

М. Сняк, канд. техн. наук

Цвет как критерий оценки

Оценка потребительского успеха товара зависит не только от таких объективных параметров, как качество и цена, но и от субъективных — пользовательских, наиболее интересных и сложных в плане мотивации. Под пользовательскими факторами мы подразумеваем психологическое состояние человека на момент принятия решения о покупке, а также его предпочтения и вкусы. Нельзя отрицать тот факт, что окончательное решение о покупке принимается при визуальной оценке товара, причем дизайн, цветовые решения и окружающее освещение могут сыграть при этом решающую роль.

Глаз как инструмент оценки

Зрение дает нам возможность воспринимать размеры, форму, фактуру, блеск, прозрачность, мерцание и цвет объектов. Нормально функционирующий глаз выполняет удивительно сложную работу. Лучи от объекта попадают на роговую оболочку глаза (роговицу) и направляются на сетчатку. Фокусировка выполняется естественной линзой — хрусталиком. В зависимости от яркости света, диафрагма в радужной оболочке глаза (ирисовая диафрагма) сужается или расширяется, изменяя размеры отверстия — зрачка. При хорошем освещении используется только центральный участок хрусталика, что обеспечивает получение более резкого изображения на сетчатке.

Светочувствительная часть глаза представляет собой мозаику реагирующих на свет клеток (фоторецепторов) — палочек и колбочек сетчатки. Палочки и колбочки находятся в непосредственном контакте с сосудистой оболочкой глаза, расположенной за глазным яблоком, а их окончания направлены в сторону, противоположную падающему свету. Под воздействием света палочки и колбочки генерируют нервные импульсы, передаваемые в мозг.

Палочки могут реагировать на крайне малые количества световой энергии и отвечают за способность человека видеть ночью — при лунном свете, при

звездах и даже когда небо скрыто облаками. Чувствительность палочек максимальна на зеленом участке видимого спектра (при длине волны падающего света 510 нм), однако они не создают цветового ощущения, а обеспечивают только ахроматическое, то есть нейтральное в цветовом отношении, восприятие. Кроме того, каждая палочка не имеет непосредственной связи с мозгом — они объединены в группы, и это объясняет высокую чувствительность палочкового зрения и сложность различения с его помощью мелких деталей. Все это объясняет общую бесцветность и нечеткость сумеречного зрения («Ночью все кошки серы»).

Восприятие хроматических цветов обеспечивают колбочки — другими словами, с помощью колбочкового зрения мы можем видеть весь спектр цветов. Колбочковое зрение по сравнению с палочковым гораздо менее чувствительно к излучениям коротковолнового (синего) участка видимого спектра, а чувствительность к излучениям длинноволнового (красного) участка спектра у колбочек и палочек примерно одинаковая. Однако колбочки реагируют на изменения интенсивности падающего света тогда, когда палочки уже не реагируют на них, и тогда они вырабатывают максимально возможное количество нервных сигналов. Таким образом, наше дневное зрение почти полностью обеспечивается колбочками.

Из всего вышесказанного ясно, что восприятие цвета представляет собой весьма сложный процесс, различные аспекты которого изучаются разными науками: химией, физикой, физиологией и психологией. Цвет большинства объектов обусловлен входящими в них красящими веществами, которые поглощают энергию излучения в определенных участках видимого спектра (этот участок относительно мал в общем диапазоне электромагнитного излучения, рис. 1). Свойство вещества поглощать энергию в определенном участке видимого спектра обусловлено его химическим строением, при этом сами вещества делятся на две большие группы: нерастворимые — пигменты и растворимые — красители.

Окружающие нас объекты становятся видимыми благодаря энергии светового излучения, которое испускается или отражается ими и попадает в наши глаза. При этом мозг сохраняет информацию об увиденном объекте, так что в последующем человек может идентифицировать объект не только по форме, но и по цвету. Поэтому упаковки товаров, как и торговые марки и знаки фирм-изготовителей, должны иметь тот цвет, к которому привыкло большинство покупателей.

По цвету упаковки покупатель может судить и о качестве товара. Например, если цвета упаковки слишком блеклые (светлых или сероватых оттенков), покупателю может показаться, что товары лежали на полках так долго, что

Таблица 1

Стандартные излучения	Координаты цветности в системе МКО				Коррелированная цветовая температура Т (К)
	1931		1964		
	x_2	y_2	x_{10}	y_{10}	
A	0,4476	0,4074	0,4512	0,4059	2856
C	0,3101	0,3162	0,3104	0,3191	6774
D65	0,3127	0,3290	0,3138	0,3310	6504
D75	0,2990	0,3150	0,2996	0,3173	7504

краски на них выцвели, а качество содержимого ухудшилось. Слишком темные, а также серые цвета упаковки ассоциируются с грязным налетом и наводят на мысль о том, что другие покупатели слишком часто брали их в руки и возвращали на место по тем или иным причинам. Далее следует вывод: если уж изготовитель не позаботился о должном цвете упаковки, то он, вероятно, упустил что-либо и в самом товаре. Таким образом, зависимость потребителя от сложившихся стереотипов довольно часто приводит к неточной оценке покупаемого товара.

Зачастую при восприятии цвета товара важную роль играет спектральный состав освещения, при котором он рассматривается. Так, люминесцентные лампы придают мясу зеленоватый оттенок, наводящий на мысль о гниении, а галстук, выбранный при освещении лампами накаливания, может быть на следующий день возвращен как оказавшийся неподходящим по тону и насыщенности в условиях дневного освещения. Цвет находящихся рядом отражающих предметов также влияет на суждения покупателей о товаре вследствие явления одновременного цветового контраста.

Рассмотрим наиболее значимые для оценки цвета печатной продукции факторы (параметры).

Цветовая температура

При визуальном сравнении нескольких образцов с эталоном наиболее важным фактором является цветовая температура. Традиционно все пользовательские оценки производят в видимом диапазоне от 380 до 730 (770) нм. В табл. 1 приведены значения координат цветности (x , y) цветовых стимулов по системам МКО 1931 и 1964, а также коррелированных цветовых температур цветовых стимулов, создаваемых стандартными источниками излучения А, С, D65 и D75. Спектральное распределение лучистого потока было рассчитано по формуле Планка и распространено на более высокие температуры излучений, которые могут быть реально достигнуты.

На рис. 2 показан график с точками цветности излучателей Планка при различных температурах, приведенных в табл. 1 для МКО 1931. Кривая, проходящая через эти точки, обычно называется линией черного тела. Люминесцентные лампы, лампы искусственного дневного света и различные типы мониторов и

телевизионных систем часто градуируются по цвету относительно линии черного тела. Например, если излучение лампы искусственного дневного света имеет цветность, совпадающую с цветностью полного излучателя с температурой 6500 К, то говорят, что эта лампа имеет цветовую температуру 6500 К (или соответствует стандартному источнику D65).

Однако в подавляющем большинстве случаев цветность лампы не совпадает ни с одной точкой линии черного тела. И тогда выбирается ближайшая точка линии черного тела, по которой определяется коррелированная цветовая температура лампы. Ближайшей считается та точка линии, которая визуально воспринимается самой близкой по цветности. В настоящее время все подобные расчеты и корреляции выполняются с помощью специализированных программ с применением различных поправочных коэффициентов.

Поскольку коррелированная цветовая температура определяет только цветность излучения, то существует множество спектральных распределений энергий, соответствующих одной и той же температуре, причем любая их пара является метамерной (см. ниже). Таким образом, коррелированная цветовая температура излучения является неполной и ненадежной характеристикой передачи цветов объектов. В частности, при фотографировании широко используют люминесцентные лампы типов Warm White (3500 К) и Photoflood (3400 К), которые имеют почти одинаковые значения коррелированной цветовой температуры, однако цвета освещаемых ими объектов заметно различаются.

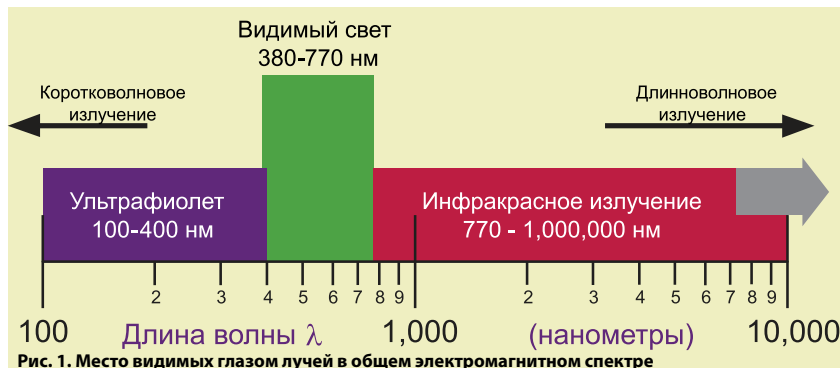


Таблица 2

Условия наблюдения	Эталонное освещение и разница в хроматичности	Освещение	Освещение общее (мин:макс)	Окружающее отражение/люминесценция/освещение
Сравнение оттисков на отражение (O_1)	Освещенность D50 (0,005)	2000±500 лк (должно быть ±250)	Для поверхностей 1×1 мм ≥0,75; для поверхностей больше чем 1×1 мм ≥0,6	<60% (нейтральное и матовое)
Сравнение на просвет. Прямая оценка (P_1)	Освещенность D50 (0,005)	1270±320 кд/м ² (должно быть ±160)	≥0,75	5-10% для уровня освещенности нейтрального с допуском 50 нм в обе стороны спектра
Практическая оценка оттиска (O_2)	Освещенность D50 (0,005)	500±125 лк	≥0,75	<60% (нейтральное и матовое)
Проекционное сравнение на просвет (P_2)	Освещенность D50 (0,005)	1270±320 кд/м ²	≥0,75	5-10% для уровня освещенности нейтрального с допуском 50 нм в обе стороны спектра
Цветной монитор	Освещенность D65 (0,025)	>75 кд/м ² (должно быть >100)	Не определено	Нейтральный, темный серый или черный

Каким же образом можно оперативно определить освещенность и цветовую температуру? Для этого могут использоваться различные устройства, например приборы со специальными насадками (рис. 3 и 4) и/или визуальные тестеры (рис. 5).

Безусловно, наилучшие условия оценки цвета — это такие, при которых конечный продукт предстанет перед покупателем, однако по ряду причин это бывает не просто затруднительно, но и невозможно сделать, поскольку, например, журнал мод будет продаваться везде, начиная от уличных лотков и заканчивая специализированными магазинами и бутиками. В настоящее время существует только один путь обеспечения идентичности условий измерения — придерживаться рекомендаций и стандартов, признанных во всем мире. Существующие сегодня рекомендации представлены в стандарте ISO 3664: 2000 «Viewing conditions — Graphic Technology and Photography». До этого условия наблюдения были определены в том же стандарте от 1975 года, но назывались немного по-другому «Photography — Illumination conditions for viewing color transparencies and their reproductions», а также подробно описывались в стандарте ANSI «PH2.30-1989 For Graphic Arts and Photography — Color Prints, Transparencies, and Photo-mechanical Reproductions — Viewing Conditions».

Не вдаваясь в детали разработки и апробирования стандарта ISO 3664: 2000, отметим основные моменты, отраженные в нем:

- регламентация спектральной энергии распределения освещения;
- регламентация интенсивности и равномерности освещения;
- характеристика подложки (запечатываемого материала) и условия окружающей среды;
- регламентации по обслуживанию.

Приведенные в табл. 2 выдержки из указанного стандарта позволяют сделать вывод о важности контроля окружающего освещения и регламентации условий визуальной оценки.

Новый стандарт предусматривает два уровня освещенности:

- высокий (2000±500 лк) — для контроля наиболее важных элементов на изображении;

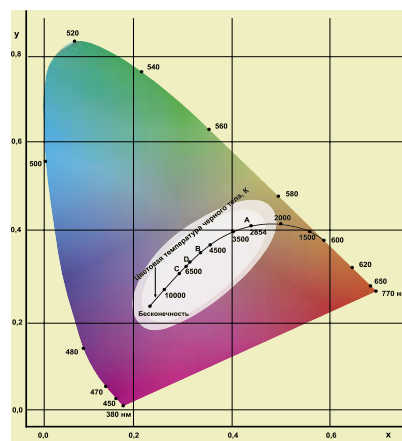


Рис. 2. График цветовой температуры МКО 1931

- низкий (500±125 лк) — для оценки полутоновой шкалы изображения при освещении, приближенном к конечному освещению.

Высокий уровень может использоваться, например, при сравнении оригинальной работы с цветопробой или цветопробы и контрольного оттиска.

Метамеризм

Некоторые вопросы метамеризма объектов мы уже рассматривали в статье «Цвет для жизни» (см. № 2 и 3'2004), поэтому здесь лишь напомним о том, что следует различать понятие метамеризма цвета (цвет тех излучений, которые, несмотря на различный спектральный состав, визуально воспринимаются одинаковыми) и метамеризм объектов наблюдения (явление, при котором два цвета воспринимаются одинаковыми при одних условиях наблюдения и различаются при других условиях). Проще говоря, очень часто объекты выглядят идентичными под одним источником света, но совершенно различными под другим. Подобное явление не только затрудняет визуальную оценку оттисков, но порой становится причиной конфликтных ситуаций между заказчиком и исполнителем. Даже наличие приборной базы не всегда является панацеей. Однако использование спектрофотометра с возможностью эмуляции различных источников

Таблица 3

Обозначение	Температура, °C	Относительная влажность, %	Давление, кПа	Примечание
23/50	23 ±2*	50 ±5*	86-106	Рекомендованные параметры
27/65	27 ±2*	66 ±5*		Для тропических стран
20/65	20 ±2*	65 ±5*		Для различного рода оценок

* При выполнении особо ответственных работ или измерений допустимы отклонения температуры ±1 °C и относительной влажности ±2%.



Рис. 3. EyeOne Pro компании GretagMacbeth с насадкой для измерения освещенности



Рис. 4. iOne Display компании GretagMacbeth с насадкой для измерения освещенности

излучения и просмотрной кабины для визуальной оценки в сочетании с соблюдением производственных стандартов практически всегда обеспечивает положительные результаты.

Что использовать в качестве фона для измерения

Казалось бы, какая разница: измеряем ли мы оттиск на белом, черном или еще на каком-нибудь фоне? До поры до времени пользователи измерительных приборов даже не задаются подобным вопросом и только после бесплодных попыток построить корректный цветовой профиль или «инструментального» сравнения начинают поиск ошибок конфигурирования системы. Ответ же лежит на поверхности. Дело в том, что многие используемые в полиграфии запечатываемые материалы прозрачны или полупрозрачны, и лишь весьма малая часть непрозрачна (например, пластики). Если запечатываемый материал абсолютно непрозрачен, то цвет фонового материала, на который помещается оттиск при измерении,

не имеет большого значения; если же оттиск прозрачен или частично прозрачен, то цвет фона может существенно повлиять на измеренные прибором колориметрические данные, рассчитанные из спектральной кривой отражения. Подчеркнем, что цвет фона практически не сказывается на денситометрических измерениях, особенно при обнулении прибора по запечатываемому материалу, принятому в европейских странах.

Если запечатываемая поверхность полупрозрачна, а краски имеют малую кроющую способность, то отражающая способность фонового материала будет доминировать, а измерения оказываются неверными. В таких случаях обычно рекомендуется использовать белый фоновый материал. Однако при построении цветовых профилей по оттискам на газетной бумаге с запечатанной обратной стороной рекомендуется применять черную основу, дабы исключить влияние краски обратной стороны.

Вышеуказанные условия были учтены при создании новой редакции стандарта ISO 12647-2 (2004),

где стандартные условия для черной и белой основы определены в ISO 5-4 (соответственно в разделах B2 и B3), а также в ANSI/CGATS.5:2004.

Интересно отметить, что использование в качестве фона стопы запечатываемого материала, рекомендованное в свое вре-

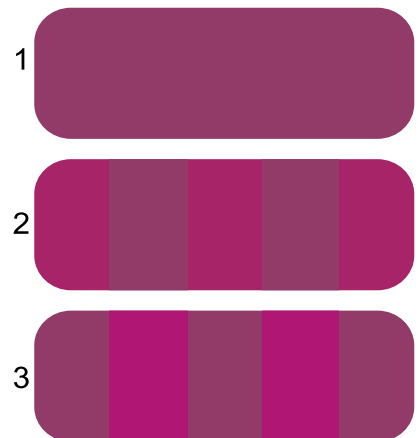


Рис. 5. Визуальный тестер от GATF (Graphic Arts Technical Foundation):

- 1 - показывает 5000 К;
- 2 - полосы 1, 3 и 5 проявляются, когда окружающее освещение не является стандартным (например, лампа накаливания);
- 3 - полосы 2, 4 проявляются, когда присутствует холодный или теплый флуоресцентный свет

Таблица 4

Цвет краски	Цвет фонового материала	L	a	b	dELab	dE94	dE2000	dEcmc
Черная (К)	Черный	20	0	0	0	0	0	0
	Белый	20	0	0				
Голубая (С)	Черный	55	-36	-44	3,61	3,13	2,87	1,58
	Белый	58	-38	-44				
Пурпурная (М)	Черный	46	70	-3	6,56	3,56	3,41	2,6
	Белый	49	75	0				
Желтая (У)	Черный	84	-5	88	7,87	5,17	3,51	2,63
	Белый	89	-4	94				
М+У	Черный	45	65	46	8,12	4,31	4,21	3,05
	Белый	49	70	51				
С+У	Черный	48	-64	31	4,69	3,13	3,12	1,86
	Белый	51	-67	33				
С+М	Черный	21	22	-46	1,73	1,11	0,8	1,0
	Белый	22	23	-47				
С+М+У	Черный	18	8	6	1,73	1,4	1,29	1,48
	Белый	19	9	7				

мя различными международными научно-исследовательскими институтами и инструкциями, в том числе и российскими, в настоящее время характерно только для выпускающих бумагу компаний и производителей красок.

Рассмотрим рекомендации для стандартных черного и белого фоновых материалов. Стандартным черным признается материал, отвечающий следующим требованиям:

- не являющийся спектрально селективным, то есть на интервале 400-700 нм отклонение его отражающей способности от среднего значения не должно превышать 5%;
- имеющий рассеивающую свет поверхность, то есть даже при прямом освещении не допускается зеркальное отражение света;
- его оптическая плотность должна составлять $1,50 \pm 0,20 D$, что примерно соответствует диапазону от 15 до 27 единиц по шкале светлоты L или отражению 2-5%.

Белая основа должна обладать следующими характеристиками:

- непрозрачность (например керамическая);
- диффузионное рассеивание света;
- без содержания флуоресцентных компонентов;
- ахроматичность;
- коэффициент отражения в диапазоне от 400 до 420 нм должен

превышать 0,3, а в диапазоне от 420 до 700 нм — 0,75 ($L > 92$).

Климатические условия

Стандартные условия окружающей среды для полиграфии были определены в 1976 году в стандарте ISO 554 (табл. 3), и только несколько месяцев назад начались работы по его пересмотру.


Важность контроля условий измерения подчеркивается тем обстоятельством, что изменение температуры на 1 °C в диапазоне от 18-25 °C в среднем дает погрешность $\pm 0,1 dE$. И это при наличии высокоточного спектрофотометра! Причинами таких погрешностей являются не только физическое изменение поверхностных свойств измеряемого оттиска и связанные с этим изменения его оптических характеристик, но и влияние температуры на параметры оптических элементов спектрофотометра: коллиматора, фильтров, дифракционной решетки и др.

Согласование методов оценки

Использование любой приборной базы должно соответствовать условиям конкретного производства и специфическим требованиями заказчика. Иными словами, должно применяться контрольно-измерительное оборудование одного класса, следует согласовать величины измерений, применя-

емые формулы, контролируемые параметры и оценки.

Для обоснования этого тезиса приведем результаты использования различных формул для расчета цветового различия dE для триадных красок, а также их наложенный согласно ISO 12647-2 (2004). Приведенные в табл. 4 данные показывают цветовую разницу между измерениями красок на белом и черном фоне для бумаги типа 3 (массой 70 г/м², с глянцевым покрытием для рулонной печати). Данные приведены для условий измерений No-фильтр, D50, 2°. В формулах dE94, dE2000, dEcmc поправочные коэффициенты имеют значение 1.

Безусловно, на реальном производстве очень сложно создать идеальные условия, описанные в стандартах и рекомендованные экспертами. Мировая практика показывает, что еще сложнее добиться понимания работниками необходимости четко следовать рекомендациям стандартов. Однако без этого невозможно достичь хорошей координации всех производственных звеньев. 

Использованная литература:

1. Farbmeterik in der Reproduktionstechnik und im Mehrfarbendruck; 3. Auflage. K.Schläpfer; 2004, UGRA.
2. Handbuch zur Standardisierung des mehrfarbigen Zeitungsdruckes Unterweisungsmaterial für den Prozessablauf; F.Dolezalek, D.Loibl, M.Pöller, A.Ritzer; 2001, Fogra.