дошку. Відбиток з такої форми має характерну втиснену рамку (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Шари матеріалів під час інтаглідрукування

Після того як відбиток вже надрукований, а папір ще вологий, аркуш потрібно розклеїти. В подальшому, після висихання він вирівнюється. Кінцевим етапом виготовлення форми є її підпис, який має назву «сигнатура», де пишеться номер відбитку, техніка, назва та рік виконання з підписом автора.

Таким методом можна створити повноцінний відбиток, при цьому отримане зображення характерне контрастними, м'якими переходами, прозорістю та великими тоновими градієнтами.

Контрольні запитання

1. Опишіть основні характеристики металографічного друку.
2. Які основні відмінності металографічного друку від глибокого?
3. Проаналізуйте отриману друкарську форму. Яким чином відбулося формування штрихів з різною товщиною фарбового шару?
4. Для чого потрібно робити факси?
5. Поясніть, для чого наносити шар лаку перед гравіруванням?
6. Чи потрібно зволожувати папір при друці, і чому?
7. Наведіть приклади захищеної продукції, що друкується металографічним друком.

3.4. Лабораторна робота №4 **на тему: «Дослідження фарбових шарів офсетного і інтагліодруку за допомогою світлової мікроскопії»**

Мета роботи: ознайомитися з методиками використання оптичних мікроскопів для дослідження якості відтворення фарбових шарів офсетного і інтагліодруку.

Прилади та матеріали: монокулярний цифровий мікроскоп МОЦ–45 Мікротех, комп'ютер, програмне забезпечення Місам, банкноти української гривні трьох різних номіналів.

Теоретичні відомості

Світлова (оптична) мікроскопія – це один із основних методів дослідження об'єктів, що не можуть бути розрізнені людським оком. Даний метод має широке поширення в медицині, фармакології, біології, металографії, криміналістиці та інших сферах, зокрема в поліграфії [17].

Однією з основних характеристик мікроскопів є їх роздільна здатність: спроможність розрізнити дрібні деталі; мінімальна відстань між послідовними частинками, досліджуваного об'єкту; мінімальна віддаль між двома окремими штрихами, при яких вони сприймаються, як окремі штрихи, а не зливаються до купи. Око людини у своєму складі має унікальну лінзу, яка дає можливість розрізнити досить малі елементи досліджуваного об'єкта. У значної кількості людей вона рівна 0,20 мм. Дослідження малих структур сприяло виникненню мікроскопів, які забезпечують роздільну здатність до 0,20 мкм.

Оптичний мікроскоп призначений для отримання збільшених, чітких і контрастних зображень елементів структури об'єктів. Можливість отримання таких зображень визначається властивостями світла як електромагнітного випромінювання і оптичними властивостями випробуваних матеріалів. Оптичний мікроскоп складається з таких елементів: оптичної системи (об'єктив, окуляр, дзеркала, призми); освітлювальної системи (джерело світла, система лінз, світлофільтри і діафрагми); фотоапаратури (фотокамера, фотопластини); механічної системи (штатив, тубус, предметний столик). За принципом дії оптичні мікроскопи поділяють на відбивальні, просвічувальні, універсальні [18–19].

Згідно оптичних законів найпростіший мікроскоп має дві лінзи: об'єктив та окуляр, які з'єднані трубою, рис. 4.1. Лінза об'єктива має малу фокусну відстань і забезпечує велике обернене дійсне збільшене зображення. Окуляр також дає збільшене обернене зображення. Сучасні мікроскопи мають складні оптичні системи як об'єктиву, так і окуляру. Основну роль в системі освітлення відіграє конденсор. Зображення розглядається оком спостерігача, в окулярі (виконує роль лупи). Окуляр в свою чергу ще раз збільшує проміжне зображення, але не підвищує роздільну здатність. Числове

значення збільшення окуляра та об'єктива вказується на його оправі, рис. 4.1 б та рис. 4.1 в. Тоді загальне збільшення буде рівне добутку збільшень об'єктива та окуляра [20].

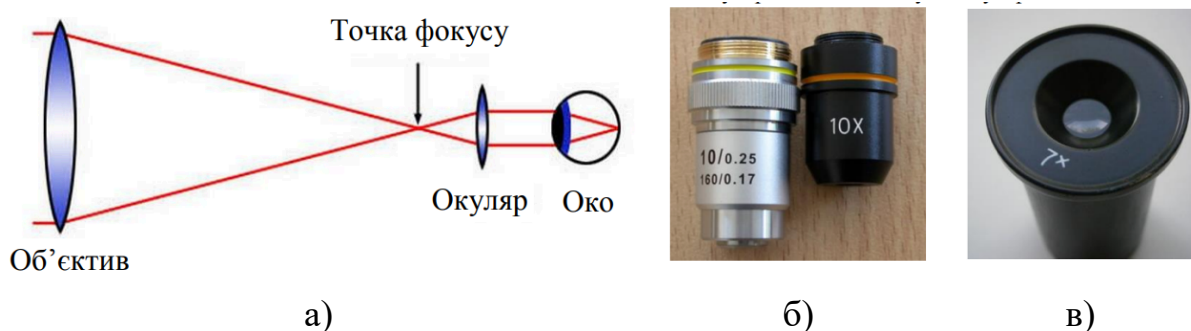


Рис. 4.1. Оптична схема ходу променів (а) через об'єктив (б) та окуляр (в)

У даній роботі розглядаються можливості оптичної мікроскопії для аналізу якості формування фарбових шарів офсетного та інтагліодруку на паперових основах банкнот української гривні.

Одними з основних показників якості як офсетного, так і інтагліодруку є графічна точність відбитків, яка визначається як пропорційність розмірів та ідентичність положення та конфігурації елементів зображення на відбитку та оригіналі [21], зокрема збереженням ширини, цілісності та чіткості країв надрукованих штрихів.

При друкуванні документів суворого обліку збереження ідентичності відбитків розглядається як підвищення загального рівня захищеності, а тому є надзвичайно важливим завданням. Однак технологічні особливості офсетного та інтагліодруку передбачають певні спотворення, які мають бути контрольованими та зводиться до мінімуму.

Найбільш характерним видом графічних спотворень в інтагліодруці являється утворення ореолу – фільтрування пігменту фарби за межі штриха, що визначається як показник шприцювання. Дане явище фахівці оцінюють неоднозначно – і як ознаку автентичності (захисну ознаку), і як брак. Візуально дане явище може збільшувати ширину штрихів. При відтворенні занадто тонких штрихів можливе непродруковування зображення, розриви штрихів. Також можливе розбризкування фарби. Причинами таких дефектів можуть бути недостатній або підвищений тиск у друкарській парі, реологічні властивості фарби, якість друкарських форм, технічний стан устаткування та інше [4].

Основними видами спотворень при офсетному друці документів суворого обліку є розриви ліній, вихід фарби за межі ліній, нерівномірність продруковування на ділянці водяного знаку, тініння, фарбові плями. Причин виникнення подібних дефектів досить багато – від підбирання матеріалів до забруднення друкарської машини. Чорниші виникають унаслідок потрапляння частинок бруду з поверхні паперу на офсетну гуму; недостатня насиченість частин відбитка може бути викликана подаванням недостатньої

кількості фарби у фарбову систему і на друкарську форму або слабким тиском між друкарським і офсетним циліндрами, емульгуванням фарби (для офсетного способу друку зі зволоженням); тініння фарби може бути викликане дефектами друкарської форми, надлишком подаваної фарби або її недостатньою в'язкістю, недостатньою кількістю подаваного зволожувального розчину (для офсетного способу друку зі зволоженням); непродрукування на ділянці водяного знака може бути спричинене неоднорідністю паперу й невідрегульованим подаванням фарби та тиском між друкарським і офсетним циліндрами [22–24].

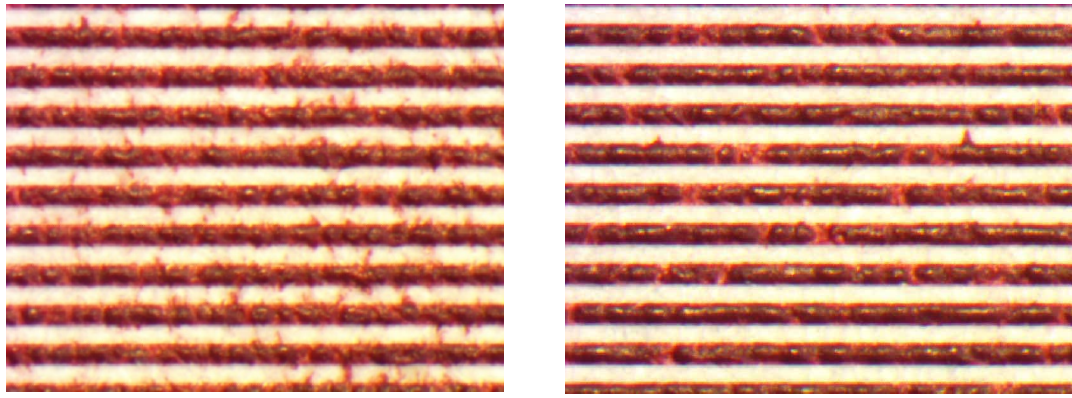
Описані графічні спотворення значно знижують роздільну та видільну здатність офсетного та інтагліодруку, та можуть бути визначені методами світлової мікроскопії.

У роботі використовується універсальний монокулярний цифровий мікроскоп МОЦ-45 Мікротех (рис. 4.2) при збільшенні $45\times$ із системою візуалізації Micam.

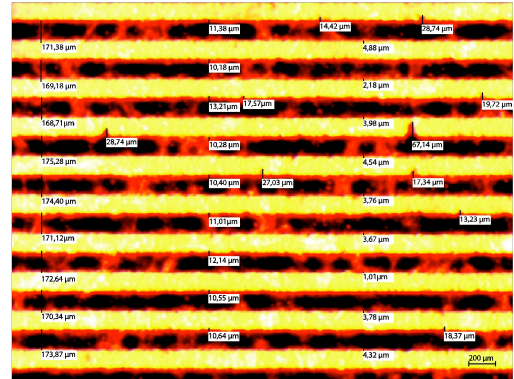
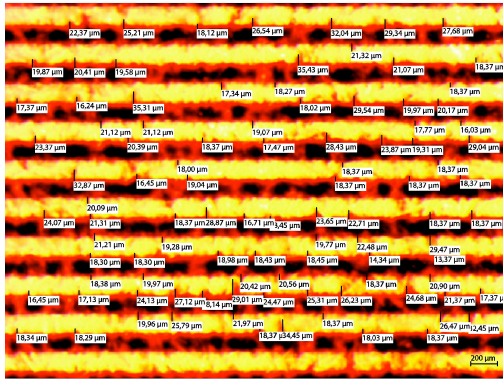


Рис. 4.2. Загальний вигляд монокулярного цифрового мікроскопа МОЦ-45 Мікротех

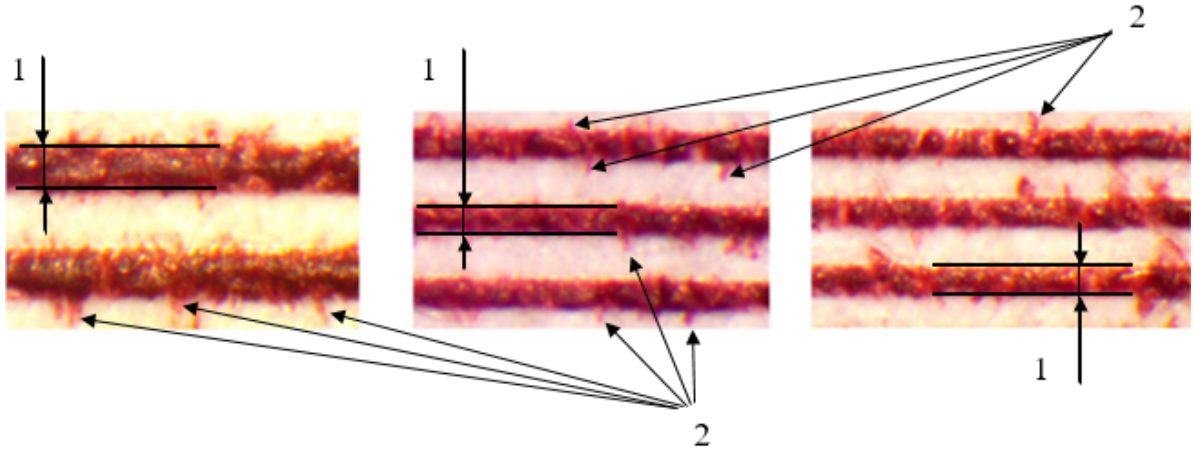
Приклад дослідження певних показників якості надрукованого зображення та виявлених дефектів при офсетному та інтагліодруці можна побачити на рис. 4.3 – 4.4.



a)



b)



в)

Рис. 4.3. Обробка зображень досліджуваних зон зразків із використанням відбивного (а) та прохідного (б) світла монокулярного світлового мікроскопу Мікротех МОЦ-45 для визначення показників якості (в): 1 – ширини надрукованих штрихів, 2 – шприцювання фарби

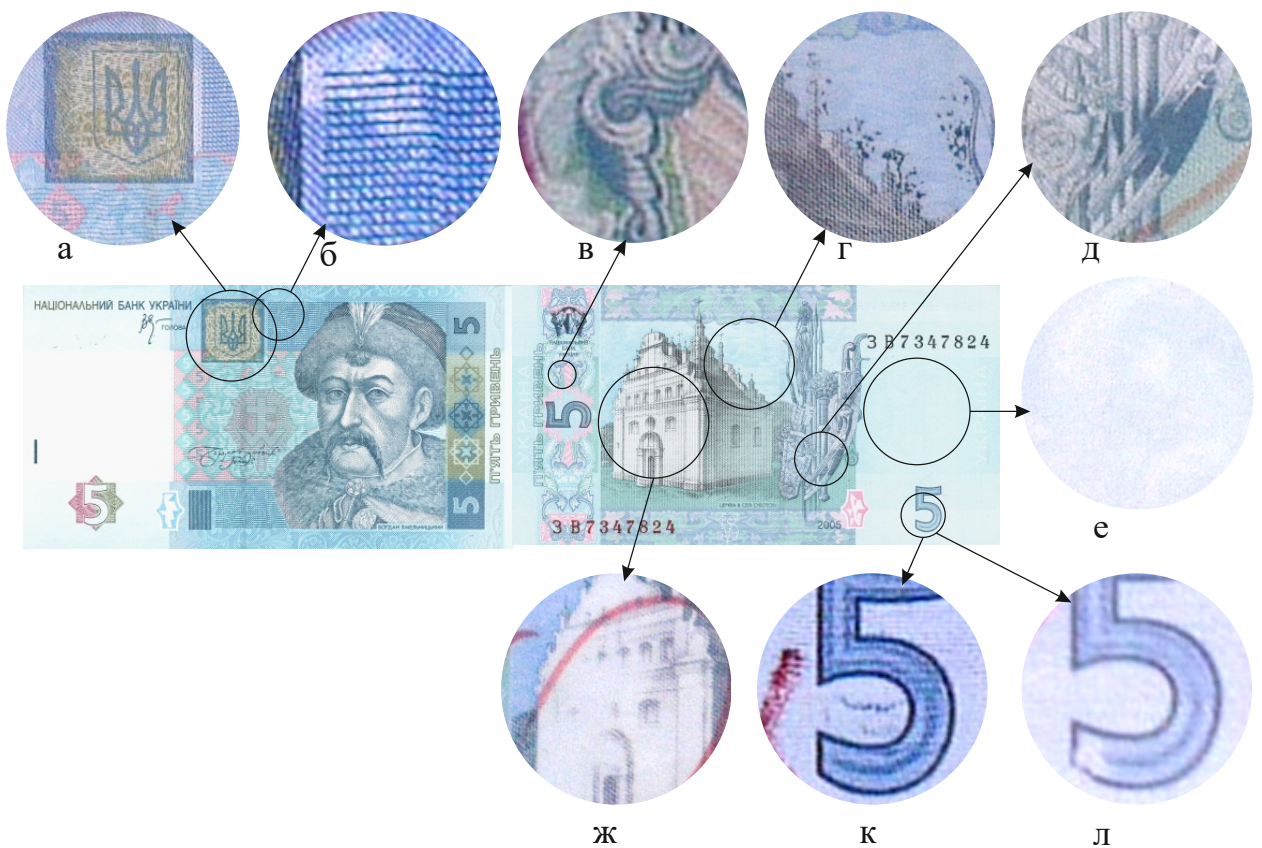


Рис. 4.4. Дефекти, пов'язані з якістю офсетного способу друку на банкнотах номіналом 5 грн: а – несуміщення елементів офсетного зображення відносно елементів інтагліозображення; б, л – непродрукування офсетного зображення (чорниш); в – фарбова пляма; г, д – тініння офсетної фарби; е – непродрукування на ділянці водяного знака; ж – непродрукування офсетного зображення (недостатня насиченість частини відбитка); к – двоїння офсетного зображення

Хід роботи

1. Готуємо по 3 зразки банкнот трьох різних номіналів.
2. Виділяємо 5 досліджуваних зон банкнот із надрукованими штрихами інтагліодруку (лицевий бік банкноти), 5 досліджуваних зон із надрукованими штрихами офсетним методом з лицевої сторони та 5 досліджуваних зон із надрукованими штрихами офсетним методом зі зворотної сторони банкноти.
3. За допомогою універсального монокулярного цифрового мікроскопу МОЦ–45 Мікротех при підбраному збільшенні із системою візуалізації Місам та програмним забезпеченням проводимо вимірювання ширини штрихів у межах досліджувальних зон банкнот. Дані заносимо в таблицю (приклад типової таблиці даних по дослідженню п'яти зон банкноти із надрукованими штрихами інтагліодруку трьох зразків одного номіналу представлено в табл. 4.1).
4. Досліджуємо обрані зони на наявність дефектів друкування. Дані заносимо в таблицю.

5. Проводимо аналіз отриманих результатів – виводимо гістограми залежності типу дефектів та їх кількості від номіналу банкноти та від ширини штрихів.

6. Робимо висновки.

Контрольні запитання

1. Розкрийте поняття світлової мікроскопії та сфери її використання.
2. Наведіть основні види та призначення оптичного мікроскопа.
3. Які види графічних спотворень характерні для офсетного методу друкування захищеної продукції, зокрема банкнот?
4. Наведіть основні причини дефектів друкування захищеної продукції офсетним способом.
5. Які види графічних спотворень характерні для інтагліодруку? Наведіть основні причини можливих дефектів.
6. Чи існує залежність між видами спотворень, їх кількості та шириною надрукованих штрихів?

3.5. Лабораторна робота №5

на тему: «Дослідження фарбових рельєфів інтагліодруку за допомогою мікротомальних зрізів»

Мета роботи: ознайомитися з методом дослідження фарбових рельєфів інтагліодруку за допомогою світлової мікроскопії із використанням мікротомальних зрізів.

Прилади та матеріали: світловий мікроскоп Axiostar Imager виробництва «Carl Zeiss», цифрова камера AxioCam ERc5s, система візуалізації з програмним забезпеченням AxioVision Rel. 4.9.1 SP1, підготовлені препарати з мікротомальними зрізами зразків банкнот.

Теоретичні відомості

Інтагліодрук – це спосіб отримання відбитків із гравійованих елементів друкарських форм густими фарбами при великому тиску у друкарській парі. Метод дозволяє отримувати високу роздільну здатність, широку гаму півтонів, рельєфне зображення і захист продукції [7].

Основною особливістю інтагліодруку є забезпечення тактильності відбитків [25] – сприйняття надрукованого зображення рецепторами пальців при дотиці. Тактильний ефект досягається за рахунок спільної дії тиснення паперу гравійованими та пробільними елементами друкарської форми і отримуваної великої товщини фарбового шару [26].

Основними перевагами інтагліодруку визначено: забезпечення великих значень товщини фарбового шару (до 320 мкм), що позитивно впливає на тактильність відбитків; можливість відтворення різної товщини фарбового шару на одному зображенні, що досягається за рахунок різної глибини гравіювання елементів друкарської форми; висока якість друку, що проявляється у відмінній передачі насиченості кольорів та чіткості друкованих ліній; можливість використання спеціальних фарб, які володіють люмінісцентними, магнітними, оптико-змінними захисними властивостями; дорожняча технологія, що є перевагою у контексті унеможливлення подріблення цінних паперів.

Основними недоліками інтагліодруку визначено: технологічно необхідний високий тиск у друкарському контакті, який потребує суворого контролю, оскільки може бути або недостатнім для закріплення фарб, або занадто високим, що може призвести до руйнації задрукованого матеріалу; високі значення металоємності, що виражається загалом у конструктивних особливостях машин інтагліодруку та формного виробництва; високі значення енергоємності, спричинені передусім наявністю системи підігріву окремих елементів друкарської секції машин інтагліодруку; потреба у висококваліфікованих фахівцях для обслуговування машин інтагліодруку; дорожняча технологія, що в більшій мірі спричинена високою вартістю формного виробництва.

Однією з технологічних характеристик інтагліодруку є застосування високого тиску у зоні контакту формного циліндра і друкарського циліндра – лінійне навантаження становить до 1000 кН/м [27]. Вплив тиску на папір під час інтагліодруку є аналогом каландрування паперу в процесі його виготовлення [28]. Високий тиск у друкарському контакті необхідний передусім для здійснення фарбоперенесення та закріплення фарбового шару на поверхні задрукованого матеріалу, яке відбувається шляхом всотування фарби підкладкою та окислювальної полімеризації.

Вивчення процесу формування фарбових шарів інтагліодруку та проникнення фарби в папір можливо здійснити за допомогою світлової мікроскопії. Однак, цей процес ускладнений необхідністю отримання дуже тонких зрізів паперу. Одним із поширених методів отримання тонких зрізів паперу для досліджень за допомогою просвічувальної світлової мікроскопії є мікротомування [29].

Для вивчення за допомогою світлової мікроскопії процесів проникнення фарби, нанесеної на папір інтагліодруком, розроблено методику приготування препаратів паперу, котра базується на методиках приготування гістологічних препаратів [30], модифікованої з урахуванням природи зразків [31]. Так, зразки паперу, на відміну від матеріалів біологічного походження, не потребують фіксації (обробки для запобігання розкладенню) та дегідратації. Також, враховуючи, що метою досліджень є вивчення формування фарбових шарів та процесу проникнення фарби в папір, не виконується фарбування зрізів [4].

Заливання зразків виконується в кілька етапів: 1) обробка отриманих смужок в суміші ксилолу та парафіну ("каша" – 50 % ксилолу, 50 % парафіну) протягом 1 год. в термостаті за температури 37 °С; 2) обробка отриманого на етапі 1 матеріалу у чистому парафіні протягом 1 год. в термостаті за температури 56 °С; 3) обробка отриманого на етапі 2 матеріалу в новому чистому парафіні протягом 4 год. в термостаті за температури 56 °С; 4) заливання отриманого матеріалу гарячим парафіном з температурою 60 °С в заливальних касетах, в результаті чого отримують парафінові блоки; 5) охолодження парафінових блоків у морозильній камері протягом не менш як 40 хв. Використовується спеціальний парафін високого ступеню очищення для гістологічних досліджень (наприклад, Paraplast), котрий містить пластифікуючу добавку (диметлсульфоксид) [4].

Розроблена методика включає розрізування задрукованих зразків паперу на смужки розміром 25×5 мм, їх заливання в парафін (процес створення блоку, достатньо твердого, щоб бути придатним для подальшого різання на мікротомі), мікротомування (різання на препарати товщиною до 5–7 мкм), депарафінування (видалення парафіну ксилолом протягом 10–15 хв. за температури 37 °С в термостаті, потім 3–5 хв. за кімнатної температури, у результаті чого відбувається розчинення парафіну) і отримання тільки зрізу паперу, нанесення канадського бальзаму (натуральна смола ялиці бальзамічної, що відрізняється дуже високим ступенем прозорості та

нормованим показником заломлення) та поміщення отриманих препаратів на предметне скло під покривне скло [4, 32] (рис. 5.1).

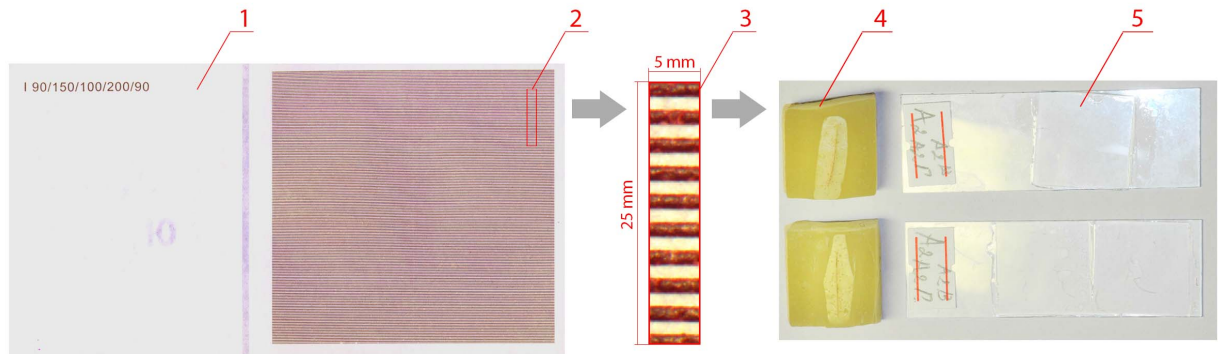


Рис. 5.1. Підготовка дослідних зразків: 1 – надрукований металографічним друком дослідний зразок, 2 – зона дослідження, 3 – вирізана дослідна смужка, 4 – парафінові блоки, 5 – препарати

У роботі вивчення процесів фарбопроникнення та формування фарбового рельєфу, нанесеного металографічним друком, здійснюється за допомогою світлового мікроскопу AxioStar Imager виробництва «Carl Zeiss», обладнаного цифровою камерою AxioCam ERc5s, та системою візуалізації з програмним забезпеченням AxioVision Rel. 4.9.1 SP1.

Процес формування фарбових шарів та проникнення і розподілу фарби у папір досліджується за допомогою аналізу отриманих зображень при збільшенні $400\times$ шляхом вимірювання необхідних величин, а саме: значення товщини фарбового шару R_{int} , глибини вертикального проникнення фарби у товщу основи P_{int} , значення відстані розходження фарби від країв штриха R (величина бічного проникнення), величини крайових кутів θ_{left} та θ_{right} (кути, утворені між дотичними до бічних сторін надрукованих штрихів в поперечному перерізі та уявною лінією, яка описує поверхню задрукованого матеріалу) (рис. 5.2).

Товщина фарбового шару інтаглідруку R_{int} визначається як середнє арифметичне значень висоти штрихів H_{int} , глибина вертикального проникнення фарби у товщу паперу P_{int} визначається як середнє арифметичне значення глибин проникнення фарби p_r :

$$R_{int} = \bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^p H_i}{p} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{i=1}^z \sum_{i=1}^n H_i}{m \cdot z \cdot n} \quad (5.1)$$

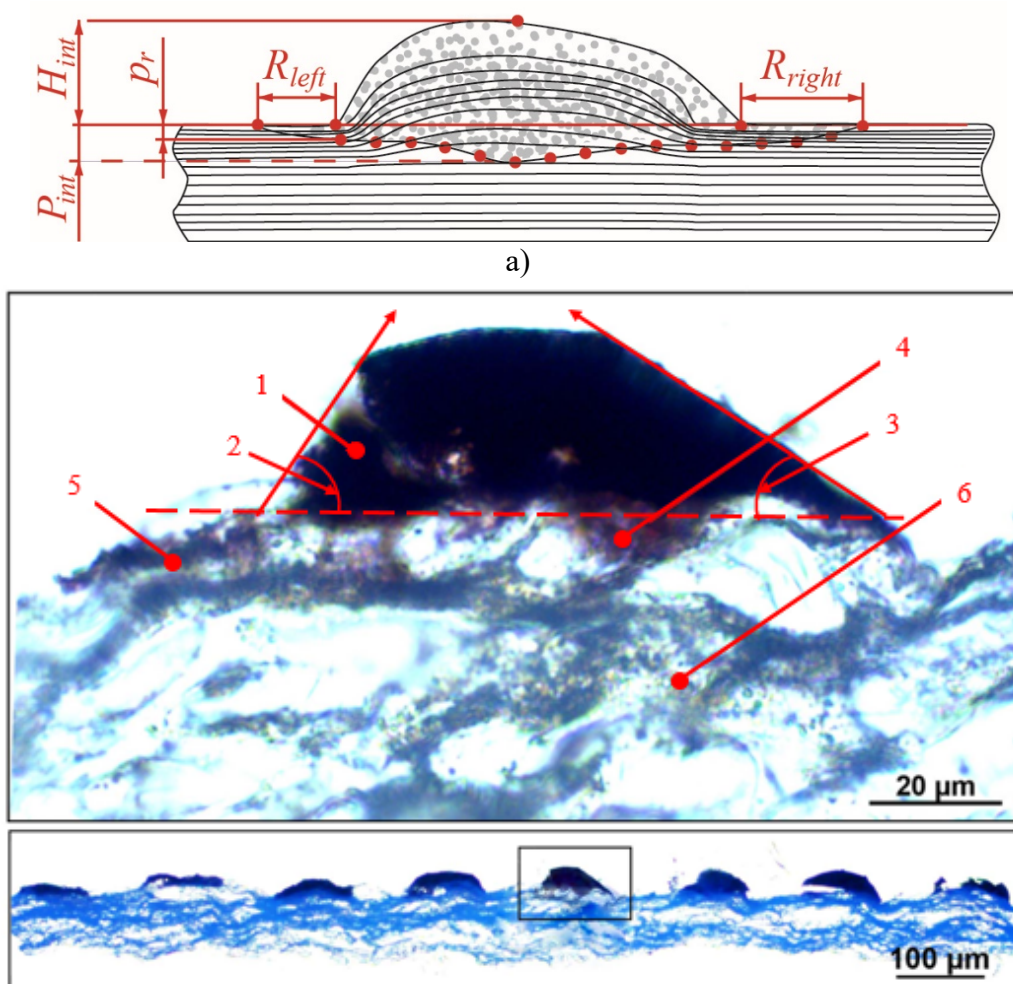
$$P_{int} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^r p_i}{r} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^k p_i}{m \cdot n \cdot k} \quad (5.2)$$

де r – загальна кількість вимірювань; m – кількість зразків у вибірці; n – кількість штрихів на 1 зоні; z – кількість вимірювань висоти штрихів; k –

кількість вимірювань глибини проникнення фарби безпосередньо під надрукованим штрихом через рівні проміжки (5 мкм) шляхом опускання перпендикуляру від уявної лінії, яка описує поверхню субстрату, до межі розділу «проникнена фарба – субстрат» (рис. 5.2).

Відстань розходження фарби від країв штриха R (величина бічного проникнення) виміряно шляхом проведення лінії вдовж уявної кривої, яка описує поверхню субстрату, від межі розділу «фарбовий рельєф – пробільний елемент» до межі розділу «проникнена фарба – субстрат» по обидві сторони від утвореного рельєфу штриха – зліва (R_{left}) та справа (R_{right}), що відповідно збігається із краєм штриха, що потрапляє в зону друкарського контакту першим та другим (див. рис. 5.2):

$$R = (R_{left} + R_{right}) / 2.$$



б)

Рис. 5.2. Поперечний розріз штриха, надрукованого інтагліодруком: а) схематичне зображення; б) фотографія зрізу: 1 – фарбовий рельєф, 2 – лівий крайовий кут, 3 – правий крайовий кут, 4 – вертикальне фарбове проникнення, 5 – бічне фарбове проникнення (ліве), 6 – задруковуваний матеріал

Хід роботи

1. Ознайомлення із методикою отримання мікротомальних зрізів.
2. Візуальна оцінка підготовлених дослідних зрізів, отриманих відповідно до методики.
3. Ознайомлення із технологічними параметрами виготовлення зразків, що досліджуються.
4. Налаштування мікроскопу для проведення дослідження.
5. Дослідження мікротомальних зрізів, а саме визначення наступних параметрів: значення товщини фарбового шару R_{int} , глибини вертикального проникнення фарби у товщу основи P_{int} , значення відстані розходження фарби від країв штриха R , величини крайових кутів θ_{left} та θ_{right} .
6. Аналіз отриманих результатів дослідження.
7. Робимо висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке інтагліодрук, які його характерні особливості, переваги та недоліки?
2. Опишіть методику отримання мікротомальних зрізів.
3. У чому полягає основна складність у дослідженнях фарбових шарів інтагліодруку та проникнення фарби в папір за допомогою світлової мікроскопії?
4. Які основні параметри фарбового шару можливо дослідити методами світлової мікроскопії?
5. Яким чином вимірюється проникнення фарби у товщині задрукованого матеріалу? Яке проникнення розрізняють?

3.6. Лабораторна робота № 6

на тему «Технологічний процес імітування зношування банкнот та оцінювання зношеності»

Мета роботи: ознайомитися з методикою штучного зношування банкнот та показниками зношеності.

Прилади і матеріали: імітатор зношування, банкноти (чи зразки паперу, що за розміром відповідають банкнотам), скляні кульки, смужки жорсткості, фторопластикові затискачі, забруднювальна суміш (соняшникова олія, спирт 70 %), речовина «штучний піт», біла глина, спектрофотометр X-RITE SpectroEye, електронні ваги.

Посилання на відео:

<https://www.youtube.com/watch?v=YbJD76i6m2s>

Теоретичні відомості

Зношування банкнот як процес – поступова зміна під дією низки чинників властивостей банкнот, внаслідок чого відбувається втрата (повна чи часткова) цих властивостей через перебування в обігу чи в певних умовах випробування [4, 33–35].

Імітатор зношування – прилад з автоматизованою системою керування ротаційним механізмом обертання барабана, здатного здійснювати обертіві рухи з певними параметрами (частотою, рухом проти й за годинниковою стрілкою).

Штучне зношування – це процес впливу на банкноти з метою приведення їх характеристик та зовнішнього виду до банкнот зношених під час реального обігу [36–38].

Під час виконання лабораторної роботи розглянемо механічний та хімічний впливи на оптичні властивості банкноти.

Механічний вплив дає змогу випробовувати банкноти у закритому контейнері під час обертання навколо осі зі скляними кульками, які забезпечують множинні механічні пошкодження.

Хімічний вплив дає змогу забруднити банкноти і тим самим показати процес їх забруднення в обігу. До забруднювальних речовин можна віднести тверді речовини (біла глина), рідкі речовини (соняшникова та оливкова олія, спирт 70 % та штучна речовина, яка за своїм складом близька до людського поту).

Одночасно в імітаторі можна випробувати близько 20–28 шт. зразків банкнот.

Принцип методу штучного зносу полягає у обертанні протягом 1..5 циклів тривалістю 5..30 хвилин в імітаторі обігу банкнот у присутності зношувальних агентів та забруднювальної суміші. У якості зношувальних агентів передбачено використання скляних кульок діаметром 2..5 мм для імітації впливу різноманітних малих навантажень; скляних кульок діаметром 10..15 мм [39].

З метою підсилення розтягування та згинання використовуються 2..6 навантажувальних елементів вагою 7..12 г, які фіксуються на краях банкноти попарно симетрично відносно осей симетрії банкноти.

Для забезпечення поступового забруднення банкнот забруднювальна суміш ділиться на рівні частини (в залежності від кількості циклів), які по чергово вводяться на початку кожного із циклів.

Імітатор обігу (рис. 4.1) являє собою паралеліпедоподібний барабан 1 розміром 200..300 x 200..300 x 300..400 мм із круглими основами 2, обертання якого забезпечується опорними валиками 3 та ремінною передачею 4, які приводяться в рух за допомогою електродвигуна, вмонтованого у станину 5. Введення зношувальних агентів, забруднювальної суміші та зразків банкнот відбувається через отвір в одній із основ, який щільно закривається кришкою 6, фіксованою прижимом 7.

Зразки банкнот, що піддають зношуванню (рис. 4.2), оброблюються шляхом пробивання на краях банкноти 2..6 отворів 8 діаметром 2..5 мм та фіксації 2..4 смужок жорсткості 9 з обох сторін банкноти за допомогою 2..6 навантажувальних елементів у вигляді гвинта 10 і гайки 11 (діаметр головки дорівнює 10..15 мм, довжина 15..20 мм) [39–40].

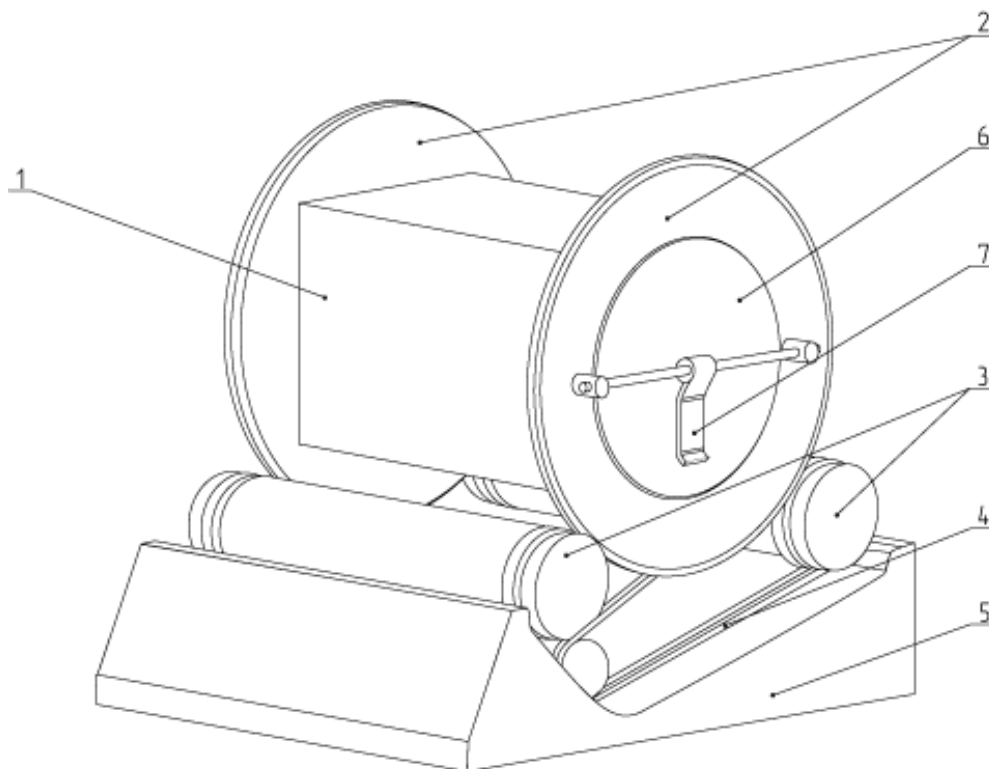


Рис. 4.1. Імітатор обігу банкнот

Увага! Під час роботи імітатора зношування виникає шум, що перевищує гранично допустимі норми, тому імітатор необхідно розташовувати в окремому приміщенні і не перебувати поряд з ним під час циклів зношування.

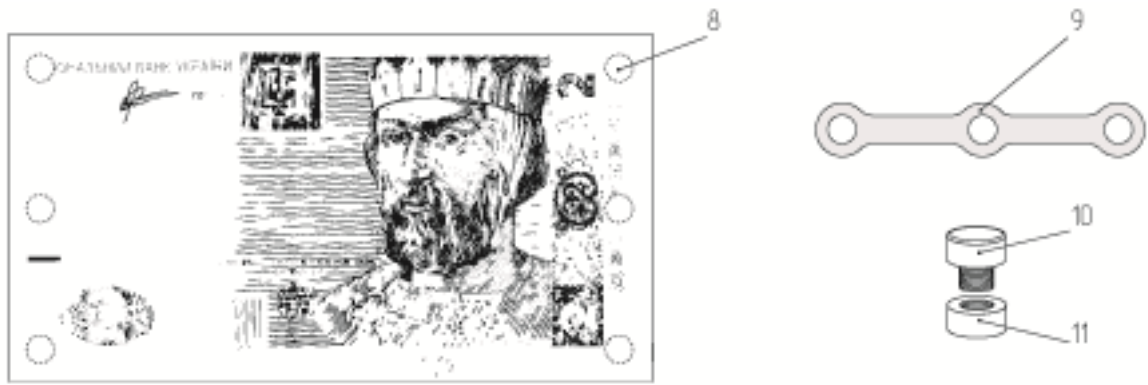


Рис. 4.2. Зразок банкноти, та кріплення

Хід роботи

1. Готуємо 40 зразків банкнот: на зразках пробиваємо на краях банкноти 4 отвори діаметром 2..5 мм для фіксації 2 смужок жорсткості з обох сторін зразка за допомогою 4 навантажувальних елементів (гвинта і гайки) попарно симетрично відносно осей симетрії банкноти. Зразки нумеруємо в правому нижньому куті кульковою ручкою.

2. Перед початком зношування за допомогою спектрофотометра визначаємо для кожного із зразків колірні координати лиця і звороту у визначеному викладачем чітко позиціонованому для всіх зразків місці, залежно від виду зразків (банкноти/папір). Результати заносимо в табл. 4.1.

3. Перед початком зношування допомогою електронних ваг визначаємо для всього набору зразків масу набору зразків (без смужок жорсткості та навантажувальних елементів). Результати заносимо в табл. 4.1.

4. Готуємо забруднювальну суміш: олія + спирт 70 % + білі глина + речовина «штучний піт». Забруднювальну суміш ділимо на рівні порції (в залежності від кількості циклів). Порції забруднювальної суміші почергово вводимо перед початком кожного із циклів зношування.

5. 20 зразків піддаємо «сухому зношуванню» (без додавання забруднювальної суміші), 3 цикли.

6. 20 зразків піддаємо «вологодому зношуванню» (з додаванням забруднювальної суміші), 3 цикли.

7. Після кожного циклу зношування за допомогою спектрофотометра визначаємо для кожного із зразків колірні координати лиця і звороту у визначеному викладачем чітко позиціонованому для всіх зразків місці, залежно від виду зразків (банкноти /папір). Результати заносимо в табл. 4.1.

8. Визначаємо колірне відхилення для кожного зразка (відносно колірності до зношування). Будуємо за середнім значенням гістограму зміни колірних координат, світлоти та колірного зсуву до та після кожного етапу зношування для сухого та вологого зношування (приклад – рис. 4.3).

9. Після кожного циклу зношування за допомогою електронних ваг визначаємо для всього набору зразків масу набору зразків (без смужок жорсткості та навантажувальних елементів). Результати заносимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Показники зношеності зразків

Вид зношування	Цикл зношування	Номер зразка	Лице				Зворот				Маса зразка
			L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	
-	0	1									
		2									
		..									
		20									
		Середнє									
Сухе зношування	1	1									
		2									
		..									
		20									
		Середнє									
	2	1									
		2									
		..									
		20									
		Середнє									
	3	1									
		2									
		..									
		20									
		Середнє									
0	1										
	2										
	..										
	20										
	Середнє										
Вологе зношування	1	1									
		2									
		..									
		20									
		Середнє									
	2	1									
		2									
		..									
		20									
		Середнє									
	3	1									
		2									
		..									
		20									
		Середнє									

10. Розраховуємо середню масу одного зразка до та після кожного циклу зношування. Будуємо за середнім значенням гістограму зміни маси зразка до та після кожного етапу зношування для сухого та вологого зношування (приклад – рис. 4.4).

11. Робимо висновки.

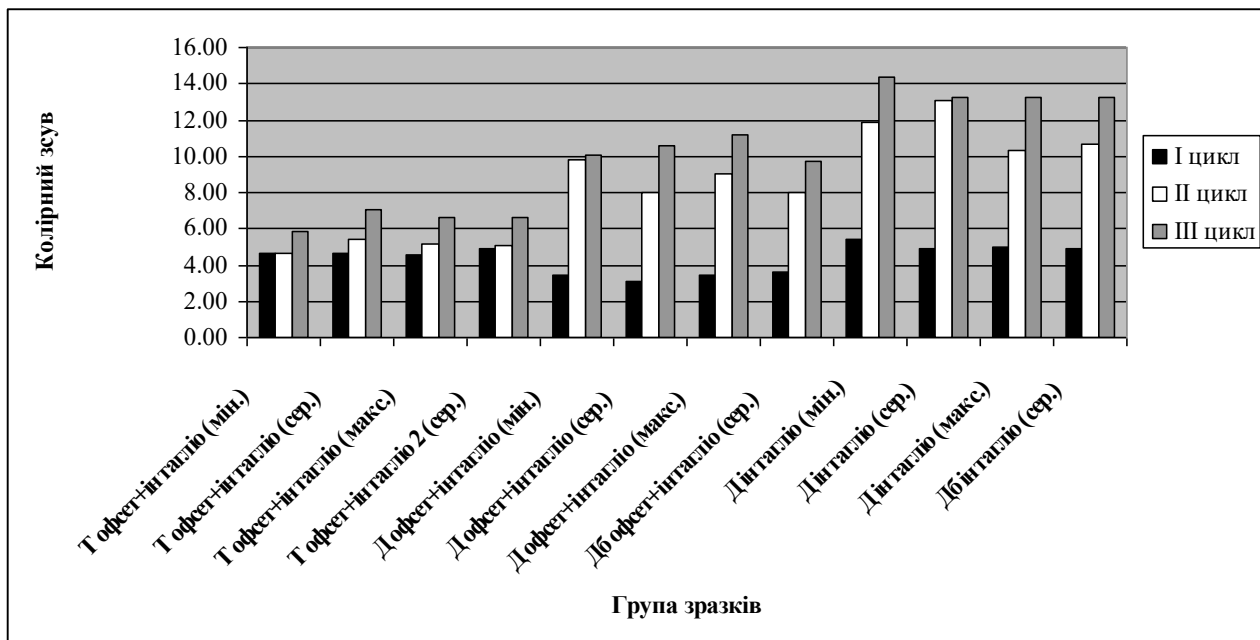


Рис. 4.3. Зміна колірного зсуву зразків банкнот різних груп після різних циклів зношування

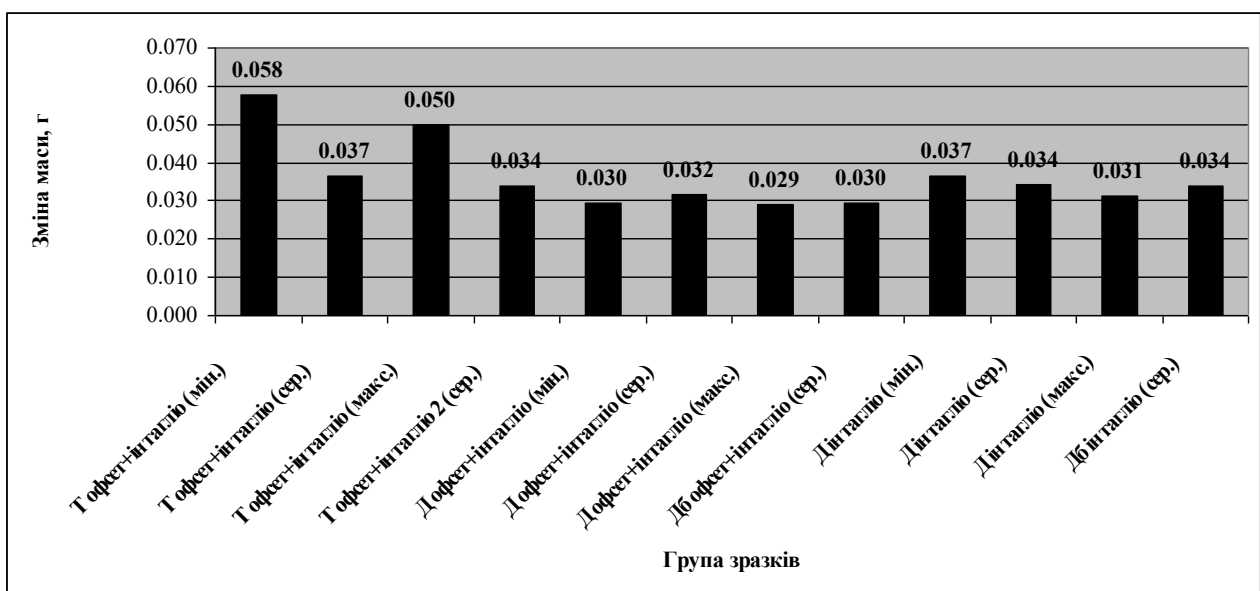


Рис. 4.4. Збільшення маси зразків банкнот різних груп після вологого зношування

Контрольні запитання

1. Що таке зношування банкнот?
2. Поясніть вплив хімічних компонентів на перебіг штучного зносу банкнот?
3. Поясніть механічний вплив на банкноти при штучному зношуванні?
4. Як називається прилад, який використовують для імітації зношення?
5. Які ви знаєте показники зношеності?
6. Які показники зношеності ви дослідили під час проведення роботи?

4. Список літератури

1. Summers I. R. Tactile discrimination of paper [Electron.resource] / I. R. Summers, R. J. Irwin // Biomedical Physics Group, School of Physics, University of Exeter – Access link: <ftp://130.75.26.132/pub/papers/haptex05/15.pdf>.
2. Н. А. М. de Heij. Durable banknote paper. — De Nederlandsche Bank N. V., Amsterdam, Netherlands. — March, 1995. — P. 1–11. — De Nederlandsche Bank NV. — Шлях доступу : <http://www.dnb.nl/binaries>.
3. Киричок Т. Ю. Тактильна дискримінація паперових банкнот після лакування вододисперсним лаком / Т. Ю. Киричок, А. М. Мережинська, О. В. Гуца (Коротенко) // Зб. наук. праць: Технологія і техніка друкарства. – К., 2014. – № 1 (43). – С. 13–20.
4. Киричок Т.Ю. Зносостійкість банкотної продукції: монографія. / Т. Ю. Киричок. – К. : НТУУ "КПІ", 2014. – 308 с.
5. ДСТУ 4387:2005. Бланки цінних паперів і документів суворого обліку та звітності. Терміни та визначення понять.
6. ДСТУ 4010:2015. Бланки цінних паперів і документів суворого обліку та звітності. Загальні технічні вимоги
7. Киричок П. О. Захист цінних паперів та документів суворого обліку / П. О. Киричок, Ю. М. Коростіль, А. В. Шевчук. – Київ : НТУУ «КПІ», 2008. – 368 с.
8. Кисельова О. Филигранная работа / О. Кисельова // Водяной знак. – 2008. – № 1–2. – С. 39–41.
9. Коншин А. О. Защита полиграфической продукции от фальсификации / Андрій Олександрович Коншин. – М. : ООО «Синус», 1999. – 160 с.
10. Security features integrated in bancnote paper. – Billetaria. International Review on Cash Management. – Issue 9. – April, 2011. – P. 38–39.
11. Фляте Д. М. Технология бумаги. Учеб. для вузов / Дмитрий Моисеевич Фляте. – М. : Лесн. промышленность, 1988. – 440 с.
12. Лоуренс А. Вилсон. Что полиграфист должен знать о бумаге. Перевод с англ. Е.Д. Климовой. М.: Принт-медиа центр, 2005 – 358 с.
13. Вайсман Л.М. Структура бумаги и методы ее контроля М.: Лесная промышленность; 1973. – 152 с.
14. Printing techniques [Electron.resource] / Security printing. – December 2013. – Access link: <http://www.securityprinting.co.uk/techniques.php>.
15. Kyrychok T. The influence of pressure during intaglio printing on banknotes durability / Т. Kyrychok, P. Kyrychok, S. Havenko et al. // Mechanika. – 2014. – Vol. 20 (3). – P. 327–331.
16. Киричок Т. Ю. Вплив металографічного друку на міцнісні характеристики банкотного паперу / Т. Ю. Киричок, О. В. Гуца (Коротенко) // Зб. наук. праць: Технологія і техніка друкарства. – К., 2012. – № 2 (36). – С. 4–10.
17. Черепин В.Т. Методы и приборы для анализа поверхности материалов: Справочник / В.Т. Черепин, М.А. Васильев. – К.: Наук. думка, 1982.

18. S. Bradbury and B. Bracegirdle, Introduction to light microscopy. Royal Microscopical Society Microscopy Handbooks, 42. Oxford, United Kingdom: BIOS Scientific Publishers, 1998.
19. K. Geels, D.V. Fowler, W-U. Kopp, and M. Rückert, Metallographic and Materialographic Specimen Preparation, Light Microscopy, Image Analysis and Hardness Testing, (2007) ASTM International, West Conshohocken, PA.
20. Аблеков В. К. Оптическая и оптоэлектронная обработка информации / В. К. Аблеков. – М. : «Машиностроение», 1976 – 186 с.
21. Попрядухин П. А. Технология печатных процессов / П. А. Попрядухин. – М. : Книга, 1968. – С. 328–332.
22. Александров Д. Современные средства повышения качества офсетной печати / Д. Александров. – СПб. : АО «Текст», 1998. – 76 с.
23. Климова Е. Д. Зависимость качества оттисков и стабильность процесса печатания от свойств печатной бумаги / Е. Д. Климова // Вестник: Моск. гос. ун-тет печати. – № 10. – М., 2005. – С. 63–66.
24. Батюшко А. Л. Проблемы автоматизации офсетного печатного процесса / А. Л. Батюшко, С. В. Вартамян, Э. И. Избицкий, Б. В. Каган, Л. А. Шахмундес. – М. : Книга, 1978. – 112 с.
25. De Heij H. Banknote design for retailers and public. / H. de Heij // DNB Occasional Studies – De Nederlandsche Bank NV, 2010. – Vol. 8 (4) – P. 161–164.
26. Ciaramella V. Intaglio printing. / V. Ciaramella. // Billetaria. International Review on Cash Management. – Issue 2. – October 2007. – P. 19–20.
27. Printing techniques [Electron.resource] / Security printing. – December 2013. – Access link: <http://www.securityprinting.co.uk/techniques.php>.
28. Holik H. Handbook of paper and board / H. Holik. – Wiley-VCH, 2006. – 505 p.
29. Kappel Ch. Measurement of printing ink penetration in uncoated papers and its influence on print quality / Ch. Kappel, U. Hirn, M. Donoser, W. Bauer // 94th Annual Meeting, Pulp and Paper Technical Association of Canada. – Montreal, 6–7 Feb., 2008. – P. 539–542.
30. Волкова О. В. Основы гистологии и гистологической техники / О. В. Волкова, Ю. К. Елецкий – М. : Медицина, 1982. – 304 с.
31. 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).
32. Kyrychok, T. 3D light interferometry investigation of ink layer formation during intaglio printing / Kyrychok, T. and Korotenko, O. // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, volume 11369 – 2020.
33. Киричок Т. Ю. Фактори зносу банкнот / Т. Ю. Киричок // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – К., 2011. – № 2 (8). – С. 75–78.
34. Киричок Т. Ю. Вплив металографічного друку на міцнісні характеристики банкнотного паперу / Т. Ю. Киричок, О. В. Гуща // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2012. – № 2 (36). – С. 4–10.

35. Киричок Т. Ю. Багатокритеріальна задача вибору показника зношування банкнот української гривні в умовах реального обігу / Т. Ю. Киричок // Зб. наук. праць «Поліграфія і видавнича справа». – Львів, 2012. – № 4 (60). – С. 89–101.

36. Киричок Т. Ю. Методологія візуального оцінювання стійкості фарбового шару інтагліодруку до імітації зношування / Т. Ю. Киричок // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2013. – № 4 (42). – С. 4–12.

37. Киричок Т. Ю. Дослідження зміни характеристик зразків банкнот під час імітації зношування / Т. Ю. Киричок, В. М. Нестеренко, Є. Г. Сухіна, О. В. Гуца // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2012. – № 4 (38). – С. 4–25.

38. Киричок Т. Ю. Аналіз зносостійкості банкнот української гривні в умовах реального обігу / Т. Ю. Киричок, А. А. Мельниченко, В. М. Нестеренко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 2 (88). – С. 94–104.

39. Киричок Т. Ю. Організаційно-технічні аспекти дослідження зношування банкнот в обігу / Т. Ю. Киричок, А. А. Мельниченко, В. М. Нестеренко // Зб. наук. праць «Поліграфія і видавнича справа». – Львів, 2012. – № 3 (59). – С. 27–37.

40. Пат. 103510 Україна, МПК G07D 7/00. Метод випробування, що імітує процес зношування банкнот / Киричок Т. Ю., Гуца О. В., Сухіна Є. Г.; опублік. 25.12.2015.

Додаток А
Приклад оформлення титульного аркуша

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

Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут
Кафедра технології поліграфічного виробництва

Лабораторний практикум
Лабораторна робота № 1 з дисципліни «Теоретичні та практичні засади
банкнотного виробництва»
« _____ »

Виконав студент групи _____

Перевірив _____

КИЇВ – 20__