

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

1. Актуальність теми. Дисертаційна робота Тетяни Кукури присвячена удосконаленню технологічного процесу флексографічного друку гнучких паковань спирторозчинними фарбами. Протягом останнього десятиліття спостерігається інтенсивний розвиток флексографічного способу друку. Постійно з'являються нові типи обладнання, матеріалів і технологій їх застосування, а також сучасні програмні засоби для підготовки оригіналів і керування процесами репродукції. Якщо раніше флексографія використовувалась переважно для виготовлення продукції з простими, низьколініатурними зображеннями, то з впровадженням високороздільних друкарських форм її можливості значно розширилися - зокрема у сфері виготовлення пакувальної продукції з багатофарбовими високоякісними зображеннями. Разом із тим, флексографічний друкарський процес стикається з низкою технологічних викликів, особливо в контексті забезпечення стабільності виробничого процесу та досягнення заданих показників якості. Ці проблеми зумовлені складністю технологічного ланцюга, недостатністю ефективних засобів оцінювання якості, а також обмеженими можливостями управління та налаштування параметрів процесу в інтегрованому вигляді, вирішення яких вказує на актуальність роботи.

Актуальність теми підтверджується і тим, що представлена дисертаційна робота виконувалась відповідно до Закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» №2519-17 та його змін, внесених згідно із Законами № 5460-VI від 16.10.2012, № 848-VIII від 26.11.2015, № 1162-IX від 29.01.2021, № 2031-IX від 01.02.2022, № 2859-IX від 12.01.2023, № 3534-IX від 21.12.2023.

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».

2. 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 (X-Rite Pantone). 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 у поєднанні з програмним забезпеченням Anilox QC Application (Troika Systems). Імітаційне моделювання процесів виконано у графічному середовищі технологічних розрахунків Matlab із використанням інструментарію Fuzzy Logic Toolbox. Обробку експериментальних даних і візуалізацію результатів здійснено за допомогою програмного пакета Microsoft Excel.

3. 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;

- 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;

- 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 пакувань 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 і 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.

4. Короткий аналіз змісту дисертації:

У першому розділі дослідження здійснено комплексний аналіз сучасного стану та основних напрямів розвитку технології й матеріалів флексографічного друку. Особлива увага приділена сучасним методам виготовлення високороздільних флексографічних друкарських форм, конструкції та обробці поверхонь анілоксових валів і ножів-ракелів для забезпечення оптимальної передачі фарби, а також характеристикам полімерних плівок і технологіям підготовки їх поверхні для виробництва гнучких пакувальних матеріалів. На основі ретельного опрацювання літературних джерел виокремлено ключові фактори якості та етапи контролю процесу флексографічного друку гнучких

паковань, аналіз яких вказав на необхідність проведення додаткових експериментальних досліджень, визначення їхньої пріоритетності в контексті кінцевої якості відбитка та розробки адаптивних методик налаштування обладнання з урахуванням багатфакторної взаємозалежності параметрів. Ці висновки створюють теоретичну й методологічну базу для подальших досліджень, спрямованих на оптимізацію процесу флексографічного друку гнучких пакувальних матеріалів.

У другому розділі роботи детально описано характеристики досліджуваних матеріалів та методики аналізу ключових етапів технологічного процесу. Зокрема, для вивчення поверхневих властивостей флексографічних форм застосовано цифрову камеру з 150-кратним збільшенням, а для визначення рівня поверхневої енергії полімерних плівок — метод кінетики розтікання рідин з обробкою результатів у програмі «Кутоаналізатор». Підвищення енергії поверхні плівок здійснено за допомогою обладнання Corona-Station AV-150 C/D, а аномалії в'язкості друкарських фарб — згідно з вимогами стандарту DIN 53211. Аналіз топографії та геометрії комірок анілоксових валів проведено на 3D-мікроскопі AniCAM із використанням програми Troika Systems, причому для кількісної оцінки ступеня забруднення валів розроблено спеціалізовану комп'ютерну програму «AniTest», що виконує додаткову обробку цифрових зображень. На всіх етапах дослідження якість друкарських відбитків оцінювали методом сучасного денситометричного та колориметричного контролю, що забезпечило комплексність і достовірність отриманих результатів.

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, вивчено поверхневу енергію полімерних плівок при їх зберіганні та 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».

Четвертий розділ роботи присвячений дослідженням 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 анілоксів на коректність кольоровідтворення (показник відхилення кольору). Особлива увага приділена питанню очищення анілоксових валів. Зокрема, виявлено вплив показника аномалії в'язкості спирторозчинних друкарських фарб на ефективність процесу очищення анілоксів різної лініатури.

У **п'ятому розділі** здійснено прогнозування ефективності процесу очищення анілоксових валів із застосуванням нечіткої логіки. Створено нечітку базу знань для оцінювання ступеня очищення, а за допомогою Fuzzy Logic Toolbox у середовищі MATLAB із алгоритмом нечіткого виводу Мамдані та дефазифікацією за принципом “Center of Gravity” змодельовано вплив ключових технологічних факторів на якість очищення. Отримані прогностичні моделі дозволили розрахувати кількісний індекс ефективності процесу, що відкриває можливості для обґрунтування оптимальної тривалості очищення, зниження енерговитрат та раціонального використання ресурсів. Крім того, проведено системний аналіз факторів, які визначають якість флексографічного друку, і їх взаємозв'язків, представлених у вигляді семантичної мережі. За допомогою методу ранжування встановлено оптимальні вагові коефіцієнти факторів, а з використанням емпіричного правила Парето виокремлено чотири ключові з них, що забезпечують близько 70 % загальної якості процесу. На основі цього побудовано логічну схему формування якості флексографічного друку пакувань спирторозчинними фарбами. В результаті моделювання впливу факторів пріоритетності процесу флексографічного друку з використанням нечіткої логіки сформовано база знань і нечітких логічних рівнянь, проведено їх логічний аналіз та операцію дефазифікації і отримано кількісну оцінку якості процесу флексографічного друку.

5. Практичне значення одержаних результатів:

Практичне значення одержаних наукових результатів спрямоване на формування на основі аналізу отриманих результатів практичних рекомендацій щодо ефективного використання: досліджуваних друкарських форм у друкарських процесах флексографічного друку шляхом підбору оптимальних режимів їх виготовлення та експлуатації; анілоксових валів у технологічних процесах флексографічного друку шляхом підбору оптимальних режимів їх експлуатації та режимів і матеріалів очищення; полімерних плівок шляхом підбору ефективних режимів обробки їх поверхні коронним розрядом; друкарських фарб шляхом раціонального регулювання їх в'язкості в процесі друкування, що в комплексі дозволить забезпечити якість відбитків флексографічного друку на гнучких пакуваннях.

6. Впровадження результатів дослідження. Апробація розробленого у роботі застосунку «AniTest» та його впровадження у виробничий процес здійснене в умовах 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.

7. Повнота висвітлення основних результатів дисертації.

Результати дисертаційної роботи відображені у повній мірі у 13 публікаціях, у тому числі 2 публікації у виданнях, індексованих у наукометричній базі Scopus, 4 публікаціях у фахових виданнях, що входять до наукометричних баз даних Index Copernicus, 7 наукових праць в збірниках науково-практичних конференцій.

8. 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.

9. Недоліки дисертаційної роботи:

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

1. У першому розділі рис. 1.4 коректніше було назвати «Функціональною схемою», а не «Моделлю функціонування»
2. При дослідженні фотополімерних друкарських форм слід було звернути увагу на такий важливий показник як глибина рельєфу друкарських форм.
3. Не вказана лініатура друкарських форм, які використовувались при дослідженні розтискування растрових точок на відбитках (п. 3.1).
4. Результати дослідження адгезійної взаємодії флексографічних фарб з поверхнею фотополімерних форм (рис. 3.31) не дають змоги зробити узагальнюючі висновки, тому експеримент слід було розширити.
5. Дослідження впливу параметрів анілоксового вала на зміну кольору фарб на відбитку слід було доповнити дослідженнями тріадної фарби Yellow та інших базових пантонних фарб.

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

10. Висновок. В цілому, 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 шляхом: дослідження впливу режимів мікрорастрування поверхні друкуючих елементів фотополімерних форм; дослідження адгезійної взаємодії на двох етапах друкарського контакту; розроблення методу оцінювання ступеня очищення комірок анілоксових валів різної лініатури; дослідження впливу характеристик анілоксових валів на якість друкарських відбитків; визначення факторів і пріоритетності їх впливу на якість технологічних процесів вимивання анілоксових валів і флексографічного друку паковань.

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. 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

Професор кафедри МТ

Інституту поліграфії та медійних

технологій Національного Університету

«Львівська політехніка», професор,

доктор технічних наук



Богдан КОВАЛЬСЬКИЙ

Підпис професора Богдана Ковальського завіряю:

Вчений секретар НУ «Львівська політехніка»,

канд. техн. наук, доцент



Роман БРИЛИНСЬКИЙ

«30» червня 2025 року