

УДК 655.366 : 681.65 : 681.628

*У роботі проведено вимірювання та статистичний аналіз спектрів штучних джерел освітлення. Отримані спектри було використано для побудови профілів відображення та виводу з урахуванням фактичних умов освітлення в задачі отримання екранної кольоропроби*

*Ключові слова: екранна кольоропроба, профіль, система керування кольором*

*В данной работе проведено измерение и статистический анализ спектров искусственных источников освещения. Полученные спектры использованы для построения профилей отображения и вывода с учетом фактических условий освещения в задаче получения экранной цветопробы*

*Ключевые слова: экранная цветопроба, профиль, система управления цветом*

*The numbers of artificial illuminants were investigated in this work. Obtained spectral power distribution curves were used for display and output profiles creation with a glance of actual conditions of illumination in a problem of soft colorproof.*

*Key words: soft colorproof, profile, color management system*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРОСМОТРА ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ЦВЕТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ ИЗДАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМАХ

**Н.С. Гурьева**

Аспирант\*

Контактный тел.: 8 (067) 110-09-96

E-mail: na\_ti@list.ru

**О.В. Драгомир**

Магистрант\*

Контактный тел.: 8 (063) 798-92-11

**П.Г. Романий**

Доктор технических наук, профессор\*

Контактный тел.: 8 (057) 702-13-78

\*Кафедра инженерной и компьютерной графики

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

## 1. Преобразование цветовой информации в издательских системах и постановка задачи исследования

При подготовке полиграфической продукции к печати следует учитывать, что потребитель воспринимает графическую информацию в условиях действующих источников освещения, количество которых в дальнейшем будем предполагать равным  $N$ . При визуальной оценке конечного полиграфического продукта потребителем на формирование основных стимулов в зрительной системе человека влияют условия просмотра, а также характеристики системы «краска-бумага». К условиям просмотра относят:

- условия освещения  $\tilde{C} = \{C_i\}_{i=1..N}$ , определяемые спектральным составом  $i$ -го источника излучения

$C_i = \{S_i(\lambda)\}$ , где  $S_i$  – спектр фактического источника излучения в видимом диапазоне длин волн 380..720 нм:  $\lambda = \{380 + j \cdot \Delta\lambda\}_{j=0..33}$ , а  $\Delta\lambda$  определяется шагом измерения прибора и равно 10 нм;

- особенности восприятия цвета зрительной системой человека – функции сложения  $x(\lambda), y(\lambda), z(\lambda)$ , определяющие отклики фоторецепторов стандартного наблюдателя.

К характеристикам системы «краска-бумага» относят цветные координаты точки белого носителя  $M_1 = \{\hat{X}_{т.б.}, \hat{Y}_{т.б.}, \hat{Z}_{т.б.}\}$  и спектральные коэффициенты отражения  $M_2 = \{\beta(\lambda)\}$ , зависящие от характеристик полиграфических красок и отражательной способности подложки. Эти два показателя образуют множество  $M = (M_1, M_2)$ .

Несмотря на разнообразие источников освещения, большинство используемых в промышленности могут быть стандартизированы. Такая стандартизация была предложена Международной комиссией по освещению (МКО), где было выделено несколько стандартных колориметрических излучателей А, В, С, D, Е и F [1]. Подобная стандартизация достаточно эффективна, однако для повышения качества репродуцирования и получения прогнозируемых цветов на оттиске необходимо включить в процесс цветовоспроизведения моделирование реальных условий просмотра.

Процесс цветовоспроизведения можно представить как последовательность операций преобразования цветовой информации изображения (рис. 1), в которых происходит обмен данными в аппаратно-зависимом и независимом цветовом пространстве.

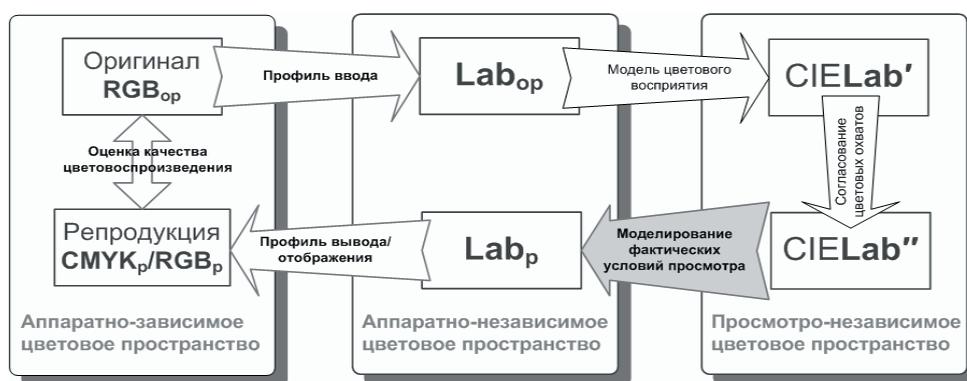


Рис. 1. Структурная схема преобразования цветовой информации

Моделирование преобразования цветовой информации с учетом фактических условий просмотра поднимают классические МКО-системы на уровень, который позволяет априори определить изменение цвета оттиска в зависимости от условий просмотра, что дает возможность высокоточной спецификации, контроля и репродуцирования цвета [2, 3]. Таким образом, возникает задача учета фактических условий освещения на стадии допечатной подготовки графической информации.

Целью данной работы является разработка модели преобразования цветовой информации с учетом фактических условий освещения. Решение этой задачи связано с измерением и классификацией фактических условий освещения помещений в зависимости от вида полиграфической продукции. Практическим результатом моделирования просмотра оттиска при разных источниках освещения в конечном счете является формирование профилей вывода и отображения с целью построения экранной цветопробы.

## 2. Системная модель процесса цветовоспроизведения

Системная модель включает структурно-параметрическое и функциональное описания, содержит множество характеристик, функций и отображений, а также цель репродукционного процесса:

$$S = \langle X, O, v, U, C, M, F, Q \rangle, \quad (1)$$

где  $X = \{L_i, a_i, b_i\}_{i=1, \dots, m}$  – набор координат элементов изображения, характеристики оттиска  $X = F(O, v, U, C, M)$ ;  $O = \{R_i, G_i, B_i\}_{i=1, \dots, n}$  – набор координат пикселей изображения, характеристики оригинала;  $v = \{\Phi_{ij}, \Psi_{ij}\}$  профили устройств, определяемые набором отображений  $\Phi_{ij}$  и  $\Psi_{ij}$ , осуществляющих прямое и обратное преобразование между аппаратно-зависимым и аппаратно-независимым цветовыми пространствами  $i$ -го устройства для  $j$ -й цели цветопередачи;  $U$  – параметры управления – градационные преобразования, цветокоррекция;  $F$  – оператор, описывающий технологический процесс цветовоспроизведения в полиграфической системе;  $Q$  – оценка качества цветовоспроизведения.

Целью репродукционного процесса является получение прогнозируемого цвета на оттиске путем решения задачи:

$$P(X, X^*) \rightarrow \min_x, \quad (2)$$

где  $P$  – цветное отличие, которое определяется метрикой  $\Delta E$  в аппаратно-независимом пространстве  $Lab$ , а  $X^*$  – желаемые значения  $Lab$  координат оттиска для заданного типа освещения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу формирования много-

мерных таблиц соответствия с учетом фактических условий просмотра оттисков для построения профилей отображения и вывода. Многомерные таблицы соответствия являются основной частью профиля устройства, которые устанавливают связь между аппаратно-зависимыми и аппаратно-независимыми цветовыми координатами.

## 3. Построение профиля цветовоспроизводящего устройства

Профиль устройства определяет связь между координатами цветового пространства устройства RGB и аппаратно-независимыми координатами Lab на основе тестовой шкалы, представляющей собой выборку из цветового пространства устройства. Учет фактических условий освещения происходит на этапе расчета Lab координат полей тестовой шкалы:

$$\begin{aligned} L &= 116 \left[ f \left( \frac{Y}{\hat{Y}_{т.б.}} \right) \right] - 16, \\ a &= 500 \left[ f \left( \frac{X}{\hat{X}_{т.б.}} \right) - f \left( \frac{Y}{\hat{Y}_{т.б.}} \right) \right], \\ b &= 200 \left[ f \left( \frac{Y}{\hat{Y}_{т.б.}} \right) - f \left( \frac{Z}{\hat{Z}_{т.б.}} \right) \right], \end{aligned} \quad (3)$$

где  $X, Y, Z$  – значения, полученные методом взвешенных ординат из измеренных спектров отражения [4]:

$$\begin{aligned} X &= k \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \\ Y &= k \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \\ Z &= k \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \end{aligned} \tag{4}$$

$$k = 100 / \sum_{\lambda} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \Delta\lambda = \beta(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \tag{5}$$

где  $\sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \Delta\lambda$  – каждая ордината кривой.

В существующем программном обеспечении при построении профилей используется стандартный осветитель D50, в реальности отличающийся от фактических условий просмотра, поэтому при заполнении таблиц соответствия профиля на этапе пересчета спектров отражения и вычисления аппаратно-независимых координат в данной работе предлагается использовать спектры фактических условий освещения  $\tilde{C} = \{C_i\}_{i=1..N}$ .

#### 4. Классификация фактических условий просмотра полиграфической продукции конечным потребителем в зависимости от типа продукции

В работе рассмотрены основные виды искусственных источников освещения: 1. Люминесцентные лампы (газоразрядные лампы низкого давления). Применяются для освещения в помещениях: общественных зданий, учебных заведений, торговых помещений (супермаркеты, гипермаркеты, торговые площадки); 2. Газоразрядные лампы высокого давления. Применяются для освещения: в торговых помещениях (супермарке-

ты, гипермаркеты, торговые площадки), освещение в метро; 3. Лампы накаливания или как альтернатива энергосберегающие лампы применяются для освещения жилых помещений; 4. Галогенные лампы применяются для освещения наружной рекламы, для специальной подсветки, а также освещения в театрах и на съемочных площадках.

В ходе исследования проведена классификация фактических условий просмотра в зависимости от типа наблюдаемой полиграфической продукции рис. 2.

Экспериментально были получены спектры  $C_i = \{S_i(\lambda)\}$  искусственных источников освещения в помещениях, которые являются исходными данными при моделировании (рис. 3).

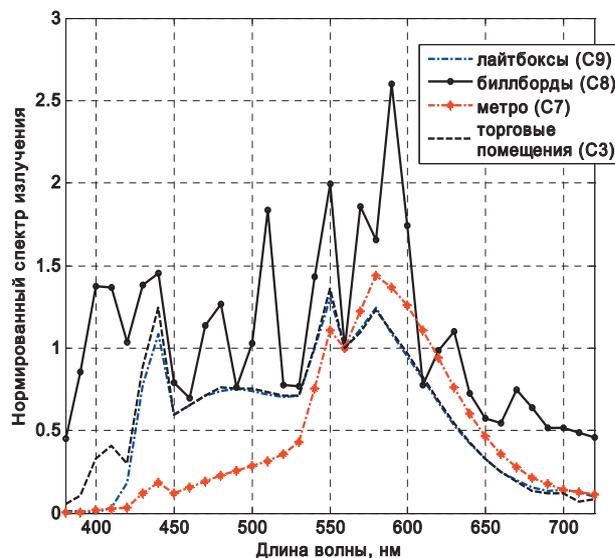


Рис. 3. Спектры фактических условий просмотра полиграфической продукции



Рис. 2. Классификация фактических условий просмотра полиграфической продукции

Проведено сравнение фактических условий просмотра со спектрами стандартных источников освещения. В качестве примера приведено сравнение спектров С3 искусственного освещения супермаркетов города Харькова и стандартного источника излучения F2, который применяется для моделирования широкополосных флуоресцентных ламп (рис. 4).

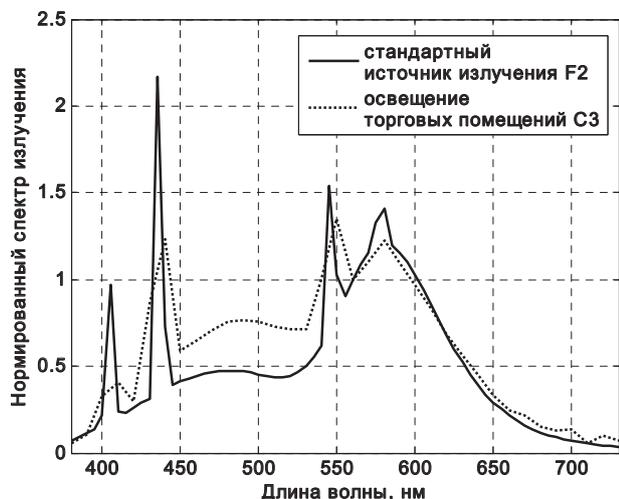


Рис. 4. Усредненные данные спектров искусственного освещения витрин и стандартного источника излучения F2.

При анализе результатов исследования было установлено, что реальные условия освещения не соответствуют стандартным. Таким образом, применение стандартизованных источников освещения в задаче получения экранной цветопробы не в полной мере обеспечивает точную и прогнозируемую цветопередачу.

### 5. Учет нестандартных условий освещения при построении экранной цветопробы

При моделировании искажений цвета, характерных для тиражного цвето-воспроизводящего устрой-

ства, проводят экранную цветопробу. За счет своей гибкости и управляемости, а также низкой себестоимости экранная цветопроба занимает одно из ведущих мест, наряду с цифровой и аналоговой цветопробой, и является стандартным способом утверждения цвета.

Экранная цветопроба показывает, как будет воспроизводиться изображение при печати с учетом характеристик: выводного устройства, печатных красок, запечатываемого материала и фактических условий освещения.

Задача построения экранной цветопробы может быть формально записана в виде (1) следующим образом:  $P(X^{экр.ц.п.}, X^*) \rightarrow \min_{X^{экр.ц.п.}}$ , где  $X^{экр.ц.п.} = F(O, \Phi^{выв.кolorим}, \Psi^M_{colorим}, U, C, M)$  – цвета воспроизводимые при экранной цветопробе.

Этапы построения экранной цветопробы:

- а) определение спектральных характеристик освещения, при котором будет оцениваться цвет печатного образца –  $C = \{S(\lambda)\}$ ;
- б) формирование профиля имитируемого устройства (принтера, печатной машины) в формате ICC

$$v_{вывода} = \{ \Phi^{выв.кolorим}, \Psi^{выв.кolorим}, \Phi^{выв.восприят}, \Psi^{выв.восприят}, \Phi^{выв.насыщ}, \Psi^{выв.насыщ} \};$$

- в) формирование профиля имитирующего оборудования – монитора.

При этом цветовой охват монитора должен быть больше цветового охвата имитируемого печатного устройства

$$v_M = \{ \Phi^M_{colorим}, \Psi^M_{colorим}, \Phi^M_{восприят}, \Psi^M_{восприят}, \Phi^M_{насыщ}, \Psi^M_{насыщ} \};$$

- г) внедрение полученных профилей в систему управления цветом для пересчета цветовых характеристик между имитируемым и имитирующим устройствами (рис. 5).



Рис. 5. Схема пересчета цветовых характеристик оригинала в процессе проведения экранной цветопробы

При этом препресс-инженер на экране профессионального калиброванного монитора моделирует цвет, который увидит потребитель при рассматривании готовой полиграфической продукции. По формулам (3) – (5) рассчитаны CIELAB-координаты шести основных цветов с использованием спектра стандартного осветителя D50 и спектров фактического освещения. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Аналогичным образом рассчитаны CIELAB-координаты для всех полей тестовой шкалы IT 8.7/3, на основе которой формируются профили имитируемого печатного устройства. Эти профили моделируют различные условия просмотра для каждого типа помещения С1..С9 и в совокупности с профилем отображения обеспечивают построение адекватной экранной цветопробы.

Таблица 1

CIELAB-координаты для полей, рассчитанные с использованием спектра D50 и фактического освещения

Образец	Lab-координаты при различных типах освещения				
	D50	C1	C3	C7	C8
Голубой	52, -34, -48	50, -30, -45	57, -37, -49	51, -36, -44	52, -27, -45
Малиновый	46, 70, -2	44, 72, -8	45, 73, 4	47, 75, -6	46, 68, -7
Желтый	86, -3, 94	86, -5, 90	84, -7, 97	86, 2, 91	85, -6, 88
Синий	25, -5, -55	26, 6, -52	23, 5, -58	21, 2, -48	20, 4, -45
Красный	44, 65, 46	40, 62, 36	45, 67, 43	41, 69, 40	42, 64, 36
Зеленый	47, -64, 26	45, -58, 21	44, -62, 23	45, -61, 28	43, -68, 29

## 6. Выводы

В работе проведено измерение и статистическая обработка спектров искусственных источников освещения. Приведенные в работе спектральные характеристики показывают, что реальные условия освещения не соответствуют стандартным. Измеренные и усредненные данные спектров освещения жилых, торговых и общественных помещений использованы для построения профилей отображения и вывода с учетом фактических условий освещения. Предложена схема построения экранной цветопробы, как более оперативного и недорогого эквивалента аналоговой или цифровой. Данный подход позволит специалисту по допечатной подготовке моделировать цвета, которые увидит потребитель при рассмотрении готового оттиска.

## Литература

1. Фрэзер Б. Управление цветом. Искусство допечатной подготовки. - Киев: "ДиаСофт", 2003. – 464 стр.
2. Фершильд Марк Д. Модели цветового восприятия. Перевод с англ. А. Шадрина, Wiley 2006. – 439 стр.
3. Кузнецов Ю.В. Основы подготовки иллюстраций к печати. Растривание. Учебное пособие для вузов.- М.: Изд-во МГУП "Мир книги", 1998. – 174 стр.
4. Gaurav Sharma. Digital Color Imaging. Xerox Corporation Webster, New York, 2003. – 764 p.