

УДК 655.3

С. В. Сипайло

Белорусский государственный технологический университет

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТОНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ
И ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ РЕПРОДУКЦИИ**

В статье рассматривается проблема количественной оценки тоновой передачи изобразительной информации при печати. Использование тоновых изобразительных оригиналов в виде фотографий, художественных и технических иллюстраций характерно для многих видов печатной продукции. Для полиграфического воспроизведения тоновых изображений используется растровая структура, которая представляет собой совокупность микроштриховых элементов. Количественная оценка тоновой передачи изображения необходима для нормирования и контроля тоновоспроизведения при печати, а также для моделирования результатов печати и компенсации тоновых искажений на этапе допечатной подготовки. Передача полутонов на оттиске может характеризоваться рядом показателей воспроизведения растровой структуры. Традиционный подход к оценке тоновой передачи основывается на определении денситометрических величин. Использование альтернативных показателей тоновой передачи, базирующихся на цветовых параметрах оттиска, расширяет возможности оценки качества воспроизведения изобразительной информации. Перспективным направлением количественной оценки тоновой передачи является применение показателей значения тона на основе равноконтрастной шкалы, которая учитывает зрительное восприятие полутонов человеком. Вместе с тем для управления процессом печати могут быть полезны и традиционные показатели, характеризующие воспроизведение растровой точки как микроштрихового элемента.

Ключевые слова: печать тоновых изображений, количественные показатели качества, денситометрия, колориметрия.

Для цитирования: Сипайло С. В. Количественная оценка тоновой передачи изобразительной информации на основе колориметрических и денситометрических показателей полиграфической репродукции // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2025. № 2 (297). С. 33–40.

DOI: 10.52065/2520-6729-2025-297-5.

S. U. Sipaila

Belarusian State Technological University

**QUANTITATIVE ASSESSMENT OF IMAGE TONE TRANSFER BASED
ON COLORIMETRIC AND DENSITOMETRIC INDICATORS OF PRINTING
REPRODUCTION**

The article considers the problem of quantitative assessment of tone transfer of graphic information in the printing process. The use of tone graphic originals in the form of photographs, artistic and technical illustrations is typical for many types of printed products. For printing reproduction of tone images, a raster structure is used, which is a set of micro-stipple elements. Quantitative assessment of tone transfer of an image is necessary for standardization and control of tone rendering during printing, for modeling the printing results and compensating for tone distortions at the prepress stage. Tone transfer on a print can be characterized by several indicators of reproduction of the raster structure. The traditional approach to assessing tone transfer is based on determining density values. The use of alternative indicators of tone rendering based on the color parameters of the print expands the possibilities of assessing the quality of graphic reproduction. A promising direction in the quantitative assessment of tone transfer is the use of indicators of the tone value based on an equal-contrast scale, which takes into account the visual perception of halftones by people. At the same time, traditional indicators characterizing the reproduction of a raster dot as a micro-stipple element can also be useful for managing the printing process.

Keywords: tone image printing, quantitative quality indicators, densitometry, colorimetry.

For citation: Sipaila S. U. Quantitative assessment of image tone transfer based on colorimetric and densitometric indicators of printing reproduction. *Proceedings of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2025, no. 2 (297), pp. 33–40 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6729-2025-297-5.

Введение. Изобразительные оригиналы с элементами тонового характера являются широко распространенным вариантом изображений, подлежащих полиграфическому воспроизведению. Так, тоновый характер, как правило, имеют фотографические изображения. Также тоновые переходы часто встречаются в художественных иллюстрациях, созданных различными способами – традиционным рисованием вручную или с использованием технологий цифровой живописи, включая искусственный интеллект [1, 2]. Полутоновые элементы могут присутствовать и в составе технических иллюстраций.

Для полиграфического воспроизведения полутоновых изображений используется растровая структура, представляющая собой совокупность микроштриховых элементов. При ее воспроизведении в печатном процессе могут возникать искажения тоновой передачи, обусловленные растискиванием красочного слоя. Растискивание проявляется в увеличении площади растровых точек на оттиске, что визуально воспринимается как потемнение изображения [3]. Чтобы объективно оценить тоновые искажения и иметь возможность их уменьшения или предварительной компенсации, требуется объективный инструментальный контроль оттиска на основе количественных показателей, имеющих связь с параметрами печатного процесса и/или воспроизводимого изображения.

Таким образом, количественная оценка тоновой передачи обусловлена необходимостью решать следующие прикладные задачи полиграфического репродуцирования [4]:

- 1) нормализация тоновой передачи на печатной форме;
- 2) нормирование и контроль тоновых искажений в процессе печати;
- 3) моделирование результатов печати на этапе допечатной подготовки для достоверного отображения информации на мониторе и корректного преобразования цветовых характеристик изображения в цветовое пространство печатного процесса.

Основная часть. Количественная оценка тоновой передачи на оттиске требует измерения растровых контрольных полей, которые обычно размещаются на шкалах оперативного контроля печатного процесса [5]. Существуют различные показатели воспроизведения растровой структуры, позволяющие объективно оценить, насколько точно передаются тоновые детали изображения при печати.

К традиционным характеристикам тоновой передачи на оттиске можно отнести следующие показатели растровых объектов [3, 4].

1. Оптическая плотность растровой области D_R . Растровая область включает в себя не

только растровые точки, но и пробелы между ними. Величину D_R легко измерить с помощью денситометра, однако для непосредственного нормирования точности градационной передачи данный показатель не применяется. Это объясняется сложностью сопоставления значений D_R при печати на разных видах бумаги из-за разной оптической плотности сплошного красочного слоя – плашки. Вместе с тем на основе D_R могут быть вычислены вторичные показатели тоновой передачи.

2. Относительная площадь растровой точки (Dot Area), также известная как значение тона (Tone Value). Последний вариант названия получил распространение сравнительно недавно, придя из англоязычной терминологии. При этом в русском языке важно избегать путаницы между значением тона (Tone Value) – характеристикой воспроизведения полутонов – и цветовым тоном (Hue), который является одним из параметров цвета изображения. Показатель значения тона (Tone Value) не имеет абсолютной размерности и выражается в долях единицы или в процентах. Такой относительный показатель удобен для нормирования точности воспроизведения полутонов и сравнения результатов печати на различных образцах бумаги.

Следует отметить, что существуют разные варианты определения относительного показателя, характеризующего уровень тона. В одном из вариантов он может представлять собой чисто геометрическую характеристику, отражающую отношение площади растровой точки к общей площади растровой ячейки. Такой вариант показателя хорошо подходит для оценки тоновой передачи на печатной форме, где важно соблюдать геометрические размеры печатных элементов для обеспечения последующего переноса краски на бумагу в требуемом количестве. Измерение уровня тона на печатной форме осуществляется с помощью специализированного прибора – дотметра, который оцифровывает измеряемую поверхность и выполняет последующую алгоритмическую обработку массива цифровых данных [6, с. 272, 7].

Также относительный показатель значения тона может определяться расчетным путем с использованием формул Мюррея – Девиса и Юла – Нильсена [8, 9] на основе измерений оптической плотности денситометром. При этом для оценки тоновой передачи на оттиске важен показатель, отражающий не только физические размеры растровых точек, но и дополнительный эффект визуального потемнения изображения, возникающий вследствие оптических явлений в волокнистой структуре бумаги. В связи с этим для расчета значения тона на оттиске предпочтительно использовать формулу Мюррея – Девиса, которая выражается следующим образом [8]:

$$S = 100 \cdot \frac{10^{-D_6} - 10^{-D_R}}{10^{-D_6} - 10^{-D_{пл}}}, \quad (1)$$

где D_6 – оптическая плотность бумаги; D_R – оптическая плотность растровой области; $D_{пл}$ – оптическая плотность плашки (100%-ной области).

Использование этой формулы предполагает измерение зональных оптических плотностей печатных красок в определенных областях видимой части спектра электромагнитных излучений в зависимости от цвета краски. Измерение зональных плотностей денситометром технически регламентировано для триадных печатных красок, что позволяет применять формулу (1) для оценки тоновой передачи при печати красками голубого, пурпурного, желтого и черного цветов (цветов CMYK).

Также существует альтернативный традиционному подход к оценке тоновой передачи при печати красками цветов CMYK. Он состоит в расчете не денситометрического, а колориметрического значения тона A на основе измеренных цветовых координат X, Y, Z [10].

Согласно ISO 12647-1 «Parameters and measurement methods» для голубой краски

$$A = 100 (X_0 - X_t) / (X_0 - X_s), \quad (2)$$

для пурпурной и черной красок

$$A = 100 (Y_0 - Y_t) / (Y_0 - Y_s), \quad (3)$$

для желтой краски

$$A = 100 (Z_0 - Z_t) / (Z_0 - Z_s), \quad (4)$$

где X_0, Y_0, Z_0 – координаты цвета в колориметрической системе CIE XYZ незапечатанного участка оттиска; X_t, Y_t, Z_t – координаты цвета растрового поля; X_s, Y_s, Z_s – координаты цвета плашки.

В связи с различной природой первичных величин, используемых для расчета, значения денситометрического и колориметрического показателей тона S и A могут отличаться. Для экспериментальной оценки их сопоставимости в рамках данной работы были проведены измерения растровой структуры на четырехкрасочных оттисках, полученных офсетным и цифровым электрофотографическим способами с применением амплитудно-модулированного (АМ) и частотно-модулированного (ЧМ) растривания [4]. Офсетные оттиски были отпечатаны на листовой печатной машине Komori Lithrone, а электрофотографические – на листовой машине HP Indigo Press. В обоих случаях печать производилась на мелованной бумаге. В качестве средств измерения использовались спектроденситометр eXact Basic Plus и спектрофотометр i1Pro фирмы X-Rite. Примеры графиков тоновой передачи на основе денситометрических и колориметрических показателей тона для исследованных образцов печати приведены на рис. 1.

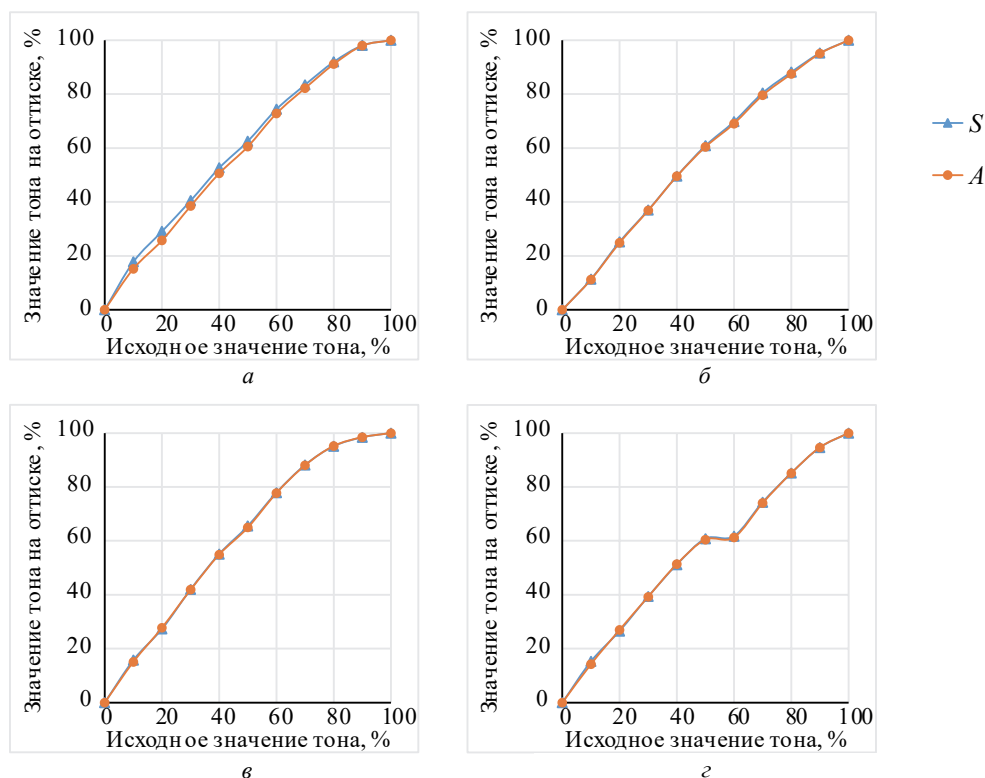


Рис. 1. Графики тоновой передачи при офсетной печати с использованием АМ-растривания: а – голубая краска; б – пурпурная краска; в – желтая краска; з – черная краска

Сравнение денситометрических и колориметрических показателей тоновой передачи в случае офсетной печати выявило разницу между ними, достигающую нескольких процентов при использовании голубой краски. При этом наиболее высоким (4,9%) различие оказалось в случае частотно-модулированного растривания. При амплитудно-модулированном растривании максимальная разница между значениями показателей тона для голубой краски составила 1,9%. Для остальных цветов разница оказалась несущественной (около 1%), что сопоставимо с погрешностью измерений.

В случае цифровой электрофотографической печати зафиксирована разница между денситометрическим и колориметрическим значениями тона при печати не только голубым (3,0%), но и пурпурным тоном (2,1%). Для красителей остальных цветов различие оказалось незначительным, не превысив 0,6%. Небольшое отличие в расхождении денситометрических и колориметрических показателей тона, наблюдаемое для офсетной и цифровой печати, можно объяснить иными цветовыми свойствами красителей, используемых в электрофотографическом процессе.

В целом разница в значениях тона между показателями, имеющими денситометрическую и колориметрическую основу, не является существенной, что говорит о возможности практического использования и того, и другого показателя для оценки тоновой передачи.

Недостатком показателей тона обоих типов является их применимость для оценки тоновой передачи только при печати красками цветов CMYK. Для количественной характеристики уровня тона при печати красками других цветов (так называемыми «смесевыми» красками) несколько лет назад был разработан более универсальный показатель Spot Color Tone Value (*SCTV*) [11], который так же, как и колориметрическое значение тона, базируется на измерении цветовых координат X , Y , Z .

Согласно ISO 20654 «Measurement and calculation of spot color tone value» определение значения *SCTV* производится в следующем порядке.

1. Расчет промежуточных параметров на основе координат X , Y , Z для бумаги, плашки и растрового поля:

$$V_x = f\left(\frac{X}{X_n}\right) \cdot 116 - 16; \quad (5)$$

$$V_y = f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \cdot 116 - 16; \quad (6)$$

$$V_z = f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \cdot 116 - 16; \quad (7)$$

$$f(u) = u^{\frac{1}{3}}, \text{ если } u > \left(\frac{6}{29}\right)^3; \quad (8)$$

$$f(u) = \left(\frac{841}{108}\right) \cdot u + \frac{4}{29}, \text{ если } u \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3. \quad (9)$$

2. Расчет значений тона *SCTV*:

$$SCTV = 100 \times \sqrt{\frac{(V_{xt} - V_{xp})^2 + (V_{yt} - V_{yp})^2 + (V_{zt} - V_{zp})^2}{(V_{xs} - V_{xp})^2 + (V_{ys} - V_{yp})^2 + (V_{zs} - V_{zp})^2}}, \quad (10)$$

где индекс t соответствует растровому полю, индекс p – бумаге, индекс s – плашке.

Показатель *SCTV* выражается в процентах, но, в отличие от традиционных параметров тона, он не привязан к площади растровой точки. Этот показатель характеризует не растровую структуру как совокупность микроштриховых элементов определенного размера, а именно зрительное восприятие изображения на оттиске.

Преимуществами показателя *SCTV* перед традиционными характеристиками тоновой передачи являются:

1) возможность количественно охарактеризовать тональные уровни в интервале 0–100% при использовании красок любых цветов, а не только триадных;

2) характеристика тоновой передачи в рамках равноконтрастной шкалы значений, основанной на зрительном ощущении тонового различия.

Последнее означает, что одинаковый численный прирост значения тона соответствует одинаковой степени изменения тона, воспринимаемой человеческим глазом, на всех участках тоновой шкалы.

Изначально показатель *SCTV* был разработан для количественной оценки тоновой передачи при печати смесевыми красками. Однако с его помощью можно количественно охарактеризовать тоновую передачу и при печати красками цветов CMYK, т. е. данный показатель является универсальным с точки зрения цветов печатных красок. Использование единого количественного критерия воспроизведения полутонов для красок всех типов упрощает техническое регламентирование качества печати и саму процедуру технического контроля. Видимо, по этой причине в новой редакции стандарта офсетной печати ISO 12647-2 «Offset lithographic processes», находящейся в стадии разработки, вводится аналогичный показатель тона для печати триадными красками – Color Tone Value (*CTV*) [12, 13], который можно перевести как «цветовое значение тона». При этом на данном временном этапе не отвергается денситометрическое значение тона, так как многие типографии имеют

отлаженный технологический процесс на основе традиционных средств измерения и соответствующих им количественных показателей.

Ввиду практического использования показателей тона обоих типов представляет интерес экспериментальная оценка того, насколько сильно эти показатели отличаются друг от друга по своим значениям. В данной работе было проведено сравнение денситометрического и цветового значений тона для оттисков офсетной и цифровой печати, охарактеризованных выше. На рис. 2 приведены примеры графиков тоновой передачи, построенных по результатам денситометрических и колориметрических измерений образцов печати.

Сравнение денситометрического и цветового значений тона продемонстрировало существенное отличие показателя CTV в меньшую сторону (как минимум на 15%) от традиционного показателя S , полученного по формуле Мюррея – Дэвиса. При этом разница между показателями варьируется при использовании красок различных цветов и технологий печати, что не позволяет применять единый поправочный коэффициент для простого пересчета значений тона. Максимальное различие (27,2%) зафиксировано в случае цифровой электрофотографической печати черным тоном. Полученные результаты подтверждают ориентацию показателя CTV на ха-

рактеристику зрительного восприятия отпечатанного изображения, а не на характеристику геометрических параметров растровой структуры. С одной стороны, такой подход позволяет давать количественную оценку оттиска, ориентированную на конечного потребителя печатной продукции. С другой стороны, традиционный количественный показатель, характеризующий в явном виде воспроизведение микроштриховых элементов растровой структуры, может быть более информативным с точки зрения управления печатным процессом.

Одним из аспектов практического применения показателя CTV является громоздкость расчетных формул для его вычисления. Если измерительный прибор (спектрофотометр или колориметр) не содержит встроенных формул для автоматического пересчета цветовых координат в показатель CTV , расчет последнего потребует выполнения в ручном режиме. Это является трудоемкой процедурой, сопряженной с риском возникновения ошибок.

В качестве альтернативы CTV для количественной характеристики уровня тона по равноконтрастной относительной шкале можно предложить более простой в расчете показатель LTV , определяемый по результатам измерения цвета в равноконтрастной колориметрической системе $L^*a^*b^*$.

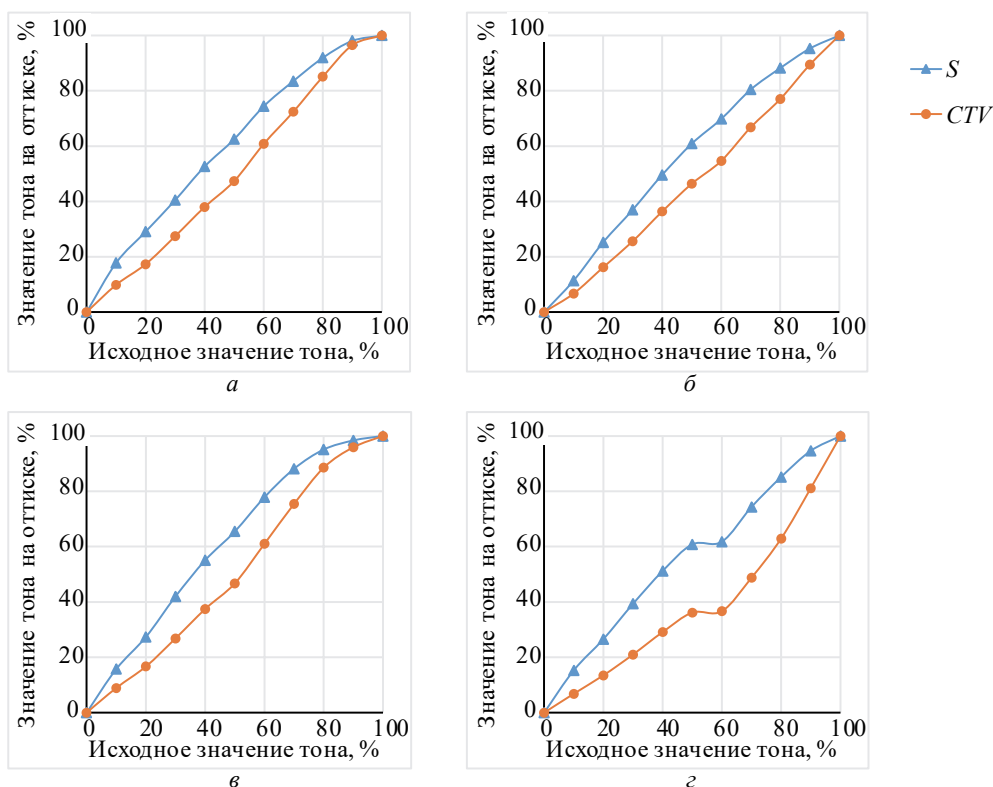


Рис. 2. Графики тоновой передачи при офсетной печати с использованием АМ-растрирования, построенные на основе денситометрического и цветового показателей тона:
а – голубая краска; б – пурпурная краска; в – желтая краска; г – черная краска

В этой системе [14, 15] координаты a^* и b^* несут информацию о цветности измеренного образца, а координата L^* является характеристикой его светлоты, которая может быть взята за основу для количественной оценки уровня тона. Параметр L^* может изменяться в диапазоне от 0 до 100. Значение $L^* = 100$ соответствует идеально белому, а $L^* = 0$ – идеально черному измеряемому образцу. В случае реальных образцов печати значение L^* бумаги будет больше нуля, а значение L^* сплошного красочного слоя будет явно меньше 100, причем для разных марок бумаги, как и для красок различных цветов, эти значения будут не совпадать. Чтобы на базе величины L^* обеспечить получение равноконтрастной тоновой характеристики в относительных единицах, сопоставимых для разных образцов печати, можно отнести уровень светлоты измеряемого растрового объекта ко всему интервалу светлот $[L^*_{\min}; L^*_{\max}]$ измеряемого образца печати, выразив результат в процентах. Для перехода от относительной светлоты к относительному уровню тона, возрастающему по мере потемнения изображения, нужно вычесть относительную светлоту из 100%.

В соответствии с вышесказанным для расчета относительного уровня тона LTV на основе светлоты L^* автором предлагается использовать следующую формулу:

$$LTV = 100 - 100 \cdot \frac{L^*_p - L^*_r}{L^*_p - L^*_s}, \quad (11)$$

где индекс p соответствует бумаге, индекс r – растровому полю, индекс s – плашке (сплошному красочному слою).

Для количественной оценки уровня тона по предложенному показателю LTV и его сравнения с показателем CTV в рамках данной работы были исследованы оттиски, полученные на цифровой машине HP Indigo Press по технологии шестикрасочной печати HP IndiChrome. Измерению подвергались растровые шкалы, отпечатанные тонером голубого, пурпурного, желтого, черного, оранжевого и фиолетового цветов (СМΥК + + OV). Результаты расчета значений тона LTV и CTV по цветовым координатам растровых полей и разницы между ними $\Delta TV = |LTV - CTV|$ приведены в сводной таблице. Исходное значение тона полей контрольной шкалы, заданное на компьютере, обозначено S_0 . Как видно из таблицы, в целом разница между двумя вариантами равноконтрастных показателей тона заметно ниже, чем разница между денситометрическим и цветовым значениями тона. Вместе с тем значения LTV и CTV не всегда близки друг другу, причем степень расхождения этих значений для красителей разных цветов отличается.

**Сравнение показателей
тоновой передачи на оттиске**

$S_0, \%$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$CTV_C, \%$	8,3	19,1	29,6	40,0	50,9	62,0	72,3	82,9	91,8
$LTV_C, \%$	8,2	19,2	29,8	40,2	51,0	62,0	72,1	82,7	91,6
$\Delta TV_C, \%$	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2
$CTV_M, \%$	8,3	17,4	26,3	36,8	45,8	56,7	66,8	81,6	92,4
$LTV_M, \%$	9,4	19,1	28,3	39,3	48,7	59,7	70,0	84,3	94,1
$\Delta TV_M, \%$	1,1	1,7	2,0	2,5	2,8	3,0	3,3	2,6	1,7
$CTV_Y, \%$	7,9	17,4	27,5	38,9	49,5	59,3	72,1	85,7	94,9
$LTV_Y, \%$	7,8	18,9	32,4	46,3	57,6	67,2	76,8	87,7	95,9
$\Delta TV_Y, \%$	0,1	1,5	4,9	7,5	8,0	7,9	4,7	2,0	1,0
$CTV_K, \%$	8,8	16,8	24,3	33,7	41,3	51,2	62,0	74,6	87,3
$LTV_K, \%$	8,9	16,9	24,4	33,9	41,5	51,4	62,2	74,8	87,5
$\Delta TV_K, \%$	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
$CTV_O, \%$	5,7	14,1	20,9	29,6	38,1	50,2	61,1	69,1	81,5
$LTV_O, \%$	6,9	17,5	25,8	36,5	46,6	59,0	69,5	78,4	88,8
$\Delta TV_O, \%$	1,2	3,4	4,9	6,9	8,5	8,8	8,4	9,2	7,3
$CTV_V, \%$	12,7	21,1	30,1	39,5	47,5	56,2	66,2	81,4	89,3
$LTV_V, \%$	12,4	20,6	29,2	38,3	46,2	55,0	65,1	80,4	88,6
$\Delta TV_V, \%$	0,3	0,6	0,9	1,2	1,3	1,3	1,1	1,0	0,7

Наименьший верхний предел различия между LTV и CTV зафиксирован при печати красками голубого (0,2%), черного (0,3%), фиолетового (1,3%) и пурпурного (3,3%) цветов. Более значимое расхождение наблюдается при печати красками желтого (8,0%) и оранжевого (9,2%) цветов. Можно предположить, что такое расхождение связано с меньшей интегральной оптической плотностью этих красок и соответственно с меньшим различием по светлоте между бумагой и плашкой, обусловившим увеличение погрешности показателя LTV . При использовании более темных красок, обеспечивающих больший общий контраст оттиска и соответственно большую разницу между светлотой L^* краски и бумаги, разница в значениях LTV и CTV оказывается менее существенной. Для проверки этой гипотезы построены графики зависимости разницы $\Delta TV = |LTV - CTV|$ от интегральной оптической плотности плашки D , соответствующей всей видимой области спектра, а также зависимости ΔTV от светлоты плашки L^* (рис. 3). Экспериментальные данные аппроксимированы полиномом 2-го порядка. Форма графиков в целом согласуется с выдвинутым предположением о причине расхождения значений равноконтрастных показателей тона. Исходя из полученных результатов, при значениях интегральной оптической плотности плашки больше 0,7 можно с приемлемой точностью (порядка 1–1,5%) характеризовать уровень тона по равноконтрастной шкале, используя более простой в вычислении показатель LTV .

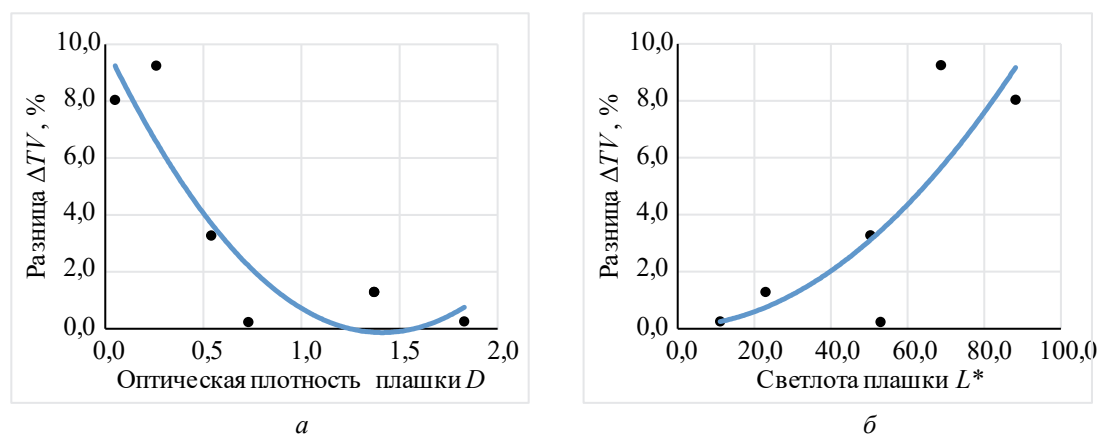


Рис. 3. Графики зависимости различия показателей тоновой передачи от интегральной оптической плотности D (а) и светлоты L^* (б) красочного слоя

Заключение. Количественная оценка тоновой передачи изображения необходима для нормирования и контроля тоновоспроизведения при печати, а также моделирования результатов печати и компенсации тоновых искажений на этапе допечатной подготовки. Передача полутонов на оттиске может характеризоваться рядом показателей воспроизведения растровой структуры. Традиционный подход к оценке тоновой передачи основывается на определении денситометрических величин. Использование альтернативных показателей тоновой передачи, базирующихся на колориметрических параметрах оттиска, расширяет возможности оценки качества воспроизведения изобразительной информации. Вместе с тем для управления процессом печати могут быть полезны и традиционные показатели, характеризующие воспроизведение растровой точки как микроштрихового элемента.

тометрических величин. Использование альтернативных показателей тоновой передачи, базирующихся на колориметрических параметрах оттиска, расширяет возможности оценки качества воспроизведения изобразительной информации. Вместе с тем для управления процессом печати могут быть полезны и традиционные показатели, характеризующие воспроизведение растровой точки как микроштрихового элемента.

Список литературы

1. Сипайло С. В. Автоматизация допечатного процесса при создании цифровых изобразительных оригиналов // Эпоха науки. 2021. № 26. С. 21–24. DOI: 10.24412/2409-3203-2021-26-21-24.
2. Сипайло С. В. Использование нейросетей в технологическом процессе допечатной подготовки изобразительной информации // Скоринские чтения 2023. Культура книги: традиции и новаторство: материалы VI Междунар. форума, Минск, 28–30 сент. 2023 г. / под ред. В. И. Куликовича. Минск: БГТУ, 2023. С. 213–215.
3. Технология печатных процессов / А. Н. Раскин [и др.]. М.: Книга, 1989. 432 с.
4. Сипайло С. В. Количественная оценка градиционной передачи на оттиске с использованием колориметрических и денситометрических показателей // Принттехнологии и медиакоммуникации: материалы 89-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 3–18 февр. 2025 г. / под ред. И. В. Войтова. Минск: БГТУ, 2025. С. 24–27.
5. Сипайло С. В., Болобосова А. А. Система тест-объектов для оценки качества цифровой печати // Эпоха науки. 2022. № 31. С. 29–33.
6. Полянский Н. Н., Карташева О. А., Надирова Е. Б. Технология формных процессов. М.: МГУП, 2010. 366 с.
7. Бушева Е. В., Душкина Н. С. К вопросу о качестве серебросодержащих офсетных печатных форм при поэлементной записи изображения // Вестник Московского государственного университета печати. 2012. № 12. С. 104–109.
8. Якаўлеў М. К. Кіраванне якасцю ўзнаўлення ў афсетным друку // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. 2008. Вып. XVI. С. 19–21.
9. Яковлев М. К. Формула Юла – Нильсена в денситометрии оттисков офсетной печати // Труды БГТУ. 2014. № 9: Издат. дело и полиграфия. С. 23–25.
10. Синяк М. Увеличение растровой точки: растискивание (Dot gain) vs усиление тона (TVI). Часть 1 // КомпьюАрт. URL: <https://compuart.ru/article/25464> (дата обращения: 10.07.2025).
11. Синяк М. Увеличение растровой точки: усиление тона для смесевых цветов (SCTV). Часть 2 // КомпьюАрт. URL: <https://compuart.ru/article/25476> (дата обращения: 10.07.2025).
12. Сартаков М. Стандарт грядущий калибровку нам готовит // Publish. URL: https://www.publish.ru/articles/202406_20014938 (дата обращения: 10.07.2025).

13. Сартаков М. Кот Шрёдингера и проект офсетного стандарта // Printdaily. URL: <https://printdaily.ru/traditsionnyj-ofset/kot-shryodingera-i-proekt-ofsetnogo-standarta> (дата обращения: 10.07.2025).
14. Шашлов Б. А. Цвет и цветовоспроизведение. М.: Мир книги, 1995. 316 с.
15. Домасев М. В., Гнатюк С. П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. СПб.: Питер, 2009. 224 с.

References

1. Sipaila S. U. Automation of the prepress stage when creating digital graphic originals. *Epokha nauki* [Age of science], 2021, no. 26, pp. 21–24. DOI: 10.24412/2409-3203-2021-26-21-24 (In Russian).
2. Sipaila S. U. Using neural networks in the technological process of prepress preparation of graphic information. *Skorinovskiy chteniye 2023. Kultura knigi: traditsii i novatorstvo: materialy VI Mezhdunarodnogo foruma* [Skorinov's Readings 2023. Book Culture: Traditions and Innovations: Materials of the VI International Forum]. Minsk, 2023, pp. 213–215 (In Russian).
3. Raskin A. N., Romeykov I. V., Biryukova N. D., Muratov Yu. A., Yefremova A. N. *Tekhnologiya pechatnykh protsessov* [Printing process technology]. Moscow, Kniga Publ., 1989. 432 p. (In Russian).
4. Sipaila S. U. Quantitative assessment of gradation transfer on a print using colorimetric and densitometric indicators. *Printtekhnologii i mediakommunikatsii: materialy 89-y nauchno-tekhnikeskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Printing technologies and media communications: Proceedings of the 89th scientific and technical conference of faculty, research staff and postgraduate students (with international participation)]. Minsk, 2025, pp. 24–27 (In Russian).
5. Sipaila S. U., Bolobosova A. A. A system of test objects for assessing the quality of digital printing. *Epokha nauki* [Age of science], 2022, no. 31, pp. 29–33 (In Russian).
6. Polyanskiy N. N., Kartasheva O. A., Nadirova E. B. *Tekhnologiya formnykh protsessov* [Plate process technology]. Moscow, MGUP Publ., 2010. 366 p. (In Russian).
7. Busheva E. V., Dushkina N. S. On the quality of silver-containing offset printing plates for element-by-element recording of images. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta pechati* [Bulletin of the Moscow State University of Printing], 2012, no. 12, pp. 104–109 (In Russian).
8. Yakauleu M. K. Quality management of offset printing reproduction. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series IX, Printing and Publishing, 2008, issue XVI, pp. 19–21 (In Belarusian).
9. Yakovlev M. K. Yule – Nielsen formula in densitometry of offset printing. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 9: Printing and Publishing, pp. 23–25 (In Russian).
10. Sinyak M. Increasing the Raster Dot: Dot Gain vs. Tone Value Increase (TVI). Part 1. Available at: <https://compuart.ru/article/25464> (accessed 10.07.2025) (In Russian).
11. Sinyak M. Dot Increasing: Spot Color Tone Value (SCTV). Part 2. Available at: <https://compuart.ru/article/25476> (accessed 10.07.2025) (In Russian).
12. Sartakov M. The upcoming standard is preparing calibration for us. Available at: https://www.publish.ru/articles/202406_20014938 (accessed 10.07.2025) (In Russian).
13. Sartakov M. Schrödinger's cat and the offset standard project. Available at: <https://printdaily.ru/traditsionnyj-ofset/kot-shryodingera-i-proekt-ofsetnogo-standarta> (accessed 10.07.2025) (In Russian).
14. Shashlov B. A. *Tsvet i tsvetovosproizvedeniye* [Color and color reproduction]. Moscow, Mir knigi Publ., 1995. 316 p. (In Russian).
15. Domasev M. V., Gnatyuk S. P. *Tsvet, upravleniye tsvetom, tsvetovyye raschety i izmereniya* [Color, color management, color calculations and measurements]. St. Petersburg, Piter Publ., 2009. 224 p. (In Russian).

Информация об авторе

Сипайло Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: svsip@yandex.by

Information about the author

Sipaila Siarhei Uladzimiravich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: svsip@yandex.by

Поступила 17.07.2025