

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук Назаркевич Марії Андріївни, професора кафедри інформаційних технологій видавничої справи Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка» МОН України на дисертаційну роботу Репети Вячеслава Богдановича „Методологічні основи забезпечення якості процесу флексографічного друку етикетки УФ-фарбами”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва

### 1. Актуальність теми дисертації

Сьогодні флексографія змогла досягнути високого рівня на поліграфічному ринку завдяки значному поліпшенню якості і стабільності відбитків, а також більшій універсальності та зниженню собівартості друкарського процесу. Цьому сприяло розроблення нових флексографічних друкарських машин, друкарських фарб, високолініатурних анілоксових валів і форм, систем їх встановлення і створення оптимізованого технологічного ланцюга в друкарні. Основним завданням і умовою забезпечення якісного проходження процесу поліграфічного відтворення зображень є отримання ідентичних відбитків на протязі всього технологічного процесу друкування. Відповідно, однією з основних задач, що визначають стандартизацію та якість друкованої продукції – є визначення факторів, які забезпечують якість процесу, що й визначає актуальність роботи.

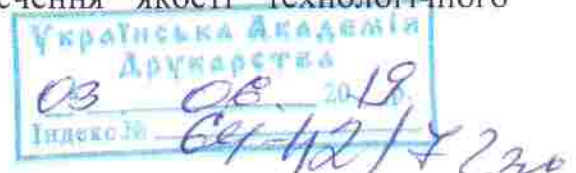
Необхідно відзначити, що традиційний контроль якості друкованого зображення виконують, використовуючи контроль одиничних показників на тестових об'єктах. Визначені поодинокі показники характеризують лише одну з властивостей аналізованого зображення та особливостей процесу друкування. Таким чином, в даний час присутня необхідність в розробці комплексного показника якості продукції для встановлення відповідності відтвореного друкованого зображення оригіналу, що є актуальним і це проведено у представленій дисертаційній роботі.

### 2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Дисертаційна робота пов'язана з науковими напрямками кафедри поліграфічного матеріалознавства і хімії Української академії друкарства та виконувалась одночасно з госпдоговірною роботою від 2012 року № 12-07-413 «Дослідження впливу компонентів фарб спеціального призначення на їх реологічні, фізико-хімічні та друкарсько-технологічні параметри» з банкнотометним двором НБУ у частині дослідження реологічних властивостей УФ-фарб.

### 3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Основні наукові дослідження дисертаційної роботи стосуються розроблення методологічних основ забезпечення якості технологічного



процесу флексографічного друку етикетки УФ-фарбами з встановленням факторів, які визначають якість процесів друкування, вимивання фотополімерних форм та оздоблення флексографічних відбитків. Для теоретичного обґрунтування наукових положень та висновків дисертантом використано: методи системного аналізу для опису характеристик поверхні матеріалів, теорії графів, методи багатокритеріальної оптимізації, програмування на базі нечіткої логіки з допомогою графічного середовища технологічних розрахунків Matlab та систем розробки нечіткого управління – Fuzzy Logic Toolbox і моделювання динамічних систем – Simulink. Денситометричний аналіз флексографічних відбитків здійснювався спектрофотометром Spectro Eye. У процесі проведених досліджень дисертантом запропоновано низку власних програмних продуктів.

#### **4. Наукова новизна отриманих результатів**

На основі виконаних досліджень отримано такі нові результати:

##### **Вперше:**

- виявлено вплив поверхневої енергії полімерних плівок та в'язкості УФ-фарб на процес фарбопередачі і визначено величину зусиль адгезійно-когезійного розриву при виведенні системи «полімерна плівка – фарба – друкарська форма» з друкарського контакту;

- розроблено метод контролю адгезії фарбового шару до поверхні полімерних плівок;

- встановлено залежність оптичних та експлуатаційних показників відбитків флексографічного друку УФ-фарбами у системі «задруковуваний матеріал – фарба» від величини полярності задруковуваної поверхні, яка вказує на частку полярних функціональних груп, що беруть участь у створенні міжмолекулярних зв'язків при формуванні фарбового шару;

- проведено формалізацію відношень між факторами, що визначають якість вимивання фотополімерних форм для флексографічного друку етикеток УФ-фарбами і для оздоблення флексографічних відбитків за допомогою орієнтованих графічних моделей, що уможливило встановлення пріоритетності їх впливу на досліджувані процеси та кількісно оцінити якість цих процесів;

- розроблено структурну та імітаційну модель забезпечення якості вузькорулонного флексографічного друку етикетки УФ-фарбами, що уможливлює прийняття рішення щодо вибору варіанту використання анілоксових валиків залежно від типу задруковуваного матеріалу, складності сюжету друкованої продукції та встановлення відповідної швидкості процесу друкування.

##### **Удосконалено:**

- метод контролю поверхневої енергії полімерних плівок та побудовано модель системи її контролю у процесі флексографічного друку УФ-фарбами, що уможливлює автоматичне керування операцією модифікації поверхні плівок коронним розрядом;

- структурну модель забезпечення якості флексографічного друкарського процесу шляхом кількісного комплексного оцінювання якості відбитків за показниками, що визначають результат дотримання оптимальних параметрів технологічного процесу друкування УФ-фарбами.

### **5. Практична значимість та важливість для галузі**

Практична значимість роботи полягає у тому, що на основі розроблених у дисертаційній роботі методів, імітаційних моделей та досліджень отримано такі практичні результати:

- розроблено імітаційну модель для визначення величини змочування рідинами поверхні формних і задруковуваних матеріалів та розрахунку їхньої поверхневої енергії, що дозволило автоматизувати оцінювання характеру міжмолекулярної взаємодії тестових рідин і друкарських фарб з відповідною твердою поверхнею;

- удосконалено технологічний процес флексографічного друку етикетки УФ-фарбами на полімерних плівках шляхом розроблення системи контролю та керування пристроєм коронного розряду, що дає можливість у процесі друкування надати відповідну величину поверхневої енергії та забезпечити високу фарбопередачу та адгезію фарбового шару;

- розроблено пристрій для дослідження процесу фарбопередачі у друкарському контакті, що дало можливість змодельовати процес друкування та дослідити фактори впливу на фарбопередачу у друкарському контакті;

- створено експертну систему і розроблено продукційні правила для автоматизованого вибору анілоксових валиків залежно від типу задруковуваного матеріалу, складності сюжету етикеткової продукції та для розрахунку рекомендованої швидкості друкування, що дозволило удосконалити технологічний процес вузькорулонного флексографічного друку УФ-фарбами.

Результати дисертаційної роботи, а саме розроблені автором імітаційні моделі та комп'ютерні програми, пройшли впровадження на шести поліграфічних підприємствах України.

### **6. Повнота викладення основних результатів роботи в опублікованих матеріалах**

Основні наукові і практичні результати опубліковано в 76 наукових працях після захисту кандидатської дисертації, у тому числі: 9 публікацій в закордонних наукових виданнях, що входять до наукометричних баз, 15 публікацій у фахових наукових виданнях, що входять до Міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus, 11 наукових праць у фахових наукових виданнях України, 28 публікацій у матеріалах і тезах конференцій. Отримано 7 патентів на винахід і корисні моделі та 6 свідоцтв авторського права на твір.

## **7. Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації**

Зміст автореферату відображає мету і завдання дослідження, наукову новизну, практичне значення, висвітлює всі отримані результати та висновки.

## **8. Оцінка мови, стилю, оформлення та змісту дисертації й автореферату**

Дисертаційна робота написана українською мовою, зв'язано, цілісно та логічно. Термінологія дисертаційної роботи є загальноновизнаною, але містить певні спеціальні терміни. Оформлення як дисертаційної роботи так і автореферату відповідає вимогам ДАК України. Загальний обсяг дисертації відповідає вимогам. Дисертаційна робота складається із вступу, семи розділів з висновками наприкінці кожного розділу, загальних висновків, списку використаної літератури з 256 найменувань і 8 додатків.

У вступі висвітлено актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету й основні завдання досліджень, наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено відомості про публікації та апробацію дисертаційної роботи.

У першому розділі здійснено огляд і аналіз публікацій присвячених тенденціям розвитку флексографічного друку в Україні та світі. На основі проведеного аналізу зроблено класифікацію ракульний ножів флексографічних апаратів та фарб, які тверднуть фотоініційованою радикальною фотополімеризацією. Обґрунтовано можливості застосування УФ-фарб, залежно від вимог технологічного процесу, впливу типу зображення на вибір амортизуючої стрічки. Аналіз конструкцій анілоксових валиків, проведений автором, показав, що основні напрями діяльності виробників спрямовані на отримання чітко контрольованої геометрії комірок та забезпечення високої зносостійкості, гладкості і відсутності пористості поверхонь, що дозволяє отримати високу фарбопередачу.

Другий розділ містить методику експертного виявлення факторів процесу флексографічного друку і їх ранжування для встановлення переважаючого впливу на якість технологічного процесу друкування етикеток УФ-фарбами. Анкетуванням встановлено фактори, які визначаються якість процесу флексографічного друку УФ-фарбами та визначено їх важливість за впливом на якість друку. Аналіз факторів проаналізовано також з застосуванням теорії нечітких множин.

У третьому розділі висвітлено теоретичні аспекти адгезійної взаємодії друкарських фарби з задруковуваними поверхнями і друкуючими елементами фотополімерних форм. Приведено модель ідеального розподілу величини поверхневої енергії у системі «анілоксовий вал - друкарська форма - задруковуваний матеріал», при якому забезпечується максимальне фарбоперенесення для отримання відбитків з необхідною оптичною щільністю фарбового шару і його високою адезією. Досліджено зміну величини поверхневої енергії друкуючих елементів фотополімерних форм різних виробників та паперових і полімерних задруковуваних матеріалів. Для

визначення поверхневої енергії застосовано метод Оуенса-Вендта-Каєблі, який дозволяє виявити складові поверхневої енергії паперу чи плівки, розрахувати полярність поверхні та дати уявлення про міжмолекулярну взаємодію між задрукованою поверхнею і друкарською фарбою. Метод реалізовано у розробленому програмному продукті.

Четвертий розділ присвячений аналізу процесу друкування етикетки УФ-фарбами на вузькорулонній флексографічній машині. Дослідженнями встановлено вплив в'язкості та властивостей задруковуваних матеріалів на оптичні показники відбитків. Встановлено зниження оптичної щільності друкарських відбитків при короткотривалих технологічних зупинках машини для УФ-фарб. Заміна анілоксового валика на менш лінійатурний, а саме з показниками 160 лін/см і з об'ємом комірок  $8 \text{ см}^3/\text{м}^2$  та збільшення температури, дозволили покращити фарбопередачу і стабілізувати поведінку фарби.

Розроблено пристрій та метод для дослідження впливу величини поверхневої енергії полімерних плівок на процес фарбоперенесення та визначення зусилля адгезійно-когезійного розриву при виведенні системи з друкарського контакту.

Термографічним аналізом встановлено нерівномірне збільшення температури на поверхнях анілоксового і формного циліндрів у процесі друкування. При цьому, зростання температури та нерівномірність її розподілу для більш в'язких УФ-фарб є більшим.

У п'ятому розділі на основі нечіткої логіки побудовано моделі формування якості флексографічного друку УФ-фарбами. Сформовано у вигляді нечітких множин значення змінних „Поверхнева енергія”, „Тип і параметри анілоксового валика”, „Швидкість друкування” та показник „Аномалія в'язкості”. Використовуючи побудовані функції належності, нечіткі логічні рівняння та принцип дефазифіції „центр ваги”, було розраховано показник якості процесу флексографічного друку етикетки. При цьому введено поділ етикеткової продукції за складністю сюжету на звичайну етикетку, етикетку середньої складності та складну етикетку.

Автором проаналізовано процес вимивання форм, побудовано багаторівневу модель факторів, встановлено пріоритетність факторів цього процесу та аналогічно попереднього розділу розраховано якість процесу.

Розроблено метод контролю поверхневої енергії полімерних плівок у процесі друкування з можливістю автоматичного керування операцією модифікації поверхні плівок коронним розрядом, який реалізований у вигляді програмного продукту, а використання емпіричних знань та застосування методів нечіткої логіки дозволило побудувати модель системи автоматичного визначення необхідної дози коронного розряду і розробити систему контролю та регулювання поверхневої енергії поліпропіленових плівок. Відповідність системи перевірено з допомогою програми Simulink, що уможливорює практичну реалізацію системи на основі нечіткого мікроконтролера. Розроблений принцип можна використовувати при обробленні широкого спектру полімерних плівок.

У шостому розділі проаналізовано процес формування трафаретним способом вибіркових рельєфних елементів на флексографічних відбитках рідкими УФ-композиціями та ламінуванням. Досліджено вплив поверхневої енергії флексографічних відбитків та характеристик трафаретної форми на рельєфність створених елементів. Враховуючи вплив температури на в'язкість рідких УФ-композицій, розроблено метод контролю і регулювання геометричних параметрів вибіркових рельєфних елементів, що може застосовуватися і при нанесенні на етикетку шрифту Брайля та тактильних знаків.

Ранжуванням встановлено пріоритетність факторів, які визначають якість процесу ламінування флексографічних відбитків та побудовано моделі впливу. Аналіз процесу ламінування з використанням експертно-лінгвістичної інформації і умови «якщо-то» дозволило отримати функції належності факторів процесу як лінгвістичних змінних: в'язкість адгезиву, поверхнева енергія плівок, ширина рулону та швидкість ламінування, а побудова на їх основі нечітких логічних рівнянь, дозволило розрахувати їх вплив на якість процесу безсолвентного ламінування.

Сьомий розділ демонструє розроблені структурну модель процесу забезпечення якості флексографічного друку та комплексне оцінювання якості відбитків флексографічного друку. Запропоновано імітаційну модель, яка уможлиблює прийняття рішення щодо вибору варіанту використання анілоксових валиків залежно від типу задруковуваного матеріалу, складності сюжету друкованої продукції з встановленням відповідної швидкості процесу. Завершує розділ розрахунок інтегрального показника якості процесу флексографічного друку етикетки УФ-фарбами з застосуванням нечітких логічних рівнянь впливу на інтегральний показник таких кількісних показників як показник якості процесу вимивання, процесу друкування та процесу оздоблення флексографічних відбитків.

Загальні висновки до дисертаційної роботи є узагальненням основних результатів досліджень, виконаних автором.

## 9. Недоліки та зауваження

1. У літературному огляді велику увагу приділено системам УФ-сушіння друкарських відбитків, а такий фактор при моделюванні важливості факторів якості процесу флексографічного друку УФ-фарбами є відсутнім.
2. Для розрахунку комплексного критерію якості флексографічних відбитків вибрано показники відхилення кольору, точність суміщення, відтворення растрової точки та адгезія фарбового шару. Незрозуміло якими міркуваннями користувався автор дослідження, взявши тільки ці параметри, адже існують інші, наприклад, баланс по сірому, розтискування растрової точки тощо.
3. Шостий розділ названий "Аналіз процесів оздоблення відбитків флексографічного друку та побудова моделей забезпечення їх якості".

Варто було би змінити назву, оскільки аналіз для шостого розділу є недоречним.

4. У переліку посилань літератури дуже багато приведено російськомовних джерел. Доцільно ввести англomовні джерела, оскільки ведучі технології сконцентровані в країнах Європи.
5. На рис. 1.3 (стор. 46) операції контролю властивостей матеріалу об'єднують різномірні характеристичні параметри (наприклад, вбирна здатність, поверхнева енергія) і наявність складових матеріалу (наявність праймеру).
6. У розділі 5, проведено розрахунок якості технологічного процесу для складної етикетки, варто було б розрахувати показник якості і для двох інших типів (звичайної етикетки та етикетки середньої складності) та врахувати можливу наявність плашкових зображень.
7. У таблиці 3.3 (с. 125) серед показників, які характеризують поверхневу взаємодію УФ-фарб з друкуєчими елементами друкарської форми фігурує коефіцієнт розтікання за Гаркінсом, а пояснення щодо розрахунку даного коефіцієнта в тексті відсутні.
8. В дисертаційній роботі присутня незначна кількість орфографічних помилок.

#### 10. Загальні висновки по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота містить науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, наукові положення і є особистим внеском здобувача у видавничо-поліграфічну галузь. Вказані зауваження не впливають на її загальну позитивну оцінку наукової і практичної цінності.

Вивчення дисертаційної роботи та автореферату Репети Вячеслава Богдановича дозволяє стверджувати, що робота є завершеною працею, яка виконана на актуальну тему і представляє собою логічне наукове дослідження з новими обґрунтованими результатами. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.05.01 – машини і процеси поліграфічного виробництва та вимогам п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» до докторських дисертацій, а здобувач Репета Вячеслав Богданович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за вище вказаною спеціальністю.

Офіційний опонент  
доктор технічних наук, професор

 М.А. Назаркевич

Підпис доктора техн. наук, Назаркевич М. А. засвідчую:

Вчений секретар  
НУ «Львівська політехніка»



 БРИЛИНСЬКИЙ Р. Б.