ВІДГУК

офіційного опонента
завідувачки кафедри технології поліграфічного виробництва
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
доктора технічних наук, професора Киричок Тетяни Юріївни
на дисертаційну роботу
Кукури Тетяни Юріївни
на тему **«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 дисертації.

Світові тенденції розвитку поліграфічної галузі свідчать про те, що саме пакувальна галузь, технології поліграфічного опорядження пакувань сприяють стабільному зростанню галузі. Завдяки можливості друкувати на невсотувальних поверхнях, флексографічний друк зайняв чільне місце на ринку гнучких харчових паковань, а застосування сучасного обладнання, технологій і нових поліграфічних матеріалів дає змогу успішно конкурувати з офсетним друком. Для цілеспрямованого забезпечення якості друку на основі повного розуміння факторів впливу на перебіг технологічного процесу друкування важливими є ґрунтовні теоретичні та практичні дослідження цього процесу, в тому числі у виробничих умовах.

Тому дисертаційна робота Кукури Тетяни Юріївни, присвячена вирішенню науково-прикладного завдання - вдосконаленню технології флексографічного друку гнучких паковань спиртовими фарбами шляхом: дослідження впливу режимів мікрорастрування поверхні друкуючих елементів фотополімерних форм на якісні показники відбитків з встановленням оптимального режиму; 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 і побудови

прогностичних моделей задля уможливлення обґрунтованого використання методів якісного друкування гнучких паковань із забезпеченням енергоефективності і ресурсоощадливості, є актуальною, а її наукові та практичні результати сприятимуть розвитку видавничо-поліграфічної та пакувальної галузі.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується коректною постановкою проблеми, мети і задач дисертаційного дослідження, а також підтверджується повнотою розгляду об'єкта досліджень та застосуванням методів, адекватних предмету дослідження.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи обґрунтовано коректним та доцільним використанням необхідних методів теоретичних та практичних досліджень складників технологічного процесу флексографічного друку, системного аналізу процесів.

Для досягнення поставленої мети у роботі використано сучасні методи дослідження, зокрема методи денситометричного та сенситометричного контролю якості друкарських відбитків із використанням спектросенситометра X-Rite eXact, методи аналізу поверхні анілоксових валів з використанням 3D-мікроскопа AniCAM та програмного забезпечення Anilox QC Application. Імітаційне моделювання реалізовано з допомогою графічного середовища технологічних розрахунків Matlab та системи розробки Fuzzy Logic Toolbox. Для опрацювання експериментальних результатів використано програмний пакет Microsoft Excel. Використано методи нечіткої логіки.

У результаті проведення наукових досліджень розв'язано науково-прикладну задачу підвищення якості флексографічного друку гнучких паковань на основі встановлення закономірностей впливу основних чинників технології (параметри друкарських форм, анілоксових валів, полімерних плівок та спирторозчинних фарб) на процес фарбоперенесення і якісні характеристики друкарських відбитків.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у такому:

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 уможливлює аналіз процесу із застосуванням методів контролю, які узгоджені з відповідними стандартами та встановлює пріоритетність впливу цих факторів на якість технологічного процесу;

– розроблено метод кількісної оцінки ступеня очищення комірок анілоксового вала з реалізацією у вигляді програмного застосунку, що дало змогу використовувати результати для визначення вихідного параметра якості під час побудови 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 та 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.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувачка повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Кукури Тетяни Юріївни повністю відповідає Стандарту вищої освіти спеціальності 186 Видавництво та поліграфія третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти та освітньої програми «Видавництво та поліграфія».

Робота є завершеним науковим дослідженням і свідчить про вагомий особистий внесок здобувачки у розвиток наукового напряму, який стосується удосконалення технологій флексографічного друку на гнучких пакувальних матеріалах. Звіт про подібність, отриманий за результатами перевірки дисертації на текстові збіги, підтверджує, що дослідження є самостійною науковою працею. Дисертація не містить ознак фальсифікації, фабрикації, компіляції, плагіату або некоректних запозичень. Усі запозичені ідеї, результати та текстові фрагменти інших авторів належним чином оформлені з відповідними посиланнями на джерела.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Оформлення роботи відповідає усім необхідним вимогам, зокрема Вимогам до оформлення дисертацій (Наказ МОН України № 40 від 02.01.2017 р.). Структура дисертаційної роботи відповідає темі дисертації. Основні висновки підтверджені результатами, які наведено у розділах роботи. Анотація викладена ідентично основним положенням дисертації і в повній мірі відображає суть виконаної здобувачкою дисертаційної роботи.

Короткий аналіз змісту дисертації.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 178 сторінок.

У **вступі** зазначено актуальність теми дисертаційної роботи, новизну, зв'язок з науковою тематикою, яка виконувалася в рамках договору №300-2020 між Українською академією друкарства та СП ТзОВ «Полі Пак» на виконання науково-технічного проєкту «Дослідження поверхневих

властивостей полімерних плівок», мету, об'єкти досліджень, особистий вклад здобувачки, практичне значення і апробацію наукових досліджень.

У **першому** розділі представлено аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку технологій і матеріалів флексографічного друку. Особливу увагу приділено новітнім технологіям виготовлення флексографічних друкарських форм, анілоксових валів, ракельних ножів фарбового апарата, а також полімерним плівкам, що застосовуються для виготовлення гнучких паковань, і методам обробки їх поверхонь. На основі опрацьованих літературних джерел виокремлено фактори, що впливають на якість, та операції контролю процесу флексографічного друку паковань.

В **другому** розділі детально описано характеристики досліджуваних матеріалів та методики досліджень основних етапів технологічного процесу. Зокрема, для аналізу поверхні анілоксових валів використано інноваційний метод 3D-мікроскопії 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 методів.

Третій розділ присвячено дослідженню впливу матеріалу та технології обробки поверхні фотополімерних флексографічних друкарських форм на якісні характеристики відбитків. Встановлено оптимальні типи мікроструктури поверхні друкарських форм для фотополімерів різних виробників за умови застосування анілоксових валів із різною лініатурою. Проведено аналіз адгезійної взаємодії спирторозчинних флексографічних фарб із поверхнею форм, який засвідчив змінний характер поверхневої енергії форм у процесі експлуатації, а також вплив складу фарб, зокрема типу пігменту, на ефективність міжмолекулярної взаємодії при розтіканні фарб.

Було отримано залежності впливу на поверхневу енергію плівок режимів їх обробки коронним розрядом. Аналіз отриманих залежностей дав змогу встановити оптимальні режими обробки поверхні різних типів полімерних плівок коронним розрядом (потужність обробки, швидкість руху полотна) з точки зору якісних та стійкісних показників відбитків. На основі аналізу результатів розроблено алгоритм проходження технологічних

операцій для забезпечення достатньої енергетичної взаємодії у друкарському контакті системи «друкарська форма-фарба-полімерна плівка».

У **четвертому** розділі 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 анілоксів на коректність кольоровідтворення (показник відхилення кольору). Особлива увага приділена питанню очищення анілоксових 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.

За підсумками проведених досліджень представлено взаємозв'язок факторів, що визначають якість технологічного процесу флексографічного друку, у вигляді сематичної мережі. Оптимальні вагові коефіцієнти факторів, що впливають на процес флексографічного друку паковань спирторозчинними фарбами, визначено методом ранжування. Згідно з емпіричним правилом Парето, виокремлено чотири ключові фактори, які зумовлюють близько 70% якості досліджуваного процесу. На основі цього побудовано логічну схему формування загальної якості друку.

У процесі моделювання впливу пріоритетних факторів із використанням апарату нечіткої логіки сформовано базу знань та нечіткі логічні рівняння для обчислення функцій належності лінгвістичних змінних згідно з заданими терм-множинами. Проведено логічний аналіз, виконано операцію дефазифікації та отримано кількісну оцінку якості флексографічного друку.

Крім того, побудовано прогностичну модель для оцінювання якості процесу на основі змін вхідних параметрів.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, зокрема: дві публікації у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази SCOPUS (з них 1 публікація в зарубіжному науковому виданні Q3), чотири публікації у періодичних виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus і наукових фахових виданнях України, що є фаховими виданнями категорії Б за спеціальністю 186 Видавництво та поліграфія (з них 1 одноосібна), сім публікацій у матеріалах і тезах конференцій.

Наукові публікації здобувачки Кукури Т. Ю. відповідають принципам академічної доброчесності, особистий вклад дисертантки зазначено у вступі дисертаційної роботи.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та визнання її наукової й прикладної цінності, до неї можна висловити окремі зауваження:

1. У літературному огляді, окрім детального опису операції обробки плівок коронним розрядом, слід було описати і інші способи покращення адгезії друкарських фарб, зокрема і попереднє нанесення адгезійних праймерів.
2. До висновків по розділу 1 варто було б додати в узагальненому вигляді ті завдання дослідження, які логічно випливають з проведеного в розділі аналізу проблем дослідження.
3. В описі розробленого у роботі методу кількісного оцінювання ступеня очищення комірок анілоксового вала (п. 2.6) слід було більш чітко сформулювати результуючі висновки, які розглядатимуться користувачем як прямі практичні вказівки для керування виробничою операцією.
4. Відсутнє пояснення (п. 3.1, рис. 3.17) яким чином введення до друкарської фарби етилацетату приводить до підвищення оптичної щільності друкарських відбитків.

5. Варто було б увиразнити взаємозв'язок результатів тестування поверхні полімерної плівки (рис. 3.18) і поверхневої енергії досліджуваних полімерних плівок (рис. 3.19).

6. При визначенні показників розтискування доцільно було б вказати величину тиску у друкарській парі (форма – друкарський циліндр).

7. У дослідженні впливу часу зберігання різних типів полімерних плівок на їх поверхневу енергію (п. 3.2) не вказано умови мікроклімату, які часто суттєво впливають на цей показник.

8. Встановлення пріоритетності факторів якості процесу флексографічного друку методом ранжування, опис якого розпочато в аналітичному розділі 1, не варто було розділяти і завершувати у розділі 5.

9. Також викликає сумніви, чи варто було вказувати серед факторів якості процесу флексографічного друку розтискування друкуючих елементів, оскільки, як показала сама здобувачка, цей фактор є наслідком цілої низки інших факторів, що в підсумку дозволило здобувачці визначити його як абсолютно неістотний.

10. Не зовсім зрозуміло, чому, використовуючи принцип Парето, здобувачка використала межу впливовості 70 %, а не 80 % ?

11. Наявні нечисленні пунктуаційні та стилістичні помилки: наприклад, «і т. п.» замість «тощо» (с. 85, 89).

12. Варто було б наводити посилання навіть щодо відомих поліграфічному співтовариству фактів та ідей. Наприклад, немає посилання «Існує гіпотеза, що рівень поверхневої енергії…» (с. 89).

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

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 та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі 18 – Виробництво та технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною 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.

Офіційний опонент:
Завідувачка кафедри технології
поліграфічного виробництва
Навчально-наукового видавничо-
поліграфічного інституту
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»,
д-р техн. наук, професор _____ Тетяна КИРИЧОК

Підпис д. т. н., професора Киричок Т.Ю. засвідчую:

Вчений секретар Національного технічного
університету України «Київський
політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»,
канд. техн. наук, доцент _____ Валерія ХОЛЯВКО
«04» липня 2025 року