

УДК 655.3.022.11

С.И. Дыдышко, Т.А. Пицхалаури
Белорусский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

У роботі представлений метод оцінки якості відтворення поліграфічних зображень з використанням теорії подоби. Запропонований метод заснований на характеристиках візуального сприйняття людиною зображення. Сформульовано основні математичні вирази, що характеризують подобу друкованих зображень. На основі використання цифрового аналізу отримано значення коефіцієнтів подібності для кількох відбитків, виготовлених при різних технологічних режимах печати.

This paper presents a method for assessing the quality of printed images reproduction using the similarity theory. The proposed method is based on the characteristics of human visual perception of the image. The basic mathematical expressions that describe the similarity of printed images are defined. Using digital analysis the values of similarity coefficients for few prints, which were created under different technological regimes, are obtained.

В настоящее время в полиграфической промышленности наблюдается сочетание различных способов подготовки изображений (оригиналов) к репродуцированию с многообразием печатных технологий, что приводит к затруднениям при оценке качества печатных оттисков. Для регулирования отношений между заказчиком и исполнителем заказа при решении вопросов о соответствии оттисков оригиналу необходимо иметь количественную характеристику, позволяющую однозначно оценивать точность воспроизведения.

Сегодня в теории и практике метрологического обеспечения полиграфического производства наблюдается отсутствие единого структурного подхода к вопросам контроля качества воспроизведения изображений. Это привело к появлению большого количества трудоемких способов оценки качества репродукций. К примеру, использование единичных показателей качества требует значительного количества измерений и дальнейшего анализа. Объединение результатов расчета единичных показателей в некоторый комплексный критерий качества — задача слишком трудоемкая и неприемлемая для применения на производстве. В то же время анализ изображений на основе одного такого единичного показателя не позволит сделать полноценный вывод о качестве репродуцирования.

Универсальный критерий оценки качества до сих пор не разработан. Проблема правильного выбора основных показателей качества воспроизведения изображений их однозначной оценки достаточно сложна, поскольку при выборе базовых признаков должны быть учтены не только физические, но физиологические и психологические факторы восприятия изобразительной информации, а также особенности самой технологии воспроизведения. Ведь с точки зрения человека-наблюдателя (а именно он и оценивает репродукцию) любое

изображение представляет собой, прежде всего, ощущение, возникшее в человеческом сознании (психологический фактор) путем передачи информации, воспринятой глазом (физиологический фактор) при определенных физических воздействиях.

Разработке указанных проблем посвящено значительное количество публикаций, чем подтверждается актуальность проведения исследований в этом направлении. Среди них необходимо отметить работы В. В. Лихачева, С. А. Гуляева, Ю. С. Андреева. Особенности интерпретации цвета человеческим мозгом освещены в монографиях М. Фершильда и Р. В. Г. Ханта.

Однако на сегодняшний день не существует метода количественной оценки качества воспроизведения изображений, который действовал бы по аналогии со зрительным аппаратом человека. В связи с этим разработка такого метода остается актуальной проблемой, требующей научных исследований и практических апробаций.

Целью данных исследований является создание метода объективной количественной оценки репродукционных свойств растровых полиграфических систем в отношении передачи ими изобразительной информации.

Попытка учета физиологических и психологических факторов восприятия изображений с помощью физических показателей дала возможность выделить следующие критерии воспроизведения изобразительной информации (в порядке убывания значимости):

- 1) точность передачи резкостных (частотных) характеристик;
- 2) точность передачи градаций (светлоты);
- 3) подобие цветового тона элементов репродукции цветовому тону элементов оригинала.

Предложенный метод, в отличие от указанных ранее, позволяет определить степень соответствия тиражного оттиска утвержденному образцу с помощью одного количественного показателя, учитывающего перцептивные особенности восприятия изображения человеком.

Основной задачей полиграфии является воспроизведение информации с минимальными искажениями. В данном случае под информацией следует понимать полиграфический оригинал, подлежащий репродуцированию. Особую сложность в этом смысле представляют изобразительные оригиналы, поскольку изображение на оттиске в любом случае отличается от оригинала (создается другим способом, в другом масштабе и т. д.). В связи с этим речь нужно вести не о тождестве, а о подобии оригинала и оттиска [3]. Кроме того, нужно заметить, что базис визуальной оценки репродукции составляет сравнение цветового ощущения от объектов репродукции с воспоминанием о цветовом ощущении от подобных объектов, то есть ощущение, когда-то имевшем место в жизненном опыте наблюдателя [6]. Из этого следует, что отправным пунктом (концептуальным понятием) восприятия изображения человеком на уровне его психофизиологических особенностей является принцип подобия. Таким образом, логичным будет проведение исследований — поиск критерия объективной количественной оценки репродуцирования — с точки зрения человека-наблюдателя, то есть с использованием методов теории подобия.

Суть метода состоит в том, что для анализа качества воспроизведения используются не абсолютные значения исследуемых показателей, а соотношения этих величин между собой [4]. Из теории подобия следует, что два явления

подобны, если все соответствующие отношения величин одной размерности, определяющих эти явления, имеют попарно одинаковые численные значения. Размерные показатели для подобных систем могут принимать сильно различающиеся значения, одинаковыми должны быть лишь безразмерные показатели [5]. Говорят, что объект F называется подобным объекту F' , если существует преобразование подобия, при котором $F \rightarrow F'$.

В отношении полиграфических изображений подобными будут являться те из них, что обеспечивают одинаковое зрительное восприятие вне зависимости от технологических изменений при получении репродукции. Процесс зрительного восприятия является субъективным, поскольку протекает в связи с другими психологическими процессами личности: мышлением, речью, чувствами, волей. В соответствии с восприятием человеческого глаза любое изображение может быть представлено совокупностью частотных, градационных и колориметрических характеристик. Частотные отвечают за резкость изображения, градационные — за нормальное распределение светлот, колориметрические — за передачу цвета. Поэтому количественно подобие должно быть оценено набором независимых по отношению друг к другу показателей резкости, градации и цвета. Таким образом, для максимального подобия оттиска оригиналу необходимо добиться минимальных искажений приведенных показателей [1].

Предложенный алгоритм анализа изображений представлен на рис. 1.

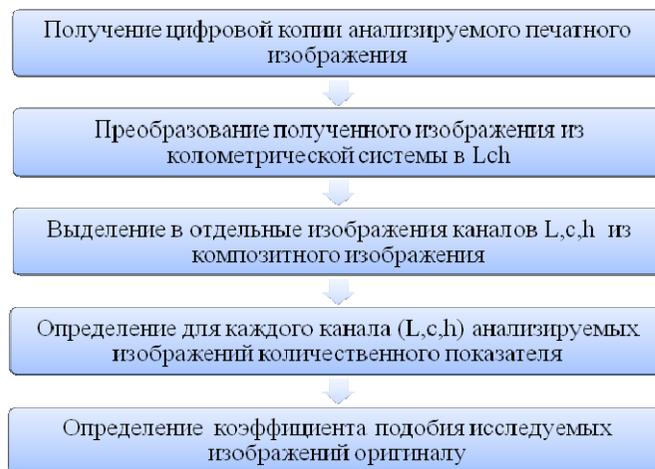


Рис. 1. Алгоритм проведения исследований

Исследуемое вещественное печатное изображение сначала представляется в цифровой форме. Далее осуществляется преобразование изобразительной информации в колориметрическую систему LCH. Эта операция выполняется с целью обеспечения максимального приближения используемого впоследствии анализа к условиям восприятия изображения человеческим глазом. Колориметрическая система LCH использует цилиндрические координаты: светлоту (Lightness), насыщенность (Chroma) и цветовой тон (Hue).

Данная система с помощью физических величин позволяет описать градационную и цветовую составляющую изображения в соответствии с тем, как оно воспринимается человеком.

Следующим шагом является выделение из композитного изображения отдельных каналов (L, C, H). Для математического описания явления подобия предложено использовать отношение показателей точности воспроизведения изображений. Определение точности репродуцирования осуществляется путем преобразования изображений в частотную область и вычисления меры эксцесса двумерного спектра Фурье [2] для каждого отдельного канала, выделенного в изображение:

$$\gamma = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{\mu_4}{\sigma^2}, \quad (1)$$

где μ_2 – второй центральный момент, μ_4 – четвертый центральный момент, σ – стандартное отклонение.

Расчет центральных моментов производится по формуле:

$$\mu_\alpha = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^\alpha \cdot f_i}{\sum_{i=1}^k f_i}, \quad (2)$$

где k – число вариантов значений признака, x_i – индивидуальные значения признака каждой единицы совокупности, \bar{x} – средняя арифметическая величина, α – степень отклонения (порядок момента), f_i – частота повторения индивидуального значения признака (его вес).

Таким образом, коэффициент подобия воспроизведения изображений будет рассчитываться следующим образом:

$$\rho_s = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}, \quad (3)$$

где γ_1 – точность анализируемого изображения, γ_2 – точность эталонного изображения.

Соответствующие выражения для определения коэффициента подобия по каналам представлены ниже:

$$\rho_L = \frac{\gamma_{1L}}{\gamma_{2L}}, \quad \rho_c = \frac{\gamma_{1c}}{\gamma_{2c}}, \quad \rho_h = \frac{\gamma_{1h}}{\gamma_{2h}}. \quad (4)$$

Для практической апробации предложенного метода были исследованы цифровые изображения. С помощью растрового процессора Heidelberg MetaDimension 7.0 было выполнено растривание, а также, на данных изображениях были симитированы основные дефекты печатного процесса:

- 1) различный процент растискивания растровых точек (0–20%);
- 2) различная линиятура воспроизведения (100–300 lpi);
- 3) смещение краскоформ (0–1,5 мм);
- 4) различная форма растровой точки (круглая, эллиптическая, ромбическая).

На рисунке 2 представлены изображения, которые использовались для проведения анализа. Выбранные изображения позволяют проконтролировать качество воспроизведения наиболее сложных для передачи элементов

изображения — памятных цветов, высоких светов, ярких (насыщенных) цветов и мелких деталей.



Рис. 2. Исследуемые изображения

В результате исследования изображений по предложенной методике получены результаты, представленные для каналов L, C, H в виде зависимостей точности воспроизведения и коэффициента подобия от исследуемого показателя (растискивания, линиатуры, смещения краскоформ, формы растровой точки).

На рисунке 3 представлены зависимости точности воспроизведения и коэффициента подобия от величины растискивания растровой точки.

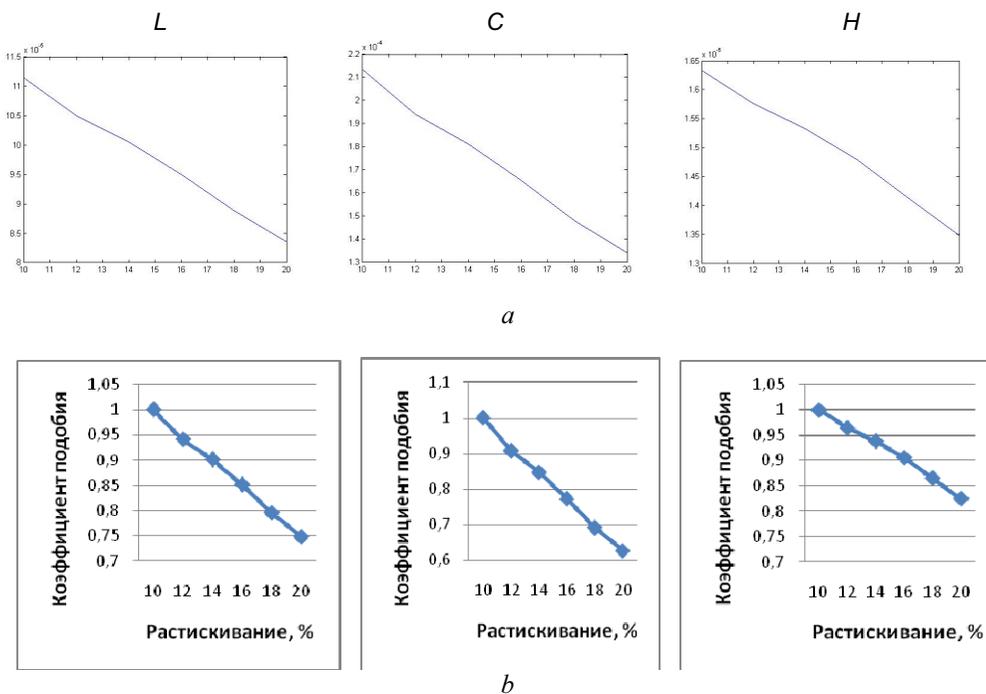


Рис. 3. Влияние растискивания на величину:
а – точности воспроизведения; б – коэффициента подобия

С увеличением растискивания от его приемлемой величины (10%) ухудшается точность передачи мелких деталей, что в целом негативно отражается на воспроизведении изображения. Что подтверждается с помощью предложенной методики — на графиках с возрастанием величины растискивания до 20% уменьшаются значения точности воспроизведения и коэффициента подобия.

Влияние изменения линиатуры на величину точности воспроизведения и коэффициента подобия для круглой, ромбической и эллиптической форм точек изображено на рисунках 4, 5, 6 соответственно.

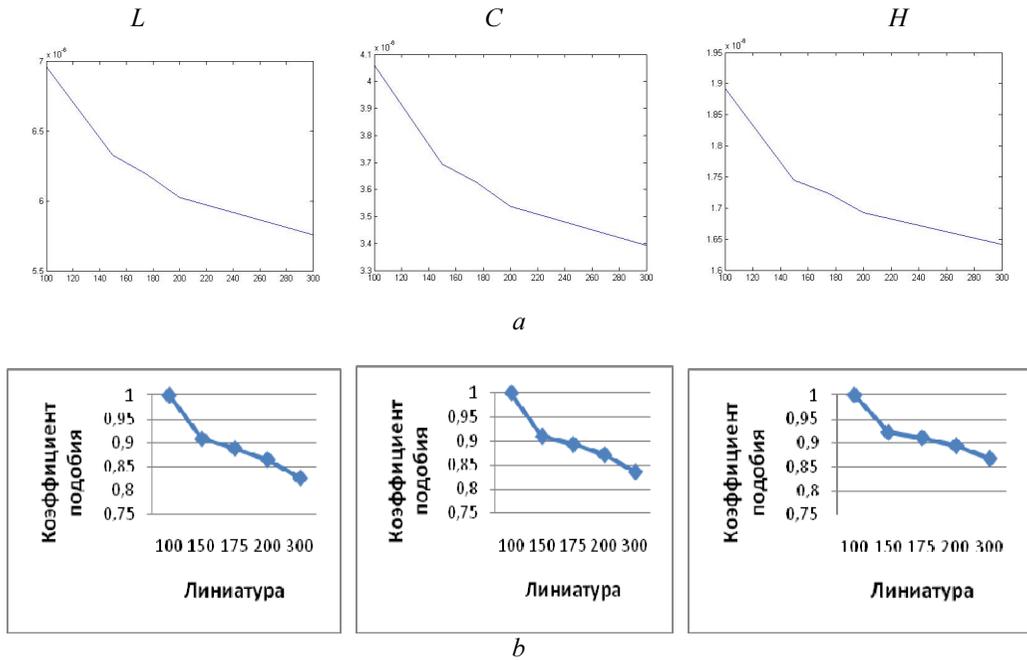


Рис. 4. Зависимость от изменения линиатуры (круглая точка):
 а – точности воспроизведения; б – коэффициента подобия

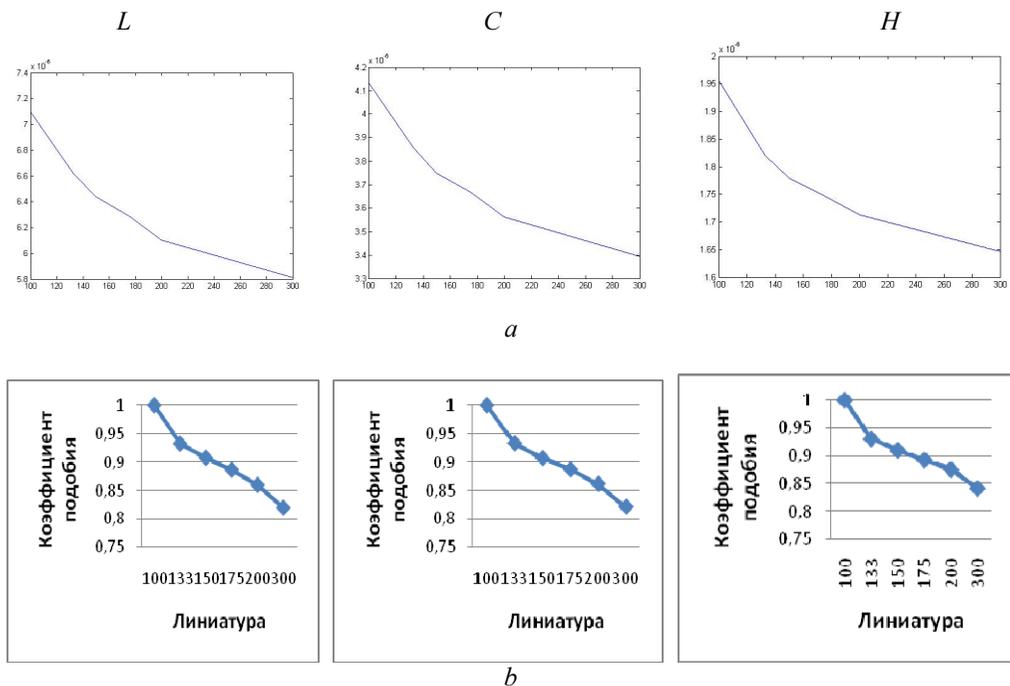
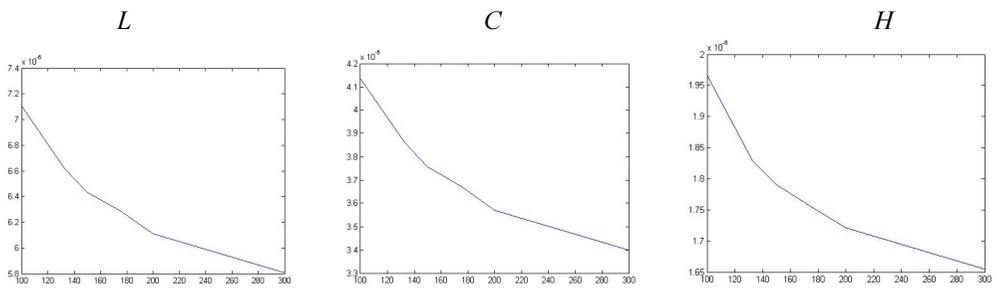
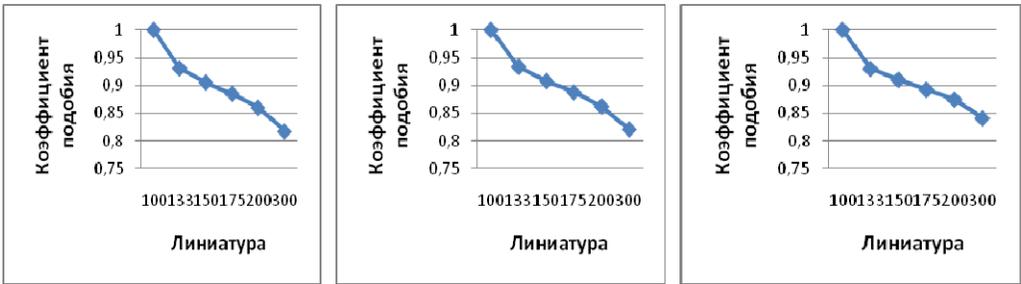


Рис. 5. Зависимость от изменения линиатуры (ромбическая точка):
 а – точности воспроизведения; б – коэффициента подобия



a

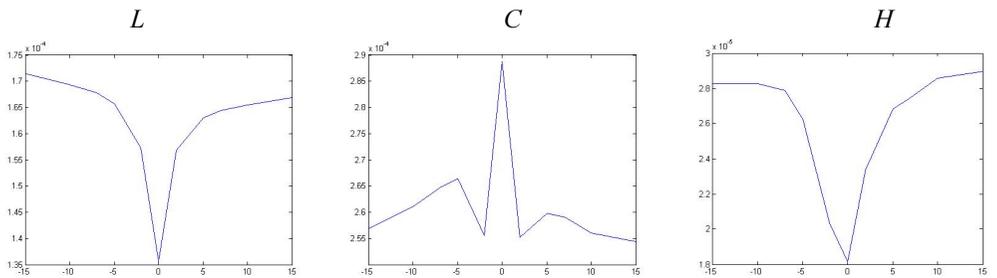


b

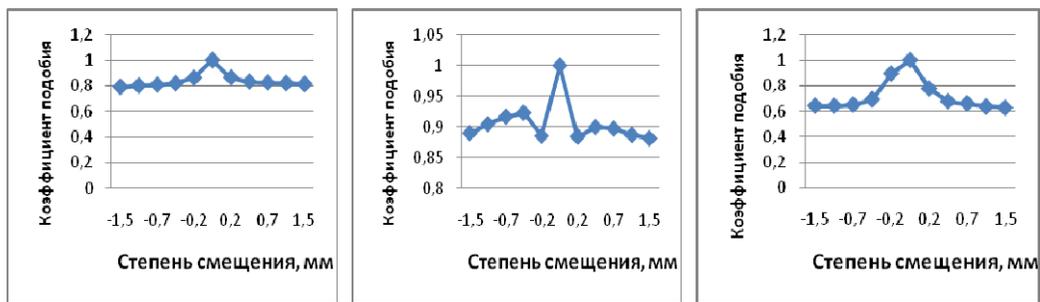
Рис. 6. Зависимость от изменения линиатуры (эллиптическая точка):
 a – точности воспроизведения; b – коэффициента подобия

Из графических зависимостей и значения коэффициента подобия следует, что при изменении линиатуры воспроизведения от 100 $l\text{p}i$ до 300 $l\text{p}i$ возрастает точность передачи элементов на изображении (в особенности мелких деталей и тоновых переходов), что соответствует визуальному восприятию и подтверждается при использовании традиционных методов контроля.

На рисунке 7 представлены зависимости точности воспроизведения и коэффициента подобия от величины смещения краскоформ.



a

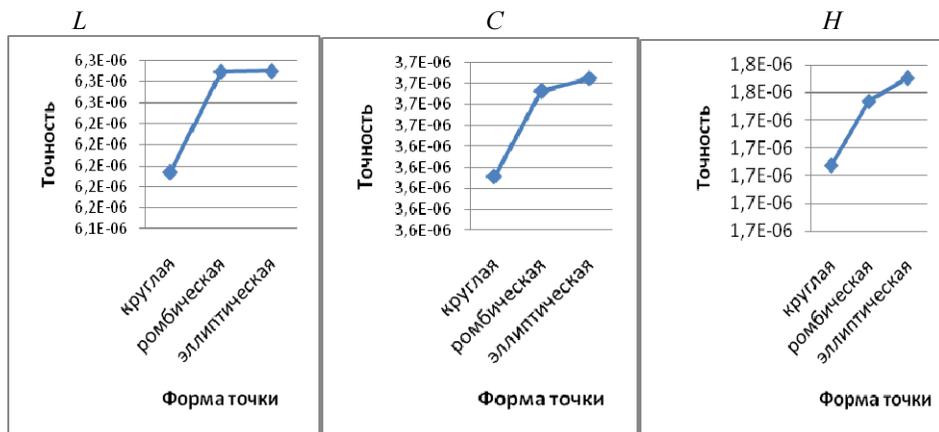


b

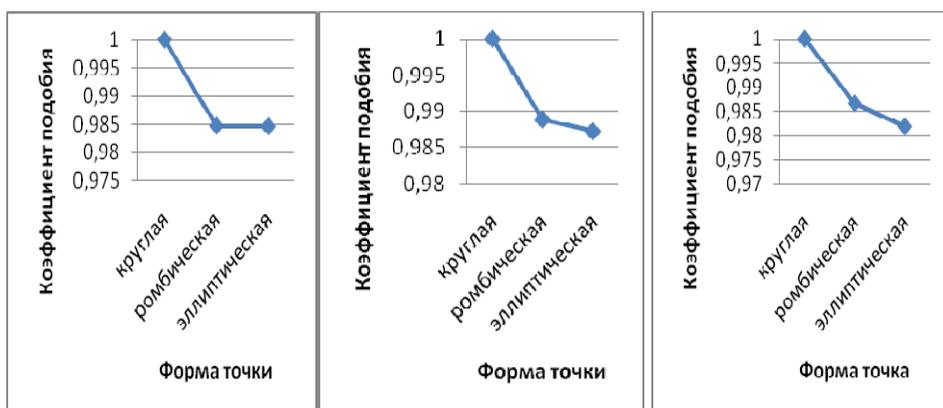
Рис. 7. Влияние смещения краскоформ на величину:
a – точности воспроизведения; *b* – коэффициента подобия

При изменении приводки краскоформ исследуемых изображений по сравнению с оригиналом резкость ухудшается, вследствие чего коэффициент подобия уменьшается для всех каналов L, C, H. Это подтверждается визуальной оценкой изображений.

Влияние изменения формы растровой точки на величину точности воспроизведения и коэффициента подобия изображено на рисунке 8.



a



b

Рис. 8. Зависимость от изменения формы растровой точки:
 а – точности воспроизведения; b – коэффициента подобия

Из приведенных графиков видно, что изменение формы растровой точки изображений от круглой к эллиптической и квадратной, приводит к изменению плавности тоновых переходов и передачи мелких деталей, что выражается в изменении точности воспроизведения и коэффициента подобия.

В результате проведения исследований получены следующие результаты:

1. Обоснована возможность использования методов теории подобия при оценке качества воспроизведения полиграфических изображений. Сформулирована гипотеза о постоянстве соотношений у подобных изображений частотных, градационных и колориметрических характеристик.

2. Определены основные математические зависимости, характеризующие подобие полиграфических изображений. Предложены количественные показатели и методика их практического определения.

3. Теоретические данные проверены экспериментально: определен количественный показатель оценки качества воспроизведения для изображении йс различным процентом растискивания растровой точки, с различной линиатурой воспроизведения печатных изображений, со смещением краскоформ, а также с различной формой растровой точки. Определены закономерности изменения анализируемой характеристики для каналов L, c, h в зависимости от указанных возмущающих факторов.

4. Построенные зависимости соответствуют данным, полученным традиционными методами контроля, а также путем визуального контроля изображений.

Практическая значимость проведенных исследований и перспективы использования полученных результатов изложены ниже.

Предложенный метод позволяет количественно оценить точность воспроизведения изображений при использовании различной технологии воспроизведения: качества полиграфического исполнения, формы растровой точки, линиатуры. Применение данного метода в производственных условиях дает возможность с помощью любого устройства, позволяющего получать цифровую копию оттиска, определять степень соответствия тиражных оттисков утвержденной пробе и исходному оригиналу, а также сравнивать разномасштабные изображения.

Дальнейшие исследования будут связаны с анализом вещественных печатных изображений, а также с нормированием значений коэффициента подобия.

1. Дыдышко С. И. *Разработка метода контроля качества печатных оттисков с использованием объемного моделирования печатных изображений: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.02.13/Дыдышко Сергей Иосифович; МГУП. - М.: МГУП, 2009. - 22 с.*

2. Ю. И. Монич, В. В. Старовойтов. *Оценки качества для анализа цифровых изображений / Искусственный интеллект.–2008.–№ 4.*

3. Раскин А. Н., Ромейков И. В., Бирюкова Н. Д. и др. *Технология печатных процессов. – М., 1989.*

4. Б. В. Раушенбах. *Системы перспективы в изобразительном искусстве. Общая теория перспективы. М., 1986.*

5. Л.И.Седов *Методы подобия и размерности в механике. М., 1987.*

6. Р. В. Г. Хант. *Цветовоспроизведение. – СПб., 2009.*