

## УСИЛЕНИЕ ТОНА В ЦИФРОВОЙ ПЕЧАТИ

**Введение.** Цифровая печать – совокупность методов цифровой допечатной подготовки и воспроизведения оригиналов непосредственно из битового массива данных. Наиболее распространенными вариантами цифровой печати служат электрофотография и струйная печать. Классическая электрофотография основана на свойствах фотополупроводников, в частности селена, и долгое время использовалась в качестве формной технология офсетной печати. Как технология цветной цифровой печати она осуществила мощный рывок в 90-е годы XX века, интегрировав воедино компьютерную базу, лазерную и LED-технику и органические фоторецепторы, энергочувствительность которых достигает 100–1000 м<sup>2</sup>/Дж, а спектральная чувствительность смещена в ИК-область. Это позволило существенно улучшить качество цифрового изображения. Для его оценки используют три группы параметров: градационные, пространственно-частотные и цветовые [1].

Такой подход согласуется с принятым в офсетной печати, где в последние десятилетия замечен существенный прогресс в стандартизации оценки качества цветовоспроизведения с переходом от денситометрической к колориметрической оценке оттисков.

**Основная часть.** С этой целью в международных и национальных стандартах введено понятие значения тона  $A$  элемента изображения, величина которого для цифровых файлов определена как [2]

$$A = 100 \times \frac{V_p - V_0}{V_{100} - V_0}, \quad (1)$$

где  $V_p$  – числовое значение тона элемента изображения;  $V_0$  – числовое значение, соответствующее значению тона 0%;  $V_{100}$  – числовое значение, соответствующее значению тона 100%.

Одновременно определено колориметрическое значение тона  $A$  на оттиске как доля площади поверхности в процентах, запечатанной триадными красками, вычисляемой по формулам:

$$\begin{aligned} \text{для голубой краски: } A &= 100 \times (X_B - X) / (X_B - X_{100}); \\ \text{для пурпурной и черной красок: } A &= 100 \times (Y_B - Y) / (Y_B - Y_{100}); \\ \text{для желтой краски: } A &= 100 \times (Z_B - Z) / (Z_B - Z_{100}). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $X_B, Y_B, Z_B$  – цветовые координаты незапечатанного участка оттиска в системе  $XYZ$ ;  $X, Y, Z$  – цветовые координаты растровых полей;  $X_{100}, Y_{100}, Z_{100}$  – цветовые координаты запечатанных плашек.

Значение тона на оттиске определяется по формуле

$$A = 100 \times \frac{1 - 10^{-(D-D_B)}}{1 - 10^{-(D_{100}-D_B)}}, \quad (3)$$

где  $D$  – оптическая плотность растрового тона;  $D_B$  – оптическая плотность незапечатанных участков;  $D_{100}$  – оптическая плотность плашки.

Наконец, усиление тона  $\Delta A$  – это разность между значениями тона на оттиске и в цифровом файле, относящимися к одной и той же точке изображения.

Если вспомнить известную из растровой денситометрии формулу Мюррея–Дэвиса

$$D = -\lg [S \cdot 10^{-D_{100}} + (1 - S) \cdot 10^{-D_B}], \quad (4)$$

а также вытекающее из нее выражение для размеров растровых точек [3]

$$S = \frac{10^{-D_B} - 10^{-D}}{10^{-D_B} - 10^{-D_{100}}} = \frac{1 - 10^{-(D-D_B)}}{1 - 10^{-(D_{100}-D_B)}}, \quad (5)$$

то можно отметить очевидную аналогию выражений (1–3) с формулами (5).

Как известно, в настоящее время оперативный контроль печатного процесса офсетной печати выполняется на основании анализа единичных показателей, включающих, помимо других, денситометрические нормы печатания, цветовые показатели и растискивание. Нормативные же документы предлагают оценивать качество воспроизведения путем сравнения показателей значения тона на оттисках и в файле с определением величины усиления тона для каждой из красок триадной печати.

Усиление тона в офсетной печати обусловлено наличием механических и оптических причин. Основным фактором, оказывающим основное влияние на механическое усиление тона, служит давление печатного контакта, в результате чего растровые точки увеличиваются в размерах. Степень этого увеличения определяется величиной давления, реологическими свойствами красок и характеристиками используемых бумаг. Кроме того, значение усиления тона существенно зависит от состояния и настройки печатного оборудования.

Оптическое усиление тона в растровых структурах оттиска вызвано поглощением света в глубинных слоях бумаги, что приводит к визуальному усилению тона со всеми последствиями для цветопроизводства. В оперативном контроле разделить оптический и меха-

нический вклад в усиление тона не представляется возможным, ввиду чего его оценивают, как суммарное.

Основная схема цифровой электрофотографии – зарядка-экспонирование-проявление-перенос-закрепление-очистка реализована на базе технологического оборудования в десятках вариантов. При этом изменения значения тона теоретически могут происходить при экспонировании, проявлении и переносе тонера, однако на этих стадиях сохранение значения тона обеспечивается конструкцией цифровых печатных устройств и их сервисом. Закрепление же тонера на бумаге термически контактным или бесконтактным способом может привести к усилению тона изображения на оттиске за счет термического раздавливания точки, однако усиление тона здесь не может достичь величины, сравнимой с офсетной и тем более типографской печатью.

Существенным фактором усиления тона служит также тип растрирования. Кроме того, важными факторами, влияющими на качество цифровой продукции, являются атмосферные условия в печатном помещении: влажность и температура воздуха, а также наличие пыли. Эти параметры влияют на состояние бумаги, тонера и, в конечном итоге, на качество цифровой продукции. Гарантией же качественного репродуцирования в цифровой печати служат линеаризация и профилирование устройств ввода вывода.

**Заключение.** В настоящее время цифровая печать широко используется для печати переменных данных, малотиражной и малообъемной продукции «по требованию», брошюр и книг, получения цветопробных отпечатков и удаленной печати с передачей цифровых макетов через Интернет и компьютерные сети. При этом цифровая печать позволяет осуществить эффективное управление цветовоспроизведением. Отметим также интеграцию цифровой и офсетной печати, сочетающую в себе гибкость цифровых технологий с качеством офсетной печати.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Харин, О. Цифровая печать. Основные технологии и оборудование / О. Харин, Э. Сувейздис. – М., 2012. – 356 с.
2. ГОСТ Р ИСО 12647-1 – 2017. Технология полиграфии. Контроль процесса изготовления цифровых файлов, растровых цветоделений, пробных и тиражных оттисков. Ч. 1. Параметры и методы измерения. – М.: Стандартинформ, 2017. – 22 с.
3. Яковлев М.К. Формула Юла – Нильсена в денситометрии оттисков офсетной печати / М.К. Яковлев // Труды БГТУ, Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. – 2014. – № 9. – С. 22–25.