

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

на дисертацію Кукури Тетяни Юріївни

«Удосконалення технологічного процесу флексографічного друку гнучких паковань», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі

знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю

186 – Видавництво та поліграфія

Актуальність теми. На сьогодні флексографічний друк посідає друге місце після цифрового, за якими бачать майбутнє виробники паковань та етикетки. Широкий спектр поліграфічних матеріалів, різноманіття серій фарб, а також висока швидкість друкування у флексографії створюють суттєві виклики для забезпечення стабільної якості відбитків. Зокрема, ускладнюється оперативний контроль параметрів друку безпосередньо під час процесу. Повноцінна оцінка якості часто можлива лише після завершення друкування. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є проведення комплексних досліджень умов та факторів, які впливають на якість друку безпосередньо у виробничому середовищі. Такий підхід дозволяє глибше зрозуміти природу варіацій якості та розробити ефективні методи її прогнозування й оптимізації. Саме тому подана до захисту дисертаційна робота є актуальною, науково обґрунтованою та має вагому практичну цінність для галузі сучасного поліграфічно-пакувального виробництва.

Робота безпосередньо пов'язана з тематичними напрямками наукових досліджень Інституту поліграфії та медійних технологій НУ «Львівська політехніка», зокрема кафедри мультимедійних технологій, а також виконувалась в рамках договору №300-2020 між Українською академією друкарства та СП ТзОВ «Полі Пак» на виконання науково-технічного проекту «Дослідження поверхневих властивостей полімерних плівок».

Обґрунтованість наукових положень і їх достовірність. Для досягнення поставленої мети у дослідженні застосовано сучасні методи

експериментального та аналітичного контролю. Зокрема, проведено денситометричний і сенситометричний аналіз якості друкарських відбитків із використанням спектросенситометра X-Rite eXact. Здійснено мікрофотозйомку поверхні друкарських форм і відбитків, а також визначення поверхневої енергії полімерних матеріалів. Оцінено стійкість фарбового шару на відбитку до механічного впливу. Для аналізу стану поверхні анілоксових валів застосовано 3D-мікроскоп AniCAM. Імітаційне моделювання технологічних процесів виконано у програмному середовищі Matlab із використанням інструментарію Fuzzy Logic Toolbox. Обробку експериментальних даних і візуалізацію результатів здійснено за допомогою програмного пакета Microsoft Excel.

Сформульована наукова новизна представленої до захисту дисертації полягає у таких положеннях:

вперше:

- розроблено модель технологічного процесу флексографічного друку гнучких паковань, що включає фактори процесу як сукупність елементів, що перебувають у певній взаємодії один із одним і створюють цілісну систему, що уможливорює аналіз процесу із застосуванням методів контролю, які узгоджені з відповідними стандартами та встановлює пріоритетність впливу цих факторів на якість технологічного процесу;
- розроблено метод кількісного оцінювання ступеня очищення комірок анілоксового вала з реалізацією у вигляді програмного застосунку, що уможливило використання результатів для визначення вихідного параметра якості при створенні моделі прогнозування ефективності процесу очищення анілоксових валів;
- побудовано прогностичну модель процесу флексографічного друку шляхом представлення пріоритетних факторів у вигляді лінгвістичних змінних із термами оцінювання на відповідних універсальних множинах, формування функції належності, нечіткої бази знань, нечітких логічних рівнянь і

проведення дефазифікації нечітких значень, що дозволило удосконалити процес флексографічного друку гнучких паковань та кількісно оцінити його якість.

удосконалено:

- метод контролю величини енергетичної взаємодії у друкарському контакті системи «друкарська форма-фарба-полімерна плівка», що дозволило покращити фарбопередачу та забезпечити високі адгезійні й оптичні показники друкарських відбитків.

отримали подальший розвиток:

- дослідження впливу на поверхневу енергію полімерних плівок обробки коронним розрядом, що дозволило встановити залежності між режимами обробки полімерних плівок і якісними показниками відбитків флексографічного друку та підібрати оптимальні режими обробки;
- дослідження впливу лініатури анілоксових валів і їх фарбоємності на оптичні показники друкарських відбитків, отриманих різними типами друкарських фарб та встановлено залежності впливу цих параметрів на оптичні показники друкарських відбитків, що дає можливість оперувати даними показниками за рахунок правильного вибору анілоксового вала з відповідними характеристиками.

Короткий аналіз змісту дисертації:

У першому розділі дисертаційної роботи представлено ґрунтовний аналіз сучасного стану та ключових тенденцій розвитку флексографічного друку, з особливим акцентом на технології виготовлення гнучких паковань. Значну увагу приділено новітнім підходам до виготовлення флексографічних друкарських форм, інноваційним конструкціям анілоксових валів, ножів-ракелів, а також характеристикам полімерних плівок і методам попередньої обробки їх поверхонь, які безпосередньо впливають на адгезію та стабільність друку. На основі комплексного огляду наукових джерел виокремлено основні фактори, що визначають якість флексографічного друку

гнучких паковань, а також проаналізовано етапи та методи технологічного контролю. Проведений аналіз засвідчив, що існує об'єктивна потреба у подальших дослідженнях, спрямованих на визначення пріоритетності впливу окремих технологічних параметрів на якісні характеристики відбитків. Це, у свою чергу, створює наукове підґрунтя для розроблення ефективних моделей оптимізації процесу флексографічного друку.

У *другому розділі* детально описано характеристики досліджуваних матеріалів та методики досліджень основних етапів технологічного процесу. Зокрема, при дослідженні поверхневих властивостей друкарських форм використано цифрову камеру із 150-кратним збільшенням, для вимірювання рівня поверхневої енергії полімерних плівок використано методику дослідження кінетики розтікання рідин з використанням для аналізу отриманих результатів комп'ютерної програми „Кутоаналізатор”. Для аналізу поверхні анілоксових валів використано 3D-мікроскоп AniCAM та програмне забезпечення британської компанії Troika Systems. Особлива увага в розділі приділена розробці методу кількісного оцінювання ступеня забруднення комірок анілоксових валів, а саме: розробці комп'ютерної програми «AniTest», яка проводить додаткову обробку цифрових зображень, отриманих на 3D-мікроскопі AniCAM. На всіх етапах дослідження аналіз якості друкарських відбитків проводили з використанням сучасних денситометричних та колориметричних методик, застосовувалися методи імітаційного та математичного моделювання. Для опрацювання експериментальних даних та перевірки їх достовірності використано програмні методи математичної статистики.

У *третьому розділі* наведено результати комплексних експериментів, що встановлюють вплив властивостей матеріалів та технології обробки поверхні фотополімерних форм на якість відбитків. Визначено оптимальні параметри мікроструктури форм різних виробників та лініатури анілоксових валів, обґрунтовано введення в фарби етилацетату й підібрано його

оптимальну концентрацію для покращення передачі фарби. Досліджено зміну адгезійної взаємодії спирторозчинних фарб із поверхнею форм у процесі експлуатації, зокрема вплив типу пігменту на динаміку поверхневої енергії. Крім того, встановлено залежність стійкості фарбового шару й оптичної щільності від режимів коронної обробки (потужність, швидкість полотна). На основі отриманих даних розроблено алгоритм технологічних операцій для забезпечення необхідного рівня енергетичної взаємодії в системі «форма–фарба–плівка».

У *четвертому розділі* роботи наведено результати дослідження впливу параметрів анілоксових валів на якість відбитків. Із використанням 3D-мікроскопа AniCAM та програмного забезпечення Troika Systems були встановлені залежності впливу лініатури та об'єму анілоксів на показники оптичної щільності відбитків і показник розтискування. У розділі також здійснено аналіз впливу характеристик анілоксових валів на коректність кольоровідтворення. Особлива увага приділена питанню очищення анілоксових валів. Зокрема, виявлено вплив показника аномалії в'язкості спирторозчинних друкарських фарб на ефективність процесу очищення анілоксів різної лініатури. Встановлено залежності ефективного об'єму комірок анілоксів від кількості змивань очищуючим засобом для валів різної лініатури та визначені оптимальні режими очищення валів. Проаналізовано ефективність використання змивних засобів різних виробників для глибокого та регулярного очищення валів.

У *п'ятому розділі* здійснено прогнозування ефективності процесу очищення анілоксових валів засобами нечіткої логіки. Зокрема, сформована нечітка база знань встановлення ефективності процесу очищення анілоксових валів. З використанням системи нечіткого управління Fuzzy Logic Toolbox обчислювального середовища Matlab з алгоритмом нечіткого логічного виводу Мамдані з дефазифікацією за принципом «Center of Gravity» проведено моделювання впливу технологічних факторів на

ефективність процесу очищення анілоксових валів і побудовано прогностичні моделі. Відповідно до отриманих моделей проведено розрахунок ефективності процесу, результатом якого став кількісний показник, що відкриває можливості для встановлення оптимальної тривалості процесу, зниження енерговитрат та ресурсозбереження. У розділі також проведено аналіз факторів, що визначають якість флексографічного друку, зв'язки між якими представлено у вигляді семантичної мережі. Методом ранжування встановлено оптимальну вагу для них, що еквівалентно пріоритетності їх впливу на процес флексографічного друку паковань спирторозчинними фарбами. За допомогою емпіричного правила Парето виокремлено чотири основні фактори, які забезпечують 70% якості досліджуваного процесу та побудовано схему логічного формування якості цього процесу.

У результаті моделювання впливу факторів пріоритетності процесу флексографічного друку з використанням нечіткої логіки у розділі сформована база знань і нечітких логічних рівнянь для обчислення функцій належності лінгвістичних змінних з відповідними заданими термами. Проведено їх логічний аналіз та операцію дефазифікації і отримано кількісну оцінку якості процесу флексографічного друку та побудовано прогностичну модель.

Практичне значення одержаних результатів:

Під час виконання дисертаційної роботи на основі аналізу отриманих результатів сформовано практичні рекомендації щодо ефективного використання друкарських форм, анілоксових валів, полімерних плівок, шляхом підбору оптимальних режимів обробки їх поверхні коронним розрядом; друкарських фарб шляхом раціонального регулювання їх в'язкості в процесі друкування.

Для підвищення ефективності процесу очищення анілоксових валів розроблено комп'ютерну програму «AniTest», яка проводить додаткову

обробку цифрових зображень, отриманих на 3D-мікроскопі AniCAM. Побудовані у роботі прогностичні моделі впливу параметрів друкарської форми, анілоксового вала, в'язкості друкарської фарби та поверхневої енергії на якість відбитків дають змогу спрогнозувати у цілому якість процесу флексографічного друку гнучкого пакування, що має безпосереднє практичне значення.

Впровадження результатів дослідження. Розроблений застосунок «AniTest» впроваджено у виробничий процес підприємства СП ТзОВ «Полі Пак» (м. Львів). Результати досліджень також впроваджено у навчальний процес підготовки студентів спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» ОПП «Мультимедійні видавничо-поліграфічні технології». Дані впровадження підтверджені відповідними актами.

Повнота висвітлення основних результатів дисертації.

Результати дисертаційної роботи відображені у 13 публікаціях: 2 публікації у виданнях, які індексовані у наукометричній базі Scopus, 4 публікації у фахових виданнях, що входять до наукометричної бази даних Index Copernicus, 7 публікацій у матеріалах науково-практичних конференцій.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності.

Оформлення роботи відповідає усім необхідним вимогам, зокрема Вимогам до оформлення дисертацій (Наказ МОН України № 40 від 02.01.2017 р.). Структура дисертаційної роботи є логічною. Кожен розділ завершується висновками, які є логічним їх завершенням відповідно до результатів дослідження. Анотація викладена ідентично основним положенням дисертації і в повній мірі відображає суть виконаної здобувачем дисертаційної роботи. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Недоліки дисертаційної роботи:

Загалом, оцінюючи позитивно наукове дослідження, відзначаючи його наукову і практичну цінність, слід висловити і зауваження до дисертації:

1. Виокремлені операції контролю технологічного процесу флексографічного друку (п. 1.5) доцільно було б доповнити операцією контролю режимів друкування (швидкості друку, температури сушіння, натягу полотна і т.п.).

2. На рис. 1.5 (стор. 52) слід було розвернути напрямок тексту для зручності читання.

3. У представлених в роботі матеріалах дослідження поверхневої енергії та адгезійних властивостей фарб на друкарських відбитках, у виробничих умовах, відсутня інформація про точність отриманих результатів.

4. Відсутня аргументація відбору використаних у роботі змивних засобів при дослідженні процесу очищення анілоксових валів (п. 4.2).

Висловлені зауваження не применшують наукової новизни та практичної цінності результатів представленої дисертаційної роботи.

Висновок. Дисертація Кукури Тетяни Юріївни «Удосконалення технологічного процесу флексографічного друку гнучких паковань» за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, апробацією результатів, науковою обґрунтованістю результатів досліджень і достовірністю є завершеною науковою роботою, у якій вирішено науково-прикладну задачу удосконалення технології флексографічного друку гнучких паковань спиртовими фарбами

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Кукури Тетяни Юріївни на тему «Удосконалення технологічного процесу флексографічного друку гнучких паковань» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності, є закінченим науковим дослідженням, що має істотне значення для галузі 18 – Виробництво та технології і спеціальності 186 – Видавництво та поліграфія.

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувачка Кукура Тетяна Юріївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 186 – Видавництво та поліграфія.

Рецензент:

Зав. кафедрою КТВП

Інституту поліграфії та медійних
технологій Національного Університету

«Львівська політехніка», професор,

доктор технічних наук

Михайло ВЕРХОЛА

Підпис професора Михайла Верхоли завіряю:

Вчений секретар НУ «Львівська політехніка»,
канд. техн. наук, доцент

«07» липня 2025 року



Роман БРИЛИНСЬКИЙ