



# Влияние внешнего освещения на принятие оценочного решения о качестве полиграфических оттисков

***Если приблизительно оценить потери полиграфического производства при возникновении незапланированных отходов, помножить их на количество производств и привести всё к одному календарному году, то наверняка они окажутся больше, чем в самых пессимистичных прогнозах.***

Многие транснациональные компании предлагают решения по оптимизации и использованию отходов, например отходов красок на флексографских производствах путем применения их во вторичном и даже третичном циклах производства или проявочных растворов посредством последующей их регенерации. Кроме того, делаются попытки внедрения программно-аппаратных средств по оценке качества на каждой из производственных стадий, закупается дорогостоящее оборудование и программное обеспечение. При этом совсем упускаются из виду простые на первый взгляд вещи, например обеспечение стабильных условий производства, в том числе нормирование условий визуальной оценки, которая в конечном счете, как бы мы ни хотели, является решающей при принятии заказа клиентом. Одним из таких параметров нормирования является освещение и его характеристики.

Из школьной программы всем известно, что сложение килограммов с литрами даст, мягко говоря,

некорректный результат, однако при визуальной оценке мы успешно их складываем: оцениваем результаты работы при различных условиях, а затем пытаемся внести коррективы в процесс производства. При этом любая визуальная оценка, безусловно, основывается на человеческом восприятии цвета и является индивидуальным параметром, зависящим от множества случайных факторов. Ограничить воздействие подобных факторов на оценку можно лишь путем стандартизации, то есть приведения внешних факторов к неким установленным (рекомендованным) величинам, что является сегодня одним из приоритетных направлений внедрения комплекса мер по стандартизации на предприятии.

## **Проблемы визуальной оценки**

Следует различать два фундаментальных понятия, близких по смыслу, но имеющих различное «направление действия»: метамерия и метамеризм. Метамерия — свойство зрения, при

котором свет различного спектрального состава может вызывать ощущение одинакового цвета.

С точки зрения физиологии метамерия зрения основана на строении периферийного отдела зрительного анализатора. У человека эту функцию выполняет сетчатка, в которой за восприятие цвета отвечают особые клетки — колбочки, а за его интенсивность — палочки. Колбочки у приматов существуют всего трех типов: воспринимающие цвет в фиолетово-синей, зелено-желтой и желто-красной частях спектра, а видимый диапазон примерно располагается между 380 и 770 нм. Каждый вид колбочек интегрирует поступающую лучистую энергию в довольно широком диапазоне длин волн, и диапазоны чувствительности трех видов колбочек перекрываются, различаясь лишь диаграммой величины чувствительности.

Поэтому человеческое зрение получило название трехстимульного, то есть спектральные характеристики цвета выражаются в трех значениях.



Если сравниваемые потоки излучения с разным спектральным составом производят на колбочки одинаковое действие, цвета воспринимаются как одинаковые.

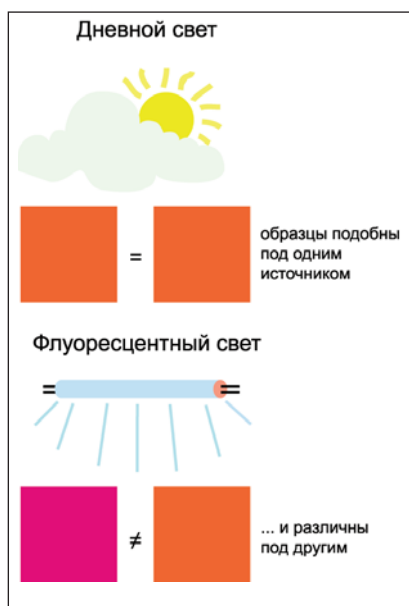
В животном мире также известны четырех- и даже пятистимульные цветовые анализаторы, так что цвета, воспринимаемые человеком как одинаковые, некоторым животным могут казаться разными.

Похожая ситуация складывается и с системами регистрации изображений, как цифровыми, так и с аналоговыми. Хотя в большинстве своем они, как и зрение человека, являются трехстимульными (три слоя эмульсии фотопленки, три типа ячеек матрицы цифрового фотоаппарата/сканера или люминофора монитора), их метамерия отличается от метамерии человеческого зрения. Поэтому цвета, воспринимаемые глазом как одинаковые, на фотографии могут оказаться разными.

Тем не менее на эффекте метамерии основано воспроизведение цвета в полиграфии, фотографии, кино, телевидении, живописи и т.д. Благодаря ей из смеси разных по характеристикам спектрального поглощения наборов пигментов (или разных по спектру излучения наборов люминофоров в случае с телевизорами и мониторами) могут быть составлены цвета, воспринимаемые глазом как одинаковые.

В случае с отраженным или проходящим через прозрачные образцы светом возникновение ощущения одинакового цвета при использовании разных наборов пигментов зависит в первую очередь от освещения. Отраженный или проходящий свет частично поглощается пигментом, а конечный спектр воспринимаемого глазом света зависит не только от характеристики пигмента, но и от характеристики источника освещения. Ведь именно смешение отраженного света от образца и света от источника излучения формирует образ в мозгу, а два образца, воспринимаемые одинаковыми, например, при дневном свете, могут различаться при искусственном (рис. 1).

В отношении же наблюдаемых объектов применяется термин «ме-



**Рис. 1. Визуальное различие образцов под разными источниками**

тамеризм» — явление, когда два сравниваемых окрашенных объекта воспринимаются одинаковыми при одних условиях наблюдения и различаются при других, то есть наблюдается так называемый метамеризм объектов наблюдения. Часто два излучения, одинаковые по спектральному составу, вызывают у человека одинаковые ощущения цвета, но не всегда справедливо обратное. Часто человеческий глаз может воспринимать одинаковыми по цвету излучения различного спектрального состава, при этом объекты выглядят идентично под одним источником света, но различно под другим.

В связи с этим различают:

- метамеризм излучения;
- метамеризм наблюдателя;
- метамеризм угла обзора (наблюдения);
- геометрический метамеризм.

Метамеризм излучения проявляется в том случае, если наблюдатель смотрит на сравниваемые образцы, последовательно освещаемые двумя или более источниками света.

Метамеризм наблюдателя проявляется, когда сравниваемая пара воспринимается одинаковой по цвету одним наблюдателем и различной по цвету другим. Это естественное явление, поскольку каждый человек вос-

принимает цвет по-разному, отлично от «стандартного наблюдателя», в расчете на которого и определяются координаты цвета. Такой вид метамеризма может приводить к серьезным проблемам, например если один из наблюдателей является производителем, а другой — заказчиком, причем условия сравнения различны.

Метамеризм угла обзора наблюдается, когда пропадает равенство цветов при изменении стандартных углов с 2 на 10°. Сравнимые образцы, выглядящие одинаково на расстоянии (так называемое малое поле зрения), могут отличаться, когда наблюдатель приближается к образцам (большое поле зрения).

Геометрический метамеризм возникает при изменении геометрии освещения. Этот тип метамеризма особенно часто проявляется при работе с металлизированными красками, при печати на металлизированной подложке, пластике, текстиле, виниловых материалах, а также очень сильно при использовании разного рода защитных красок и технологий. Кроме того, отчасти этот тип можно наблюдать при сравнении лакированных оттисков.

Приемлемая степень метамеризма зависит от области применения материала. Если два образца никогда не будут выставляться вместе, метамеризмом можно пренебречь, однако если упаковка, напечатанная способом флексографской печати, будет находиться рядом с упаковкой, напечатанной офсетом, неприемлемой будет даже малая степень метамеризма. Особенно чувствительной для всех перечисленных типов метамеризма является рекламная продукция, в особенности наружная реклама.

Количественно оценить метамеризм очень сложно. Он характерен в основном для сравниваемых объектов, различия между спектрами отражения которых велики. Различия в разных частях видимого спектра неодинаковые: например, области длин волн около 360 и 780 нм менее важны для человеческого глаза, чем длина волны около 550 нм. Следовательно, по спектральным кривым отражения двух образцов трудно оценить, насколько различными они

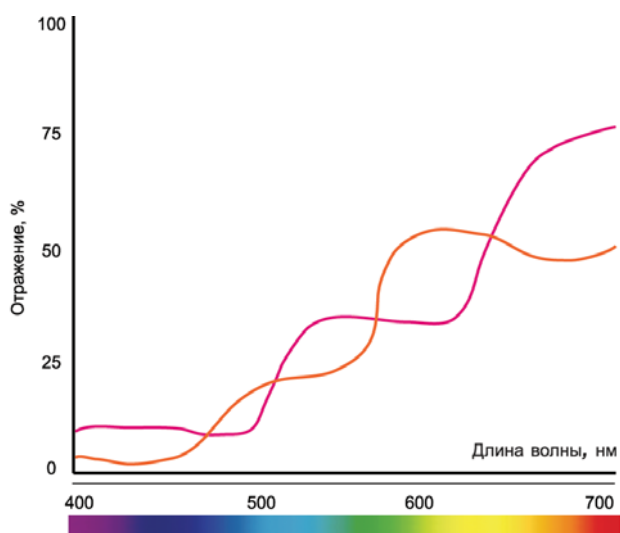


Рис. 2. Характерное поведение спектральных кривых отражения при наличии метамеризма объектов

могут казаться наблюдателю. Тем не менее одним из характерных показателей возникновения метамеризма принято считать пересечение спектральных кривых отражения на различных участках (рис. 2).

С помощью измерительных приборов, в частности спектрофотометров, мы можем рассчитать цветовые различия между образцами для разных источников и наблюдателей. Правда, установить, какие источники следует использовать, тоже не всегда просто. Для многих задач достаточным считается сравнение или описание поведения цвета для трех отличных друг от друга источников, рекомендуемых ведущими производителями спектрофотометров. Например, одно из излучений должно соответствовать дневному свету, другое — свету лампы накаливания, а третье — люминесцентной в супермаркете.

### Физические оценки метамеризма и источников света

Первой и главной оценкой можно считать индекс метамеризма (MI) — показатель, определяющий, насколько два образца, подобные при одном освещении, будут подобны при другом. В настоящее время в качестве стандартного источника освещения в полиграфии используют CIE D50, а дополнительное освещение выбирают в зависимости от сферы использования образцов. Формула расчета индекса метамеризма подобна формуле цветового различия dE:

$$MI = \sqrt{(\Delta L_1 - \Delta L_2)^2 + (\Delta a_1 - \Delta a_2)^2 + (\Delta b_1 - \Delta b_2)^2},$$

где  $\Delta L$ ,  $a$  и  $b$  — разности соответствующих координат между эталоном и образцом при оценке их под двумя разными источниками.

Если значение MI мало, то разница между эталоном и образцом под различными источниками будет тоже невелика. Однако совершенно необязательно, что они будут полностью совпадать, и может получиться так, что

цветовое различие dE будет сохраняться и под разными источниками.

Высокое значение MI однозначно сигнализирует о том, что цветовое различие в паре не будет сохранено и будет наблюдаться визуальное цветовое различие под двумя разными источниками. При этом эталон и образец могут иметь очень малое различие под одним источником и достаточно большое — под другим. К сожалению, на данный момент стандартных значений MI нет, крупные компании-производители при принятии решений основываются на собственном опыте либо вообще не берут индекс метамеризма в расчет.

С практической точки зрения при значении MI выше 1 или 2 образец будет выглядеть иначе под дополнительным источником освещения, и, даже добившись минимального цветового различия под основным, мы все равно будем иметь большое визуальное различие под другим.

Поэтому при воспроизводстве так называемых критических, или памятных, цветов надо всегда учитывать второй или даже третий возможный источник, при котором продукция будет восприниматься.

К источникам света также предъявляются определенные требования, которые можно количественно сопоставить. Одно из таких нормированных показателей — индекс цветового приведения (Color Rendering Index) — основывается на воздействии источника освещения на восемь специальных пастельных и девять добавочных окрашенных эталонов. При этом источник оцениваемого света сравнивается с эталонным источником, имеющим нормированную цветовую температуру. Все сравнения, безусловно, проводятся на предприятии — производителе источников при обеспечении всех условий, гарантирующих оптимальное качество продукции.

Источники света ниже 5000 К сравниваются с лампой накаливания (Tungsten), которая дает CRI равное 100. Для источника света выше 5000 К эталонный источник — различные фазы дневного света, которые подходят к коррелированной цветовой температуре. Другими словами, CRI-индекс — среднее значение приведенной оценки источника света в сравнении с эталонным. Шкала нормирования источников от 0 до 100 позволяет точно определить источник, сравнить его с другим и понять, подходит ли он для проведения оценочных мероприятий или годится только для освещения, не требующего специальных условий. Рейтинг 92 или выше наиболее подходит для визуальной оценки при нормировании производственного освещения.

CIE-ранжирование — в соответствии с рекомендацией CIE 51 определяют очень жесткие требования к источникам освещения в визуальной и ультрафиолетовой зонах для воспроизведения дневного света. Источники, которые отвечают этим рекомендациям, имеют две буквы, первая из которых обозначает видимую часть, вторая — UV-часть спектра. Применяемые при этом оценки индекса цветового приведения и метамеризма на основании оценки 8 стандартизированных образцов (5 для визуальной зоны спектра и 3 для ультрафиоле-



товой) устанавливают пригодность источника, например, для полиграфических процессов цветовоспроизведения. Первый ранг определяет качество источника в зоне спектра 400-700 нм, второй — в UV-зоне от 300 до 400 нм.

Оценки являются округленными, но, тем не менее, представляют собой очень действенный механизм, помогающий давать определение соотношения между источниками освещения и позволяющий приводить их к определенному стандартизованному знаменателю. Например, рангом AA отмечают источники, наиболее близко подходящие под категорию дневного света, а EE — наименее подходящие. Рейтинг BC — приемлемое соотношение для оценки цвета в полиграфии. В таблице приведено соотношение рангов по CIE и округленной величины индекса метамеризма по пяти оцениваемым образцам для видимой части спектра.

#### СОТНОШЕНИЕ РАНГОВ ПО CIE И ИНДЕКСОВ МЕТАМЕРИЗМА (MI)

Ранг CIE	MI (по CIE Lab)
A	<0,25
B	0,25-0,5
C	0,5-1,0
D	1,0-2,0
E	>2,0

### Проведение визуальной оценки

Следуя процедуре, описанной в стандарте ASTM D 1729-96-2003 (American Society for Testing and Materials), для визуального сравнения материалов регламентации служат следующие параметры или условия: источник освещения, условия обзора (угол наблюдения, фон), стандарт цвета и его образец, образцы воспроизведенного цвета на различных материалах.

Для визуальной оценки степени метамеризма отпечатанной продукции обычно используют так называемые просмотровые кабины. Способ их применения очень прост — это визуальное сравнение под различными калиброванными (нормированными) источниками освещения. Традиционно подобные кабины используют от трех до пяти различных источников

освещения, однако стандартизованных (описанных) источников гораздо больше. Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие:

- D65 (6500 K) — среднее дневное освещение, применяемое для визуального контроля в текстильной, пластиковой, лакокрасочной, но не в полиграфической промышленности. В спектре преобладает голубая составляющая. Индекс — CRI 94-96;
- D50 (5000 K) — дневной свет с пропорциональным распределением энергии в красной, зеленой и голубой зонах спектра, используемый в настоящее время как стандартный источник для визуальной оценки оттисков. Отвечает стандарту ISO 3664 и имеет индекс CRI 93-97 (рис. 3а);
- CWF (Cool White Fluorescence) — широкополосный источник изучения, характеризуемый высокой активностью в зеленой области спектра. Цветовая температура около 4100 K, а CRI — примерно 62 (рис. 3б);
- источник A (не путать с лампой накаливания Tungsten A с цветовой температурой 3200 K — она не применяется для стандартизованной визуальной оценки) — стандартный источник, отвечающий спецификации CIE 15.2 и одобренный ASTM D1729-96. Он излучает в желто-красном спектре с температурой 2865 K и имеет CRI около 100 (рис. 3в);
- UV (ультрафиолетовый источник) — обычно не применяется как отдельный источник, только в случае оценки защитных элементов печати, но обязательно присутствует в меньшем или большем количестве в дневном освещении;
- TL84 (4100 K) — узкозональный трехфосфорный флуоресцентный источник, изначально предназначенный для использования во внешнем освещении рекламы на американском континенте. Преобладающее излучение в зеленой области с CRI-индексом 86 (рис. 3г);
- U30 (3000 K) — узкозональный трехфосфорный флуоресцентный источник, также предназначенный для внешней рекламы. Преобла-

дающее излучение в желто-красной области с индексом 85.

С помощью просмотровых кабин можно с большей или меньшей вероятностью визуально определить, присутствует ли метамеризм оцениваемого материала и насколько с практической точки зрения целесообразно использовать подобный цвет при различном освещении. Однако всегда должны соблюдаться определенные требования или, лучше сказать, условия выбора источников оценки на производственном предприятии. Рекомендации различных производителей контрольно-измерительного и/или осветительного оборудования примерно аналогичные.

Из них можно выделить следующие: прежде всего необходимо заменить тот же источник освещения, что и заказчик (если это возможно); стараться использовать источник, соответствующий стандартным рекомендациям, и/или определить наиболее часто применяемое освещение, под которым конечная продукция воспринимается.

Безусловно, использование на предприятиях нормированных источников освещения дает реальную возможность поднять качество производства и уменьшить брак. Однако контролировать или следить за этими условиями на предприятиях очень трудно, ведь в процессе участвует много разных людей, а помещения, как правило, сильно разнесены территориально.

В настоящее время для подобного контроля предлагается огромное количество сверхточных приборов, но все они будут выдавать какие-то цифры, не означающие для заказчика ровным счетом ничего, при этом их стоимость часто доходит до 10 тыс. евро. Между тем существуют дешевые визуальные тесты от различных компаний, которые реагируют на изменение спектральной составляющей источника излучения.

Одними из наиболее простых и понятных являются визуальные тесты (рис. 4а и 4б), которые сразу дают возможность определить, отвечает ли окружающий свет требованиям, заявленным в спецификации на производство продукции, или нет.

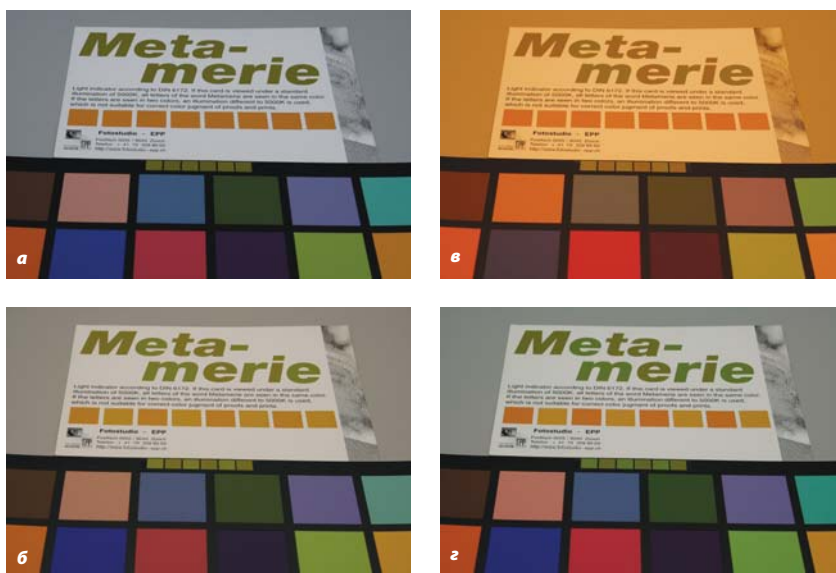


Рис. 3. Визуальное восприятие различных источников: а — D50; б — Cool White Fluorescence; в — источник А; з — TL 84

Например, наклеив подобную полосу на подписной лист или цветопробу, можно сделать заключение о визуальном соответствии оригинала с цветопробой под нормированным источником, например D50. Более того, многие оригиналы или пробы напечатаны на прозрачных или полупрозрачных материалах, особенно характерных для рекламной продукции, поэтому визуальные тесты можно с легкостью применять, например, и при контроле задней подсветки.

Зачастую, купив системы нормированного освещения, например Just-Normlicht или GTI, где используются так называемые калиброванные источники, пользователи начинают

применять дешевые лампы вместо вышедших из строя дорогих. Аргумент при этом достаточно прост: «на источниках стоит маркировка 5000 К, значит они нам подходят», к сожалению, подобные источники не являются калиброванными, а маркировка у них «приведенная», то есть распространяется на партию изделий, выпущенных массовым тиражом с большими производственными допусками.

Многие из подобных дешевых ламп абсолютно не предназначены для использования при визуальном контроле, что особенно опасно в случае применения в печатном цеху, в дизайн-студиях или колористических лабораториях, где непосредственно

создаются и контролируются различные цвета.

Для минимизации негативных последствий и мониторинга состояния систем освещения производители устройств нормированного освещения начали внедрять в конструкции своих устройств таймеры и люксметры, которые будут предупреждать о необходимости замены источника света.

Если они не справляются со своей задачей или используются устаревшие модели, особенно в условиях больших производств, институт FOGRA и организация UGRA начиная с 1997 года рекомендуют использовать визуальные тестовые элементы для контроля источников света. Безусловно, подобные тесты не являются панацеей и не претендуют на роль «абсолюта», как, например, специализированные приборы, однако сильно упрощают жизнь производствам, давая им надежный расходный материал для быстрого определения условий освещения. **A**

Источники:

1. CIE 015: 2004. Colorimetry. 3rd ed.
2. CIE 051: 1981. Method for Assessing the Quality of Daylight Simulators for Colorimetry.
3. ASTM D1729-96 (2003). Standard Practice for Visual Appraisal of Colors and Color Differences of Diffusely-Illuminated Opaque Materials.
4. ISO 3664 (2000). Viewing conditions — Graphic technology and photography.
5. Roy S. Berns Billmeyer and Saltzman principles of color technology. 3rd ed. 2000.

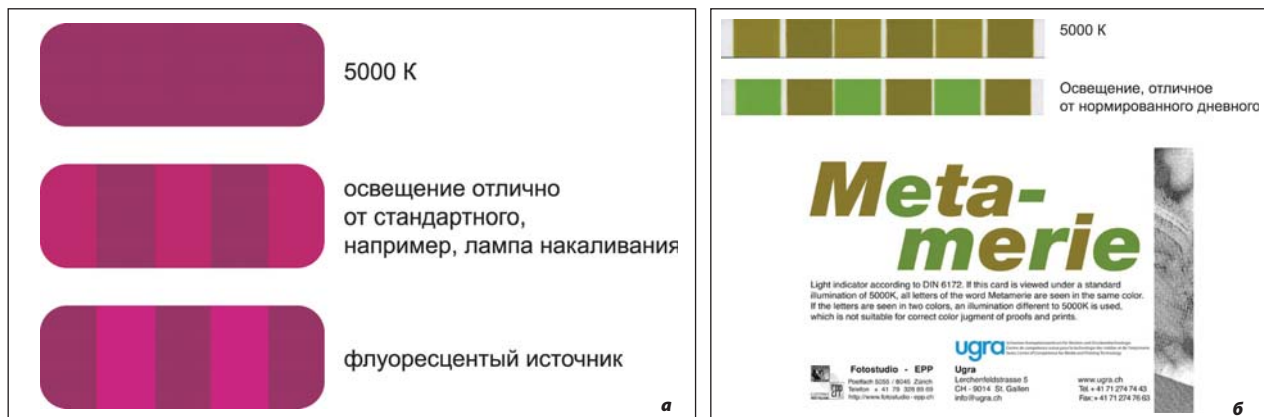


Рис. 4. Простейшие тесты для определения нормированного освещения: а — тестер GATF (Graphic Arts Technical Foundation); б — тестер UGRA/FOGRA (разработка Electronic Photo Publishing)