

УДК 658.52.011.56

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФОТОПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ УФ-ЛАКІВ
І ЛАКОВАНИХ ВІДБИТКІВ**

© В. Ф. Морфлюк, к.т.н., доцент, В. В. Чуркін,
К. Д. Стеценко, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Разработана структура системы для автоматизации измерения и статистического определения коэффициента пропускания и оптической плотности фотополимерных композиций УФ-лаков и лакированных оттисков с применением программно-аппаратных средств с проблемной ориентацией.

The structure of the system is developed for automation of measuring and statistical determination of coefficient of admission and optical closeness of photopolimer compositions of ultraviolet varnishes and lacquered prints with the use of software and hardware facilities with the problem orientation.

Постановка проблеми

Важливим аспектом широкого застосування УФ-композицій є їх стабільність, можливість стандартизації технологічного процесу, оперативного цифрового управління процесом УФ-лакування у відповідності до вимог конкретного замовника, що є надзвичайно важливим та перспективним.

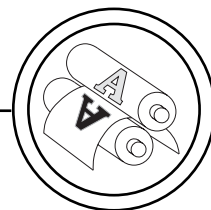
Актуальним рішенням проблеми автоматизації процесів виміру та визначення технологічних параметрів є застосування засобів з проблемною орієнтацією [1], які дозволяють виконувати опис вказаних процесів у їх власних термінах, та забезпечують високу вірогідність результатів вимірювань та аналізу за рахунок використання відпрацьованого внутрішнього програмного забезпечення, швидку адаптацію при зміні алгоритмів управління процесами.

Аналіз попередніх досліджень

Необхідність оперативного контролю для запобігання зміні оптичних характеристик фотополімерних композицій УФ-лаків та дотримувannya якості лакованих відбитків вимагають подальшого вдосконалення методів визначення параметрів різноманітного характеру, ефективність застосування яких залежить від використання сучасних засобів автоматизації процесів вимірювання та визначення технологічних параметрів [2].

Створення якісних композицій УФ-лаків, які сприяли би зменшенню кольорних спотворень відбитків при лакуванні по-сирому і, як наслідок, зменшення впливу технологічного середовища на елементи друкарської системи, потребує використання уніфікованих багатофункціональних автоматизованих систем контролю параметрів.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



Це можливо здійснювати лише за рахунок використання сучасних цифрових систем на основі спеціальних програмно-технічних засобів, які дозволяють інтегрувати процеси вимірювання, визначення, контролю та аналізу у єдину систему для стабілізації технологічних параметрів процесу друку [3].

Мета роботи

Розробка системи для автоматизації вимірювання та статистичного визначення коефіцієнту пропускання та оптичної густини фотополімерних композицій (ФПК) УФ-лаків і лакованих відбитків із застосуванням програмно-апаратних засобів з проблемною орієнтацією.

Результати проведених досліджень

Автоматизація процесів виміру та аналізу коефіцієнту пропускання та оптичної густини ФПК УФ-лаків і лакованих відбитків (рис. 1) будується на основі схеми використання концентраційного фотокolorиметра, та програмно-апаратних засобів, керованих ПЕОМ, які складаються з аналого-цифрового перетворювача (АЦП), ЕОМ з програмним забезпеченням для аналізу значень з застосуванням засобів автоматизації програмування на основі проблемно-орієнтованого програмного забезпечення та підсистеми математичної обробки результатів.

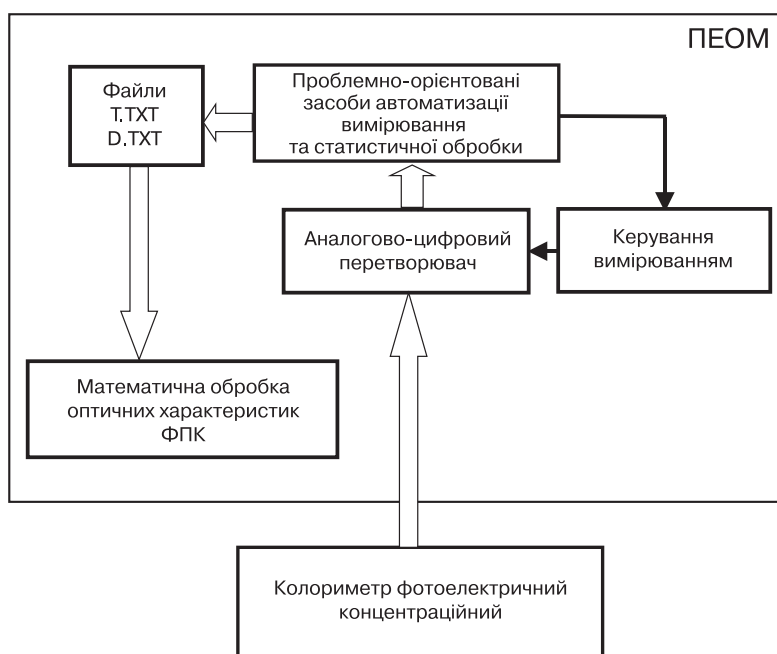
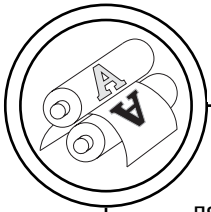


Рис. 1. Структурна схема автоматизації вимірювання та статистичного визначення оптичних характеристик ФПК



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Ця концепція системи дозволяє створити якісно нову інформаційну технологію для прийняття оперативних рішень на основі сучасних ЕОМ, яка забезпечує об'єктивність, надійність, точність вимірювання технологічних параметрів, а також дозволяє формувати інтегровану базу даних технологічних параметрів у часі та просторі і надає гнучкість при зміні технології.

Процес виміру базується на використанні значень напруги, які відтворюють значення коефіцієнту пропускання та оптичної густини ФПК. Ці значення вимірюються за допомогою АЦП під управлінням ЕОМ і записуються у цифровому вигляді у ЕОМ для подальшої обробки та аналізу.

Вимірювання виконується за допомогою 12-ти розрядного

двійкового аналого-цифрового перетворювача, з діапазоном вимірюваних вхідних значень напруги від 0 В до 0,1 В. У відповідності з цим обчислюється уніфіковане значення КР для визначення коефіцієнту пропускання Т і оптичної густини D:

$$КР = PV \cdot U / 4096,$$

де U — вихідне значення аналого-цифрового перетворювача; 4096 — кількість одиниць АЦП; PV — діапазон вимірюваних вхідних значень напруги.

Враховуючи діапазони вимірювання на колориметрі коефіцієнтів пропускання від 0 до 100 % і оптичної густини від 0 до 1,3, залежності для їх обчислення мають такий вигляд:

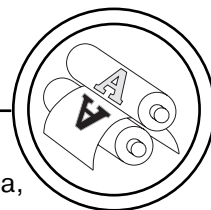
$$T = КР \cdot DKP / PV,$$

$$D = DOG \cdot КР / PV,$$

Програмний модуль IZ1.DAT
 МОДУЛЬ ВИМІРЮВАННЯ ТА ОБРОБКИ ДЛЯ СВІТЛОФІЛЬТРА №1
 НАЧ "Довжина хвилі=315 нм";
 ПАУ "ВСТАНОВИТИ СВІТЛОФІЛЬТР №1 ";
 ПРИ DKP =100; діапазон вимірювання для Т
 ПРИ DOG =1,3; діапазон вимірювання для D
 ПРИ PV=0,1; діапазон вимірювання напруги
 ПРИ N=16; кількість вимірювань
 ПРИ I=1;
 ВКЛ АЦП12 N1;
 1 ИЗМ U; - вимірювання на АЦП12 N1
 ПРИ КР = PV*U/4096;
 ПРИ T(I)= КР*DKP /PV;
 ВЫВ T(I);
 ПРИ D(I) =DOG*КР / PV;
 ВЫВ D(I);
 ПРИ I= I +1;
 ЕСЛ (I >N) ПЕР 5;
 ПЕР 1;
 5 ВЫВ " МАСИВИ ЗНАЧЕНЬ T(I) і D(I) СФОРМОВАНИ";
 КОН " ВИМІРЮВАННЯ ТА ОБРОБКА ЗАКІНЧЕНО ";

Рис. 2. Модуль вимірювання та обробки коефіцієнта пропускання та оптичної густини для світлофільтра № 1

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



де DKP — діапазон вимірювання для коефіцієнтів пропускання T ; DOG — діапазон вимірювання для оптичної густини D .

Увесь спектральний діапазон роботи колориметра (від 315 до 980 нм) поділено на спектральні інтервали, які виділяються за допомогою світлофільтрів (кількість світлофільтрів дорівнює $N = 11$).

Модуль вимірювання та обробки коефіцієнта пропускання та оптичної густини для світлофільтра № 1 на проблемно-орієнтованій мові наведено на рис. 2. Модулі вимірювання та обробки для світлофільтрів № 2-№ 11 аналогічні (треба тільки встановлювати необхідні світлофільтри при запиті програми).

Контроль вимірювальної інформації, тобто аналіз достовірності результатів вимірювання, базується на методах математичної статистики, які забезпечують статистичне оцінювання технологічних параметрів та методах виявлення та усунення випадкових відхилень результатів статистичного вимірювання параметрів. У зв'язку з цим вирішується задача обробки та аналізу, з обґрунтуванням середнього, як найкращої оцінки при розподіленні вимірів у відповідності з законом Гауса $f_{x,\sigma}(X)$ [4, 6]. Для статистичного оцінювання обчислюється найкраща оцінка X та ширина очікуваного розподілення σ за результатами n вимірів:

$$X = x_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}},$$

де x_i — значення параметра, що вимірюється, в одиницях АЦП; n — кількість вимірів.

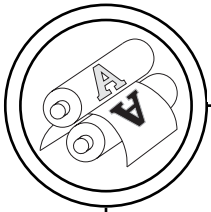
Після цього ведеться аналіз, чи задовольняє фактичне розподілення експериментальних вимірювань X_1, X_2, \dots, X_n гіпотезі, що результати розподілені у відповідності з законом Гауса $f_{x,\sigma}(X)$ і з оціненими раніше X і σ [5].

Модуль статистичного оцінювання та визначення коефіцієнта пропускання для світлофільтра № 1 на проблемно-орієнтованій мові наведено на рис. 3.

Модулі статистичного оцінювання та визначення коефіцієнта пропускання для світлофільтрів № 2-№ 11 аналогічні, за винятком того, що в виділеному (жирним шрифтом) фрагменті № 2 програми замість номера світлофільтра № 1 ($l = 1$), треба вказати необхідний номер світлофільтра ($l = 1, 2, \dots, 11$).

Модуль статистичного оцінювання та визначення оптичної густини для світлофільтра № 1, 2, ..., 11 аналогічні, за винятком того, що в виділеному (жирним шрифтом) фрагменті № 1 програми уніфікований масив вихідних значень $X(l)$ треба заповнювати вимірюваними значеннями не коефіцієнтів пропускання $T(J)$, а оптичної густини $D(J)$, а результати обробки записувати в виділеному фрагменті № 2 програми в зовнішній файл не T.TXT (файл значень коефіцієнтів пропускання для світлофільтрів № 1-№ 11), а в D.TXT (файл значень оптичної густини для світлофільтрів № 1-№ 11).

Для автоматизації процесу формування файлів T.TXT та



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Програмний модуль ST1.DAT
 МОДУЛЬ СТАТИСТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА
 ПРОПУСКАННЯ СВІТЛОФІЛЬТРА № 1
 НАЧ "ВИЗНАЧЕННЯ ХСР ТА SIG";

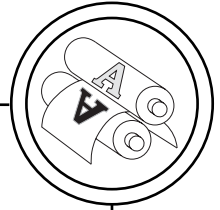
```

ПРИ J=1;
92 ПРИ X(J)=T(J);
ПРИ J=J+1;
ЕСЛ (J<=N) ПЕР 92;
    ПРИ L=1;
10 ПРИ I=1;
    ПРИ S=0;
    1 ПРИ S=S+X(I);
      ПРИ I=I+1;
      ЕСЛ (I<=N) ПЕР 1;
      ПРИ ХСР=S/N;
      ПРИ I=1;
      ПРИ SI=0;
    2 ПРИ XI=X(I);
      ПРИ SI=SI+(XI-ХСР)^2;
      ПРИ I=I+1;
      ЕСЛ (I<=N) ПЕР 2;
      ПРИ N1=N-1;
      ПРИ SIG1=SI/N1;
      ПРИ GN=SIG1;
      ПРИ G=0;
91 ПРИ G=G+0.1;
    ПРИ G1=G*G;
    ЕСЛ (G1>GN) ПЕР 90;
    ПЕР 91;
90 ПРИ SIG=G;
    ВЫВ ХСР,SIG;
    ПРИ G1=ХСР-SIG;
    ПРИ G2=ХСР+SIG;
    ВЫВ G1,G2;
    ВЫВ "ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЯ Х^2";
    ПРИ Q(1)=0;
    ПРИ Q(2)=0;
    ПРИ Q(3)=0;
    ПРИ Q(4)=0;
    ПРИ R(1)=0.16;
    ПРИ R(2)=0.34;
    ПРИ R(3)=0.34;
    ПРИ R(4)=0.16;
    ПРИ I=1;
    4 ЕСЛ (X(I)<=G1) ПЕР 16;
      ЕСЛ (X(I)<=ХСР) ПЕР 17;
      ЕСЛ (X(I)<=G2) ПЕР 18;
      ПЕР 19;
16 ПРИ Q(1)=Q(1)+1;
    ПЕР 20;
17 ПРИ Q(2)=Q(2)+1;
    ПЕР 20;
18 ПРИ Q(3)=Q(3)+1;
    ПЕР 20;
19 ПРИ Q(4)=Q(4)+1;
20 ПРИ I=I+1;
  
```

} **фрагмент № 1**

Рис. 3. Модуль статистичного оцінювання та визначення

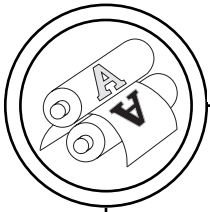
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



ЕСЛ ($I \leq N$) ПЕР 4;
 ВЫВ $Q(1), Q(2), Q(3), Q(4)$;
 ПРИ $K=1$;
 ПРИ $SIK=0$;
 15 ПРИ $E(K)=N \cdot P(K)$;
 ПРИ $SIK=SIK+(Q(K)-E(K))^2/E(K)$;
 ПРИ $K=K+1$;
 ЕСЛ ($K \leq 4$) ПЕР 15;
 ВЫВ SIK ;
 ВЫВ "АНАЛІЗ $SIK \leq 4$ ";
 ВЫВ "ПЕРЕХІД ДО АНАЛІЗУ КРИТЕРІЯ χ^2 ";
 ЕСЛ ($SIK \leq 4$) ПЕР 9;
 ВЫВ "ВИМІРЮВАННЯ НЕ РОЗПОДІЛЕНІ НОРМАЛЬНО";
 ПРИ $I=1$;
 ПРИ $XI=X(I)$;
 ПРИ $RA=XI-XCP$;
 ЕСЛ ($RA \geq 0$) ПЕР 50;
 ПРИ $RA=-RA$;
 50 ПРИ $X1=RA$;
 ПРИ $J=I$;
 ПРИ $SUS=X(J)$;
 ПРИ $I=2$;
 6 ПРИ $XI=X(I)$;
 ПРИ $RA=XI-XCP$;
 ЕСЛ ($RA \geq 0$) ПЕР 60;
 ПРИ $RA=-RA$;
 60 ЕСЛ ($RA > X1$) ПЕР 5;
 ПЕР 14;
 5 ПРИ $J=I$;
 ПРИ $X1=RA$;
 ПРИ $SUS=X(J)$;
 14 ПРИ $I=I+1$;
 ЕСЛ ($I \leq N$) ПЕР 6;
 ПРИ $SA=SUS-XCP$;
 ЕСЛ ($SA \geq 0$) ПЕР 70;
 ПРИ $SA=-SA$;
 70 ПРИ $T=SA/SIG$;
 ПРИ $P1=-0,468 \cdot T^5 + 4,8374 \cdot T^4$;
 ПРИ $P2=-14,529 \cdot T^3 - 3,557 \cdot T^2 + 81,915 \cdot T - 0,1228$;
 ПРИ $P=P1+P2$;
 ЕСЛ ($P < 1$) ПЕР 80;
 ПРИ $P=0.9999$;
 80 ПРИ $T1=(1-P) \cdot N$;
 ЕСЛ ($T1 < 0,5$) ПЕР 8;
 ПРИ $I=1$;
 8 ПРИ $X(J)=XCP$;
 ПРИ $L=L+1$;
 ЕСЛ ($L \leq 5$) ПЕР 10;
 ПАУ "ПРИЙМАЙТЕ РІШЕННЯ - Є ПОМИЛКА ?????";
 ПЕР 24;
 9 ПРИ $T1=XCP$;
 ПРИ $I=1$;
 ПРИ $T(I)=T1$;
 ЗАП $T(I) > T.TXT$;
 ВЫВ "ВИМІРЮВАННЯ РОЗПОДІЛЕНІ НОРМАЛЬНО !!!!!";
 24 КОН "ПРОЦЕС ОБРОБКИ ЗАКІНЧЕНО";

фрагмент № 2

коефіцієнта пропускання для світлофільтра № 1



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

SO.PRO	- ім'я програмної оболонки
IZ1.DAT	- модуль вимірювання та обробки для світлофільтра № 1
ST1.DAT	- модуль статистичної обробки коефіцієнта пропускання
SD1.DAT	- модуль статистичної обробки оптичної густини
IZ2.DAT	- модуль вимірювання та обробки для світлофільтра № 2
ST2.DAT	- модуль статистичної обробки коефіцієнта пропускання
SD2.DAT	- модуль статистичної обробки оптичної густини
.....	
.....	
.....	
IZ11.DAT	- модуль вимірювання та обробки для світлофільтра № 11
ST11.DAT	- модуль статистичної обробки коефіцієнта пропускання
SD11.DAT	- модуль статистичної обробки оптичної густини

Рис. 4. Програмна оболонка послідовності виконання модулів вимірювання та статистичного визначення оптичних характеристик ФПК

D.TXT використовується програмна оболонка SO.PRO проблемно-орієнтованих засобів (рис. 4), в якій визначається послідовність виконання програмних модулів в середовищі транслятора IN100.EXE [1].

Програмні модулі IZ1.DAT-IZ11.DAT призначені для вимірювання та обробки коефіцієнтів пропускання та оптичної густини з використанням світлофільтрів № 1-№ 11 відповідно. Програмні модулі ST1.DAT-ST11.DAT призначені для статистичної обробки множини вимірів коефіцієнта пропускання з використанням світлофільтрів № 1-№ 11 відповідно, а програмні модулі SD1.DAT-SD11.DAT призначені для статистичної обробки множини вимірів оптичної густини з використанням світлофільтрів № 1-№ 11 відповідно.

Дослідження процесів аналізу та обробки експериментальних вимірів показують, що достовірність результатів зростає з кількістю вимірів $n \geq 16$, а програмні засоби надають змогу

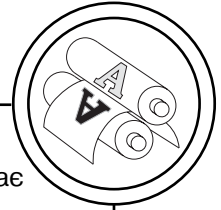
використовувати результати вимірювання, які не протирічають статистичній гіпотезі оцінювання та визначення значення параметрів. Час обробки та аналізу за результатами 16-и вимірів дорівнює 1,15-1,25 мс, що дозволяє ефективно вирішувати задачі визначення параметрів якості лакованих відбитків і їх нормованих величин відхилень.

Висновки

1. Автоматизація процесів виміру, статистичного визначення та аналізу коефіцієнту пропускання та оптичної щільності фотополімерних композицій УФ-лаків і лакованих відбитків здійснюється завдяки використанню системи на основі проблемно-орієнтованого програмного забезпечення, яка дозволяє створити якісно нову інформаційну технологію для прийняття оперативних рішень на основі сучасних ЕОМ.

2. Застосування проблемно-орієнтованих засобів забезпечує об'єктивність, надійність, точність вимірювання техноло-

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



гічних параметрів, дозволяє формувати інтегровану базу даних технологічних параметрів і надає гнучкість при зміні технології.

1. Морфлюк В. Ф. Проблемно-орієнтовані засоби керування технологічним процесом друку / В. Ф. Морфлюк // Збірник наукових праць УАД «Комп'ютерні технології друкарства». — Львів, 2002. — № 8. — С. 47—49. 2. Ефимов М. В. Автоматизация технологических процессов полиграфии / М. В. Ефимов, Г. Д. Толстой. — М. : Книга, 1989. — 512 с. 3. Морфлюк В. Ф. Автоматизация процесів контролю технологічних параметрів поліграфічного устаткування / В. Ф. Морфлюк // Друкарство. — 2001. — № 1. — С. 34—35. 4. Иванова В. М. Математическая статистика / В. М. Иванова, В. Н. Калинина, Л. А. Нешумова, И. О. Решетникова. — М. : Высш. школа, 1975. — 398 с. 5. Морфлюк В. Ф. Статистичне оцінювання та визначення натягу паперового полотнища у рулонних друкарських машин / В. Ф. Морфлюк // Друкарство. — 2003. — № 3(50). — С. 62—64. 6. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок : пер. с англ. / Дж. Тейлор. — М. : Мир, 1985. — 272 с.

Рецензент — О. П. Коханівський,
к.ф.-м.н., доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 17.09.09