

ЗЕНКІН МИКОЛА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0002-8840-0572>e-mail: nikolay_zenkin@ukr.net

РЕМЕЗОВСЬКИЙ ОЛЕГ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0009-0009-6064-9876>e-mail: Remez2024@outlook.com

ШОСТАЧУК ОЛЕКСАНДР

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0002-5812-0967>e-mail: o.shostachuk@gmail.com

ОЦІНКА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ ТА ЇХНЬОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ

Стаття розповідає про інноваційні технологічні методи подовження терміну служби відповідальних деталей друкарського обладнання. Автори підкреслюють важливість довговічності обладнання у поліграфії та демонструють, як сучасні технології дозволяють продовжити термін служби деталей, замість їх заміни на нові.

Ключові слова: відновлення деталей, технологічні методи, друкарське обладнання, подовження терміну служби, ремонт.

ZENKIN MYKOLA, REMEZOVSKIY OLEH, SHOSTACHUK OLEKSANDR

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ASSESSMENT OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE RECONDITIONED PARTS AND THEIR DURABILITY

In the fast-paced world of printing technology, the durability and reliability of critical components are paramount to maintaining productivity and reducing downtime. This article delves into the field of extending the life of these vital elements using innovative technological methods.

The article opens with a recognition of the challenges faced by the printing industry in the face of continuous technological developments and environmental concerns. The need for sustainable practices has become a cornerstone of modern manufacturing, and part reconditioning is a prime example of this commitment. By applying advanced technologies to remanufacture and improve the mechanical properties of used components, manufacturers can significantly reduce the waste and resource consumption associated with producing new parts. This benefits the environment and results in cost savings for both businesses and consumers.

The article goes on to detail the various process methods used to breathe new life into these components. It describes how surface treatments, such as thermal spraying, can restore worn surfaces and give them improved characteristics such as corrosion resistance and increased hardness. These processes are carefully applied to ensure that the remanufactured parts match and often exceed their original counterparts performance. The focus is on precision and quality, as even the slightest deviation can impact the printing equipment's overall efficiency.

In addition, each remanufactured part is thoroughly tested and evaluated to ensure its durability. This includes a series of mechanical and physical tests that thoroughly check the parts' strength, wear resistance, and dimensional stability. Only after passing these rigorous tests can the part be deemed suitable for reintegration into the machine, ready to stand the test of time again.

The practical implications of the study extend to the printing industry, where the cost-effectiveness and environmental sustainability of such methods can significantly impact the economic viability and competitiveness of companies. By focusing on the remanufacturing of wearing parts, the article addresses the industry's need for innovative solutions that preserve the value of equipment investments while meeting increasing demands for product quality and productivity.

Keywords: parts recovery, technological methods, printing equipment, service life extension, repair.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Проблема зменшення терміну служби відповідальних деталей друкарського обладнання є актуальною в сучасній промисловості. Це є наслідком інтенсивного навантаження, агресивного середовища, а також зношування під час експлуатації. Для підвищення надійності, ефективності та зниження витрат на ремонт та заміну розробляються різні технологічні методи відновлення цих деталей.

Проблема оцінки механічних властивостей і довговічності відновлених деталей поліграфічного обладнання до сих пір залишається актуальною для промисловості. Це питання пов'язане з постійним попитом на підвищення продуктивності обладнання та подовження терміну служби його складових, які перебувають під дією високих навантажень та агресивного навколишнього середовища, що стають причиною інтенсивного зношування. Загальний огляд проблеми передбачає дослідження механізмів деградації цих деталей і порівняння ефективних методів відновлення, які не тільки відновлюють їхні механічні властивості, але й підвищують довговічність.

Відновлення критично важливих компонентів друкарських машин має важливе значення для мінімізації простоїв, зниження витрат на технічне обслуговування та забезпечення загальної ефективності виробничого процесу. Актуальність цієї теми підкреслюється зростаючою складністю поліграфічних технологій, які вимагають деталей з винятковою зносостійкістю, стабільністю розмірів і функціональною

надійністю.

Оцінка механічних властивостей відновлених деталей і їх довговічності відіграє ключову роль у визначенні ефективності застосованої технології відновлення. Використання технологічних методів дозволить компаніям покращити механічні властивості деталей, зокрема, підвищити їх довговічність і, в перспективі, зменшити витрати на технічне обслуговування. Однак є контраргументи, які слід розглянути. Наприклад, потенційні початкові витрати та необхідність запровадження заходів контролю якості.

Аналіз досліджень та публікацій

В роботі [1] О. І. Пушкар, Є. М. Грабовський та М. М. Оленич розглядають різні аспекти поліграфічного виробництва та надають студентам та фахівцям у цій галузі інформацію про найновіші технології та тенденції. Методичні рекомендації А. С. Гордєєва [2] є інструкційним посібником, який призначений для студентів спеціальності «Видавництво та поліграфія». Обидва ці джерела є цінними інструментами для тих, хто цікавиться поліграфічним виробництвом, його обладнанням та інноваційними підходами, які використовуються в цьому процесі. Вони відображають актуальність теми статті, яка зосереджена на оцінці механічних властивостей відновлених деталей друкарського обладнання та їх довговічності, що є невід'ємною частиною розвитку та підтримки якості друкарського бізнесу.

О. В. Гуцин [3] розглядає сучасні технології, які використовуються на сучасних підприємствах, і надає практичні вказівки з їхньої реалізації. С. Т. Пацера [4] надає інформацію про оптимізацію структурно-системних процесів станках, на яких відновлюються деталі поліграфічного обладнання. Ця тема є важливою у сучасному світі, де висока точність та ефективність виробничих процесів є ключовими факторами успіху.

Л. Я. Маїк, Б. М. Ковальський, І. З. Миклушка [5] зосереджуються на інноваційних аспектах цифрового відтворення форм для глибокого друку, що є важливою галуззю поліграфічної індустрії. Автори досліджують різні системи цифрового виведення, їх принципи роботи, розвиток і перспективи використання, що допомагає розуміти сучасні тенденції та технічні можливості. Т. С. Голубник [6] надає глибокі знання з особливостей спеціальних технологій, що використовуються в оперативній поліграфії. Т. С. Голубник розглядає різні системи, їхнє проектування, організацію та контроль якостю на різних етапах поліграфічного процесу, акцентуючи увагу на оперативних виробництвах, які потребують швидкої реакції на зміни.

В. Б. Репета і В. В. Шибанов [8] розкривають широкий спектр інформації, що стосується як фізичних, так і хімічних властивостей матеріалів, їхнього впливу на якість друку та екологічну безпеку, а також різних технічних аспектів процесу. С. Гавенко та М. Лабєцька [8] розглядають різні етапи проектування, від технічного і технологічного обґрунтування до організації виробничих процесів, підкреслюючи важливість інженерного мислення та сучасних підходів до створення ефективних і конкурентоспроможних виробництв. Натомість питання технологічних методів подовження терміну служби відповідальних деталей друкарського обладнання залишається нерозглянутим.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є розгляд точок зору щодо використання технологічних методів для покращення механічних властивостей і довговічності відновлених частин друкарського обладнання.

Очікується, що результати цього дослідження сприятимуть розширенню знань про поведінку відновлених матеріалів в умовах динамічного навантаження, що є важливим для прогнозування терміну служби відновлених деталей. Це, в свою чергу, дозволить інженерам і виробникам приймати обґрунтовані рішення щодо вибору методів відновлення та розробки протоколів технічного обслуговування. Зрештою, результати таких досліджень можуть призвести до створення галузевих стандартів відновлення компонентів поліграфічного обладнання, які гарантуватимуть, що відновлені деталі відповідатимуть специфікаціям виробника оригінального обладнання або навіть перевищуватимуть їх.

Виклад основного матеріалу

Покращення механічних властивостей збільшує довговічність відновлених деталей. Підвищена зносостійкість має першорядне значення для запобігання передчасному виходу з ладу критичних компонентів друкарського обладнання. Деталі з підвищеною зносостійкістю мають подовжений термін служби, що дозволяє зменшити частоту їх заміни і, як наслідок, простої обладнання під час технічного обслуговування. Крім того, краща термічна стабільність дозволяє підвищити захист деталей від пошкоджень, спричинених високими температурами, забезпечуючи тривалу функціональність навіть у складних умовах експлуатації.

Подовження терміну служби технологічними методами може потребувати початкових витрат, які стримають деякі компанії від інвестування в сучасне обладнання та технології. Початкові фінансові витрати на нове обладнання або програми навчання працівників можуть бути значними. Отже, ретельний розрахунок витрат і можливого прибутку є обов'язковим, щоб виправдати інвестиції, пов'язані з впровадженням сучасних технологічних рішень для підвищення механічних властивостей відновлених деталей [1].

Подовження терміну служби критично важливих деталей завдяки покращенню механічних властивостей також означає зниження витрат на обслуговування обладнання для компаній. Зменшення часу простою, необхідного для виконання завдань з технічного обслуговування, додатково сприяє підвищенню загальної продуктивності, оптимізуючи ефективність роботи. Зрештою, економія коштів від зменшення витрат на технічне обслуговування позитивно впливає на фінансові показники компанії.

Попри потенційні переваги технологічних методів у покращенні механічних властивостей, існує ризик того, що ці методи не завжди можуть гарантувати бажані результати. Неадекватне навчання або неналежне

впровадження нових технологій може призвести до неефективності обраної технології підвищення довговічності відновлених деталей. Необхідно вживати заходів контролю якості для гарантування відповідності впроваджених заходів очікуваним покращенням механічних властивостей, оскільки будь-які недоліки у застосуванні цих методів можуть поставити під загрозу довговічність критичних компонентів [2].

Технологічні методи відновлення:

1. Поверхневе нагартовування. Це один із найбільш розповсюджених методів відновлення. Він передбачає нанесення на поверхню деталі нашарування з матеріалу, який має більшу твердість, ніж основний. Цей підхід підвищує стійкість до зношування та корозії.

2. Теплова обробка. Використовується для відновлення міцності та пластичності деталей, які внаслідок експлуатації зазнали змін структури. Ця операція може бути виконана такими методами як цементація, нормалізація, загартовування та ін.

3. Хімічно-термічна обробка. Це сукупність хімічних та теплових процесів, які змінюють хімічний склад і структуру поверхневого шару металу. Цей метод застосовується для відновлення твердості, зносостійкості, корозійної стійкості та інших властивостей.

4. Механічні методи. Такі методи як шліфування, полірування, фрезерування дозволяють відновити первісну геометрію деталі, її рівність і чистоту поверхні.

5. Зварювання. Використовується для відновлення деталей, які мають тріщини, розколини, відламані частини або інші пошкодження [3–5] (Таблиця 1).

Кожен з цих методів має свої переваги й недоліки, і їхній вибір залежить від конкретного завдання, стану деталей, використовуваних матеріалів, фінансових можливостей і вимог до якості відновлених поверхонь.

Технологічні методи пропонують точний контроль механічних властивостей відновлених деталей, що є значною перевагою в оптимізації їх довговічності. Передові технології, такі як 3D-друк, дозволяють налаштувати властивості деталей відповідно до конкретних вимог, підвищуючи їх функціональність і довговічність. Високоточна обробка забезпечує постійність механічних характеристик, гарантуючи надійність виконання критичних деталей. Інноваційна обробка поверхні додатково покращує специфічні механічні властивості, посилюючи довговічність відновлених компонентів друкарського обладнання [4].

Для оцінки механічних властивостей відновлених деталей використовуються різні методи:

- Дослідження мікроструктури - це один з основних підходів, який дозволяє оцінити якість відновлення та зміни, які відбулися під час процесу. Мікроструктура відновленого матеріалу повинна бути однорідною та відповідати технічним вимогам.

- Провідність міцності - ці випробування допомагають визначити, чи змінились міцність, твердість, пластичність та інші властивості відновленої деталі.

- Дослідження зносостійкості - виконуються на спеціальних стендах, які імітують умови експлуатації. Це дає змогу оцінити, наскільки довго відновлена деталь зможе працювати без зміни своїх параметрів.

- Тест на втому - допомагає виявити, чи є в деталі схильність до усталісного руйнування після багатьох циклів навантаження [6].

Довговічність відновлених деталей є ключовим показником їхньої якості. Під час відновлення важливо зберігати або навіть покращувати їхні механічні властивості. Для цього використовуються інноваційні технології, які враховують специфічні умови роботи друкарського обладнання.

- Кадміювання підвищує стійкість до зношування та корозії, є одним із ефективних методів відновлення деталей, які працюють у вологих середовищах.

- Тверді напilenня є одним із перспективних методів, який дозволяє наносити на поверхню деталі шари з високою міцністю, зносостійкістю та іншими потрібними властивостями.

- Нанопокриття мають високі показники міцності, твердості, зносостійкості, які ідеально підходять для відновлення деталей, які працюють під високими навантаженнями [7].

Переваги використання відновлених деталей:

1. Зниження виробничих витрат - відновлення деталей є менш дорогим, ніж їхня заміна на нові.

2. Швидкість виконання робіт - відновлення займає менше часу, ніж пошук та закупівля нової деталі.

3. Підвищення надійності обладнання – характеристики відновлених деталей часто значно вищі ніж ті, які були в оригінальних деталях, що зменшує імовірність виникнення поломок і дозволяє збільшити міжремонтні інтервали обладнання.

4. Зменшення кількості відходів - ці рішення допомагають зменшити вплив на екологію, оскільки знижують навантаження на природні ресурси.

Високі вимоги до якості друку і продуктивності потребують підтримання належного стану всіх компонентів. Відновлення відповідальних деталей технологічними методами може підвищити їхню надійність і довговічність, а також зменшувати кількість і тривалість простоїв обладнання.

- Зменшення зношування - відновлення поверхонь, які контактують між собою, забезпечує мінімальний знос під час роботи, що позитивно впливає на якість друку.

- Підвищення стійкості - використання відновлених деталей із підвищеними механічними властивостями допомагає уникнути передчасного зношування та поломок.

- Оптимізація процесу - відновлення деталей дозволяє підібрати оптимальні параметри, які відповідатимуть умовам роботи конкретного обладнання, що покращуватиме його продуктивність [8].

Порівняльна таблиця технологічних методів подовження терміну служби відповідальних деталей друкерського обладнання

Метод	Короткий опис	Переваги	Недоліки
Ремонт	Відновлення працездатності деталей після зношування або пошкодження	Дозволяє отримати працездатну деталь в умовах дефіциту запасних частин або тривалого часу очікування нових деталей; відновлення деталей до початкового стану; мінімізація витрат на заміну; можливість використання оригінальних матеріалів	Необхідність забезпечення ремонтною базою з відповідним інструментом та кваліфікованим персоналом; деталі можуть не відповідати сучасним критеріям якості
Ревізія	Регулярна перевірка стану контактних поверхонь на наявність пошкоджень, знос, корозію та деформацію, контроль позиціонування	Швидкий і економічний спосіб підтримання надійності; мінімізація часу простою; знижує витрати на відновлення деталей	Не підходить для серйозного відновлення; не всі проблеми можуть бути виявлені; не підходить для всіх типів деталей
Термічна обробка	Загартування, цементування, нітрування, карбування, індукційне нагрівання, лазерне зміцнення, термічне навантаження	Підвищення міцності, зносостійкості, антикорозійних властивостей; можливість зміни мікроструктури	Небезпека зниження характеристик деталей внаслідок недотримання технології; висока енергоємність; необхідність впровадження комплексного контролю якості
Хімічна обробка	Цементация, оксидування, нікелювання, хромування, цинкування, анодування	Підвищення стійкості до зношування і корозії; можливість зміни властивостей поверхні	Обробці піддається лише тонкий зовнішній шар матеріалу; мінімальний вплив на внутрішню структуру; токсичність деяких процесів
Електрофізичні методи	Електрохімічне відновлення поверхонь, лазерне нанесення покриття, плазмове нанесення покриття	Точне нанесення мікропокриття; контроль товщини покриття; підвищення зносостійкості і міцності	Високі початкові витрати на обладнання; тривалий час нанесення; обмеження розмірів деталей
Нанесення композитних покриттів	Використання композитних матеріалів для покриття, які забезпечують високу стійкість до зносу, корозії та дії високих температур	Підвищення довговічності; можливість нанесення на різні матеріали; широкий діапазон застосування	Високі витрати на обладнання; тривалий час нанесення; високі вимоги до підготовки поверхні
Лазерна обробка	Відновлення, зміна властивостей, нанесення покриттів на поверхню деталей лазерним променем	Мінімальне змінення розмірів; швидкість виконання; мінімальне використання матеріалів	Високі витрати на обладнання; висока енергоємність

Джерело: розроблено авторами при аналізі [1–8]

Надмірна увага до покращення механічних властивостей за допомогою технологічних методів може ненавмисно знехтувати іншими критичними факторами, які впливають на продуктивність обладнання. Хоча довговічність, безсумнівно, важлива, це лише один аспект загальної функціональності частини. Ігнорування таких факторів, як сумісність, точність і ефективність роботи, може погіршити цілісну оптимізацію продуктивності обладнання. Збалансований підхід до вибору відповідних методів відновлення має важливе значення для забезпечення балансу між усіма характеристиками відновлених деталей.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Оцінка механічних властивостей відновлених деталей і їхня довговічність є важливою умовою в

забезпеченні високої ефективності та надійності друкарського обладнання. Такі технологічні методи відновлення, як нанесення композитних покриттів, електрофізичні методи нанесення покриттів, дозволяють підтримувати високий рівень якості друку та зменшувати витрати на ремонт і заміну деталей. Вибір оптимального методу відновлення залежить від типу обладнання, умов його експлуатації та конкретних пошкоджень. Регулярне відновлення і контроль зношення є одними з основних чинників, які впливають на довговічність та ефективність друкарського обладнання.

На завершення можна сказати, що оцінка механічних властивостей відновлених деталей та їхньої довговічності за допомогою технологічних методів представляє переконливу можливість продовжити термін служби критичних компонентів друкарського обладнання. Покращуючи механічні властивості, такі як міцність, зносостійкість і термічну стабільність, компанії можуть збільшити термін служби деталей, зменшити витрати на технічне обслуговування і ремонт та підвищити ефективність експлуатації. Однак дуже важливо визнати контраргументи, пов'язані з початковими витратами, проблемами з контролем якості та необхідністю розгляду цілісного підходу до продуктивності обладнання. Обрання балансу між такими протилежними і бажаними визначальними характеристиками деталей, як твердість і пластичність, а також опором корозії, має першочергове значення для забезпечення оптимальної функціональності та довговічності компонентів друкарського обладнання.

Література

1. Пушкар О.І. Технології поліграфічного виробництва : навчальний посібник / О.І. Пушкар, Є.М. Грабовський, М.М. Оленич. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 195 с. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/21438/1/2019%20-%20%D0%9F%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B0%D1%80%2C%20%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C%20%D0%9E%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87.pdf> (дата звернення: 29.07.2024).
2. Обладнання видавничо-поліграфічного виробництва: методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів спеціальності 186 "Видавництво та поліграфія" першого (бакалаврського) рівня / уклад. А. С. Гордєєв. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. – 53 с. URL: http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/28491/1/2022-%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B2_%D0%90_%D0%A1.pdf (дата звернення: 29.07.2024).
3. Гушин О.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування». – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 159 с. URL: <http://www.ddma.edu.ua/docs/kafedry/tiup/metod/nm2020/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%20%D0%A2%D0%9C%D0%92%D0%97.pdf> (дата звернення: 29.07.2024).
4. Пацера С.Т. Конспект лекцій з дисципліни «Системно-структурна оптимізація процесів обробки на верстатах з ЧПК» / Пацера С.Т., Проців В.В. ; Нац. техн. ун-т, каф. технологій машинобудування та матеріалознавства. – Д. : НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. 91 с. URL: <http://surl.li/rzmjoc> (дата звернення: 29.07.2024).
5. Маїк Л.Я., Ковальський Б.М., Миклушка І.З. Системи цифрового виведення форм глибокого друку : монографія. – Львів : УАД, 2021. – 164 с.
6. Голубник Т.С. Спеціальні технології та системи оперативної поліграфії : навч. посіб. / Т. С. Голубник. – Львів : Укр. акад. друкарства, 2021. – 270 с.
7. Репета В.Б. Матеріали і технології цифрового друку : навч. посіб. / В. Б. Репета, В. В. Шибанов. – 2-е вид., змін. і допов. – Львів : УАД, 2021. – 160 с.
8. Гавенко С. Проектування поліграфічних і пакувальних виробництв : навч. посіб. / Світлана Гавенко, Марта Лабєцька. – Львів : Укр. акад. друкарства, 2021. – 216 с.

References

1. Pushkar O.I., Ye.M. Hrabovskiy, M.M. Olenych. (2019). Tekhnolohii polihrafichnoho vyrobnytstva: navchalnyi posibnyk. Kharkiv: KhNEU im. S. Kuznetsia, 195. Retrieved from <http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/21438/1/2019%20%20%D0%9F%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B0%D1%80%2C%20%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%2C%20%D0%9E%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%87.pdf>
2. Obladnannia vydavnycho-polihrafichnoho vyrobnytstva: metodychni rekomendatsii do laboratornykh robit dlia studentiv spetsialnosti 186 "Vydavnytstvo ta polihrafiia" pershoho (bakalavrskoho) rivnia / uklad. A. S. Hordieiev. Kharkiv: KhNEU im. S. Kuznetsia, 2022. 53. Retrieved from http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/28491/1/2022%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B2_%D0%90_%D0%A1.pdf
3. Hushchyn O.V. (2019). Tekhnolohichni metody vyrobnytstva zahotvok detalei mashyn: posibnyk dlia studentiv dennoi ta zaochnoi form navchannia spetsialnosti 131 – «Prykladna mekhanika» spetsializatsii «Tekhnolohii mashynobuduvannia». Kramatorsk: DDMA. 159. Retrieved from <http://www.ddma.edu.ua/docs/kafedry/tiup/metod/nm2020/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%20%D0%A2%D0%9C%D0%92%D0%97.pdf>

-
4. Patsera S.T. (2020). Konspekt lektsii z dystsyplyny «Systemno-strukturna optymizatsiia protsesiv obrobky na verstatakh z ChPK» / Patsera S.T., Protsiv V.V.; Nats. tekhn. un-t., kaf. tekhnolohii mashynobuduvannia ta materialoznavstva. D.: NTU «Dniprovska politekhnika», 91. Retrieved from <http://surl.li/rzmjoc>
 5. Maik L.Ia., Kovalskyi B.M., Myklushka I.Z. (2021). Systemy tsyvrovoho vyvedennia form hlybokoho druku: monohrafiia. Lviv: UAD, 164.
 6. Holubnyk T.S. (2021). Spetsialni tekhnolohii ta systemy operatyvnoi polihrafii : navch. posib. / T.S. Holubnyk. Lviv: Ukr. akad. drukarstva, 270.
 7. Repeta V.B. (2021). Materialy i tekhnolohii tsyvrovoho druku : navch. posib. / V.B. Repeta, V.V. Shybanov. 2-he vyd., zmin. i dopov. Lviv: UAD, 160.
 8. Havenko S. (2021). Proektuvannia polihrafichnykh i pakuvalnykh vyrobnytstv : navch. posib. / Svitlana Havenko, Marta Labetska. Lviv: Ukr. akad. drukarstva, 216.