

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Благодір Ольга Леонідівна



УДК 655.3.022.3:655.326.1:004.94

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФАРБОПЕРЕНЕСЕННЯ
СИСТЕМАМИ З АНІЛОКСОВИМИ ВАЛИКАМИ
ФЛЕКСОГРАФІЧНОГО ДРУКУ**

Спеціальність 05.05.01 — Машини і процеси поліграфічного виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі репрографії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Величко Олена Михайлівна,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
завідувач кафедри репрографії

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Гавенко Світлана Федорівна,
Українська академія друкарства (м. Львів),
завідувач кафедри поліграфічних медійних
технологій і пакувань

кандидат технічних наук, доцент,
Байдак Олена Юріївна,
ТОВ «Мак Хаус»,
начальник відділу продажу пластин

Захист відбудеться 12 квітня 2017 року о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.002.10 в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», за адресою: 01025, м. Київ, вул. Володимирська, 7 (корпус 25), ауд. 10.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий 9 березня 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В. А. Ковальов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Великі обсяги виробництва етикетко-пакувальної продукції способом флексографічного друку, зі збільшенням кількості її видів та зі зменшенням тиражів призводять до частоті зміни замовлень, що вимагає поліпшення методів і засобів управління технологічними процесами для випуску якісної продукції. Оскільки одним з головних вузлів коротких фарбоживильних систем є анілоксовий валик, який забезпечує накатування фарби і її дозування, важливим є вибір його характеристик для конкретного завдання. Крім того, короткі фарбоживильні системи набувають поширення в друкарському обладнанні офсетного друку.

Унормування фарбоперенесення системами з анілоксовими валиками не носять ґрунтового характеру, а лише епізодичні публікації описують рекомендації для окремих випадків. Окрім того, відсутні ґрунтовні дослідження характеру руху фарби з комірок анілоксового валика різної геометрії і відсутні наукові підходи до його стабілізації при відтворенні текстово-ілюстраційної інформації різного характеру. Відсутність на сьогодні науково-обґрунтованих рекомендацій щодо регулювання параметрів процесу фарбоперенесення анілоксовими системами призводить до нестабільності друкарського процесу, порушення кольоровідтворення, дефектності відбитків.

У зв'язку із зазначеними недоліками наявних теоретичних і практичних підходів до оцінювання фарбоперенесення анілоксовими системами виявлення залежностей взаємовпливу характеристик технологічного середовища друкарського контакту при фарбоперенесенні анілоксовими валиками для прогнозованого і рівномірного шару фарби на задруковуваному матеріалі — є актуальним науково-технічним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота відповідає Концепції національної інформаційної політики України, Закону України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» № 3715 – 17 від 08 вересня 2011 р. Робота виконувалася згідно планів наукових досліджень кафедри репрографії ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1) за госпдоговірною темою № 5 «Аналіз ринку етикетково-пакувального виробництва і пошук потенційних замовників на отримання у користування групових Технічних умов на етикетково-пакувальну продукцію», (номер державної реєстрації 0113U00213), в якій здобувачем проведено аналіз ринку пакувальних матеріалів України, розроблено класифікацію видів пакувань та етикеток, виділено основні способи друку великих та малих накладів пакувальних матеріалів на вітчизняному ринку, а також основні задруковувані матеріали, які використовуються для виготовлення етикеток та пакувань;

2) за держбюджетною темою № 2821 п «Розробка і дослідження зволожувальних розчинів з антибактеріальними властивостями для задруковування поліграфічної та пакувальної продукції плоским офсетним друком» (номер державної реєстрації 0115U000207), в якій здобувачем розроблено комп'ютерну модель процесу розщеплення зволожувального розчину між поверхнями накатних

валиків, визначено основні параметри комп'ютерного моделювання для максимального відтворення реального процесу подавання зволожувального розчину.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи — встановлення закономірностей взаємовпливу параметрів контактувальних пар в друкарських апаратах з анілоксовими валиками для стабілізації друкарсько-технічних характеристик технологічного середовища.

Для досягнення мети було поставлено й вирішено такі задачі:

— проаналізувати проблеми та визначити напрями стабілізації дозування фарби анілоксовими валиками;

— розробити комп'ютерні імітаційні моделі для дослідження динамічних характеристик процесу фарбоперенесення анілоксовими валиками;

— встановити взаємовплив параметрів ділянки контакту з анілоксовим валиком та методи їх стабілізації для унормування оптичних характеристик відбитків;

— розробити технологічні рекомендації по стабілізації друкарсько-технічних характеристик технологічного середовища і його головних складників, які забезпечать унормування відтворення параметрів відбитків.

Об'єкт дослідження — процес друкування у друкарському обладнанні з короткою фарбоживильною системою.

Предмет дослідження — закономірності процесу фарбоперенесення з анілоксовою системою дозування подачі фарби, параметри ділянки контакту з анілоксовим валиком.

Методи дослідження — комп'ютерне моделювання в'язкої нестисливої рідини у спеціалізованому програмному забезпеченні FLOW-3D; друкування у виробничих умовах на друкарській машині Nilpeter F2400; денситометрія, спектрофотометрія, оптична мікроскопія; виробничі випробування на підприємствах галузі. Статистична обробка результатів дослідження у пакеті Microsoft Excel; розрахунок коефіцієнта фарбоперенесення у програмному забезпеченні MATLAB.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше розроблено комп'ютерну імітаційну модель перенесення та розщеплення фарби анілоксовими системами на основі рівнянь Нав'є-Стокса для в'язкої нестисливої рідини, яка дозволяє визначати вплив лінійтури та мікрогеометрії комірок анілоксового валика, швидкості друку, в'язкості фарби, змочуваності друкарської форми на коефіцієнт фарбоперенесення та прогнозувати оптичні характеристики відбитків.

2. Вперше встановлено взаємовплив параметрів ділянки контакту з анілоксовим валиком на основі розроблених розрахункових моделей для визначення комбінації параметрів контактувальної пари «анілоксовий валик — друкарська форма», що дозволяє отримувати необхідний показник коефіцієнта фарбоперенесення.

3. Дістали подальшого розвитку теоретичні основи технології друкування за встановленими закономірностями фарбоперенесення у коротких фарбоживильних апаратах залежно від параметрів анілоксового валика та друкарської форми, які

полягають у аналізі забруднення поверхні анілоксового валика та ступеня зміни змочування друкарської форми.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено методику моделювання і графічної візуалізації процесів, що відбуваються в краплині фарби, яка дозволяє наочно інтерпретувати зміни, що відбуваються у фарбовому шарі на ділянці контакту між анілоксовим валиком і друкарською формою, на яку отримано свідоцтво на авторське право № 67377.

Удосконалено технологічний процес друкування з використанням коротких фарбоживильних систем на підставі науково-обґрунтованих параметрів технологічного середовища контакту в парі «анілоксовий валик — друкарська форма».

Розроблена комп'ютерна імітаційна модель процесу фарбоперенесення анілоксовими валиками дозволяє виключити натурний експеримент зі значними матеріальними та енергетичними витратами, включаючи експлуатацію виробничого обладнання, та прогнозувати показники, що визначають кількість перенесеної фарби та оптичні характеристики відбитка.

Наукові розробки дисертаційної роботи випробувані у виробничих умовах ТОВ «ФАЕР-ГРУП», що підтверджено актом виробничих випробувань.

За результатами досліджень проведено впровадження методики моделювання для дозування подачі зволожувального розчину на ТОВ «САЛЮТІС ПРІНТ». Для цього розроблено комп'ютерну модель процесу розщеплення зволожувального розчину між поверхнями накатних валиків, визначено основні параметри комп'ютерного моделювання для максимального відтворення реального процесу подавання зволожувального розчину. Економічний ефект від впровадження становить 79,74 тис. грн.

Основні положення роботи впроваджені у навчальний процес підготовки фахівців за спеціалізацією «Цифрові технології репродукування» (спеціальність 186 «Видавництво та поліграфія») в циклах лекцій і практичних занять дисциплін «Інженерно-технічне забезпечення видавничо-поліграфічного виробництва» та «Виробництво спеціальних видів продукції».

Особистий внесок здобувача. Наукові положення та основні ідеї, які виносяться на захист: пошук, узагальнення та систематизація сучасних технологічних процесів, матеріалів і обладнання, розроблення комп'ютерної імітаційної моделі, побудованої на методах кінцево-різницевої апроксимації рівнянь Нав'є-Стокса з урахуванням мікрогеометрії контактувальних поверхонь (анілоксовий валик, друкарська форма), кількісна оцінка процесу фарбоперенесення, виражена коефіцієнтом перенесення фарби K_n на друкарську форму при виході з ділянки контакту з анілоксовим валиком отримані здобувачем самостійно. У публікаціях у співавторстві здобувачу належить: [1] — визначення впливу профілю комірок анілоксового валика на процес дозування фарби шляхом комп'ютерного моделювання; [2] — використання розробленої методики для аналізу подавання зволожувального розчину в офсетному способі друку; [4] — комплексне дослідження та систематизація сучасного стану технологій виготовлення етикетково-пакувальної продукції в Україні; [5] — розроблення комп'ютерної імітаційної моделі для дослідження процесу фарбоперенесення з комірки анілоксового валика

на фотополімерну друкарську форму для флексографічного способу друку; [6] — проведення глибокого аналізу даних по динаміці патентування розробок фарбових апаратів, друкарських процесів, матеріалів та обладнання з використанням анілоксових валиків; [7] — розроблення складу процесу моделювання фарбоперенесення між контактувальними поверхнями; [9] — розроблення класифікації анілоксових валиків за геометрією комірок; [15] — експериментальне дослідження та аналіз режимів дозування фарби; [16] — аналіз динаміки руху фарби з комірки анілоксового валика на друкарську форму при зміні в'язкості фарби.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися на засіданнях кафедри репрографії та науково-практичних семінарах ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського (Київ, 2013 – 2016), а також на: XVIII, XIX, XXI міжнародній науково-практичній конференції з проблем видавничо-поліграфічної галузі в ПрАТ «УкрНДІСВД» (Київ, 2014, 2015); VII міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Квалілогія книги» Української академії друкарства (Львів, 2015); IV міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя (Тернопіль, 2015); XV науково-практичній конференції молодих вчених «Новітні технології пакування» ІАЦ «Упаковка» (Київ, 2016); 74-й міжнародній науково-технічній конференції «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» кафедри хімії Магнітогорського державного технічного університету (Магнітогорськ, 2016); XVI міжнародній науково-технічній конференції студентів і аспірантів «Друкарство молоде» ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського (Київ, 2016); II міжнародній конференції «Весняні наукові читання» Центру наукових публікацій (Київ, 2016).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 16 наукових праць, серед яких: 6 статей у наукових фахових виданнях, з них 2 статті у виданнях іноземних держав, з яких 1 індексується у міжнародній наукометричній базі SCOPUS; 1 авторське право на твір; 9 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій, з них 1 у виданні іноземної держави.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку науково-технічних джерел, додатків. Обсяг рукопису складає 190 сторінок, у тому числі 48 рисунків, 12 таблиць, 11 додатків на 33 сторінках. В бібліографії наведено 195 найменувань науково-технічних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У ВСТУПІ обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано її мету та завдання, наукову новизну, практичну цінність. Наведено головні наукові й практичні результати досліджень та результати апробації роботи.

У першому розділі «АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ, ПРОБЛЕМ І ПЕРСПЕКТИВ ДРУКУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ФАРБОЖИВИЛЬНИХ СИСТЕМ З АНІЛОКСОВИМИ ВАЛИКАМИ» за аналізом фахової літератури, науково-технічних і патентних джерел встановлено головні напрями розвитку

поліграфічної галузі, технологій, обладнання і матеріалів для друкування з використанням коротких фарбодрукарських систем з анілоксовими валиками; характеристику мікрогеометрії поверхонь анілоксових валиків і особливості технологічного середовища контактувальної пари «анілоксовий валик — друкарська форма»; узагальнено та систематизовано сучасні методи і засоби контролю ємності анілоксового валика та визначення об'єму його комірок.

Розроблено гіпотезу дослідження, яка увиразнює концепцію взаємовпливу конфігурації анілоксового валика (лініатура, геометрія комірок), реологічних властивостей фарби, характеристик змочуваності контактувальних поверхонь, швидкості друку; визначені завдання роботи і напрями їх реалізації.

У другому розділі «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВІДБИТКІВ З УНОРМОВАНОЮ ТОВЩИНОЮ ФАРБОВОГО ШАРУ СИСТЕМАМИ З АНІЛОКСОВИМИ ВАЛИКАМИ» проаналізовано наукові підходи до моделювання та прогнозування процесу фарбоперенесення у різних способах друку, систематизовано головні чинники впливу на процес фарбоперенесення анілоксовими валиками.

Для кількісної оцінки фарбоперенесення системами з анілоксовими валиками запропоновано математичний опис фізичних процесів, необхідних для побудови імітаційної моделі перенесення друкарської фарби між обертовими циліндрами короткої фарбодрукарської системи з урахуванням показників компонентів цієї системи і основних фізичних процесів.

Детально проаналізовано кінематичні зв'язки на ділянці контакту «анілоксовий валик — друкарська форма» (рис. 1) і отримано вираз для швидкості руху ділянки друкарської форми відносно комірки анілоксового валика з урахуванням горизонтальної (зміщення), вертикальної (розтягування) та обертової складових:

$$\vec{U}(\theta, t) = \begin{pmatrix} U_{x_1} \\ U_{y_1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2\omega R \cos^2 \theta - 2\omega c_{y_1} + \omega y_A \\ -2\omega R \cos \theta \sin \theta + 2\omega c_{x_1} - \omega x_A \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де

$$x_A = c \cos \theta, y_A = c \sin \theta, c = 2R + c_0 - 2R \sin \theta, \quad (2)$$

ω — кутова швидкість, R — радіус анілоксового валика, θ — кут повороту анілоксового валика, c_0 — початкова відстань між поверхнями анілоксового валика та друкарської форми.

У випадку, коли радіуси циліндрів значно перевищують розміри комірок анілоксового валика і друкарських елементів на формі, що робить вплив обертової швидкості незначним, вираз (1) набуває вигляду:

$$\vec{U}(\theta, t) = U_{y_1}(\theta, t) = -2\omega R \cos \theta. \quad (3)$$

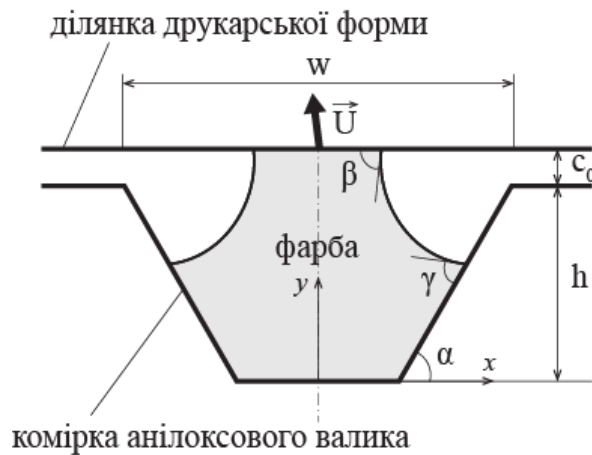


Рис. 1 — Схематична модель процесу фарбоперенесення між коміркою анілоксного валика та друкарською формою

Процес течії фарби в зоні друкарського контакту описується рівняннями Нав'є-Стокса для в'язкої нестисливої рідини, які мають вигляд:

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \mu \Delta \mathbf{u} - \frac{1}{\rho} \nabla P + \mathbf{f}, \quad (4)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0, \quad (5)$$

де $\mathbf{u} = (u, v)$ — векторне поле швидкостей; μ — динамічна в'язкість; ρ — густина; P — тиск; \mathbf{f} — векторне поле масових сил; $\nabla = \left\{ \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right\}$ — оператор

набла; $\Delta = \nabla^2$ — оператор Лапласа.

Область течії складається з Ньютонівської рідини з густиною ρ , динамічною в'язкістю μ та коефіцієнтом поверхневого натягу σ сформованим між коміркою та горизонтальною площиною, що представляє друкарську форму. Оскільки зона навколишнього повітря має незначну густину та в'язкість по відношенню до фарби, нею можна знехтувати. При моделюванні в час $t = 0$ розглядається система в стані рівноваги, тоді вільна поверхня є статичним меніском між коміркою та формою зі статичними крайовими кутами змочування γ та β відповідно. Для спрощення імітаційної моделі, а також враховуючи низькі значення числа Рейнольдса, які відповідають модельованому друкарському процесу, силами тяжіння та інерції можна знехтувати.

Сила поверхневого натягу, сформованого між коміркою та друкарською формою, виражена як:

$$\mathbf{f} = \sigma \kappa \mathbf{n}, \quad (6)$$

де σ — коефіцієнт поверхневого натягу, κ — середня кривизна вільної поверхні, \mathbf{n} — одиничний вектор нормалі вільної поверхні. \mathbf{n} та κ обчислюються як:

$$\mathbf{n} = \nabla \phi / |\nabla \phi|, \quad (7)$$

$$\kappa = -\nabla_s \cdot \mathbf{n}, \quad (8)$$

де ϕ — відносний об'єм рідини, ∇_s — оператор набла, прикладений по дотичній до вільної поверхні.

Оскільки модель є симетричною, гранична умова симетрії використовується для лінії центру комірки, щоб зменшити кількість обчислень на 50%. Зона моделювання поділена на квадратні елементи розрахункової сітки, у кожному з яких здійснюються розрахунки швидкості та тиску.

У третьому розділі «МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ» розроблено методику проведення комп'ютерного моделювання процесу фарбоперенесення анілоксовими валиками з детальним описом побудови моделі у програмному забезпеченні FLOW-3D.

Оскільки запропонована імітаційна модель передбачає моделювання динаміки вільної поверхні, для правильного визначення граничних умов на ній використовується метод скінченних об'ємів (VOF). Його основою є дробова функція ϕ — відносний об'єм рідини, яка визначається як:

$$\phi = \begin{cases} 1 & \text{— область заповнена фарбою,} \\ > 0, < 1 & \text{— зона вільної поверхні,} \\ 0 & \text{— область заповнена газом.} \end{cases} \quad (9)$$

Метод скінченних об'ємів (метод сіток) є найбільш універсальним методом вирішення диференціальних рівнянь, утворених на основі уявлення про суцільне однорідне середовище. В основі методу лежить заміна диференціалів скінченними різницями. Скінченні різниці за просторовими координатами утворюють сітку, яка покриває досліджувану область. Метод сіток ефективний при вирішенні найбільш складних плоских і просторових нелінійних задач.

Розташування вільної поверхні фарби може бути визначене пасивним рівнянням переносу:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \phi = 0. \quad (10)$$

Для елементів розрахункової сітки, що містять зону вільної поверхні, густина ρ та динамічна в'язкість μ розраховуються, виходячи зі значення відносного об'єму фарби ϕ :

$$\begin{aligned} \rho &= \phi \rho_\phi + (1 - \phi) \rho_n, \\ \mu &= \phi \mu_\phi + (1 - \phi) \mu_n, \end{aligned} \quad (11)$$

де ρ_ϕ, ρ_n — густина фарби та повітря відповідно; μ_ϕ, μ_n — в'язкість фарби та повітря відповідно.

Запропонована імітаційна модель процесу фарбоперенесення в зоні друкарського контакту дозволяє виключити натурний експеримент зі значними матеріальними та енергетичними витратами, включаючи експлуатацію виробничого обладнання. Крім того, вона дозволяє прогнозувати показники, що визначають кількість перенесеної фарби та оптичні характеристики відбитка.

Коефіцієнт фарбоперенесення розраховували як:

$$K_n = \frac{V_{\phi}}{V_{\text{заг}}}, \quad (12)$$

де V_{ϕ} — об'єм фарби, що перенеслась на друкарську форму, $V_{\text{заг}}$ — загальний об'єм фарби у комірці до контакту з друкарською формою.

Для перевірки і доповнення результатів комп'ютерного моделювання обрано засоби і матеріали для проведення натурального експерименту, які в комплексі дозволяють встановити взаємовплив параметрів під час фарбоперенесення короткими фарбодрукарськими системами і виявити закономірності стабілізації параметрів відбитків.

Виробничі випробування проводилися на підприємстві галузі ТОВ «ФАЕР-ГРУП» шляхом друкування на вузькорулонній флексографічній друкарській машині Nilpeter F2400 при задруковуванні прозорої поліпропіленової плівки UPM товщиною 30 мкм вододисперсною фарбою FlintGroup HYDROFILM 4000 OPAQUE WHITE в'язкістю 41 с (DIN 4 мм) і густиною 1380 кг/м³ зі швидкістю друку 20 м/хв. Для аналізу впливу мікрогеометрії поверхні дозування подавання фарби проводилося за однакових умов і режимів роботи двома різними анілоксовими валиками. Вал № 1: лініатура 100 LPI, ємність 26 см³/м², шестигранні комірки, кут растру 60°; вал № 2: лініатура 500 LPI, ємність 8 см³/м², шестигранні видовжені комірки. Характер відтворюваного зображення — плашка.

Друк здійснювався зі зміною параметрів притискання на ділянці контакту «анілоксовий валик — друкарська форма» в таких режимах:

- забезпечення контакту без натиску (дотик);
- деформація друкарської форми для створення натиску;
- дозування фарби без ракеля.

Вплив різних параметрів дозування подавання фарби на оптичні характеристики відбитків визначали за допомогою спектрофотометра Datascolor 1005 R, цифрового мікроскопа USB Sigeta Expert 10-300x та шляхом зважування задрукованих та незадрукованих зразків на електронних вагах Axis AD-200. З використанням теорії регресійного аналізу, статистичної обробки та планування експерименту наведена методика, яка дозволяє проводити аналіз процесу фарбоперенесення з метою виявлення взаємозв'язків факторів, що визначають хід процесу, і представити їх у кількісній формі — у вигляді математичної моделі. Статистичну обробку результатів проводили за допомогою прикладного програмного забезпечення Microsoft Excel.

У четвертому розділі «ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДРУКАРСЬКОГО КОНТАКТУ НА ПРОЦЕС ФАРБОПЕРЕНЕСЕННЯ» наведено результати встановлення взаємовпливу параметрів зони контакту з анілоксовим валиком. Розроблено моделі для дослідження процесу фарбоперенесення ізольованою та каналною комірками для валиків з широким діапазоном лініатур — 50 – 1200 LPI; кутами нахилу стінок комірок — 45° – 90°; співвідношеннями між глибиною та шириною комірки (h/w) — 0,1 – 0,7. Досліджено ступінь впливу різних в'язкостей

фарби ($\mu=0,05 - 0,5$ Па·с), а також режимів друкування (швидкість, технологічний зазор) на коефіцієнт фарбоперенесення. У дослідженні враховували можливість зміни поверхневої енергії фотополімерної друкарської форми внаслідок зносу або відпрацювання великих тиражів шляхом встановлення в імітаційній моделі різних значень крайових кутів змочування друкарської форми $\beta = 10 - 80^\circ$.

Представлені результати кількісної оцінки характеристик мікрогеометрії поверхонь анілоксових валиків. Для дослідження впливу на фарбоперенесення кута нахилу стінок комірок α проведено серію моделювань для ізольованої та каналної комірок при пірамідальному ($\alpha_1 = 45^\circ$), трапецеїдальному ($\alpha_2 = 60^\circ$, $\alpha_3 = 75^\circ$) та циліндричному ($\alpha_4 = 90^\circ$) профілях комірок. На рис. 2 наведено отримані результати комп'ютерного моделювання у вигляді залежностей коефіцієнта фарбоперенесення K_n від кута нахилу стінок комірок α для різних в'язкостей фарби.

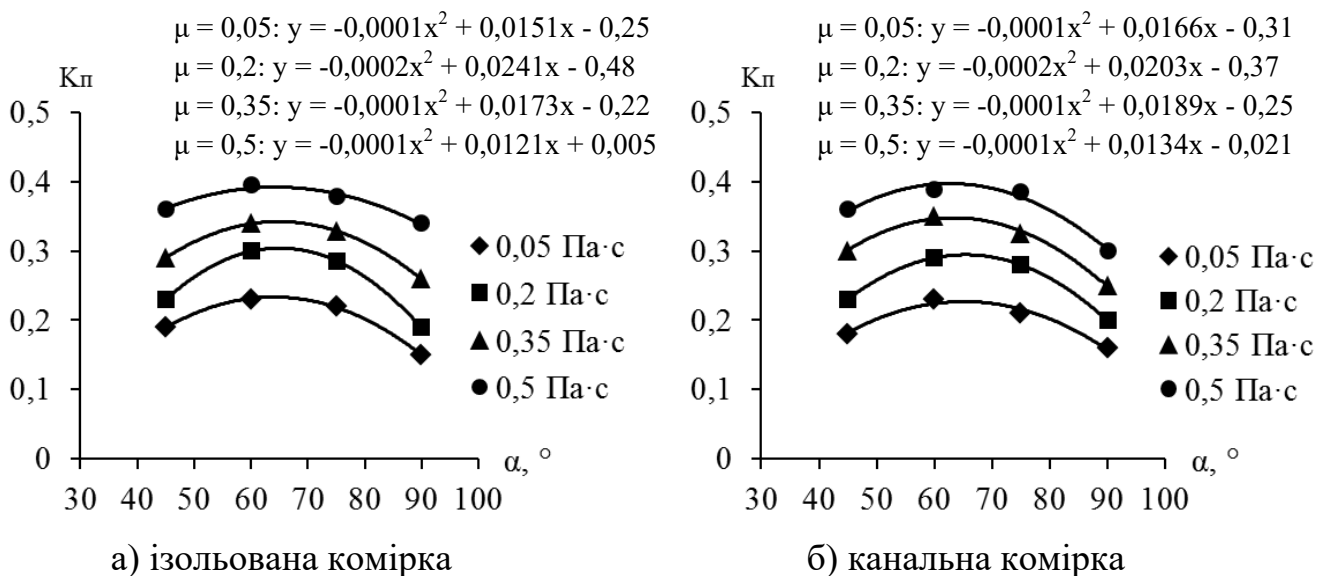


Рис. 2 — Графіки залежності коефіцієнту фарбоперенесення від кута нахилу стінок комірок анілоксового валика для різних в'язкостей фарби

Як видно з рис. 2, найкраще фарбоперенесення забезпечує комірка з кутом нахилу стінок в діапазоні $\alpha = 60^\circ - 70^\circ$ (трапецеїдальна) для усіх значень в'язкості. Це пов'язано з ефективнішою геометрією самої комірки, а саме: фарба лежить на рівній площині комірки, а сили тиску, що утворюються у двох її тупих кутах, мають невелике значення, що дозволяє фарбі витікати з комірки краще порівняно з іншими.

Шляхом моделювання встановлено ефективність фарбоперенесення з комірок анілоксового валика з різним співвідношенням між глибиною та шириною. На рис. 3 наведено результати моделювання у вигляді залежностей перенесеного об'єму фарби від співвідношень між глибиною та шириною комірки для різних лініатур анілоксового валика.

За результатами отриманих залежностей видно, що фарбоперенесення в абсолютних одиницях залежно від глибини комірки має екстремальний характер. Тобто при однаковій лініатурі найбільша кількість фарби, що переноситься з анілоксового валика на друкарську форму спостерігається при глибині комірки

$h = 0,3 - 0,4w$ для усіх лініатур, надто глибокі та зовсім неглибокі комірки переносять невелику кількість фарби, хоча у відносних одиницях забезпечують більший коефіцієнт фарбоперенесення.

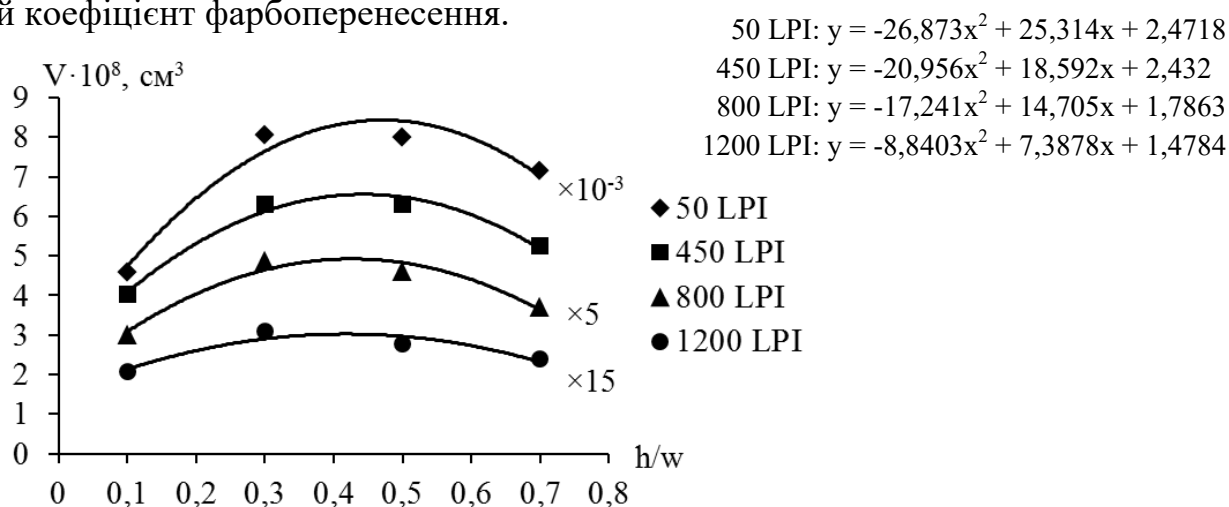


Рис. 3 — Графіки залежності перенесеного об'єму фарби з ізолюваної комірки від значення h/w для різних лініатур

Для дослідження впливу технологічних режимів та параметрів друкування розроблено комп'ютерні моделі, які дозволяють встановити закономірності фарбоперенесення при варіюванні швидкості друку. Для дослідження обрано такий діапазон швидкостей: $U = 1 - 5 \text{ м/с}$, що відповідають флексографічному друку від 60 до 300 м/хв. Для більш цілісних результатів моделювання проведено зі зміною в'язкості фарби. Результати комп'ютерного моделювання фарбоперенесення між ізолюваною та каналною коміркою анілоксового валика та ділянкою на друкарській формі відобразили вплив швидкості друкування на процес фарбоперенесення залежно від в'язкості фарби. Так, зі збільшенням в'язкості фарби значення K_n зростає при малих швидкостях, що можна пояснити тривалістю контакту. При більш в'язкій фарбі це забезпечує кращу взаємодію з поверхнею форми. При швидкості друкування 300 м/хв коефіцієнт фарбоперенесення становить близько 0,4, а для малої лініатури 50 LPI — близько 0,5 і практично коливається в межах 0,4 – 0,5 при збільшенні в'язкості фарби, що можна пояснити і тривалістю контакту і вузькою полосою контакту.

Оскільки поверхнева енергія фотополімерних друкарських форм може змінюватись внаслідок зношування чи відпрацювання великих тиражів, проведено моделювання з урахуванням різних характеристик змочування поверхні друкарської форми. Для цього значення крайового кута змочування β змінювалось в межах від 10° (висока змочуваність) до 80° (низька змочуваність) для різних в'язкостей фарби ($\mu = 0,05 - 0,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$).

Результати моделювання представлені на рис. 4 у вигляді залежностей коефіцієнта фарбоперенесення K_n від кута змочування β для різних значень в'язкості.

Як видно з рис. 4 зі збільшенням кута змочування друкарської форми коефіцієнт фарбоперенесення зменшується. Найбільший коефіцієнт фарбоперенесення ($K_n = 0,34$) отримано при куті змочування друкарської форми 10° та

в'язкості фарби 0,5 Па·с. Такий вплив крайового кута обумовлений високою змочуваністю друкарської форми, і як наслідок, більшою ділянкою прилипання фарби до неї (рис. 5). Натомість кут 80° відповідає низькій змочуваності друкарської форми, яку можна спостерігати в результаті відпрацювання великих тиражів, при цьому розмір ділянки змочування фарбою зменшується (рис. 5), тобто фарба практично скочується на поверхні друкарської форми і спостерігається суттєве зменшення K_n у 1,5 рази, а у випадку в'язкості фарби 0,05 Па·с — у 20 разів порівняно зі значенням K_n при куті 10° . Варто відмітити, що при високій в'язкості фарби крайовий кут змочування має значно менший вплив на K_n , ніж при низькій.

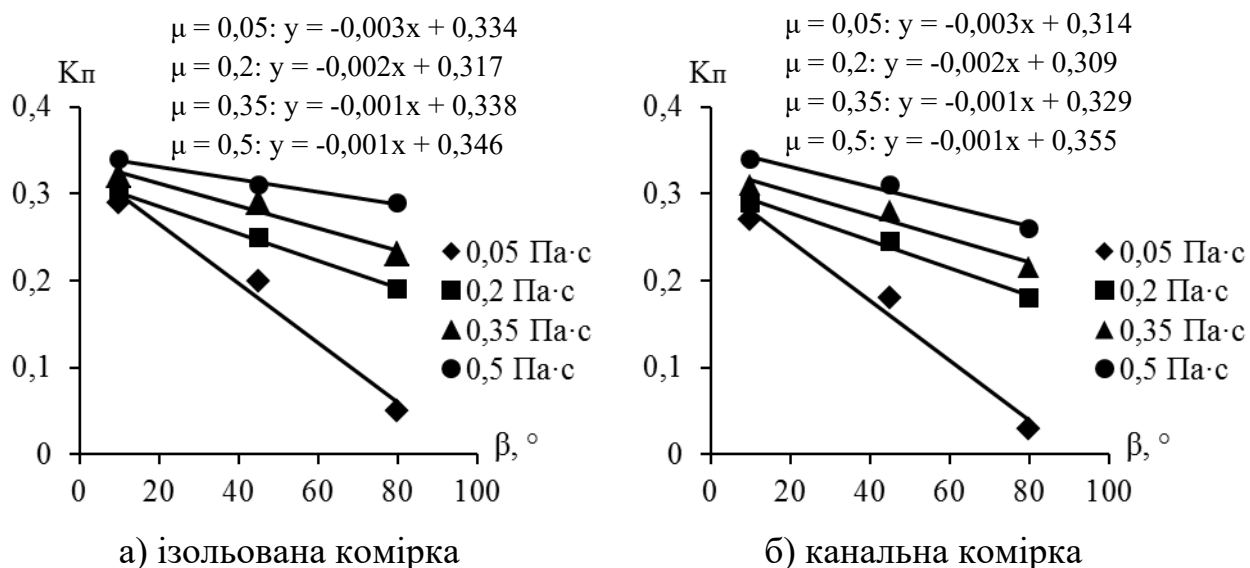


Рис. 4 — Графіки залежності коефіцієнту фарбоперенесення від крайового кута змочування друкарської форми для різних в'язкостей фарби

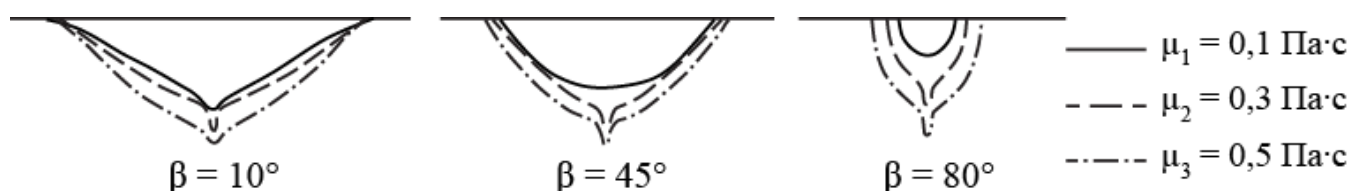


Рис. 5 — Вигляд сформованої на друкарській формі краплини фарби відразу після її розщеплення при різних в'язкостях та кутах змочування

Розроблену методику комп'ютерного моделювання використано для прогнозування дозування зволожувального розчину в офсетному способі друку. При цьому встановлено, що зміна змочування друкарської форми призводить до нестабільної кількості зволожувального розчину, що переноситься на поверхню друкарської форми, а саме: зі зменшенням змочуваності друкарської форми, що супроводжується збільшенням кута змочування γ коефіцієнт перенесення зволожувального розчину зменшується. У випадку недотримання потрібного технологічного зазору, зовелика або замала частка зволожувального розчину потраплятиме на друкарську форму, що може призвести до виникнення дефектів на друкарському відбитку.

У п'ятому розділі «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДРУКУВАННЯ ІЗ ФАРБОЖИВИЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ З АНІЛОКСОВИМИ ВАЛИКАМИ» за результатами комп'ютерного моделювання та виробничих випробувань підтверджено концепцію взаємовпливу і взаємодії параметрів технологічного середовища у процесі фарбоперенесення системами з анілоксними валиками на товщину і рівномірність шару фарби на відбитку.

Методом планування експерименту проведено дослідження процесу фарбоперенесення, яке враховує одночасний вплив декількох факторів, а саме: x_1 — лініатура анілоксного валика L , x_2 — швидкість друкування $Ш$, x_3 — співвідношення між глибиною комірки та її шириною Γ , x_4 — в'язкість фарби Φ . Окрім цього, визначено такий показник якості відбитків: Y — середні числові значення коефіцієнта фарбоперенесення K_n для різних ділянок друкарської форми.

У результаті проведених досліджень отримані математичні моделі залежності Y від x_1 – x_4 в широкому діапазоні значень факторів для ізолюваної та каналної комірок. Залежність коефіцієнта фарбоперенесення для ізолюваної комірки від факторів в натуральному вираженні описується рівнянням:

$$\begin{aligned} K_n = & 0,2 - 1,32\Gamma\Phi + 1,12\Phi + 0,34Ш\Gamma\Phi - 0,235\Gamma - \\ & - 0,234Ш\Phi + 0,096Ш - 0,093Ш\Gamma + 9,13 \cdot 10^{-4} L\Gamma\Phi - \\ & - 8,74 \cdot 10^{-4} L\Phi - 3 \cdot 10^{-4} LШ\Gamma\Phi + 2,9 \cdot 10^{-4} LШ\Phi - \\ & - 9,6 \cdot 10^{-5} L\Gamma + 9 \cdot 10^{-5} L + 8,37 \cdot 10^{-5} LШ\Gamma - 8 \cdot 10^{-5} LШ. \end{aligned} \quad (13)$$

Методом планування експерименту підтверджено, що на стабільне фарбоперенесення системами з анілоксними валиками впливає найбільше поєднання в'язкості фарби з глибиною комірки (Γ , Φ), в'язкість фарби (Φ), їх взаємне поєднання зі швидкістю друку ($Ш$, Γ , Φ), глибина комірки (Γ), швидкість друку у поєднанні з в'язкістю фарби ($Ш$, Φ).

Шляхом проведення натурного експерименту у виробничих умовах ТОВ «ФАЕР-ГРУП» досліджено характер впливу тиску в парі «анілоксний валик — друкарська форма» на кількість фарби на відбитку. Дослідження проводилося на вузькорулонній флексографічній друкарській машині Nilpeter F2400 при задруковуванні прозорої поліпропіленової плівки з такими параметрами дозування подачі фарби анілоксними системами: забезпечення контакту без натиску (дотик), деформація друкарської форми, дозування фарби без ракеля. Для забезпечення однакового розміру усіх зразків використано висічку діаметром 90 мм.

Зразки порівнювалися шляхом визначення маси матеріалу до та після друкування (рис. 6, а). З огляду на те, що лініатура досліджуваних валиків сильно різнилася між собою, очікувалося, що результати експерименту покажуть суттєві відмінності у значеннях маси зразка за різних режимів друку. Таке прогнозування викликане збільшеним теоретичним значенням ємності анілоксного валика з меншою лініатурою (вал № 1 — 100 LPI) у порівнянні з анілоксним валиком з більшою лініатурою (вал № 2 — 500 LPI). Проте значення теоретичної ємності практично лише на 80% відповідало реальним значенням, яких може досягнути валик у процесі тривалої експлуатації без спеціального очищення.

За допомогою спектрофотометрії та денситометрії отримано оптичні характеристики відбитків. Оскільки друк відбувався білою фарбою на прозорій плівці, виміри проводилися на чорній підкладці. Отримані значення яскравості L та оптичної густини відбитків D представлено на рис. 6, б), в) відповідно.

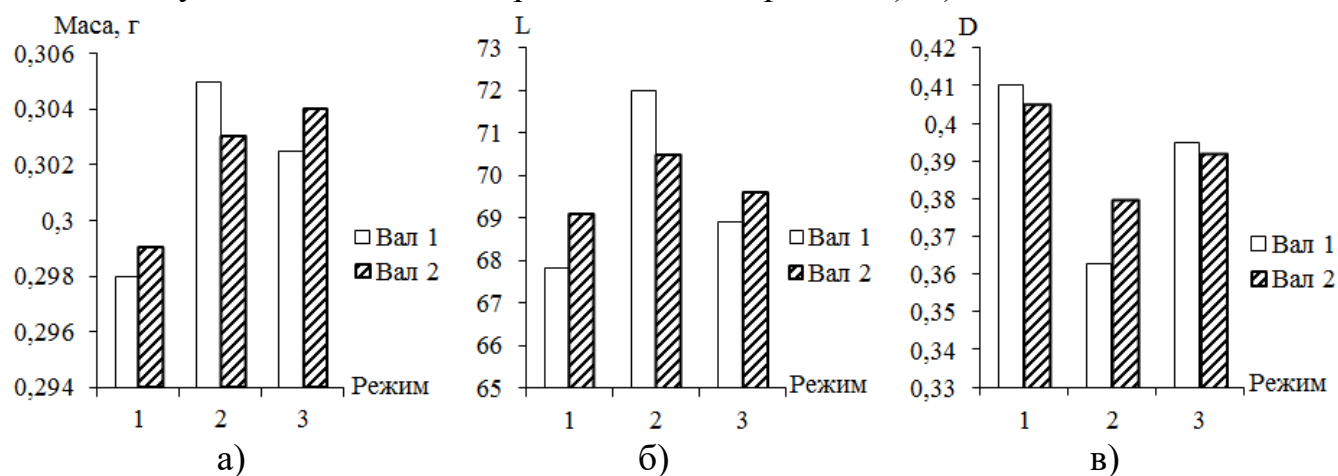


Рис. 6 — Результати вимірювань маси (а), яскравості (б) та оптичної густини відбитків (в) для зразків, надрукованих двома валиками при різних режимах: 1 — забезпечення контакту без натиску (дотик), 2 — деформація друкарської форми, 3 — дозування фарби без ракеля

Як видно з діаграм теоретичні прогнозування лише частково відповідають отриманим результатам. На основі аналізу оптичних параметрів відбитків виявлено, що друк з деформацією друкарської форми не зважаючи на забезпечення вищого показника фарбоперенесення призводить до спотворення зображення, тому для отримання рівномірного шару фарби потрібно забезпечити контакт без натиску (дотик). Відмінність між результатами виробничих випробувань та моделювання знаходиться в межах 20%, що свідчить про можливість використання імітаційної комп'ютерної моделі для аналізу та прогнозування руху фарби у друкарському контакті. Крім того, отримані практичні дані можуть відрізнятися від теоретичних припущень через тривалий (протягом 4-х місяців) час експлуатації анілоксових валиків без спеціалізованого очищення.

Проведене дослідження показало важливість правильних налаштувань дозування подачі фарби залежно від характеру зображення та задрукованого матеріалу для стабільного відтворення параметрів відбитків. Регулярний друк подібних тестових зразків дозволяє оцінити стан поверхні анілоксового валика в динаміці, а також обрати найкращий варіант тиску в парах «анілоксовий валик — друкарська форма» та «друкарська форма — задруковуваний матеріал» для забезпечення максимальної якості зображень.

Розроблено технологічні рекомендації по стабілізації друкарсько-технічних характеристик технологічного середовища друкування з використанням коротких фарбоживильних систем і його головних складників, які забезпечать унормування відтворення параметрів відбитків.

У ДОДАТКАХ до дисертаційної роботи наведено: результати статистичної обробки експериментальних даних; комп'ютерні імітаційні моделі; програмне

забезпечення розрахунку прогнозованих параметрів; акти впровадження та виробничих випробувань; копію свідоцтва про реєстрацію авторського права; технологічні рекомендації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливе науково-технічне завдання — виявлення закономірностей взаємовпливу характеристик технологічного середовища контактувальної пари «анілоксовий валик — друкарська форма» при різних режимах друкування та параметрах технологічного середовища. При цьому отримано такі результати:

1. Систематизовано сучасні технології друкування поліграфічної продукції з використанням коротких фарбодрукарських систем. На підставі детального аналізу сучасного стану, проблем та перспектив використання коротких фарбодрукарських систем та засобів управління фарбоперенесенням у них, виділено основні характеристики анілоксових валиків та розроблено їх класифікацію. За аналізом фахової літератури, науково-технічних і патентних джерел встановлено головні напрями розвитку технологій, в основі яких лежить використання анілоксових валиків. Проаналізовано особливості технологічного середовища контактувальної пари «анілоксовий валик — друкарська форма», які показали відсутність ґрунтовних досліджень та науково-обґрунтованих рекомендацій щодо регулювання параметрів процесу фарбоперенесення анілоксовими системами.

2. Проаналізовано наукові підходи до моделювання та прогнозування процесу фарбоперенесення у різних способах друку, на основі яких виділено основні характеристики, параметри та режими, що впливають на кількісні та якісні показники перенесення фарби на різних ділянках контакту. За результатами теоретичних досліджень запропоновано математичний опис фізичних процесів, необхідних для побудови імітаційної моделі перенесення друкарської фарби між обертовими циліндрами короткої фарбодрукарської системи, що дозволяє враховувати показники компонентів цієї системи і основні фізичні процеси.

3. Розроблено методику комп'ютерного моделювання процесу фарбоперенесення анілоксовими валиками, що дозволяє врахувати різну мікрогеометрію комірок, змочування друкарської форми, режими друкування та реологічні властивості фарби. Запропонована імітаційна модель процесу фарбоперенесення в зоні друкарського контакту дозволяє виключити натурний експеримент зі значними матеріальними та енергетичними витратами, включаючи експлуатацію виробничого обладнання. Крім того, вона дозволяє прогнозувати показники, що визначають кількість перенесеної фарби та оптичні характеристики відбитка.

4. Шляхом комп'ютерного моделювання визначено вплив різних параметрів мікрогеометрії анілоксового валика на процес фарбоперенесення. Встановлено, що при незмінній лінійній швидкості найвищий об'єм перенесеної фарби забезпечує комірка з кутом нахилу стінок $60^\circ - 70^\circ$ та зі співвідношенням між глибиною та шириною $0,3 - 0,4$. У результаті порівняльного дослідження динаміки руху фарби з комірки каналного та ізольованого типу встановлено, що канална комірка завжди

переносить значно більшу кількість фарби, ніж ізольована при однакових лініатурі та глибині, що обґрунтовує використання першої для задруковування плашкових зображень та останньої — для відтворення дрібних елементів та напівтонів.

5. Встановлено, що зі зменшенням кута змочування друкарської форми та збільшенням швидкості друку і в'язкості фарби коефіцієнт фарбоперенесення зростає. У зв'язку з цим, при друкуванні фарбами з в'язкістю менше 0,2 Па·с зі швидкістю менше 2 м/с важливо підтримувати кут змочування друкарської форми в межах 40 – 60°, натомість його вплив значно зменшується при високов'язких фарбах та високих швидкостях друку.

6. Проведено дослідження перенесення фарби з друкарської форми на задруковуваний матеріал, результати якого показали значну залежність фарбоперенесення від поверхневої енергії контактувальних поверхонь. Підтверджено теоретичне припущення про можливість отримання значення коефіцієнта фарбоперенесення близько 0,5 в зоні контакту «друкарська форма – задруковуваний матеріал» за умови, що крайові кути змочування обох поверхонь є однаковими.

7. Розроблену методику комп'ютерного моделювання використано для прогнозування дозування зволожувального розчину в офсетному способі друку, що дозволяє скоротити час на приладку друкарської машини, і відповідно – зменшити витрати на матеріали та підвищити продуктивність друкарського процесу.

8. У ході проведеного дослідження впливу тиску в парі «анілоксовий валик — друкарська форма» у виробничих умовах встановлено, що коефіцієнт фарбоперенесення залежить від сили притискання на ділянці друкарського контакту, а також ступеня забруднення анілоксового валика, який описується зміною глибини комірок. На основі аналізу оптичних параметрів відбитків виявлено, що друк з деформацією друкарської форми, не зважаючи на забезпечення вищого показника фарбоперенесення, призводить до спотворення зображення, тому для отримання рівномірного шару фарби потрібно забезпечити контакт без натиску (дотик).

9. Розроблено та проаналізовано регресійні математичні моделі залежностей коефіцієнта фарбоперенесення від лініатури анілоксового валика, швидкості друкування, співвідношення між глибиною комірки та її шириною і в'язкості друкарської фарби. Отримані моделі для ізольованого та каналного типів растру дозволяють прогнозувати та забезпечувати стабільність параметрів відбитків шляхом підтримання потрібного значення коефіцієнта фарбоперенесення.

10. Розроблено технологічні рекомендації по стабілізації друкарсько-технічних характеристик технологічного середовища друкування з використанням коротких фарбоживильних систем і його головних складників, які дозволяють забезпечити унормування відтворення параметрів відбитків за рахунок проведення попереднього моделювання для уточнення параметрів технологічного середовища. Отримано акт впровадження результатів роботи на підприємстві. В результаті апробації та впровадження запропонованих рішень підтверджено, що при використанні методики моделювання у технологічних інструкціях економічний ефект від впровадження складає 79,74 тис. грн на рік.

Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Blagodir O. Study of anilox cell geometry impact on the ink volume transferred to the printing plate / O. Blagodir, O. Velychko // *Przegląd Papierniczy*. — № 1 (7). — 2016. — P. 49–53. (SCOPUS)

Автором встановлено вплив профілю комірок анілоксового валика на процес дозування фарби шляхом комп'ютерного моделювання.

2. Blagodir O. Regularities of ink-water balance stability in offset printing / O. Blagodir, K. Zolotukhina, B. Kushlyk, O. Velychko // *EUREKA: Physics and Engineering*. — 2016. — №3. — P. 31–37. (Іноземне видання)

Автором розроблена методика для аналізу подачі зволожувального розчину в офсетному способі друку.

3. Благодір О. Л. Аналіз конфігурації поверхонь анілоксових валиків у коротких фарбодрукарських системах / О. Л. Благодір // *Наукові записки [Української академії друкарства]*. — 2015. — № 1 (50). — С. 52–58.

4. Благодір О. Л. Систематизація технологій виготовлення етикетково-пакувальної продукції в Україні / О. Л. Благодір, Т. В. Розум, О. П. Сокол // *Наукові записки [Української академії друкарства]*. — 2015. — № 2 (51). — С. 95–100.

Здобувачем проведено комплексне дослідження та систематизація сучасного стану технологій виготовлення етикетково-пакувальної продукції в Україні.

5. Благодір О. Л. Моделювання фарбоперенесення системами з анілоксовими валиками в зоні анілоксовий валик — друкарська форма для флексографічного друку / О. Л. Благодір, О. М. Величко // *Квалілогія книги*. — 2015. — № 2 (28). — С. 111–117.

Автору належить розроблення комп'ютерної імітаційної моделі для дослідження процесу фарбоперенесення з комірки анілоксового валика на фотополімерну друкарську форму для флексографічного способу друку.

6. Благодір О. Л. Аналіз розвитку технологій друкування з використанням анілоксових валиків / О. Л. Благодір, О. М. Величко // *Поліграфія і видавнича справа*. — 2016. — № 1 (71). — С. 113–118.

Здобувачем проведено аналіз даних по динаміці патентування розробок фарбових апаратів, друкарських процесів, матеріалів та обладнання, що використовують анілоксовий валик.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №67377, Україна. Методика моделювання фарбоперенесення (науковий твір) / О. Л. Благодір, О. М. Величко. — Заяв. № 67822 від 22.06.2016; опубл 18.08.2016.

Автором виконано розроблення складу процесу моделювання фарбоперенесення між контактувальними поверхнями.

8. Благодір О. Л. Друкарські системи з анілоксовим валом для етикетково-пакувальної продукції // XVIII Міжнародна науково-практична конференція з проблем видавничо-поліграфічної галузі: тези доповідей. — К.: ПрАТ «УкрНДІСВД». — 2014. — С. 4–6.

9. Благодір О. Л. Систематизація характеристик анілоксових валиків / О. Л. Благодір, О. М. Величко // XIX Міжнародна науково-практична конференція з

проблем видавничо-поліграфічної галузі: тези доповідей. — К.: ПрАТ «УкрНДІСВД». — 2014. — С. 4–5.

Здобувачем розроблено класифікацію анілоксових валиків за геометрією комірок.

10. Благодір О. Л. Моделювання процесу фарбоперенесення між коміркою анілоксового валика та друкарською формою / О. Л. Благодір // VIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Квалілогія книги»: тези доповідей. — Львів: УАД. — 2015 — С. 17–18.

11. Благодір О. Л. Дослідження впливу поверхневої енергії друкарської форми на фарбоперенесення у флексографічному способі друку / О. Л. Благодір // IV Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»: тези доповідей. — Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя. — 2015. — С. 97.

12. Благодір О. Л. Розроблення імітаційної моделі процесу фарбоперенесення з анілоксового валика на друкарську форму / О. Л. Благодір // XXI Міжнародна науково-практична конференція з проблем видавничо-поліграфічної галузі: тези доповідей. — К.: ПрАТ «УкрНДІСВД». — 2015. — С. 18–19.

13. Благодір О. Л. Методи контролю якості поверхні анілоксових валиків / О. Л. Благодір // XV Науково-практична конференція молодих вчених «Новітні технології пакування»: тези доповідей. — 2016. — С. 45–47.

14. Благодір О. Л. Порівняння процесу фарбоперенесення каналною та ізольованою комірками анілоксового валика / О. Л. Благодір // Друкарство молоде: тези доповідей. — 2016. — С. 6–7.

15. Благодір О. Л. Дослідження налаштувань дозування подачі фарби анілоксовим валиком у флексографії / О. Л. Благодір, О. М. Величко // II Міжнародна конференція «Весняні наукові читання»: тези доповідей. — 2016. — С. 33–35.

Здобувачем проведено експериментальні дослідження та аналіз режимів дозування фарби анілоксовими валиками.

16. Благодір О. Л. Исследование влияния параметров анилоксовых валов и режимов печати на краскоперенос во флексографии / О. Л. Благодир, Е. М. Величко // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 74-й международной научно-технической конференции. — Магнитогорск. — 2016. — С. 214–216.

Автором проаналізовано динаміки руху фарби з комірки анілоксового валика на друкарську форму при зміні в'язкості фарби.

АНОТАЦІЯ

Благодір О. Л. Технологічні закономірності фарбоперенесення системами з анілоксовими валиками флексографічного друку. — На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.01 — машини і процеси поліграфічного виробництва. — Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2017.

Дисертація присвячена комплексному дослідженню взаємовпливу параметрів контактувальних пар в друкарських апаратах з анілоксовими валиками та методів їх стабілізації для унормування параметрів відбитків. У роботі проаналізовано основні характеристики, параметри та режими, що впливають на кількісні та якісні показники перенесення фарби анілоксовими валиками. Запропоновано математичний опис фізичних процесів, необхідних для побудови імітаційної моделі перенесення друкарської фарби між обертовими циліндрами короткої фарбо-друкарської системи, що дозволяє враховувати показники компонентів цієї системи і основні фізичні процеси. Розроблено методику комп'ютерного моделювання процесу фарбоперенесення анілоксовими валиками, що дозволяє враховувати різну мікрогеометрію комірок, змочування друкарської форми, режими друкування та реологічні властивості фарби. Обґрунтовано вплив характеристик анілоксових валиків, змочуваності друкарської форми, реологічних властивостей фарби та режимів друкування на процес фарбоперенесення. Методику моделювання використано для прогнозування дозування зволожувального розчину в офсетному способі друку. За допомогою регресійного аналізу встановлено вплив складників технологічного середовища на значення коефіцієнта фарбоперенесення. Розроблено технологічні рекомендації по стабілізації друкарсько-технічних характеристик технологічного середовища друкування з використанням коротких фарбоживильних систем і його головних складників, які забезпечать унормування відтворення параметрів відбитків за рахунок проведення попереднього моделювання для уточнення параметрів технологічного середовища.

Ключові слова: анілоксовий валик, флексографічний друк, геометрія комірок, друкарська форма, коефіцієнт фарбоперенесення, математичне моделювання.

АННОТАЦИЯ

Благодир О. Л. Технологические закономерности краскопереноса системами с анилоксовыми валами флексографической печати. — На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.01 — машины и процессы полиграфического производства. — Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2017.

Диссертация посвящена комплексному исследованию влияния параметров контактирующих пар в печатных аппаратах с анилоксовыми валами и методов их стабилизации для нормализации оптических характеристик оттисков.

На основании детального анализа современного состояния, проблем и перспектив использования коротких красочных аппаратов и средств управления краскопереносом в них, выделены основные характеристики анилоксовых валов и разработана их классификация.

Проанализированы научные подходы к моделированию и прогнозированию процесса краскопереноса в различных способах печати. На основании уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости предложено математическое описание физических процессов, необходимых для построения имитационной

модели переноса печатной краски между вращающимися цилиндрами короткого красочного аппарата с учетом показателей компонентов этой системы и основных физических процессов. Разработана методика проведения модельно-кибернетического эксперимента с компьютерным моделированием процесса краскопереноса анилоксовыми валами с подробным описанием построения модели.

Путем компьютерного моделирования определено влияние различных параметров микрогеометрии анилоксовых валов на процесс краскопереноса. Установлено зависимости коэффициента краскопереноса от линиатуры анилоксового вала, угла наклона ячеек, соотношением между их глубиной и шириной для изолированного и канального типов раstra. Проанализирована динамика движения краски из ячейки изолированного и канального типа, в результате чего установлено, что в относительных единицах коэффициент краскопереноса меньше для канальной ячейки, однако в абсолютных единицах канальная ячейка всегда переносит большее количество краски, чем изолированная.

Исследовано влияние технологических режимов, скорости печати и технологического зазора между поверхностями в зоне контакта, на краскоперенос. Проанализирована зависимость коэффициента краскопереноса от свойств смачивания печатной формы и вязкости краски.

Проведено компьютерное моделирование переноса краски с печатной формы на запечатываемый материал, результаты которого показали значительную зависимость краскопереноса от поверхностной энергии контактирующих поверхностей.

Разработанная методика компьютерного моделирования использована для прогнозирования дозирования увлажняющего раствора в офсетной печати и внедрена в производственный процесс на предприятии, что позволило сократить время на приладку печатной машины, и соответственно — уменьшить расходы на материалы и повысить производительности печатного процесса.

В результате проведенного исследования влияния давления в паре «анилоксовый вал — печатная форма» в производственных условиях установлено, что коэффициент краскопереноса зависит от давления в зоне печатного контакта, а также степени загрязнения анилоксового вала, которая описывается изменением глубины ячеек.

Разработаны и проанализированы регрессионные математические модели зависимостей коэффициента краскопереноса от линиатуры анилоксового вала, скорости печати, соотношения между глубиной ячейки и ее шириной и вязкости печатной краски. Полученные модели для изолированного и канального типов раstra позволяют прогнозировать и обеспечивать стабильность параметров оттисков путем поддержания необходимого значения коэффициента краскопереноса.

Разработаны технологические рекомендации по стабилизации печатно-технических характеристик технологической среды печати с использованием коротких красочных аппаратов и ее главных составляющих, которые позволяют обеспечивать унормирование воспроизведения параметров оттисков за счет проведения предварительного моделирования для уточнения параметров технологической среды.

Ключевые слова: анилоксовый вал, флексографическая печать, геометрия ячеек, печатная форма, коэффициент краскопереноса, математическое моделирование.

SUMMARY

Blagodir O. Technological regularities of ink transfer using anilox roller inking systems in flexographic printing. — Manuscript.

The thesis on a degree of candidate of engineering sciences on the speciality 05.05.01 — «Machines and Processes of Printing Production». — National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, 2017.

The thesis is devoted to complex research of mutual impact of contact pairs in the anilox roller printing systems and methods of their stabilization to regulate characteristics of prints. The main characteristics, parameters and modes that affect the qualitative and quantitative indicators of anilox roller ink transfer are analyzed. The mathematical description of physical processes required to build a simulation model of ink transfer between rotating cylinders of short inking system, that takes into account the system components characteristics and basic physical processes is proposed. The simulation method of anilox roller ink transfer process that considers various cells geometry, wettability of the printing plate, printing modes and rheological properties of ink is developed. The impact of anilox roller characteristics, printing plate wettability, ink rheology and printing modes on the ink transfer process is established. The developed simulation method is used to predict dosage of fountain solution in offset printing. Using regression analysis the impact of technological environment components on the ink transfer ratio is determined. The recommendations of technical characteristics stabilization of printing technological environment process with short inking unit and its main components are developed. These recommendations ensure normalization of print parameters reproduction by carrying out the preliminary simulation to refine the technological environment parameters.

Keywords: anilox roller, flexographic printing, cells geometry, printing plate, ink transfer ratio, simulation.