

**ЦИФРОВЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И СТАТИСТИЧЕСКОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФОТОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ****DIGITAL TOOLS OF MEASURING AND STATISTICAL
DETERMINATION OF OPTICAL DESCRIPTIONS OF FOTOPOLIMER'S
COMPOSITIONS**

Валерий Морфлюк, к.т.н., доцент
НТУУ “КПИ” – Киев, Украина

Владимир Чуркин, с.н.с.
НТУУ “КПИ” – Киев, Украина

Виктория Морфлюк-Щур, асп.
НТУУ “КПИ” – Киев, Украина

Abstract

Require the necessity of control of optical descriptions of fotopolimer's compositions on the basis of ultraviolet varnishes and quality of the lacquered imprints subsequent perfection of methods of determination of parameters of various character, efficiency of application of which relies on the use of modern tools of automation of processes of measuring and determination of technological parameters.

The analysis of authenticity of results of measuring is based on the methods of mathematical statistics, which provide the statistical evaluation of technological parameters and methods of exposure and removal of accidental rejections of results of the statistical measuring of parameters.

The use of the modern digital systems is the actual decision of problem on the basis of the special soft- and hardwares, which allow to integrate the processes of measuring, treatment and analysis, in the single system and provide objectivity and exactness of determination of optical descriptions of fotopolimer's compositions.

Keywords: *fotopolimer's compositions, kolorimetr, statistical treatment of results of measuring, normal distribution of measuring, objective digital determination, technological process, the problem-oriented tools, problem-oriented software.*

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость контроля оптических характеристик фотополимерных композиций на основе ультрафиолетовых (УФ) лаков и качества лакированных отпечатков требуют последующего совершенствования методов определения параметров различного характера, эффективность применения которых зависит от использования современных средств автоматизации процессов измерения и определения технологических параметров [1].

Анализ достоверности результатов измерения базируется на методах математической статистики, которые обеспечивают статистическую оценку технологических параметров и методах выявления и устранения случайных отклонений результатов ста

тистического измерения параметров.

Актуальным решением проблемы является использование современных цифровых систем на основе специальных программно-технических средств [2], которые позволяют интегрировать процессы измерения, обработки и анализа в единую систему и обеспечивают объективность и точность определения оптических характеристик фотополимерных композиций.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Автоматизация процессов измерения и анализа коэффициентов пропускания и оптической плотности фотополимерных композиций (ФПК) ультра-фиолетовых (УФ) лаков и лакированных оттисков (рис. 1) строится на основе схемы использования concentra-

ционного фотоколориметра и программно-аппаратных средств, управляемых ПЭВМ [3].



Рис. 1. Структурная схема средств автоматизации измерения и статистического определения оптических характеристик ФПК

В состав системы входят также аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), проблемно-ориентированные средства автоматизации измерения и статистической обработки и подсистема математической обработки результатов измерений. Эта концепция системы позволяет обеспечивать объективность, надежность, точность измерения технологических параметров, а также формировать интегрированную базу данных технологических параметров.

Процесс измерения базируется на использовании значений напряжения, которые отображают значения коэффициента пропускания и оптической плотности ФПК. Эти значения измеряются с использованием АЦП под управлением ЭВМ и записываются в цифровом виде в ЭВМ для последующей обработки и анализа. Измерение выполняется с применением 12-ти разрядного двоичного аналого-цифрового преобразователя с диапазоном измеряемых входных значений напряжения от 0 В до 0,1 В. В соответствии с этим вычисляется унифицированное зна-

чение КР для определения коэффициента пропускания Т и оптической плотности D:

$$KP = PV \cdot \frac{U}{4096}, \quad (1)$$

где U - выходное значение напряжения аналого-цифрового преобразователя;

4096 - количество единиц АЦП;

PV - диапазон измеряемых входных значений напряжения.

Учитывая диапазоны измерения на колориметре коэффициентов пропускания от 0 до 100% и оптической плотности от 0 до 1,3, зависимости для их вычисления имеют такой вид:

$$T = KP \cdot \frac{DKP}{PV} \quad (2)$$

$$D = KP \cdot \frac{DOG}{PV}, \quad (3)$$

где DKP - диапазон измерения для коэффициентов пропускания Т;

DOG - диапазон измерения для оптической плотности D.

Весь спектральный диапазон работы колориметра (от 315 до 980 нм) разделен на спектральные интервалы, которые выделяются посредством светофильтров (количество светофильтров равняется N=11). Модуль измерения и обработки коэффициента пропускания и оптической плотности для светофильтра № 1 на проблемно-ориентированном языке приведен на рис. 2. Модули измерения и обработки для светофильтров № 2 - № 11 аналогичные (нужно только устанавливать необходимые светофильтры при запросе программы).

```

Программный модуль IZ1.DAT
МОДУЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ (СВЕТОФИЛЬТР №1)
НАЧ "Длина волны=315 нм";
ПАУ "УСТАНОВИТЬ СВЕТОФИЛЬТР №1 ";
ПРИ DKP=100; Диапазон измерения для Т
ПРИ DOG=1,3; Диапазон измерения для D
ПРИ PV=0,1; Диапазон измерения напряжения
ПРИ N=16; Количество измерений
ПРИ I=1;
ВКЛ АЦП12 N1;
1 ИЗМ U; - измерения на АЦП12 N1
ПРИ KP = PV*U/4096;
ПРИ T(I)= KP*DKP / PV;
ВЫВ T(I);
ПРИ D(I)=DOG*KP / PV;
ВЫВ D(I);
ПРИ I= I +1;
ЕСЛ (I > N) ПЕР 5;
ПЕР 1;
5 ВЫВ " МАССИВЫ ЗНАЧЕНИЙ T(I) i D(I)";
КОН " ОБРАБОТКА ЗАКОНЧЕНА ";

```

Рис. 2. Модуль измерения и обработки коэффициента пропускания и оптической плотности -светофильтр №1

Контроль измеряемой информации, то есть анализ достоверности результатов измерения, базируется на методах математической статистики, которые обеспечивают статистическую оценку оптических характеристик и методах обнаружения и устранения случайных отклонений результатов измерения характеристик. В связи с этим решается задача обработки и анализа, с обоснованием среднего, как наилучшей оценки при распределении измерений в соответствии с законом Гаусса $f_{x,\sigma}(X)$ [4, 6].

Для статистической оценки вычисляется наилучшая оценка X и ширина ожидаемого распределения σ по результатам n измерений:

$$X = x_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n-1}}, \quad (5)$$

где x_i - значение параметра, которое измеряется в единицах АЦП.

После этого ведется анализ, удовлетворяет ли фактическое распределение экспериментальных измерений $x_1, x_2, \dots, x_n$ гипотезе, что результаты распределены в соответствии с законом Гаусса $f_{x,\sigma}(X)$ и с оцененными ранее X и σ [5]. Модуль статистической оценки и определения коэффициента пропуска для светофильтра № 1 на проблемно-ориентированном языке приведен на рис. 3.

Программный модуль ST1.DAT

МОДУЛЬ СТАТОБРАБОТКИ (СВЕТОФИЛЬТР №1)
НАЧ "ОПРЕДЕЛЕНИЕ 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-XCP)^2; ПРИ I=I+1; ЕСЛ (I<=N) ПЕР 2;	}	фрагмент № 1
---	---	--------------

```

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;
ПРИ G1=XCP-SIG;
ПРИ G2=XCP+SIG;
ВЫВ "ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ  $\chi^2$ ";
ПРИ Q(1)=0;
ПРИ Q(2)=0;
ПРИ Q(3)=0;
ПРИ Q(4)=0;
ПРИ P(1)=0.16;
ПРИ P(2)=0.34;
ПРИ P(3)=0.34;
ПРИ P(4)=0.16;
ПРИ I=1;
4 ЕСЛ (X(I)<=G1) ПЕР 16;
ЕСЛ (X(I)<=XCP) 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;
ЕСЛ (I<=N) ПЕР 4;
ПРИ K=1;
ПРИ SIK=0;
15 ПРИ E(K)=N*P(K);
ПРИ SIK=SIK+(Q(K)-E(K))^2/E(K);
ПРИ K=K+1;
ЕСЛ (K<=4) ПЕР 15;
ВЫВ SIK;
ВЫВ "АНАЛИЗ SIK <= 4";
ВЫВ "ПЕРЕХОД К АНАЛИЗУ КРИТЕРИЯ  $\chi^2$ ";
ЕСЛ (SIK<=4) ПЕР 9;
ВЫВ "РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕ НОРМАЛЬНОЕ";
ПРИ I=1;
ПРИ XI=X(I);
ПРИ РА=XI-XCP;
ЕСЛ (РА>=0) ПЕР 50;
ПРИ РА=-РА;
50 ПРИ X1=РА;
ПРИ J=1;
ПРИ SUS=X(J);
ПРИ I=2;
6 ПРИ XI=X(I);
ПРИ РА=XI-XCP;
ЕСЛ (РА>=0) ПЕР 60;
ПРИ РА=-РА;
60 ЕСЛ (РА>X1) ПЕР 5;
ПЕР 14;
5 ПРИ J=I;
ПРИ X1=РА;

```

```

    ПРИ SUS=X(J);
14 ПРИ I=I+1;
    ЕСЛ (I<=N) ПЕР 6;
    ПРИ SA=SUS-XCP;
    ЕСЛ (SA>=0) ПЕР 70;
    ПРИ SA=-SA;
70 ПРИ T=SA/SIG;
    ПРИ P1=0,468 *T^5+4,8374*T^4;
    ПРИ P2=-14,529*T^3-3,557*T^2+81,915*T-
    0,1228;
    ПРИ P=P1+P2;
    ЕСЛ (P<1) ПЕР 80;
    ПРИ P=0.9999;
80 ПРИ T1=(1-P)*N;
    ЕСЛ (T1<0,5) ПЕР 8;
    ПРИ I=1;
8 ПРИ X(J)=XCP;
    ПРИ L=L+1;
    ЕСЛ (L<=5) ПЕР 10;
    ПАУ "ПРИНИМАЙТЕ РЕШЕНИЕ -ОШИБКА";
    ПЕР 24;
9 ПРИ T1=XCP;
    ПРИ I=1;
    ПРИ T(I)=T1;
    ЗАП T(I)>T.TXT;
    ВЫВ "РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЕ";
24 КОН " ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ЗАКОНЧЕН";

```

фрагмент № 2

Рис. 3. Модуль статистической оценки и определения коэффициента пропускания для светофильтра № 1

Модули статистической оценки и определения коэффициента пропускания для светофильтров №2 - № 11 аналогичные, за исключением того, что в выделенном жирным шрифтом фрагменте №2 программы вместо номера светофильтра № 1 (I=1), нужно указать необходимый номер светофильтра (I=1, 2 ..., 11).

Модуль статистической оценки и определения оптической плотности для светофильтра № 1, 2 ..., 11 аналогичные, за исключением того, что в выделенном жирным шрифтом фрагменте № 1 программы унифицированный массив исходных значений X(I) нужно заполнять измеряемыми значениями не коэффициентов пропускания T(J), а оптической плотности D(J), а результаты обработки записывать в выделенном фрагменте № 2 программы во внешний файл не T.TXT (файл значений коэффициентов пропускания для светофильтров №1 - №11), а в D.TXT (файл значений оптической плотности для светофильтров №1-№11). Автоматизация процесса формирования файлов T.TXT и D.TXT базируется на использовании программной оболочки S.PRO про-

блемно-ориентированных средств (рис. 4), в которой определяется последовательность выполнения программных модулей в среде транслятора IN100.EXE [2,5].

S.PRO

```

IZ1. ST1
SD1.DAT
IZ2.DAT
ST2.DAT
SD2.DAT
....
....
....
IZ11.DAT
ST11.DAT
SD11.DAT

```

Рис. 4. Программная оболочка последовательности выполнения модулей измерения и статистического определения оптических характеристик ФПК

Программные модули IZ1.DAT- IZ11.DAT предназначены для измерения и обработки коэффициентов пропускания и оптической плотности с использованием светофильтров №1- №11 соответственно. Программные модули ST1.DAT - ST11.DAT предназначены для статистической обработки множества измерений коэффициента пропускания с использованием светофильтров №1- №11 соответственно, а программные модули SD1.DAT - SD11.DAT предназначены для статистической обработки множества измерений оптической плотности с использованием светофильтров №1- №11 соответственно.

Исследования процессов анализа и обработки экспериментальных измерений показывают, что достоверность результатов увеличивается с количеством измерений ($n \geq 16$), а программные средства обеспечивают возможность использовать результаты измерений, которые не противоречат статистической гипотезе оценивания исследуемых характеристик. Время обработки и анализа по результатам 16-и измерений равно примерно 1,15-1,25 мсек, что позволяет эффективно решать задачи обработки характеристик качества лакированных отливок и их нормируемых величин отклонений.

ВЫВОДЫ

1. Автоматизация процессов измерения, статистического определения и анализа коэффициентов пропускания и оптической плотности фотополимерных композиций УФ - лаков и лакированных оттисков осуществляется благодаря использованию проблемно-ориентированных средств, которые позволяют создать качественно новую информационную технологию для принятия оперативных решений на основе современных ЭВМ.

2. Применение средств с проблемной ориентацией обеспечивает объективность, надежность, точность измерения технологических параметров, позволяет формировать интегрированную базу данных технологических параметров и предоставляет гибкость при изменении технологии.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ефимов М.В., Толстой Г.Д. Автоматизация технологических процессов полиграфии. –

М.: Книга, 1989. – 512с.

[2] Морфлюк В.Ф. Проблемно-орієнтовані засоби керування технологічним процесом друку. – Збірник наукових праць УАД "Комп'ютерні технології друкарства", Львів, 2002, № 8, с. 47–49.

[3] Морфлюк В.Ф. Автоматизація процесів контролю технологічних параметрів поліграфічного устаткування. – Друкарство, 2001, № 1, с. 34–35.

[4] Иванова В. М., Калинина В. Н., Нешумова Л. А., Решетникова И. О. Математическая статистика. – М.: Высш. школа, 1975. – 398 с.

[5] Морфлюк В.Ф. Статистичне оцінювання та визначення натягу паперового полотна у рулонних друкарських машин // Друкарство. – 2003. – № 3 (50). С. 62–64.

[6] Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Физ.-матем. литературы, 1958. – 464с.

[7] Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 272 с.