

— | | —

Стефан Стефанов

Печатные технологии и цвет
(систематизация и классификация)
монография

*Посвящаю супруге Ирине Глинской,
открывшей новую страницу в моей жизни*

Москва
«УНИСЕРВ»
2013

— | | —

ББК 37.8

С 79

Стефан Стефанов

Печатные технологии и цвет (систематизация и классификация)

монография

М.: ИФ «Унисерв», 2013. — С 62.

Рецензент:

Александр Владимирович Чуркин, к.т.н., профессор кафедры «Цифровые технологии» Московского государственного института печати

Научный редактор:

Владимир Рувимович Фидель, генеральный директор издательства «УНИСЕРВ»

С 79 В издании «Печатные технологии и цвет» печатные технологии и цвет представлены как структуры. Печатные технологии — структура печатной формы и запечатываемого материала на базе которых проведена систематизация и классификация. Цвет — структура из множества оттенков, связанных между собой и однозначно определенных в системе координат Декарта. Издание призвано дать представление в структурах и терминах. Легко читается. Насыщено образами и логическими построениями. Из математического аппарата достаточны знания координатной системы Декарта и воображение, чтобы представить себе трехмерное пространство XYZ.

Изложенные в издании идеи могут послужить хорошим подспорьем для освоения феномена печатных технологий и цвета как структуры с элементами, параметрами и связями. Издание предназначено как для студентов, изучающих печатные технологии и цвет, как предмет, так и для практиков, использующих печатные технологии и цвет в своей деятельности — дизайне, рекламе, полиграфии и телевидении.

© ИФ «Унисерв», Москва, 2013

© Стефанов С.И., 2013

ISBN 5-86035-115-1

Введение: полиграфия — технологии + цвет

*Изобретая технологии,
человек выжил и стал Человеком*

Человеческий след на Земле

Свой след человек оставляет на камне, глине, дереве и бумаге, используя для этого цвет. Вначале были живопись и составление надписей. Потом появились книгопечатание, как ремесло, и полиграфия, как индустрия.

Первый этап полиграфии связан с книгопечатанием, однако многие материалы, например, бумага, чернила и краска, а также некоторые прототипы издания полиграфии до книгопечатания уже существовали, например, свитки и рукописная книга. Даже печатные формы были изобретены до книгопечатания, например: перстни, печатные доски, которые сохранились и до наших дней, например, тульские печатные пряники делают с использованием печатных досок.

Если провести анализ, то можно констатировать, что изобретенные технологии связаны с текстом (шрифтом), изображением (иллюстрацией) и цветом:

- изобретение живописи (создание изображения)
- изобретение письменности (создание азбук, шрифта и текста);
- изобретение книгопечатания и полиграфии (тиражирование изображений и текста);
- изобретение цифровых технологий (создание, тиражирование и хранение изображений и текста в компьютерных системах).

Можно констатировать, что все технологии связаны с текстом, изображениями, цветом и шрифтами:

- живопись связана с цветом и созданием иллюзии пространства на плоскости;
- изобретение письменности привело к созданию азбук и шрифтов;
- книгопечатание объединило набор текста из отдельных литер и обработки изображений с синтезом цвета красящими веществами на оттиске;
- цифровые технологии породили в полиграфии цифровые технологии печати, которые видоизменили основной принцип полиграфии —

идентичность всех экземпляров в тираже печатной продукции. Сегодня экземпляры в тираже уже могут быть неидентичными и отличаться отдельными фрагментами — технология персонализации отдельных или всех экземпляров тиража.

Человек и технологии, изобретенные им

Технологии можно разделить на технологии связанные:

- с выделением чистого природного продукта, синтезом новых веществ и их использованием. В полиграфии — это технологии производства красителей, пигментов, чернил, тонеров, красок, лаков, полиграфической фольги;

- с выделением, хранением, переносом и использованием энергии.

- с созданием, обработкой, хранением и передачей информации. Сюда входят все полиграфические технологии, как средства коммуникации с использованием печатных средств массовой информации;

- с экологией. Сюда входят все технологии, восстанавливающие равновесие в природе.

Первые три группы технологий — разрушительные по отношению к природе. Человек отгораживается от природы, противопоставляясь ей. Экологические технологии нельзя назвать созидательными, но они решают задачи единения Человека с Природой.

Изобретая технологии, человек создает свой искусственный мир, который отделяет его от природы. Однако мы не должны забывать, что каждое наше действие, вопреки нашей воле, подчиняется закону природы и получает от них свойственный ему отпечаток.

Стефан Стефанов

*Инженер-технолог полиграфического производства, к.т.н.,
профессор Российского университета дружбы народов
8 916 126 54 32; stefanin@mail.*

Часть 1.

Систематизация и классификация печатных технологий

Полиграфия: история и продукция

Полиграфия (от греч. *polýs* — многой, многочисленный и *grapho* — пишу), полиграфическая промышленность, печатное дело — отраслевая промышленность, симбиоз искусства, науки, сочетание технических средств и технологий, используемых для тиражирования информации на твердом носителе. Базовые технологии в полиграфии: допечатные (подготовка текстовых и изобразительных оригиналов к тиражированию до изготовления печатных форм включительно), собственно тиражирование (получение оттисков, отпечатков, копий, репродукций), послепечатные (обработка продуктов печатных технологий и получение готовой печатной продукции) и отделочные (улучшение параметров готовой продукции и повышение ее статуса).

Вначале с изобретением технологии изготовления бумаги появились рукописные книги. Переписывание книг стало профессией.

Предтечей полиграфии было книгопечатание. Термин «книгопечатание» используется в случаях, когда речь идет о ремесленном изготовлении печатной книги. Книгопечатание началось с того момента, когда было нанесено красящее вещество на рельеф перстня (печатная форма) и сделан отпечаток. Это был первый шаг к тиражированию информации. Передача знаний осуществлялась не только в рамках непосредственного общения людей одного поколения.

Полиграфия прошла сложный путь развития. Её идейной основой является изобретённое, около 1440 г. И. Гуттенбергом, книгопечатание с использованием литер и печатного станка. Уже в 16 веке книгопечатание приобрело характер развитой мануфактуры.

Единственным материалом для изготовления книг долго оставалась листовая бумага. Начало производства бумаги, пришедшее в Европу из Китая, было необходимым условием для возникновения и развития книгопечатания.

Для улучшения качества печатной продукции и механизации процесса печати использовали печатный пресс — две плоскости, на одной из которых лежала печатная форма, а между ней и верхней плоскостью находилась бумага. Между двумя плоскостями создавали давление печати, необходимое для перехода краски с печатающих элементов на запечатываемый материал. Все процессы: накат краски, размещение бума-

ги и ее выравнивание на печатной форме, создание давления печати, выстой системы «печатная форма — краска — бумага» под давлением, снятие давления и оттиска, проводились вручную.

Печатная книга была дешевле и шрифты — более удобочитаемые по сравнению с рукописной книгой. Книгопечатание и позже полиграфия способствовали быстрому распространению информации.

Книгопечатание стало первым случаем механизации ремесла — пример нового прикладного знания. Книгопечатание способствовало развитию не только ремесел, а позже и индустрии. Книгопечатание превращает язык из средства восприятия, познания и коммуникации в товар.

Печатная книга является первым унифицированным, воспроизводимым массовым товаром, и она стала образцом для унифицированной товарной культуры после XVI века. Книгопечатание породило и создало грамматику, превратило национальные языки в средства массовой коммуникации, в замкнутые системы, и тем самым способствовало зарождению патриотизма в масштабе наций как объединяющей силы. Книгопечатание вывело из употребления латинский язык, как язык науки, и перевело научные издания на национальные языки. Оно стало могучим фактором формирования языков и наций и способствовало объединению людей по национальному признаку на базе языка со строгой грамматикой и стилистикой.

Актуальность новых идей стала настойчивой реальностью. Печать газет ускорила многое. Фактор времени для газет — вопрос их жизни. Были созданы однокрасочные листовые печатные машины с автоматическим накатом краски, позиционированием листа, созданием и снятием давления печати. Ручными остались только процесс подачи бумаги и выклад оттиска.

Книгопечатание стало индустрией. Наступила эра полиграфии.

Индустриальное общество требовало печатную продукцию в большом количестве. Возросшие тиражи газет, журналов и книжных изданий требовали больше бумаги. Производство бумаги перешло к отливу бумаги на бесконечной ленте в виде непрерывного полотна. Появление больших форматов бумаги и бумага в виде рулонов дало толчок конструкторской мысли для создания печатных машин нового типа. Были изобретены плоскочечатные машины, работающие с плоской печатной формой и печатным цилиндром. Давление печати создавалось уже не по всей поверхности печатной формы одновременно, а в пределах узкой полосы по мере перекачивания цилиндра. Формат печати уже определялся длиной образующей цилиндра. Были созданы и ротационные печатные машины, печатающие на листовой или рулонной бумаге. Рулонные печатные машины освободили человека от непосредственного участия в процессе печати. Резко возросла производительность. Рулон-

ные печатные машины работали с огромной для того времени скоростью — до 20 000 оттисков/час.

В XIX в. полиграфические предприятия стали специализированными по продукции и технологиям: газетные и книжно-журнальные предприятия и комбинаты, типографии и фабрики офсетной и глубокой печати. Этот процесс достиг своего максимума во второй половине XX века.

Книга является основным продуктом полиграфии. Она начинается с рукописи. Над ней работают редакторы и корректоры, художники-дизайнеры и технические редакторы, технологи, наборщики, печатники и переплетчики. Незримо в этом процессе участвуют изобретатели и изготовители бумаги и красок, компьютерных систем и программного обеспечения, полиграфического оборудования, материалов и технологий. Книга не только произведение искусства, науки, техники и технологии. Она сокровище и ценность, зеркало и властелин души человеческой.

По технологическому принципу классификации в полиграфии различают следующие разновидности печатной продукции:

Листовую продукцию — один или несколько листов из одного запечатываемого материала, с текстом и (или) иллюстрациями, напечатанными на одной или двух сторонах листа одной или несколькими красками. Например газеты, листовки, афиши, плакаты, фотообои, постеры, этикетки, марки, купюры, стикеры, бирки, шилдики.

Буклет — продукция, напечатанная на одном листе запечатываемого материала. Сфальцован в один и более сгибов. Буклет читают или рассматривают, раскрывая как ширму. Выпускают буклеты как рекламные проспекты, краткие путеводители, географические карты и схемы городов. Буклет малого формата не более двух сгибов определяют как лифлет.

Брошюра — непериодическое или периодическое (журналы, альманахи) книжное издание объема до 96 полос при шитье проволокой в накидку или любого объема при бесшвейном клеевом скреплении, механическом скреплении или шитье втачку проволокой. Блок состоит из скрепленных листов одного или разного по структуре и формату запечатываемого материала и размещен в обложке (мягкий переплет) без форзацев (односгибная тетрадь, которая в книге соединяет книжный блок с переплетом). Брошюру большого объема определяют как книгу в мягком переплете (в обложке). Некоторые брошюры могут иметь твердый переплет, но без форзацев, например, зачетные книжки. Все детские издания независимо от формата, объема и переплета определяют как детские книжки.

Книга — самая сложная по структуре печатная продукция в виде сброшюрованных листов или тетрадей в твердом переплете и, содержа-

щий форзацы (самый значащий признак книги), связывающие твердый переплет с книжным блоком.

Печатная продукция для разных отраслей промышленности — печать на готовых промышленных изделиях (осветительные тела, ручки, чашки, майки), продуктах природы (яйца, мяса), на промышленных полуфабрикатах (шкалах, пленках, досках) или изготовление промышленной печатной продукции — этикетки, упаковки, обои.

Полиграфия является индустрией индивидуальных (уникальных) заказов. Каждый заказ отличается как по технологии производства, так и хотя бы по одному из параметров — материалы, формат, объем, тираж.

Печатные технологии являются базовыми в полиграфии. Все печатные технологии — это реализация одного или двух из четырех способов печати: способ высокой (типографской) печати, способ глубокой печати, способ плоской печати и способ трафаретной печати. В печатных технологиях идея способа печати воплощена: 1) с использованием конкретного материала для изготовления печатной формы (металл, дерево, камень, фотополимеры, пластик, резина); 2) конкретного красителя (чернила, краски, лак, фольга, тонер) для переноса изображения на запечатываемую поверхность (процесс печати, печатание) и 3) конкретный запечатываемый материал (бумага, картон, жесть, пластик, пленка, стекло и не только).

Печатная технология — единство оборудования, материалов и процессов, используемых при производстве печатной продукции. Она определяется структурой печатной формы, структурой запечатываемого материала, структурой печатной машины и структурой красящего вещества.

К послепечатным технологиям относят брошюровочно-переплетные (изготовление листовой продукции, буклетов, брошюр и книг) и отделочные технологии (облагораживание готовой печатной продукции).

В начале XXI века полиграфия возвращается к истоку, но на новом витке спирали развития. Цифровые печатные технологии изменили основные принципы полиграфии. В конце XX века и в начале XXI века в полиграфии происходят революционные процессы в направлении интеграции допечатных, печатных и послепечатных технологий на базе лазерных и цифровых компьютерных технологий. Их внедрение в полиграфию теснит традиционные аналоговые печатные технологии.

Сегодня дизайнер сам подбирает шрифт и изображения для иллюстраций и проводит их подготовку к печати, верстает издание, выводит печатные формы. Он может напечатать тираж на принтере, плоттере или печатной машине с использованием цифровых печатных технологий всех четырех способов печати — высокого, глубокого, плоского и трафаретного. Для дизайнера (полиграфиста) сегодня не важны ни спо-

соб печати, ни печатная технология. Ему важны результат, качество печати и производительность. Для него печатная машина всего лишь периферийное устройство к компьютерной системе.

Отдельные независимые технологии объединились в единое целое, создавая систему допечатной подготовки печатной продукции, печати, послепечатной обработки, упаковки и даже реализации.

4096 реализованных и потенциальных печатных технологий

Идеи как катализаторы развития

Даже гениальная идея не работает, если она не затребована обществом. Примеров немало. Достаточно привести одного — Леонардо да Винчи. Для его сограждан его идеи воспринимались как чудачество, для нас они гениальные.

Судьбы идей не мене удивительны, чем судьбы людей. Иногда они переплетаются в чудный узор. И этот узор, меняя свои очертания, с течением времени становится более информативным. И каждое поколение читает его по-новому, находит в нем новые мотивы и черпает вдохновение, преклоняясь перед мудростью предшественников.

Печатные технологии и их классификация

Печатные технологии определяют допечатные и послепечатные технологии.

Суть *печатной технологии (печатание)* — перенос изображения (иллюстраций, текста, дополнительных элементов печатной продукции) с печатной формы на запечатываемую поверхность:

1) при печати с использованием красящего вещества (краски, чернила, цветной лак, тонер) для получения оттиска (отпечатка) за счет изменения цвета отдельных частей запечатываемой поверхности;

2) при выборочном (фрагментарном) лакировании с использованием бесцветного лака для получения оптического изображения за счет изменения глянца, фактуры или других оптических свойств отдельных частей запечатываемой поверхности;

3) при тиснении с использованием красящего вещества для изменения рельефа, фактуры и цвета отдельных частей запечатываемой поверхности;

4) при тиснении без использования красящего вещества для изменения рельефа и фактуры отдельных частей запечатываемой поверхности.

Базой печатной технологии является *печатная форма*, на которой формируется изображение только из печатных и пробельных элементов. Участки печатной формы, переносящие изображение посредством красящего вещества, лака или давлением на запечатываемую поверхность, называют *печатающими*, а не переносящие изображение — *пробельными*.

Печатная технология (печатание) определяется: 1) *структурой печатной формы*; 2) *структурой запечатываемого материала*; 3) *структурой устройства печати* и 4) *структурой красящего вещества*.

Печатающее устройство всего лишь механизмирует и автоматизирует печатный процесс, увеличивая производительность и освобождая печатника от рутинной работы. В некоторых, используемых и сегодня, печатных технологиях, печатающее устройство может отсутствовать, например, печать на стенах с использованием трафарета и краски из баллончика в виде спрея. И не только в трафаретной печати, но и в литографии, ксилографии, линогравюре, офорте и некоторых других технологиях печати и сегодня можно обойтись без печатающего устройства, используя только печатную форму, запечатываемую поверхность и красящее вещество.

Особо обстают дела с красящим веществом, которое при создании изображения на поверхности запечатываемого материала взаимодействуют с печатной формой, запечатываемым материалом и печатным оборудованием. Без печатной формы и запечатываемой поверхности печатной технологии быть не может. Без красящего вещества печатная технология возможна. Для того, чтобы подчеркнуть особенность технологии, когда используют разные структуры красящего вещества, в названии печатной технологии или дополнительно добавляют вид красящего вещества или коренным образом меняют название технологии. Например, печать тонером, чернилами, УФ красками или сольвентными красками. Однако говорим «лакирование», когда в качестве красящего вещества используем лак, «тиснение фольгой» — когда используем полиграфическую фольгу, «блинтовое и конгревное тиснение» — когда нет красящего вещества при создании изображения на запечатываемой поверхности. Исключение составляет Брайлевская печать, где употребляем термин «печать», но печатаем рельефно без красящего вещества, т.е. этот процесс можно назвать «блинтовое (слепое) тиснение».

Таким образом, можно констатировать, что структура красящего вещества только уточняет печатную технологию, не меняя ее сути, а только название, используя одни и те же печатные формы и запечатываемые материалы. Например, с печатной формы высокой печати можно печатать, лакировать, проводить Брайлевскую печать и все виды тиснения

за исключением конгревного. При конгревном тиснении одновременно используются две рельефные формы — матрицу и патрицу.

Оригиналы и вид будущей печатной продукции, определяющие геометрию запечатываемого материала в процессе печати (плоскость или объемное тело), косвенно влияют на печатные технологии: оригиналы определяют во многом подструктуры печатной формы, а готовая продукция — запечатываемый материал.

Чтобы определить количество технологий печати необходимо провести их классификацию, выбирая единственный (самый характерный, значащий) параметр классификации, таким образом, чтобы снять неопределенность и довести глубину классификации до уровня, когда в каждой клеточке классификационной таблицы располагалась бы только одна печатная технология. Для приведенной далее классификации выбран параметр «структура» — структура печатной формы и структура запечатываемого материала в целом и запечатываемой его поверхности в частности.

Структура печатной формы как база для классификации печатных технологий

Порядок, в котором расположены элементы, имеет гораздо большее значение, чем сами элементы, утверждает Анри Пуанкаре. А это уже один из признаков структуры.

Структура — расположение элементов и их взаимосвязь в пространстве и времени.

Структура является одновременно и формой, и содержанием печатной формы. Структура определяется взаимным расположением печатающих и пробельных элементов в поверхностном слое формного материала или материала в целом (в объеме — в технологиях трафаретной печати). Нарушение структуры печатной формы приводит к разрушению самой печатной формы. Исчезновение или появление новых печатающих или пробельных элементов делают печатную форму непригодной для печати оттисков. Только полное восстановление ее структуры возвращает печатной форме ее значимость для проведения качественной печати.

Расположение печатающих и пробельных элементов на печатной форме как базовая структура классификации способов печати

Ничто не закончено и ничто не совершенно. Традиционно в классических учебниках общей полиграфии (В.В. Попов [57], Н.Н. Полянский [55, 56]) рассматривают три основные (классические) способа печати —

высокий, плоский и глубокий. Трафаретные печатные технологии эти авторы относят к специальным технологиям печати. В книгах [59, 72, 75 и 100] способ трафаретной печати уже рассмотрен как четвертый из основных способов печати и печатные технологии на базе трафаретного способа печати как общие (рядовые) печатные технологии.

Структура, создаваемая взаимным расположением печатающих и пробельных элементов в слое формного материала можно рассматривать, как базовую структуру классификации способов печати. На их базе и проведена классификация печатных технологий.

В печатной форме можно выделить несколько разновидностей структур, которые индивидуализируют печатную форму. Структуры выступают как целое и создают печатную формы, являясь ее неотъемлемыми компонентами — атрибутами. Эти структуры могут стать определяющими при классификации печатных технологий.

Варианты взаимного расположения печатающих и пробельных элементов в пространстве печатной формы создает следующие структуры:

1. Печатающие и пробельные элементы расположены в одной плоскости: 1) с участием краски для создания печатающих элементов и увлажняющий раствор для создания пробельных элементов — в печатной форме *способа плоской печати с увлажнением* и 2) с участием физических эффектов (электростатические заряды, магнитные и ионные скопления) для создания печатающих и пробельных элементов — в печатной форме *способа плоской печати без увлажнения*;

2. Печатающие элементы расположены в одной плоскости выше плоскости пробельных элементов, создавая рельеф: 1) с использованием красящего вещества (чернила, краски, лака, фольги, тонера) для создания изображения на запечатываемом материале — в печатной форме *способа высокой печати с красящим веществом* и 2) без использования красящего вещества для создания изображения на запечатываемом материале — в печатной форме *способа высокой печати без красящего вещества*;

3. Печатающие элементы расположены в плоскости ниже плоскости пробельных элементов, создавая микроуглубления: 1) в виде одинаковых ячеек по форме и площади и разных по глубине, разных и по площади и по глубине или только по площади, но одинаковых по глубине, получаемые с использованием растровой структуры глубокого способа печати — в печатной форме *способа глубокой печати с использованием растра* и 2) в виде канавок разной формы, ширины и глубины - в печатной форме *способа глубокой печати без растра*;

4. Печатающие элементы проходят сквозь весь слой формного материала в виде щелей, дырок и отверстий, создавая сетку (узор) из пробельных элементов. В процессе печатания: 1) печатная форма входит в

контакт с поверхностью запечатываемого материала — в технологиях *способа трафаретной печати с контактом (шелкография)* и 2) без контакта — в технологиях *способа трафаретной печати без контакта*, когда печатная форма отстоит на определенном расстоянии от поверхности запечатываемого материала (струйная печать).

Нет ничего практичнее хорошего примера

Технологии *способа плоской печати с увлажнением* — литография, ди-лито, традиционная офсетная печать, фототипия. Однако только после нанесения увлажняющего раствора и красящего вещества получаем полноценную печатную форму.

Технологии *способа плоской печати без увлажнения* — электрография, электрофотография (ксерографии), магнитография, элкография, лазерная печать в лазерных принтерах и традиционная офсетная печать без увлажнения. Однако только после нанесения красящего вещества (тонера или краски) получаем полноценную печатную форму.

Технологии *способа высокой печати с использованием красящего вещества* — традиционная высокая печать, флексография, тиснение фольгой, игольчатая печать в матричных принтерах.

Технологии *способа высокой печати без использования красящего вещества* — блинтовое тиснение, игольчатая печать в матричных принтерах без красящей ленточки, Брайлевская печать (печать для слепых).

Технологии *способа глубокой печати с использованием полиграфического растра* — традиционная глубокая печать, глубокая автотипия.

Классификация печатных форм

После выявления и формулировки четырех структур, характеризующих печатную форму по взаимному расположению печатающих и пробельных элементов в поверхностном слое формного материала или в слое вещества материала в целом, можно приступить к их классификации, дополнительно учитывая и следующие структуры печатной формы:

1. Динамика структуры печатной формы в процессе печати тиража — 1) структура печатной формы остается постоянной в процессе печати всего тиража *при аналоговых печатных технологиях (клише, стереотип, алюминиевая пластина, фотополимер, трафарет)* и 2) структура печатной формы меняется или может меняться (переменная форма на реверсивном формном материале) после печати каждого оттиска тиража *при цифровых печатных технологиях (лазерная электрография в лазерных принтерах, игольчатая печать в матричных принтерах, струйная печать, лазерная термотрансферная печать в термотрансферных принтерах, ксерография)*.

2. Структура изображения на печатной форме относительно структуры изображения на оригинале — 1) изображение на форме читаемое и идентичное изображению на оригинале *при офсетных печатных технологиях* (тампопечать, типоофсет, традиционная офсетная печать с увлажнением или без него) и 2) изображение на печатной форме нечитаемое и зеркально перевернутое относительно изображения оригинала *при неофсетных (прямых, директных) печатных технологиях* (флексография, фототипия, литография, все технологии тиснения, глубокая печать).

3. Структура печатной формы в процессе печати как геометрическая поверхность — 1) плоская поверхность *при технологиях печати с плоской печатной формой* (литография, шелкография, печать с плоского стереотипа, тампонная печать) и 2) поверхность цилиндра или его часть *при ротационных технологиях печати* (ризография, газетная ротационная стереотипная печать).

4. Структура формного материала как слоя или объема (монолита) — 1) печатающих и пробельных элементов создаются на поверхности формного слоистого материала (формный материал в виде листов, например, алюминия, цинка, меди, фотополимера, толстой бумаги, сетки — гибкая печатная форма для печатных технологий ротационной печати или печать с плоской печатной формой (традиционная офсетная печать, флексография, шелкография, ризография) и 2) печатающие и пробельные элементы создаются на поверхности монолитного объемного формного материала в виде плиты или цилиндра (литография, глубокая ротационная печать).

Конечно, все четыре способа печати должны иметь варианты прямой и офсетной, аналоговой и цифровой технологии печати.

Пока нельзя говорить, что все четыре способа печати имеют варианты аналоговой и цифровой технологии печати. Некоторые способы имеют только аналоговый вариант (способ глубокой печати), другие — и аналоговый и цифровой вариант (плоский, высокий и трафаретный способы печати). Струйная печатная технология является технологией бесконтактной цифровой печати способа трафаретной печати.

В аналоговых технологиях печати печатная форма остается неизменной во время печати всего тиража, и в нее не могут быть внесены изменения без переделки самой печатной формы в целом с использованием нового формного материала (однаразовый формный материал). В цифровых технологиях печати печатная форма реверсивная, и можно вносить изменения в нее после печати каждого отдельного оттиска тиража без использования нового формного материала (многоразовый формный материал).

Далее приведена таблица классификации печатных форм по указанным выше структурным параметрам и возникающие на их базе печатные технологии.

Последовательность строк в таблице 1 с параметрами структур печатной формы должна быть однозначна: первичные — структура из печатающих и пробельных элементов; структура на печатной форме из прямого или зеркального изображения; структура печатной формы как геометрического тела — плоскость или бесконечная сумма плоскостей (цилиндр) и самая сложная структура, содержащая в себе все остальные структуры, — структура печатной формы как монолит (плита или цилиндр) или состоит из элементов (слой + несущее тело — плита или цилиндр). Принцип расположения структур в таблице 1: каждая последующая структура как целое содержит в себе все предыдущее структуры. Только этот принцип расположения структур убирает неопределенность и создает непрерывность классификационного фрактала. Только таким путем классификации можно сохранить взаимосвязь и фрактальность вещей (когда одно возникает из другого, включая его в свою структуру как первичное).

Таблица 1

Классификации печатных форм и возникающие на их базе печатные технологии в процессе печати

№ строки	Структура печатной формы	Печатные технологии	Общее количество печатных технологий
1	Печатная форма без учета ее структуры	Печатная технология (множество из одного элемента)	1
2	Взаимное расположение печатающих и пробельных элементов на формном материале в процессе печати	Печатные технологии способа высокой печати с применением и без применения красящих веществ, глубокой печати с полиграфическим растром или без растра, трафаретной контактной или бесконтактной печати, плоской печати с увлажнением или без увлажнения (8 подгрупп)	8
3	Динамика структуры печатной формы в процессе печати тиража	Печатные технологии цифровой (реверсивная печатная форма) или аналоговой печати (для всех 8 подгрупп строки 2)	16

№ строки	Структура печатной формы	Печатные технологии	Общее количество печатных технологий
4	Структура изображения на печатной форме относительно структуры изображения на оригинале в процессе печати тиража	Печатные технологий офсетной или прямой печати (для всех технологий строки 3)	32
5	Структура печатной формы в процессе печати как геометрическая поверхность	Печатные технологии ротационной или плоской печати (для всех технологий строки 4)	64
6	Структура формного материала как слоя или объема в процессе печати	Печатные технологий ротационной или плоской печати с использованием слоистой или монолитной печатной формы (для всех технологий строки 5)	128

Структура запечатываемых материалов как база для их классификации с позиции печатных технологий

Запечатываемые материалы, на которых проводят печатание, великое множество. И только бумага создается с учетом требований технологий печати и производится специально как запечатываемый материал для полиграфии. Даже картон — та же самая бумага по составу и технологии производства, но более толстая, многослойная и жесткая, создается и производится, как упаковочный материал с учетом требований упаковки, и поверхность только некоторых сортов подготовлена с учетом требований полиграфии. Все остальные материалы, на которых проводится печать, создаются без учета требований печатных технологий, хотя, если быть точным, то у некоторых материалов одна из поверхностей создается с учетом требований полиграфии, например, этикеточная и упаковочная бумага, некоторые сорта упаковочного картона, фольги или полимеров.

Запечатываемые материалы можно классифицировать с учетом разных функциональных параметров. Для полиграфии параметры и факторы, определяющие качество печати или как минимум возможность проведения печати, являются определяющими.

Микро и макро структуры поверхности запечатываемого материала являются самыми значащими факторами переноса изображения в про-

цессе печати и его закрепления на запечатываемой поверхности. Перенос изображения может быть осуществлен с использованием красящего вещества (чернила, краска, лак, тонер, фольга), или без красящего вещества при помощи создания рельефа — блинговое тиснение и Брайлевская печать (технология для печати книг для слепых).

Следовательно, запечатываемая поверхность должна воспринять красочное или рельефное изображение, созданное красящим веществом или рельефом печатной формы для печатания или тиснения, и сохранить это изображение на длительный срок, определяемый назначением. Особое требование к структуре запечатываемого материала в целом — не разрушаться в процессе переноса изображения с печатной формой на запечатываемую поверхность.

1. Микроструктура запечатываемой поверхности определяет восприятие и закрепление изображения на материале, и она может быть 1) *впитывающая* (бумага, картон, дерево, ткань) или 2) *невпитывающая* (стекло, жель, пластик, фольга, металлизированная бумага).

2. Протяженность плоской запечатываемой поверхности в процессе печатания может быть: 1) *плоская конечная поверхность — дискретность* (листы — например, бумаги, картона, пластика) или 2) *плоская бесконечная поверхность — непрерывность* (лента — например, бумаги, пленки, фольги, смотанные в рулон).

3. Макроструктура (геометрическая форма) запечатываемой поверхности в процессе печати может быть в виде: 1) *плоского тонкого слоя* (листовая бумага, стекло, картон или бумага, пленка, фольга, смотанные в рулон) или 2) *объемного тела* (дискретные - бутылки, кепки, ручки или непрерывные — намотанные на катушках провод, шланг, гибкие трубки)

4. Устойчивость структуры запечатываемого материала к нагрузкам давления печати: 1) *упругие (слабопластичные)* — бумага, картон, металл, толстое стекло; 2) *хрупкие* — тонкое стекло, куриные яйца, осветительные тела.

Печатные технологии предъявляют и специальные требования к структуре слоя запечатываемого материала, определяющие возможности проведения переноса изображения — структура может деформироваться, но не должна разрушаться частично или полностью при переносе изображения на ее поверхность — разрыв, раскол, прокол, растрескивание или смятие материала недопустимы.

Далее приведена таблица классификации запечатываемых материалов по указанным структурным параметрам и возникающие на их базе печатные технологии.

Последовательность строк в таблице 2 с параметрами структур запечатываемого материала должна быть однозначна.

Принцип расположения структур в таблице 2: каждая последующая структура содержит в себе все предыдущее структуры. Только этот принцип расположения структур убирает неопределенность и создает непрерывность и, таким путем, при классификации можно сохранить взаимосвязь и фрактальность.

Таблица 2

**Классификации запечатываемых материалов
и возникающие на их базе печатные технологии в процессе печатания**

№ строки	Структура запечатываемого материала	Печатные технологии	Общее количество печатных технологий
1	Микроструктура запечатываемой поверхности в процессе печати	Печатные технологии на впитывающей или на невпитывающей поверхности (всего две разновидности)	2
2	Протяженность плоской запечатываемой поверхности в процессе печати	Печатные технологии на дискретной (листы) или непрерывной (полотно, полоса, разматываемая с рулона) плоской поверхности (4 разновидности, включая разновидности строки 1)	4
3	Макроструктура (геометрическая форма) запечатываемой поверхности в процессе печати	Печатные технологии на плоском тонком слое или объемном теле (8 разновидностей, включая разновидности строки 2)	8
4	Устойчивость структуры запечатываемого материала (сохранение или разрушение структуры) при давлении в процессе печати	Печатные технологии на упругом (слабопластичном) или хрупком запечатываемом материале или объемном теле (16 разновидностей, включая разновидности строки 3)	16
5	Устойчивость структуры запечатываемого материала по сохранению геометрической формы при нагрузке на изгиб в процессе печати	Печатные технологии на жесткой или гибкой структуре плоского запечатываемого материала или объемного тела (32 разновидности, включая разновидности строки 4)	32

Если принять, что 128 разновидностей печатных форм можно использовать для печати на 32 разновидностях запечатываемого материала, то получим $128 \times 32 = 4096$ печатных технологий.

Печатные технологии определяются только структурой печатной формы и запечатываемого материала (самые значимые параметры), а оригиналы, печатная продукция, печатное устройство и красящее вещество являются вторичными (менее значимыми параметрами) при классификации печатных технологий.

Таблица классификации печатных технологий

Теоретически определили 4096 печатных технологий с учетом структур печатной формы и запечатываемого материала. Конечно, без печатной формы и запечатываемого материала не может быть проведен процесс печатания. Однако следует здесь уточнить, что нет необходимости, чтобы каждая из печатных форм могла печатать на всех запечатываемых материалах. Такой универсализм чисто теоретический (комбинаторный, фрактальный) для подсчета общего возможного количества печатных технологий. История показывает, что многие печатные технологии были изобретены для печатания на новых материалах или на материалах и изделиях, незнакомых для полиграфистов, но необходимых для заказчика.

Потребность рынка стимулирует изобретение новых печатных технологий. Одно можно с уверенностью сказать: все печатные технологии, которые изобретены и используются в промышленности, а также все печатные технологии, которые будут изобретены и будут использоваться, будут печатать на бумаге, картоне, фольге и на тонком пластике. Но для печати на гофрокартоне и сегодня не все печатные технологии могут быть использованы.

Поэтому, чтобы приблизиться к практике, далее будет приведена таблица классификации печатных технологий только на базе разных структур печатной формы без учета запечатываемого материала. Многие печатные технологии по этой классификации не будут подходить или не будут оптимальными для проведения печатания на некоторых из запечатываемых материалов таблицы 2. Однако по таблице 3 можно будет проследить, в каком направлении будет двигаться изобретательская мысль. А новые материалы, на которых полиграфистам приходится печатать, как изобретались, так и будут изобретаться, и полиграфисты адаптировали и будут адаптировать известные печатные технологии или будут вынуждены изобретать новые. В таблице 3 знаком (+) отмечены известные печатные технологии, а знаком (0) — еще не изобретенные. И если двигаться по колонке по плюсам по каждой непротиворечивой структуре (например, не может быть одновременно и прямая и офсетная технология, аналоговая и цифровая, ротационная и с плоской печатной формой, с монолитной формой и формой на пластине), то

можно назвать известную печатную технологию. Если по знаку (0), то — виртуальную, еще не изобретенную технологию.

Для уточнения некоторых элементов и понятий таблицы дополнительно необходимо еще раз ознакомиться с таблицей 1 (пересмотреть и проанализировать ее).

Таблица 3

Классификации печатных технологий только на базе структур печатной формы

Структура печатной формы	Печатная технология	Способы печати							
		высокий		глубокий		плоский		трафаретный	
		С краской	Без краски	С растром	Без растра	С увлажнением	Без увлажнения	В контакте	Бесконтактная
Динамика структуры	аналоговая	+	+	+	+	+	+	+	+
	цифровая	+	0	0	0	0	+	0	+
Зеркальность изображения	прямая	+	+	+	+	+	+	+	+
	офсетная	+	0	+	+	+	+	+	0
Геометрическая поверхность	плоскость	+	+	+	+	+	+	+	+
	цилиндр	+	+	+	+	+	+	+	0
Слой или объем	пластина	+	+	+	+	+	+	+	+
	монолит	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание к таблице: чем выше знак (0) в колонке таблицы, тем большее число печатных технологий еще не изобретены.

Для определения печатных технологий, которые еще ждут своего изобретателя, достаточно вычислить 2 в степени количества полных (непротиворечивых) структур печатной формы под нулем. Например, третья колонка (способ печати глубокий с растром), где знак (0) во второй строке и полные остаются 3 структуры печатной формы, 2 в степени 3 равно 8; или второй знак (0) в последней колонке, где он в 3 строке снизу — 2 в степень 1 равно 2. И, если сосчитать технологии, которые еще не изобретены, то получим количество 50 ($5 \times 8 + 2 \times 4 + 1 \times 2 = 50$), а все технологии с учетом только структуры печатной формы — 128. Следовательно, $50/128$ дает 39% неизобретенных печатных технологий по данной классификации без учета структур запечатываемых материалов.

Итого: Какие могут быть сделаны выводы по таблице 3?

1. Глубокий способ печати не имеет цифровых печатных технологий.

2. Высокий, плоский и трафаретный способы печати неполно укомплектованы цифровыми печатными технологиями.

3. Офсетные печатные технологии способа высокой печати без краски еще не созданы.

4. Офсетные печатные технологии способа трафаретной бесконтактной печати отсутствуют.

5. Ротационные печатные технологии способа трафаретной бесконтактной печати отсутствуют.

Укомплектованы на все сто процента только печатные технологии способа высокой печати с красящим веществом и способа плоской печати без увлажнения.

*У каждой звезды свой неба кусок
(из песни Виктора Цоя)*

Нет плохих печатных технологий, способов печати и запечатываемых материалов. К каждому материалу можно подобрать или создать соответствующую печатную технологию. У каждого из них свои особенности и требования. Необходим правильный выбор и сочетаемость возможностей печатных технологий и особенностей структур поверхности запечатываемого материала.

В этом и вся проблема: *знать и выбрать, и, если необходимо, создать новую технологию!*

Часть 2. Анатомия цвета: систематизация и классификация

Мы фрагмент природы и содержим ее в себе в виде иллюзии

Ни у кого нет сомнения, что мы дети Природы. Мы сами фрагмент Природы, ее атрибут, нервные окончания и её зеркала, в которых она себя отражает. Ее суть нам недоступна. Наши ощущения и восприятия делают ее непознаваемой, так как они зависят от созданного нами иллюзорного мира.

Собственный опыт и знания создают иллюзорный мир. Человек работает и творит, создает и рассказывает, пишет и рисует, спорит и доказывает, дерется и даже отдает жизнь за свою «истину». Поэтому Пикассо рисует не так как Рафаэль, а Рафаэль не так, как рисует ребенок.

Принципы восприятия природы:

1) все взаимосвязано, и малое содержится в большом как его фрагмент;

2) чтобы понять целое необходимо рассматривать объект, явление или событие как многовариантные отражения целого в его фрагментах.

В искусстве и науке созданы геометрические модели, соответствующие двум принципам: в искусстве — орнаменты, в математике — фракталы (структуры, состоящие из фрагментов, повторяющих структуру целого, например, древовидная фрактальная структура.).

Принцип древних греков «человек мера всех вещей» очень точно выражает суть. У всех все по-своему, но мир един. Из дерева сделаны икона, и лопата, и бумага, а из глины и горшок и человек, камень растет в виде кристалла, человек каменеет в виде скелета.

Цвет и восприятие природы

Не жил бы на Земле человек, не было бы цвета. Человек на Земле живет и видит радугу, желток яйца, зеленую траву, красную кровь, оранжевые языки пламени, закаты Солнца и черную ночную бездну неба, белое молоко и розовое мясо. Да он это видит, но как объяснить другому человеку, что он видит и удостовериться, что и другие видят то же самое.

Человек выделил разные цвета и создал слова для их обозначения. Как базовые возникли названия цвета, доступные и знакомые любому человеку. Это цвета радуги или предметные цвета — желтое как желток яйца, белое как молоко, красное как кровь, розовое как свежее мясо, ко-

ричноевое как завяленное мяо (высохшая шкура животных), синее (голубое) как вода море (озера), отражающая чистое дневное небо. Базовыми цветами стали и цвета некоторых природных явлений — цвет восхода и захода Солнца, цвет огня.

Создав слова цветообозначения, у человека нет уверенности об адекватности восприятия предметного цвета разными людьми. И человек отделяет цвет от носителя и создает красящие вещества — лаки, краски, чернила, тонеры. Для надежности он создает целые справочные таблицы с полями разного цвета, используя для их цветообозначения возможности естественного языка (насыщенный, разбеленный, зачерненный, со слабым оттенком такого цвета) или даже цифры, чтобы абстрагироваться от неопределенности языка.

Цвета предметов и явлений первичные, но слишком неопределенные. Желток яйца может быть и ярко желтым (свежее яйцо) и иметь оранжевый оттенок и быть оранжевым (у некоторых птиц). Для уточнения используют эталоны-раскраски. И все равно все усреднено и, как принято в науке, — для усредненного наблюдателя с нормальным зрением. Усредненного наблюдателя в мире нет, не было и не будет — это абстракция. Но человек видит цвет не только глазами, но и всей своей внутренней структурой, которая очень медленно, но, все-таки, меняется под давлением опыта, языка, возраста, вероисповедания, воспитания, интеллектуального развития, освоения новых языков и культур. Как быть с этими параметрами — вопрос. А как живут дальтоники, которые не воспринимают некоторые цвета, никто не понимает? Да и сами иногда они не знают, что дальтоники.

Поэтому необходимо описывать восприятие объектов и явлений с разных сторон, разными методами и разными параметрами, чтобы хоть в какой-то степени уменьшить неопределенность и повысить взаимопонимание между людьми, поколениями, специалистами разных профессий, эпох и народов.

Цвет и человек

Цвет — продукт человеческого зрения

Связи цвета с деятельностью человека многочисленны и многосторонни. Феномен цвета для глаза лишь отчасти объективен. Глазу для ощущения цвета необходим раздражитель в виде света и то не всегда. Лишенный света глаз (точнее, мозг) способен продуцировать цветовые образы, порой не менее яркие, чем бодрствующий, например, во сне и в наркотическом состоянии человек тоже видит цвет. Объективно необходим стимул, а во всем остальном восприятие цвета субъективно.

Сложности проблемы в понимании феномена «цвет» частично связаны с тем, что один и тот же объект может зрительно восприниматься по-разному. Процесс зрительного восприятия — комбинация двух основных факторов, которые можно выразить следующими словами: «что мы видим в действительности» и «что нам кажется, что мы видим». Каково бы ни было научное объяснение этому процессу, тщательный анализ любой зрительной ситуации часто обнаруживает, что «при повторном наблюдении она выглядит иначе».

При изучении цвета необходимо различать восприятие как суть, состояние и деятельность мозга и как работу глаза, основанную на чисто физических законах.

При фотографировании фотограф имеет дело только со светом и возможностями объектива фотоаппарата. Однако восприятие цветного изображения фотографии обычно происходит в условиях освещения, отличных от условий фотографирования. Человек, воспринимающий изображение фотографии, является личностью со своими индивидуальными особенностями интеллекта, психики и строения глаз.

Таким образом, можно констатировать, что вопрос восприятия цвета следует рассматривать с физической, психофизической и психологической точек зрения.

Восприятие с физической точки зрения

Особенности света, попадающего в глаз, могут быть определены, выражены и оценены в величинах параметров, не имеющих прямого отношения к глазу. Эти измерения и понятия находятся целиком в сфере физики и определяются методами, для которых не имеет значения, виден свет человеком или нет. Физик может точно установить, что два луча света идентичны или что они определенным образом отличаются друг от друга. Однако он не может, не выходя за рамки чистой физики, установить, как эти два луча будут выглядеть для человека. Таким образом, физик определяет качество и количество света (излучаемой, отраженной или прошедшей энергии в световом диапазоне спектра), как таковое, не прибегая к помощи наблюдателя.

Восприятие с психофизической точки зрения

Если бы наши знания о механизме зрения и ограничились только простыми ситуациями, то можно было бы точно рассчитать по известным физическим свойствам и параметрам данного светового луча, каким образом этот луч будет зрительно восприниматься наблюдателем. Научное исследование реакции зрительного механизма в данных конкретных условиях — область психофизики. Приблизительная оценка внешнего вида объекта может быть произведена сравнительно легко и с достаточной надежностью общедоступными методами.

Следовательно, в настоящее время психофизика ограничена оценкой света, полученной в нормированных условиях и только по отношению к стандартному наблюдателю.

Восприятие с психологической точки зрения

За пределами области психофизики находится область психологии, охватывающая вопросы, связанные с разнообразными возможностями восприятия света через ощущения, подсознание и сознание.

Психология цвета занимается исследованием зависимости между цветом, рассчитанным для стандартного наблюдателя, и цветом, воспринимаемым в действительности. В исследованиях учитывается внимание, отношение наблюдателя к воспринимаемому объекту и его ощущения, т.е. те факторы, которые исключаются при психофизических расчетах.

Наряду с изучением цвета как свойства объекта, воспринимаемого человеком, могут быть рассмотрены и жизненно важные вопросы для человека: роль цвета в жизни индивидуума, физиологические и философские основы цветовых ощущений, природа и причины восприятия цвета человеком.

Что есть цвет?

Цвет — излучение, воспринимаемое как зрительное ощущение. Тот или иной цвет объекта «присваивается» человеком в процессе их зрительного восприятия.

В подавляющем большинстве случаев цветовое ощущение возникает в результате воздействия на глаз человека потоков электромагнитного излучения из диапазона длин волн от 380 до 760 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-6}$ метра), в котором это излучение воспринимается глазом. Функциональная связь энергии электромагнитного излучения (отражения, пропускания или поглощения) от пространственной характеристики — частоты или длины волны распространения электромагнитной энергии. Эту зависимость определяют как спектр излучения, отражения, пропускания или поглощения энергии, например, \mathcal{E} как функция длины волны L .

Различные цветовые ощущения вызывают разноокрашенные предметы, их разноосвещённые участки, а также источники света и создаваемое ими освещение. При этом восприятия цветов могут различаться (даже при одинаковом спектре) в зависимости от того, попадает ли в глаз излучение от источников света (самосветящихся объектов) или от освещенных объектов.

В человеческом языке, однако, используются одни и те же термины для обозначения цвета этих двух разных по происхождению видов цвета — источников излучения (самосветящихся объектов) или окрашенных освещенных объектов.

Основную долю предметов, вызывающих цветовые ощущения, составляют освещенные объекты, которые лишь отражают или пропускают свет, излучаемый освещающими источниками. В общем случае цвет объекта обусловлен следующими факторами: его окраской и свойствами его поверхности; оптическими свойствами источников света и среды, через которую свет распространяется; свойствами зрительного анализатора и особенностями ещё недостаточно изученного психофизиологического процесса переработки зрительных ощущений в мозговых центрах.

Способность к восприятию цвета развилась у человека для идентификации объектов вместе со способностями к восприятию других их свойств (размеров, твёрдости, теплоты, вкуса, запаха и не только), а также появлений (параметр времени) и перемещений (параметр пространства). Способность к восприятию цвета помогает обнаруживать и опознавать объекты и явления природы в жизненных ситуациях по их окраске при всевозможных изменениях освещения и по состоянию окружающей их среды.

Эта необходимость распознавать объекты явилась главной причиной того, что их цвета определяются в основном их окраской, и при привычных для человека условиях наблюдения за счёт вносимой наблюдателем бессознательно поправки на освещение лишь в малой степени зависят от освещения. Например, зелёная листва деревьев признаётся зелёной даже при красноватом освещении на закате солнца.

Вырабатывающееся и закрепляющееся в человеческом сознании устойчивое представление об определенном цвете, как неотъемлемом признаке привычных объектов наблюдения, называется «эффектом принадлежности цвета», а сам цвет определяют как «предметный» (в полиграфии «памятный»). Эта психологическая особенность зрительного восприятия наиболее сильно проявляется при рассматривании несамосветящихся объектов и обусловлена тем, что в повседневной жизни мы одновременно рассматриваем совокупности, подсознательно сравнивая их цвета, либо сравниваем цветовые ощущения от разноокрашенных или разноосвещённых участков этих объектов.

Эффект принадлежности цвета несамосветящихся объектов настолько значителен, что даже в неблагоприятных условиях рассматривания цвет объекта осознаётся в результате его опознания по другим признакам. Наименования многих цветов произошли от названия объектов, окраска которых очень сильно выражена, например, малиновый, розовый, винный, изумрудный. Нередко даже цвет источника света описывают цветом какого-либо характерного несветящегося объекта, например, кроваво-красный диск Солнца.

Восприятие цвета может частично меняться в зависимости от психофизиологического состояния наблюдателя, например, усиливаться в опасных ситуациях, уменьшаться при усталости.

Цвета излучений, длины волн которых располагаются в определенных интервалах из диапазона видимого света вокруг длины волны какого-либо монохроматического излучения, называются *спектральными цветами*. Излучения с длинами волн от 380 до 470 нм имеют фиолетовый и синий цвет, от 480 до 500 нм — сине-зелёный, от 510 до 560 нм — зелёный, от 570 до 590 нм — жёлто-оранжевый, от 600 до 760 нм — красный (в более мелких участках этих интервалов цвета излучений соответствуют различным оттенкам указанных цветов, большее количество которых легко различается тренированным наблюдателем).

Способности к ощущению цвета человеком обеспечивает система зрения, состоящая из трех типов цветочувствительных фоторецепторов в центральном участке сетчатки глаза (колбочек) с максимумами спектральной чувствительности в трех разных участках спектра: красном, зелёном и синем. Четвертый тип рецепторов (палочек), не обладает преимущественной чувствительностью к какому-либо одному спектральному цвету. Палочки расположены по периферии сетчатки глаза и играют главную роль в создании *ахроматических* (белых, серых и черных — бесцветных) *оттенков цвета*.

Значение палочек в механизме распознавания цвета становится тем выше, чем ниже освещенность наблюдаемых объектов. Воздействие различных по спектральному составу и интенсивности потоков лучистой энергии на эти четыре типа рецепторов сетчатки и является физико-химической основой восприятия цвета. Комбинации разных по интенсивности раздражения фоторецепторов, перерабатываемые и в периферийных проводящих нервных путях, и в мозговых зрительных центрах, дают все многообразие ощущений — от белого до черного и все цвета и оттенки радуги.

Суммарная спектральная чувствительность глаза, обусловленная действием фоторецепторов всех типов, максимальна в «зеленой» области (длина волны около 555 нм), а при понижении освещенности смещается в «сине-зеленую» область. Сводимость всех цветовых ощущений к сочетаниям раздражения только трёх типов цветочувствительных элементов послужила основой создания математических моделей описания и количественного выражения цвета в виде набора трех чисел. Подобный подход имеет рациональную основу, однако при разработке моделей не могли быть учтены влияние вариаций освещенности и интенсивности излучения, роль зрительных мозговых центров, общего психофизиологического состояния и индивидуальные особенности наблюдателя.

При описании цвета используют три его атрибута: *цветовой тон*, *насыщенность* и *яркость* для самосветящихся объектов (источников излучения) или *светлоту* для несамосветящихся объектов. Атрибуты цвета есть результат мыслительного процесса, существенно зависящего от традиций, индивидуальных особенностей человека и его обучаемости. Самый важный атрибут цвета — *цветовой тон* (оттенок цвета) — ассоциируется в человеческом сознании с окраской объектов.

Белые, серые и черные тона цвета называют ахроматическими и считают, что они не имеют цветности и различаются лишь по светлоте. Светлоту обычно связывают с количеством черного или белого красящего вещества, реже — с освещенностью. Светлоту разноокрашенных объектов оценивают, сопоставляя их с ахроматичными объектами. Ахроматичность несамосветящихся объектов обусловлена равномерным отражением ими излучений всех длин волн в пределах видимого спектра. Цвет ахроматичных поверхностей, отражающих максимум света, называется белым.

Насыщенность и светлота несамосветящихся объектов взаимосвязаны, т.к. усиление избирательного спектрального поглощения при увеличении количества (концентрации) красителя всегда сопровождается уменьшением интенсивности отраженного света, что вызывает ощущение уменьшения *светлоты*. Так, пион более насыщенного красного цвета воспринимается более темным, чем пион с тем же, но менее выраженным цветовым тоном, например, алым (осветленным красным).

Одновременное восприятие одних и тех же несамосветящихся или самосветящихся объектов несколькими наблюдателями с нормальным цветовым зрением (в одинаковых условиях) позволяет установить однозначное соответствие между спектральным составом сравниваемых излучений и вызываемыми ими цветовыми ощущениями. На этом базируются цветовые измерения в колориметрии. Хотя такое соответствие и однозначно, но не взаимно-однозначно: одинаковые цветовые ощущения могут вызывать потоки излучений различного спектрального состава.

«Архитекторы» цвета

Художники, поэты, музыканты всегда стремились познать «тайну» и разгадать феномен цвета. В этом стремлении они шли другим, отличным от науки, путем, так как пытались оценить цвет с позиций его эстетического воздействия. Природу цвета они изучали по эмоциональному и духовному его проявлению. Цвет в искусстве рассматривали как механизм эмоционального и психологического воздействия. С помощью цвета они пытались познать красоту, гармонию, равновесие.

Теории цвета Гёте, Рунге, Бецольда, Адамса, Манселла, Кандинского, Иттена имеют большое значение и до сих пор. В «Трактате о живописи» Леонардо Да Винчи есть суждение о том, что «жалок тот мастер, произведение которого опережает его суждение». Художники использовали этот закон в качестве правила и руководства к действию.

Практически одновременно с Гете художник Отто Рунге (1810 г.) опубликовал свою теорию цвета. За основу цветового круга Рунге взял три цвета: красный, синий, желтый, то есть треугольник контрастных цветов Гете. А три остальных (промежуточных) цвета он получил смешением основных (Рис. 1).



Рис. 1. Цветовой круг Рунге.

Цветовое многообразие Рунге получал смешением красок, а оттенки цветов — за счет добавления белой и черной красок. Таким образом, он пришел к идее пространственной модели в виде шара (Рис. 2).

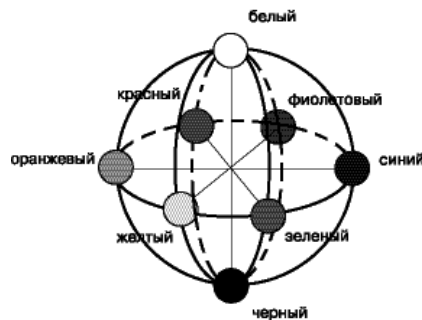


Рис. 2. Пространственная модель Рунге.

Отто Рунге считают первым, кто предложил пространственную модель цвета — но ведь был же Эмпедокл!

В начале XX века независимо друг от друга американский художник Манселл (1905 г.) и немецкий химик и физик Оствальд (1917 г.) предложили оригинальные трехмерные модели цветового пространства. Они

первыми попытались систематизировать и классифицировать цвета. И тот, и другой разработали атлас цветов, а также попытались с помощью цифр, букв и слов (Оствальд) и цифр, и букв (Манселл) ввести информационное обозначение оттенков цвета при смешивании красящих веществ. Таким образом они разработали не только теоретические учения и цветовые модели, но и предложили применение цветовых таблиц. В цветовом круге Оствальд предложил использовать 100 ступеней-цветов, обозначив их цифрами. Каждый цвет-ступень образовывал равно-сторонний треугольник (Рис. 3), в основании которого лежала шкала серых цветов.



Рис. 3. Равносторонний треугольник Оствальда для цвета-ступени.

Чистые цвета располагались на цветовом круге. Объединив равно-сторонние треугольники кругом, Оствальд получил трехмерное цвето-вое тело — двоянный конус (Рис. 4).

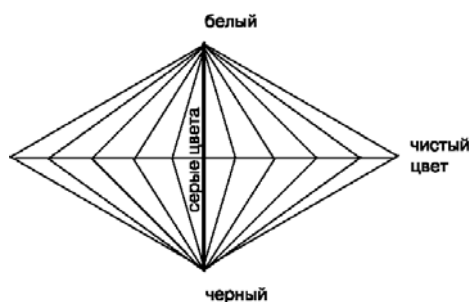


Рис. 4. Модель цветового тела Оствальда

Все цвета Отвальд классифицировал так:

«светлоясные» — смешение чистого цвета с белым

«темноясные» — смешение чистого цвета с черным

«мутные» — смешение чистого цвета с серыми тонами.

Атлас Отвальда содержал 2500 цветов.

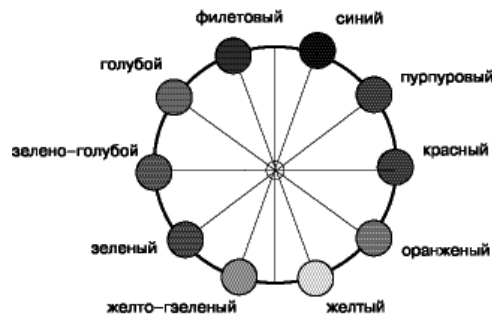


Рис. 5. Цветовой круг Манселла

При разработке своей теории цвета художник Манселл попытался объединить переменные Гельмгольца (цветность — цветовой тон, насыщенность; светлоту) с пространственной моделью Рунге. В результате — цветочное тело Манселла приблизительно напоминает форму цилиндра. В качестве основных для цветочного круга Манселл взял пять спектральных цветов: красный, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, а также пять промежуточных цветов между ними. Поэтому, цветочный круг Манселла образован десятью цветами (Рис. 5).

В своей теории цвета художник также постарался учесть то обстоятельство, что чистые «цвета» красящих веществ имеют различную светлоту и насыщенность, поэтому они располагаются в цветочной модели в разных плоскостях и на разных уровнях. Все результаты Манселл объединил в атласе, состоявшем из десяти таблиц. Каждая таблица создавалась для одного цветочного тона, который изменялся по светлоте и насыщенности. Необходимо также отметить, что теория Отвальда нашла свое применение и развитие в колориметрии, а теория Манселла — в полиграфии.

В 1910 г. Василий Кандинский закончил писать небольшую книгу «мыслей и наблюдений» (О Духовном в Искусстве). В разные годы и в разных странах книга переиздавалась более 30 раз.

В книге художник анализирует воздействие цвета на человека. Он стремился объединить «чувственное» из учения Гете о цвете, пространственное понимание цвета у Рунге, символизм цветосвязей с психологией цвета («психическое» воздействие) и душевными вибрациями.

Кандинский вводит музыкальные ассоциации и инструментальные соответствия, «температурные» и вкусовые категории.

В поисках беспредметного в психологических аналогиях Кандинский приблизился к понятиям и категориям, которые соответствуют перцепту (цветовой образ, воспринятый в сознании) и стимулу (воздействие определенных длин волн на глаз, сопоставимое с раздражением). Понятия перцепта и стимула сформулировал Геринг в 1874 году. В основу построения цветового круга он положил теорию контрастных пар основных цветов (простых) и их взаимодействие с двумя полюсами по светлоте (рождение и смерть). На Рис. 6 показан цветовой круг Кандинского.

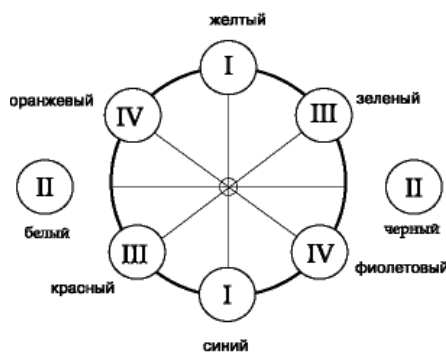


Рис. 6. Цветовой круг В. Кандинского

Кандинский, как и Оствальд и Ньютон, (семь спектральных цветов — семь нот музыкальной октавы) искал аналогии между цветом и звуком в музыке, между цветом и двенадцатью полутонами музыкальной октавы, хроматической гаммой.

Встреча и общение с Кандинским подтолкнули Иттена к теоретическим исследованиям цвета в искусстве и к занятиям по созданию теории цвета для художников. В 1961 году Иттен публикует книгу «Искусство цвета», в которой сформулировал основные идеи теории цвета в искусстве. Используя теории цвета Гете, Рунге, Бецо́льда, Шевре́ля, Иттен уделяет большое внимание эстетическому воздействию цвета на человека. Теория Иттена развивает идеи цветового контраста Кандинского, а также использует психологические понятия и категории в теории цветовых впечатлений и цветовой выразительности. Модель цветового пространства у Иттена — это шар Рунге. А цветовой круг художник строит по своей системе цветового конструирования, опираясь на цветовой треугольник Гете. Основные цвета у Иттена — желтый, красный, синий. На Рис. 7. показан цветовой круг Иттена, выполненный по правилам цветового структурирования.

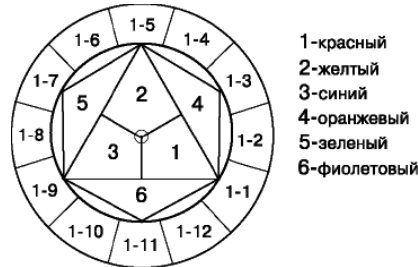


Рис. 7 Цветовой круг Иттена

Взяв за основу определение «равновесия» Геринга, формулирует понятие гармоничных цветов и предлагает практическую методику по их определению. Иттен определяет цвета как гармоничные, если их смесь (двух и более цветов) дает серый цвет. Таким образом, все пары дополнительных цветов, все комбинации трех цветов в цветовом круге Иттена (12 цветов), которые объединены через равносторонние и равнобедренные треугольники, квадраты и прямоугольники, являются, по теории Иттена, гармоничными. Схема гармоничного «конструирования» показана на Рис. 8.



Рис. 8. Схема определения гармоничных цветов по Иттену

Развивая теорию гармонии оттенков цвета, Иттен определяет связи и принципы цветового созвучия оттенков цвета, выделяя семь типов контраста, а именно:

- контраст цветовых сопоставлений;
- контраст светлого и темного;
- контраст холодного и теплого;
- контраст дополнительных цветов;
- симультанный (одновременный) контраст;
- контраст цветового насыщения;
- контраст цветового распространения.

Обобщая «чувственно—нравственные» характеристики цвета у Гете и идеи Кандинского о связях формы и цвета, Иттен предлагает свои соответствия цвета и геометрической формы (Рис. 9).

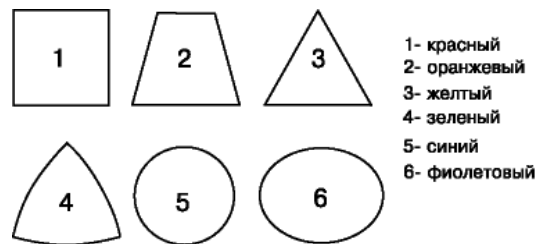


Рис.9. Соответствие цвета и геометрической формы

Если оттенок цвета совпадает с геометрической формой, то воздействие цвета удваивается.

Иттен создал свою теорию цвета, прежде всего, для практического использования художниками в искусстве, дизайне и рекламе.

Метамерия

Два излучения, одинаковые по спектральному составу, вызывают и одинаковые ощущения цвета, но не всегда справедливо обратное. Человеческий глаз может воспринимать одинаковыми цвета с различным спектральным составом. При этом объекты выглядят идентично под одним источником света, но различно под другим. Это явление носит название *метамерии* и, например, в полиграфии является результатом использования различных комбинаций красящих веществ для воспроизведения на оттиске аналогичных с оригиналом цветов.

Метамеризм — явление, при котором два цвета воспринимаются одинаковыми при одних условиях наблюдения и различаются при других.

Принято различать четыре вида метамеризма:

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

Наиболее важным из них является метамеризм излучения, проявляющийся в том случае, когда наблюдатель смотрит на метамерную пару (исследуемые образцы), последовательно освещаемую двумя или более источниками.

Метамеризм наблюдателя проявляется, когда метамерная пара воспринимается одинаковой по цвету одним наблюдателем и разной — другим. Это естественно, так как все люди воспринимают цвета по-разному и отлично от «стандартного наблюдателя». Такой вид метамеризма может приводить к серьезным проблемам, например, когда один из наблюдателей является продавцом, а другой — покупателем.

В случае метамеризма поля зрения равенство цветов пропадает, когда угол меняется с 2 на 10°. Метамерная пара, показывающая равенство образцов на большом расстоянии (малое поле зрения), может не сохранить его, когда наблюдатель приближается к образцам (большое поле зрения).

Геометрический метамеризм возникает при изменении угла зрения. Этот эффект особенно часто проявляется при работе с металлизированными или специальными красками.

Приемлемая степень метамеризма зависит от области применения материала. Если два образца никогда не будут выставляться вместе, метамеризмом можно пренебречь, однако если упаковка, напечатанная технологией флексографской печати, стоит рядом с упаковкой, напечатанной офсетной печатной технологией, неприемлемой будет даже малая степень метамеризма.

Чтобы избежать метамерии, при подборе цвета лучше применять постоянные комбинации красителей. Для контроля метамерии могут также использоваться специальные просмотровые камеры.

Количественно оценить метамеризм сложно.

Однако с помощью спектрофотометров можно рассчитать цветовые различия между образцами для разных излучений. Оптимальный выбор: одно из излучений должно соответствовать дневному свету, другое — свету лампы накаливания, а третье — люминесцентной лампе.

Модели цвета

Что мы имеем?

Для описания цвета могут быть использованы различные математические модели. Наиболее часто сегодня используют три модели цветового пространства: **RGB**, **CMYK** и **CIE Lab**.

Моделями цвета, которые можно образно представить упрощенной математической структурой в форме цилиндра с тремя координатами (параметрами цвета) — светлота (яркость), насыщенность (чистота) и цветовой тон. На самом деле, ниже перечисленные цветовые пространства имеют более сложные математические структуры:

- **CIE Lab** — психологическое цветовое пространство;
- **RGB** — аддитивное цветовое пространство;
- **CMYK** — субтрактивное цветовое пространство.

В каком бы пространстве не проводилась работа с цветом всегда необходимо помнить, что любое преобразование из одного пространства в другое влечет за собой потери.

Модель цвета RGB

Множество цветов становятся видимыми оттого, что светятся. К излучаемым цветам можно отнести, например, белый свет Солнца и других искусственных источников, цвета на экране телевизора и мониторе компьютера.

Оттенков цвета много, но из них выделены только три, которые считаются первичными: красный, зеленый, синий. При смешении двух базовых цветов общий свет увеличивается по яркости. При смешении двух базовых с добавлением третьего базового цвета результат не только увеличивается по яркости, но и осветляется. При смешении красного и зеленого получается желтый цвет, зеленого и синего — получается голубой. Синий и красный свет дают пурпурный. Если смешиваются одинаковые по количеству излучения всех трех цветов, то в результате получается белый свет. Обратим внимание на то, что при смешении двух и более базовых цветов получаемый цвет ярче (светлее), они складываются энергетически и поэтому такие цвета называются аддитивными.

Модель, в основе которой лежат указанные три цвета излучения, и есть модель **RGB** по первым буквам английских слов **R**ed (Красный), **G**reen (Зеленый), **B**lue (Синий). Эта модель представляется в виде трехмерной Декартовой системы координат. Каждая координата отражает вклад каждой составляющей в результирующий цвет в диапазоне от нуля до максимального значения. В результате получается куб, внутри которого и «находятся» все цвета, образуя цветовое пространство **RGB**.

Выделим особые точки и линии этой математической модели. *Начало координат*: в этой точке все составляющие равны нулю, излучение отсутствует, а это равносильно темноте (уровень чувствительности глаза при данных условиях его адаптации), то есть *точка черного цвета* (в идеале, абсолютно черное тело). Около этой точки создается область черного и темно серы оттенков цвета, и величина площади этой области зависит от адаптации глаза к условиям восприятия общего освещения и яркости самого изображения. И *вторая точка*, где все составляющие имеют максимальное значение — *точка белого света*. Около точки белого имеется область высокой слепящей яркости, которой глаз воспринимает в зависимости от уровня адаптации как слепящий белый.

На линии, соединяющей эти точки по диагонали, располагаются серые оттенки — от черного через насыщенного серого до белого. Этот диапазон называют диапазоном серой шкалы. В цифровых технологиях чаще всего используются 256 градаций серого. Некоторые сканеры могут распознавать и кодировать до 1024 оттенка серого.

Три вершины куба дают чистые базовые цветовые излучения RGB, остальные три отражают двойные смешения первичных излучений: 1) отсутствие в спектре красного (-R) — это голубое излучение; 2) отсутствие в спектре зеленого излучения (-G) — это пурпурное и 3) отсутствие в спектре синего излучения (-B) — это желтое. Именно, в этой модели кодирует цветное изображение сканер и отображает его на экран монитора и телевизора.

Модель цвета CIE L a* b*

Другая модель описания цвета — **L a b**. Она была создана Международной комиссией по освещению (МОК, Commission International de l'Eclerage, CIE) для преодоления недостатков моделей RGB и CMYK (о ней чуть позже). Она была призвана стать аппаратно независимой моделью и определять цвета без учета индивидуальных особенностей устройства (монитора, принтера, печатной машины). В этой модели любой оттенок цвета определяется светлотой (Luminance) и двумя хроматическими компонентами: параметром «**a**», который изменяется в диапазоне от зеленого до красного, и параметром «**b**», изменяющимся в диапазоне от синего до желтого. Необходимо вспомнить, что желтый цвет + синий цвет в равных количествах дает черный, если это краски и белый, если это излучения. Если количества разные, то это будут зачерненные или разбеленные тона желтого или синего цвета. А что дает сумма зеленое + красное? Если это краски, то темно коричневое с красным или зеленым оттенком, а также оранжевое, салатное или желтое, если это излучения.

Геометрическая модель *CIE Lab* — шар.

Эта модель не идеальна и не лишена недостатков.

Абсолютно черное тело

Чернота не может возрастать безгранично. Для нее существует предел, когда весь свет, какого угодно цвета, падающий на тело, без остатка в нем поглощается. Тело с такими свойствами называют «абсолютно черным телом». Создать такое тело с большим приближением не очень трудно. Хорошо известно, что если в яркий солнечный день, когда кругом все светится и блестит, посмотреть издали через дверь вглубь по-

мещения без окон, то проем кажется угольно-черным, несмотря на то, что стены могут быть белыми. Происходит это потому, что лучи света, проникнув внутрь помещения, неизбежно теряют свою энергию вследствие многих поглощений, рассеяний и отражений, и наружу не выходят.

Отсюда становится понятным, как построить абсолютно черное тело. Его можно изготовить из любого материала — угля, железа, белого фарфора и не только, если устроить некоторое замкнутое пространство с маленьким отверстием. Именно отверстие будет вести себя как абсолютно черное тело.

Абсолютно черное тело можно нагреть до высокой температуры, например до накаливания, и поддерживать постоянный нагрев (очень важное условие для дальнейших наших рассуждений). Внутри полости тела со стенок будет излучаться часть света, который должен вновь поглощаться стенками. Абсолютно черное тело, по условию, имеет полное поглощения проникающего через отверстие во внутреннюю полость света. По принятому условию температура тела должна быть постоянной. Поэтому полное поглощение должно возмещаться полным излучением, иначе температурное равновесие нарушится.

Отсюда приходим к выводу: *не только поглощение, но и излучение абсолютно черного тела должно быть максимальным*. Вместе с тем, из этого же рассуждения следует, что излучение, поскольку оно максимальное, так же как и поглощение, не может зависеть от материала, из которого сделано тело. Это заключение имеет огромное теоретическое значение. В нем и кроется основная причина большого сходства самых разнообразных тепловых источников света. Костер, спичка, солнце, лампочка накаливания по своим свойствам — достаточно «черные», они близки к абсолютно черному телу. Разница в значительной мере сводится к тому, что температура Солнца равна примерно 6000К, а спички — около 1500К. Если температура низкая, тело не может светиться за счет нагревания заметным видимым светом, оно будет излучать главным образом невидимые инфракрасные лучи с длинными волнами от 760 нанометра и более.

При повышении нагрева тело начинает испускать темно-красный цвет. При дальнейшем возрастании температуры излучение становится оранжевым, желтым и, наконец, белым.

«Серое», не совсем черное, тело

В окружающем нас мире много тел заведомо не абсолютно черных. Все тела (если не придавать им искусственно формы полости с малым отверстием) в какой-то мере отражают поверхностно или в толще веще-

ства (мутные среды), рассеивают и пропускают часть падающего на них света и поэтому не могут быть абсолютно черными. Такие тела всегда можно нагреть и поддерживать их температуру до постоянной.

Исходя из самых общих представлений о телах, предполагая, что они в той или иной степени могут поглощать энергию и находиться при этом при постоянной температуре, приходим к следующему выводу: *любое тело природы, твердое, жидкое, газообразное, обязательно должно испускать тепловое излучение, если только оно находится в тепловом равновесии при температуре выше абсолютного нуля (больше °K (ноль градусов Кельвина) или — 273°С (Цельсия))*. В зависимости от степени нагревания это излучение будет видимым или невидимым, но оно всегда существует.

Понятно, что не может существовать тело, температурное излучение которого превышало бы излучение абсолютно черного тела при той же температуре. Абсолютно черное тело — лучший, совершенный тепловой излучатель. Фарадей, говоря «удивительная это вещь — свеча» имел основание удивляться обычной свече, свойства которой довольно близки к абсолютно черному телу, не говоря уже о ее практических преимуществах.

Черный цвет

Черная поверхность

Если от поверхности отражается менее 4% каждого из монохроматических излучений видимого спектра, то зрительно эта поверхность воспринимается как черная. Насыщенный черный цвет имеет абсолютно черное тело. Однако для практических целей в качестве эталона черного цвета при рассмотрении в отраженном свете используют поверхности, покрытые черным бархатом, а при рассмотрении в проходящем свете — образцы проявленной черно-белой фотопленки. Цвет черных красок зависит от поглощающей способности пигмента — сажи. Чем больше света поглощает пигмент и чем меньше в краске связующего вещества, тем она чернее. Практически нет красок, которые бы сильно и равномерно поглощали все монохроматические излучения. Обычно черные краски имеют коричневый или синеватый оттенок. От черных матовых поверхностей падающие лучи отражаются рассеянно, а от глянцевых — направленно. Гладкие черные поверхности мы видим более черными, чем шероховатые. Поэтому на глянцевых бумагах контраст однокрасочного черно-белого изображения больше и насыщенность черного больше.

На цвет поверхности влияет также и структура ее поверхности. Сажа черная в дымоходе, собранная в виде порошка в кучку уже серая. Сажа

в дымоходе имеет структуру в виде леса из маленьких елочек и выступает как модель абсолютно черного тела, а в виде порошка — аморфный материал, поэтому порошок серый.

Структура является важным фактором восприятия цвета поверхностей и кристаллов. Драгоценные камни имеют очень насыщенный цвет, определяемый гранями кристалла и внутренним отражением падающего на них света.

Белый цвет

Белый свет — равномерное излучение в интервале видимого спектра, или пропускание и отражение излучения с равномерным поглощением по всем зонам спектра белого освещения.

Психологи считают, что белый цвет — это цвет без эффекта. Это — «*tabula rasa*» (чистая доска), на которой еще предстоит написать нечто содержательное.

Основное социальное значение белого — цвет мира, примирения, перемирия, партийной и внешнеполитической нейтральности — осталось практически неизменным.

По своей природе белый цвет как бы нейтрализует действие хроматических цветов, да и вообще весь материальный мир.

По психологическим параметрам воздействия белый цвет характеризуется такими свойствами, как светлый, легкий, холодный, блестящий и ослепляющий. Обыкновенно же белый цвет ассоциируется со святостью, чистотой и целомудрием. И одновременно — со смертью.

Как и серый или черный, белый — это фон для хроматического цвета. И этот фон сильно повышает интенсивность находящегося рядом с ним цвета.

Даже небольшая разница в коэффициентах отражения белых поверхностей зрительно очень заметна. Если на баритовую пластинку положить кусочек белой мелованной бумаги, то он будет выглядеть, по сравнению с эталоном, серым. Некоторые виды бумаги в сравнении с эталоном белого цвета зрительно воспринимаются не только темнее, но еще и с некоторым цветным оттенком.

Модель цвета СМУК

К цветам отражающих поверхностей и пропускающих свет сред относятся цвета, которые сами не излучают, а используют свет освещения как цветонесущий, вычитая из него определенные цвета. Такие цвета называются субтрактивными, поскольку они остаются по-

сле вычитания первичных аддитивных цветов из света освещения. Понятно, что в таком случае и базовых субтрактивных цветов модели будет три: голубой (С, Cyan), пурпурный (М, Magenta), желтый (У, Yellow). Эти цвета составляют так называемую полиграфическую триаду красок СМУ+К. Краска черного цвета (К) добавлена к триаде с практической точки зрения — для печати текста и для замены трех цветных красок СМУ, когда пятно на оттиске воспроизводится этими тремя цветными красками. При использовании прозрачных красок этих цветов (СМУ+К) они работают как светофильтры и поглощают красную, зеленую и синюю зоны спектра белого света освещения. Таким образом, большая часть спектра цвета, включая черные, зачерненные и затемненные цвета могут быть воспроизведены на оттиске при печати.

Проблема заключается в чистоте цвета красок. Данная математическая модель цвета (СМУ+К) описывает реальные краски. Они далеко не так близки к идеалу, как цветные излучения (RGB). Они имеют примеси, поэтому не могут полностью перекрыть весь видимый диапазон спектра, а это приводит к тому, что смешение трех базовых печатных красок, которое должно давать черный цвет, дает темно-коричневый. Четвертая черная краска. Именно она добавила последнюю букву в название модели СМУК, хотя и не совсем обычно: С — Cyan; М — Magenta; У — Yellow и К — Key color (по одной версии) или black (по другой версии). В полиграфии для печати цветных иллюстраций достаточны цветные краски (СМУ). Однако, как правило, в печатных изданиях присутствует и текст, который печатают черной краской. Это не только экономически выгодно, но и намного облегчает процесс печатания.

При смешениях двух субтрактивных прозрачных красок результирующий цвет затемняется, а при смешении всех трех должен получиться зачерненный или черный цвет. При полном отсутствии печатной краски на данном участке бумаги виден цвет бумаги. В итоге получается, что нулевые значения составляющих красок дают на оттиске белый цвет. На оттиске имеются чистые субтрактивные цвета и их двойные сочетания (бинары) - красный (R), зеленый (G) и синий (B). Освещающий белый свет проходит через два слоя краски, отражается от поверхности бумаги и снова проходит эти два слоя краски, но в обратном порядке. При этом своем путешествии свет ослабляется за счет поглощения отдельных зон спектра пигментами красок, и за счет рассеяния в мутной среде связующего красок.

Геометрический образ СМУ — тот же «куб», как и модель RGB, в котором поменялись координаты. В первом приближении, и для более легкого запоминания по аналогии с моделью RGB, то это так.

Взаимосвязь RGB и CMYK

Модели **RGB** и **CMYK** связаны друг с другом. Они как бы дополняют друг друга. Голубой цвет (C) + красный (R) дает черный, если это краски и белый, если это излучения. Пурпурный (M) + зеленый (G) дает черный, если это краски, и белый, если это излучения. То же самое, если это желтый (Y) + синий (B)

Однако преобразование из RGB в CMYK или обратно не происходит без потерь из-за неидеальности цвета в красящих веществах. На чистоту цвета в смесях и растворах сказываются и внутреннее рассеяние света, мутность растворителя или связующего, а также форма и величина частичек пигмента в красках. Самосветящиеся объекты излучают более насыщенные цвета (RGB) и они ближе к идеальным цветам.

Конвертирование из RGB в CMYK или из CMYK в RGB требует выполнение сложных калибровок всех аппаратных средств издательских компьютерных систем перед работой с цветными изображениями. Калибровать необходимо сканеры (они осуществляют ввод изображения), мониторы (по ним судят о цвете и корректируют его), устройства цветопробы (по ним оценивают цвет будущего оттиска) и выводное устройство (оно создает фотоформы или печатные формы при подготовке публикации к печати). Так же необходима нормализация печатного процесса и калибровка полиграфического оборудования — рамы для экспонирования, процессора для обработки формных пластин и печатной машины (выполняющей конечную стадию — синтеза цвета при печати тиража издания).

Взаимосвязь между RGB и CMYK может быть наглядно представлена в трехмерной координатной системе Декарта. Эта геометрическая модель идеализирована, так как в ней не учтены особенности реальных спектров излучения для модели RGB и спектров поглощения для реальных красящих смесей и растворов модели CMYK.

Если три координаты системы Декарта x, y, z заменим обозначениями RGB и $(-x), (-y)$ и $(-z)$ соответственно на $(-R), (-G)$ и $(-B)$, то объединим две математические модели — кубы, с общей точкой — начало координат системы Декарта (0) . Для лучшего понимания сказанного необходимо подчеркнуть, что голубая краска (C) поглощает красную зону, или $(-R)$ спектра освещающего белого света $(R=G=B)$ и соответственно пурпурная (M) — зеленую $(-G)$, а желтая (Y) — синюю зону спектра $(-B)$.

Таким образом, связь двух пространств RGB и CMY, выражена как связь двух подпространств x, y, z и $(-x)(-y)(-z)$ и наглядный геометрический образ — два куба, касающихся только одним верхом координатной системы Декарта (0) , и ребра одного куба являются продолжениями ребер другого куба с исходной точкой в координате (0) . Большая

диагональ куба RGB — вектор с началом в точке (0) от серого (черного, абсолютно черного тела) до максимально белого излучения, а большая диагональ второго куба CMY — вектор с началом в точке (0) от белой поверхности (на оттиске белая подложка, например, белизна бумаги) до максимально черного цвета при наложении на поверхность оттиска трех красок CMY в максимально возможном количестве (в зависимости от технологии печати) при балансе «по серому». В начале координатной системы Декарта точка с координатой (0) совмещены два параметра — серое, черное, абсолютно черное для самосветящихся объектов и белизна поверхности подложки, на которой проводится печать красками CMY.

Множество оттенков цвета самосветящихся объектов

Если рассматривать систему Декарта тремя положительными координатами x, y, z соответственно с координатами RGB и три отрицательные координаты $(-x)(-y)(-z)$ соответственно CMY с началом координатной системы в абсолютно черном теле (в точке черного или серого), то получим все разнообразие оттенков цвета в координатной системе Декарта, где каждая точка в этой системе — один и только один оттенок цвета самосветящихся объектов. Все возможные оттенки цвета самосветящихся объектов будут однозначно определены в системе Декарта тремя значениями координат и будут расположены в восьми сопряженных подпространств пространства Декарта.

Пространство Декарта делится на восемь одинаковых сопряженных пространств с тремя общими плоскостями, определяемыми тремя пересекающимися под прямым углом в одной точке (начало системы Декарта) парами прямых линий RCGM, RCBY и BYGM на которых расположены чистые насыщенные цвета R, G, B, C, M, и Y разной яркости. Первое подпространство RGB вмещает производные насыщенные оттенки и их осветленные производные (постельные цвета), включая и серо-белые оттенки, расположенные по большой диагонали куба с координатами — начало координатной системы (0) и точка с координатами $(R=G=B)$. Подпространство CMY вмещает производные насыщенные оттенки и их осветленные производные, включая и серо-белые оттенки, расположенные по большой диагонали куба с координатами — начало координатной системы (0) и точка с координатами $(C=M=Y)$.

Однако необходимо заметить, что в подпространстве CMY на векторе серо-белых оттенков лежат самые яркие оттенки серого по сравнению со всеми остальными подпространствами, а в подпространстве RGB — самые неяркие оттенки серого по сравнению со всеми остальными подпространствами. Остальные шесть подпространств YRG, YGC,

GBC, BMC, YCM и MCB вмещают насыщенные оттенки и их осветленные производные, включая и серо-белые оттенки, расположенные по большой диагонали с координатами — начало координатной системы (0) и точка с координатами (Y=R=G, Y=G=C, G=B=C, B=M=C, Y=C=M и M=C=B). В шести подпространствах YRG, YGC, GBC, BMC, YCM и MCB вектора серо-белых оттенков лежат одинаковые по яркости оттенков серого и меньше по сравнению с подпространством CMY, но большие по сравнению с подпространством RGB. В идеале цветное тело симметрично с осью симметрии — прямая с координатами (R=G=B) и (C=M=Y).

Множество оттенков цвета несамосветящихся объектов

Если рассматривать систему Декарта тремя положительными координатами x, y, z соответственно с координатами RGB и три отрицательные координаты $(-x)(-y)(-z)$ соответственно CMY с началом координатной системы в максимально белой поверхности, на которой будут наноситься красящие вещества (в точке белого или серого, например, белизна бумаги), то получим все разнообразие оттенков цвета в системе Декарта, где каждая точка в этой системе — один оттенок одного и только одного цвета несамосветящихся объектов. Все возможные оттенки цвета несамосветящихся объектов будут однозначно определены в системе Декарта тремя значениями координат и будут расположены в восьми подпространствах пространства Декарта.

Пространство Декарта делится на восемь одинаковых сопряженных пространств с тремя общими плоскостями, определяемыми тремя пересекающимися под прямым углом в одной точке (начало координатной системы Декарта) парами прямых линий RCGM, RCBY и BYGM на которых расположены чистые насыщенные цвета R, G, B, C, M, и Y разной яркости. Первое подпространство RGB вмещает производные насыщенные оттенки и их зачерненные производные (затемненные цвета), включая и серо-черные оттенки, расположенные по вектору (большой диагонали куба) с координатами — начало координатной системы (0) и точка с координатами (R=G=B). Подпространство CMY вмещает производные насыщенные оттенки и их осветленные производные (затемненные цвета), включая и серо-черные оттенки, расположенные по вектору (большой диагонали куба) с координатами — начало координатной системы (0) и точка с координатами (C=M=Y). Однако необходимо заметить, что в подпространстве CMY на векторе серо-черных оттенков лежат самые слабо серые оттенки серого по сравнению со всеми остальными подпространствами, а в подпространстве RGB — самые

темные оттенки серого по сравнению со всеми остальными подпространствами. Остальные шесть подпространства YRG, YGC, GBC, BMC, YCM и MCB вмещают производные насыщенные оттенки и их зачерненные производные (затемненные цвета), включая и серо-черные оттенки, расположенные по векторам (большой диагонали куба) с координатами — начало координатной системы (0) и точка с координатами ($Y=R=G$, $Y=G=C$, $G=B=C$, $B=M=C$, $Y=C=M$ и $M=C=B$). В шести подпространствах YRG, YGC, GBC, BMC, YCM и MCB вектора серо-белых оттенков лежат одинаковые по светлоте оттенков серого и больше по сравнению с подпространством CMY, но меньше по сравнению с подпространством RGB. В идеале цветное тело симметрично с осью симметрии по прямой с координатами ($R=G=B$) и ($C=M=Y$). При наличии минимального воображения можно увидеть яйцо.

Шкалы цветового охвата для полиграфии

Растровая структура изображения на оттиске и состав шкал цветового охвата

В полиграфии при воспроизведении цветных изображений печатными технологиями способов плоской, трафаретной и высокой печати, ввиду растрового построения многокрасочной репродукции, имеет место автотипный синтез цвета на оттиске, содержащий признаки как аддитивного, так и субтрактивного синтеза цвета. В создании цветовых оттенков на цветной репродукции участвуют 16 разноокрашенных растровых элементов - незапечатанная бумага, три одинарные (основные цветные печатные краски ж (Y), п (M), г (C) и черная ч (K), три бинарные (парные) наложения трехцветных печатных красок ж+п ($Y+M=R$), ж+г ($Y+C=G$), п+г ($M+C=B$), двойные наложения цветная + черная ж+ч, п+ч, г+ч, тройные наложения основных печатных (цветные и черная ж+п+ч, ж+г+ч, п+г+ч, ж+п+г) красок и их четырехкратное наложение друг на друга с участием черной ж+п+г+ч. Восемь из них образованы с участием черной краски. Этот синтез цвета проводят с использованием технологий автотипной печати.

Шкала цветового охвата — оттиск, содержащий цветовые поля каждой отдельной печатной краски при триадной печати (CMY+K — печати), двойные и тройные наложения красок в определенных соотношениях, а также их наложения с введением черной краски. Шкалы цветового охвата используются при цветоделении и цветокорректуре. С их помощью оператор видит, какой реальный цвет получится на оттиске при разном соотношении растровых элементов красок на печатной форме.

Шкалы цветового охвата должны содержать данные о номере печатных красок, о последовательности их наложения при печатании, о нормах подачи красок и допустимых пределах отклонений. Как правило, шкалы цветового охвата это таблица, которую и изготавливают непосредственно на полиграфическом предприятии, чтобы учесть систематические искажения (особенности) конкретного технологического процесса при цветоделении и печати с использованием конкретных запечатываемых материалов и печатных красок.

Функции шкал цветового охвата

Шкалы цветового охвата четырехкрасочного синтеза (СМУ+К — синтеза) цвета на оттиске, отпечатанные на тиражной бумаге, отражают многообразие цветных оттенков, воспроизводимые четырьмя печатными красками. Это многообразие зависит от применяемой триады красок и черной, применяемых технологий, оборудования, материалов, приборов, а также сложившихся традиций и индивидуальных профессиональных особенностей исполнителей.

Шкалы цветового охвата непосредственно связывают цветные параметры воспринимаемого цвета с технологическими параметрами синтеза цвета — с относительной площадью растровых элементов на печатной форме для каждой из печатных красок: черной, голубой, пурпурной и желтой в интервале от 0% (белая бумага) до 100% (плашка).

Шкалы цветового охвата отражают возможности современной полиграфической технологии, материалов, оборудования, приборов и процессов, что часто является источником взаимных и необоснованных претензий между художниками и полиграфистами. Художники жалуются, что их замысел искажен в печати, а полиграфисты ссылаются на непригодность оригиналов для воспроизведения без искажений полиграфическими средствами.

Следовательно, как полиграфисты, так и художники, дизайнеры, издатели и редакторы должны знать возможности применяемых технологий, оборудования, материалов и исполнителей, работающих на полиграфическом предприятии, где будет печататься заказ. Все это наглядно и реально отображено на шкалах цветового охвата данного предприятия.

Шкалы цветового охвата (ШЦО) являются фотографией возможностей данного предприятия, пособием, демонстрирующим границы воспроизведения цветового пространства, где цвет выражен в координатах, применяемых в полиграфии — количество печатных красок.

Заказчик, зная возможности данного предприятия, может оценить цветное изображение на той или иной бумаге, а также, учитывая воз-

возможности предприятия — исполнителя заказа и свои сорта печатной бумаги, подготовить цветные оригиналы с учетом особенностей цветового пространства, воспроизводимого на ШЦО, напечатанных на соответствующей бумаге.

Комплекты ШЦО должны быть в технологическом и производственном отделах, в лаборатории, у дизайнеров, операторов издательских систем, на рабочих местах печатников пробной и тиражной печати и у всех ответственных лиц, ведущих переговоры с заказчиками.

ШЦО, используемые на полиграфических предприятиях, должны быть с контрольными тест объектами и с указанными на них технологическими данными.

Шкалы цветового охвата СМУК в системе Декарта

В разделе «Множество оттенков цвета несамосветящихся объектов» в подпространстве СМУ системы Декарта размещены все оттенки цвета, которые могут быть созданы на печатном оттиске с использованием трех печатных красок триады голубой, пурпурной и желтой (СМУ). Это количество можно определить как бесконечное множество возможных оттенков. Отличить глазом все оттенки практически невозможно, так как у глаза человека имеется пороговая чувствительность и определенный уровень адаптации. Но, если выделить точки, отстоящие в пространстве на равных или неравных расстояниях друг от друга, то получим дискретное и ограниченное количество оттенков. Количество оттенков будет зависеть от шага квантования пространства, от используемых реальных красок и запечатываемых материалов (например, от белизны бумаги и микроструктуры ее поверхности), от применяемой конкретной технологии печати, от нормализации процесса печати и от уровня профессионализма исполнителей. Напечатанные оттиски, содержащие поля с оттенками цвета, и есть ШЦО СМУК. Если все выразить математическим языком в системе Декарта, это количество полей, полученных при наложении на оттиске только двух красок в переменном количестве с растровыми элементами на оттиске от 0% до 100% с принятым шагом изменения во всех возможных комбинациях, т.е. точки с координатами $(C_m \times M_n)$, $(Y_r \times M_n)$ и $(C_m \times Y_r)$ (бинарные цвета), где m , n , и r принимают все значения 0% до 100% с принятым шагом, как правило, 10%.

Это и есть три взаимно перпендикулярные плоскости, выделяющие подпространство СМУ в пространстве системы координат Декарта. И все точки оттенков, расположенные в объеме подпространства СМУ с координатами СМУ во всех возможных комбинациях. Это можно записать так $(C_m \times M_n) \times Y_r$, где m , n , и r принимают все значения 0% до 100% с принятым, как правило, 10%.

Шкалы цветового охвата RGB в системе Декарта

В разделе «Множество оттенков цвета самосветящихся объектов» в подпространстве RGB системы Декарта размещены все оттенки цвета, которые могут быть созданы на экране компьютера (телевизора) с использованием трех источников цвета (света) — красного, зеленого и синего (RGB). Это количество можно определить как бесконечное множество возможных оттенков. Отличить глазом все оттенки практически невозможно, так как у глаза человека имеется пороговая чувствительность и определенный уровень адаптации. Но, если выделить точки, стоящие в пространстве на равных или неравных расстояниях друг от друга, то получим дискретное и ограниченное количество оттенков.

Количество оттенков будет зависеть от шага квантования пространства, от используемых реальных источников окрашенного света и особенности экрана. Полученные на экране поля с оттенками цвета и есть ШЦО RGB. Если в ШЦО RGB заменим ахроматическую осветляющую долю оттенка цвета на ахроматическую затемняющую долю оттенка цвета как в ШЦО СМΥΚ, то на мониторе получим воспроизведение оттенков цвета на экране сильно приближенными к полиграфическому оттиску.

Системы смесевых красок, применяемых в полиграфии

Производственная необходимость для создания систем смесевых красок в полиграфии

Широкое развитие компьютерных технологий подготовки иллюстраций и текста издания к печати открыло перед художниками и дизайнерами еще одну проблему — несоответствие цветов, воспроизводимых на мониторе, и их воплощения на запечатываемом материале в процессе печати. Специальные системы сквозного контроля цвета, калибровки мониторов и т.д. решают эту проблему только для некоторых случаев. Чаще всего надежный и единственный способ добиться точного воспроизведения цветных элементов — выбрать образец требуемого цвета, напечатанный заранее, и использовать при подготовке при печати как образец цвета.

Развитие компьютерной технологии усилило потребность в едином языке описания цвета. Этот язык цвета существует и известен более восьмидесяти лет. Это системы смешения красок.

Группа систем смешения красок включает в себя системы, разработанные для решения конкретных задач по идентификации цвета в раз-

личных отраслях промышленности. К ним можно отнести цветные одномерные шкалы, используемые в химических анализах, например, для определения величины кислотности растворов pH. К этим системам относятся и каталоги цветов лакокрасочных покрытий, а также наиболее интересующие полиграфистов системы смешения полиграфических красок: «Hartmann» (имеет сегодня только историческое значение), «PANTONE», «Радуга» (имеет сегодня только историческое значение).

Суть систем цвета заключается в многообразии цветов, получающихся при различном смешении основных цветовых компонент каждой системы. Цветовой охват систем определяется теми конкретными цветами, которые получаются при их смешении. Они и составляют в совокупности данную систему.

Количество образцов цвета, выбираемое для представления цветового пространства системы, находится в прямой зависимости от ее практического назначения. Так, системы классификации цвета, используемые в качестве метрологической базы в цветовых измерениях, содержат от 680 образцов («Руководство по цветовой гармонии» Оствальда) до 1450 образцов («Атлас цветов Манселла»).

Образцы цвета этих систем сгруппированы по трем основным показателям восприятия цвета: *цветовой тон, насыщенность, светлота.*

Система смесевых красок «PANTONE»

Система смешения печатных красок «PANTONE» основана на использовании 8 основных цветовых компонент. Смешением не более, чем двух основных цветовых компонент, не обязательно соседних по цветовому тону, получен основной цветовой круг высоконасыщенных цветов, содержащий 44 образца базовых цветов. Базовые цвета, полученные из цветовых компонент, далеко отстоят друг от друга по цветовому тону, обладают меньшей насыщенностью по сравнению с насыщенностью других базовых цветов основного цветового круга. Каждый базовый цвет основного цветового круга развернут в семипольный тонный ряд. Образцы располагаются от светлого тона до темного и получаются добавлением к базовому цвету либо белой компоненты цвета (3 образца), либо черной (3 образца). Для увеличения значимости система смешения красок «PANTONE» включает 22 тоновых ряда образцов цвета (2 образца с черной и 4 образца с белой компонентой). Их насыщенность занимает промежуточное положение между высоконасыщенными и ахроматическими цветами. Необходимо отметить, что 22 базовых оттенков цвета, среди которых есть образцы, полученные смешением трех основных компонент, неравномерно заполняют внутреннее про-

странство системы смешения красок, как по цветовому тону, так и по насыщенности.

Система смешения «PANTONE» содержит еще 4 тоновых ряда, так называемых «околосерых» цветов. Базовые цвета этих рядов получены при смешении черной компоненты цвета с малым количеством цветной компоненты (рубинового красного, зеленого). Остальные шесть образцов цвета этих рядов получены при добавлении белой компоненты.

Таким образом, можно считать, что система смешения «PANTONE», несмотря на довольно полное количественное представление цветового пространства образцами цвета (497 образцов, включая и семь образцов ахроматического ряда), является набором отобранных образцов цвета, наиболее часто встречающихся в практической работе.

Нумерация образцов цвета каждой из рассмотренных систем смешения полиграфических красок отражает принципы построения системы и учитывает принятые в стране обозначения некоторых общеупотребительных красок. Все образцы цвета отпечатаны на двух видах бумаги: мелованной и натуральной.

Система смешения печатных красок «PANTONE» постоянно совершенствуется и расширяется. На сегодняшний день это самая развитая и самая используемая на практике система. Она стала всемирным эталоном системы цвета в полиграфии. Большинство заводов по производству печатных красок для полиграфии сертифицированы по системе «PANTONE».

Структура системы смесевых красок в системе координат Декарта

В разделе «Множество оттенков цвета несамосветящихся объектов» пространстве координатной системы Декарта размещены все оттенки цвета смесей, которые могут быть созданы с использования трех двухзональных печатных красок (СМУ) и трех однозональных красок (RGB). Шесть красок (С, М, Y, R, G, B), участвующие при создании смесей, в системе Декарта рассмотрены, как текущие координаты — (R, G, B, C (-R), M (-G), и Y (-B)). Это количество можно определить как бесконечное множество возможных оттенков цвета смесей из красок. Напечатанные оттиски, содержащие поля с оттенками цвета всех возможных смесей исходных шести красок, и есть шкала цветового охвата для шестикрасочного (С, М, Y, R, G, B) синтеза цвета на оттиске. Если все выразить математическим языком в системе Декарта, это количество следующее:

1) из чистых базовых красок линейные точки, лежащих на координатных осях (R, G, B, C (-R), M (-G), и Y (-B)). Это чистые цвета исходных красок;

2) из двухкрасочных смесей исходных красок (С, М, Y, R, G, В), лежащих на плоскостях, разделяющих пространство Декарта на восемь одинаковых подпространств с общей точкой в начале координатной системы. Двухкрасочные смеси можно записать как точки на взаимно перпендикулярных плоскостях BG, GR, BR, YR, YG, YM, MR, YC, CM, MB, CG и BC. Эти плоскости 12 — четыре горизонтальные, четыре вертикальные вверх и четыре вертикальные вниз. Это цвета двухкрасочных смесей исходных красок — бинарные цвета;

3) из трехкрасочных смесей исходных красок (С, М, Y, R, G, В), лежащих в восьми подпространствах системы Декарта с общей точкой в начале координатной системы. Трехкрасочные смеси можно записать как точки в подпространствах BGR, YGR, YMR, MBR, BGC, YGC, YMC и MBC. Этим подпространствам восемь — четыре вертикальные вверх и четыре вертикальные вниз. Это цвета трехкрасочных смесей исходных красок.

И, если рассмотрим дискретное пространство Декарта с равномерным шагом квантования 10% количества исходных красок (С, М, Y, R, G, В), то количество смесей красок будет:

По десять оттенков чистых шести исходных красок — 60;

По 100 оттенков двухкрасочных смесей 12 плоскостей — 1200;

По 1000 оттенков трехкрасочных смесей восьми подпространств — 8000;

В сумме получаем 9260 оттенков цвета при квантовании пространства с шагом 10%.

Оттенки цвета, получаемые при смешивании трех красок, создают затемненные оттенки цвета смеси или серый цвет смеси. Затемненные оттенки цвета создают и двухкрасочные смеси однозональных исходных красок — BG, RB и GR.

Чтобы получить зачерненные (сильно затемненные) и более сочные темные оттенки цвета исходных красок и их смесей следует добавить к ним (рассматриваемое дискретное пространство содержит 9260 оттенков цвета) черную краску в количестве от 0% (без черной) до 100% (с максимально черной) с равномерным шагом, например, 10%, и получим оттенков в 10 раз больше, т.е. 92600 оттенков цвета.

Для получения разбеленных (пастельных, осветленных) оттенков цвета исходных красок и их смесей следует добавить к ним (рассматриваемое дискретное пространство содержит 9260 оттенков цвета) белила в количестве от 0% (без белил) до 100% (с максимальным количеством белил) с равномерным шагом, например, 10%, и получим оттенков в 10 раз больше, т.е. 92600 оттенков цвета. Белила могут быть матовыми или прозрачными. Матовые белила создают пастельность, матовость оттенков цвета смесей, а прозрачные белила — гляцевость.

Если следовать логике, и при условии, что необходимо получить все возможные оттенки исходных и смесевых красок, то следует добавить к ним (рассматриваемое дискретное пространство содержит 9260 оттенков цвета) насыщенную серую краску (смесь 50% черной краски и 50% белила), и получим оттенков в 10 раз больше, т.е. 92600 оттенков цвета.

Исходные краски разных цветов, на базе которых можно создать парные или тройные смеси — это однозональные краски — R, G, B и двухзональные краски — C, M, Y. Дискретность пространства Декарта и количество элементов множество исходных красок, их двухкрасочных и трехкрасочных смесей Z определяется принятым шагом дискретизации (квантования количества исходных красок и их смеси от 0% до 100%). Для получения осветленных оттенков необходимо к каждому члену множества Z добавить белила от 0% до 100% с определенным шагом. Для получения зачерненных оттенков необходимо к каждому элементу множества Z добавить черную краску от 0% до 100% с определенным шагом, а для получения смесей с преобладанием ахроматической составляющей (серые с оттенком цветности), то необходимо добавить насыщенную серую краску. Насыщенная серая краска — это смесь черной краски и белил в соотношении (50/50)%.

Итого получаем Z (только исходные цвета) + iZ (с черной) + jZ (с белилами) + rZ (с серой). Количество I, j, k — количество ступеней квантования пространства. И, если I=j=k=10, то получаем $9260 + 3 \times 92600 = 287\ 060$ оттенков цвета, где каждая краска представлена ступенями в 10%.

Для сравнения: новый справочник по краскам The Color Bible норвежской фирмы I-D-GRAPHICS International, оформленный в виде книги в жестком переплете, содержит **194481** образец цвета с указанием количеств (процентов) голубой (C), пурпурной (M), желтой (Y) и черной (K) красок. Каждая краска представлена ступенями по 5%.

Конечно, на практике выполнить такое множество, содержащее такое количество смесей с разными оттенками цвета сложно и не нужно. Многие оттенки могут получиться, очень близки и визуально неразличимы, особенно, если шаг квантования будет 10% и меньше. Оптимальный выбор шага квантования пространства оттенков цвета — это разный по величине шаг дискретизации в светлых оттенках (осветленные), в полутенях (зачерненные оттенки) и в тенях (затемненные оттенки) цвета. Минимальная величина шага дискретизации — 5%, 7% и 9% соответственно до 25%, 75: и до 100%, т.е. $7 (+/-) 2$ (числа Миллера). [Миллер Дж. Магическое число семь, плюс или минус два. — В кн.: Инженерная психология. М. 1964].

В данном разделе была создана идеальная модель смесевых красок и технология ее построения. На ее базе можно выбирать отдельные эле-

менты множества Z и его производные $Z+$ белила, черной и серой краски. Самое существенное при выборе — правильно определить шаг квантования и точно забраковать визуально слабоотличимые оттенки полученных смесей красок.

Вместо заключения Философия цвета

Я пока так думаю

Все мы в каждом мгновении живем благодаря свету и порождаемому им цвету. Цвет и свет являются фундаментом нашего существования. Они жизненно необходимы для человека и не только.

В качестве подтверждения этому далее будут приведены ряд тезисов, комментариев к ним и примеров, их объясняющих.

1. Через цвет мы воспринимаем формы и пространство. На расстоянии больше длины человеческой руки — это единственный способ восприятия мира. На расстоянии меньше длины человеческой руки, дающей возможность прикосновения, восприятие мира осуществляется и через осязание. Слепые, только ощупывая окружающее их пространство, ориентируются в нем.

Мы видим вещи, предметы и явления благодаря воспринимаемой нами форме, создаваемой цветом. Таким образом, мы воспринимаем мир и ориентируемся в нем, познавая его через цвет. Например, мы видим шар Луны в зависимости от освещения в виде диска, полудиска или серпа разной толщины и разного поворота. В зависимости от воспринимаемого оттенка цвета и его площади человек оценивает пространство и ориентируется в нем. Например, движущиеся предметы в тумане днем или движущиеся светящиеся предметы ночью. Особенно ощутимо время при периодичности проявления процесса или события. Например, мерцающие огоньки летящего самолета или огни светофора. По разности во времени между молнией и громом мы оцениваем дальность события небесного разряда.

2. Цвет — более широкое и богатое понятие, чем световое излучение и это расширение создано глазом и мозгом человека. Черный цвет является новым качественным понятием света, когда световое излучение ниже порога чувствительности глаза для данного уровня его адаптации. Благодаря адаптации мы видим ночью, иногда утром и вечером, мерцающие звезды на темном фоне небосклоне, а днем видим только Луну. Белый свет — это равномерный спектр излучения очень узкого интервала длин волн от 380 до 760 нм. Любое нарушение спектра излучения, пропускания или отражения белого света приводит к изменению качества воспринимаемого света не как белого или черного, а как цветного.

Цвет меняется, обогащаясь за счет поглощения части его спектра, взаимного влияния световых излучений разных источников и поверхностей, состояния и возможностей глаза и человека в целом.

Преобразуясь в веществах, в пространстве и при восприятии человеком, цвет обогащается новыми качествами. Он меняет оттенки, затемняется или осветляется. Цвет может преобразоваться в другой вид излучения, например, люминесценции, перламутровый или металлический цвет. Белый свет посредством разложения в тонких пленках или каплях воды (дождь, роса) — засиять во все цвета радуги на небосклоне, паутинке или стебельке былинки.

3. В природе нет черного и белого оттенков цвета, есть только серые цвета. Если даже видимый цвет кажется черным или белым, то найдется всегда другой черный или белый, поставленный рядом, который сведет первый тон к темному или светлому серому тону. В природе нет вещей и поверхностей, которые не отражали бы падающий на них свет. Даже сажа отражает до 4% падающего света, хотя кажется черной. Только в случае экранирования можно создать источник черного цвета, если площадь экрана будет достаточно большой при восприятии (зависит от расстояния) и находится на светлом фоне с минимальной светлотой (иначе не сможем выделить поверхность черного цвета), воспринимаемой глазом.

Черный цвет определяется чувствительностью глаза или наличием фона (эталона). Глаз воспринимает как черное любое световое излучение любого цвета ниже порога чувствительности глаза, дающего возможность воспринимать световое излучение как свет, а не как отсутствие светового излучения. Пределы белого света ограничены тоже возможностями глаза. Очень яркие поверхности ослепляют и сводят восприятие света на нет. Входя в темную комнату, в начальный момент пребывания, пространство для нас исчезает из-за отсутствия видимого света до начала адаптации глаза. Выходя из темной комнаты в светлое помещение мы снова теряем пространство из-за ослепления светом.

4. Цвет проявляет себя только через вещи, предметы, явления или события, которые всегда ограничены в пространстве или времени. Только отражаясь от поверхностей или проходя через среды, свет становится видимым. Луч фонарика или фары машины лучше видны ночью в тумане. Небо — голубое, закат — красный и все, что мы видим, окрашено, хотя ночью все кошки черные, если их видно на более светлом, или серые — на более темном фоне.

5. Цвет творит мир вещей, событий и явлений, создавая формы в виде ограничения пространства, поверхности и времени. Стоит незаметному для глаза на зеленом листе хамелеону чуточку, на уровне чувствительности глаза, изменить оттенок своего цвета и мы сразу узнаем

его и выделяем на поверхности листа. Стоит осветить любым светом по цветовому тону и яркости отдельные предметы или всю комнату, и сразу возникает форма и пространство, воспринимаемые человеком. Свет как бы дробится на отдельные цветовые пятна, создавая формы и пространство. Свет и цвет остаются невидимыми до момента, когда они упираются в предметы и поверхности и, отражаясь, делают их видимыми. Очень интересный эффект возникает когда в темной комнате имеется зеркало, и фонариком светим в зеркало. Передвигая луч света по зеркалу, мы можем последовательно осветить и увидеть все предметы, находящиеся в комнате.

Только для проходящего света (цвета) в случае источника излучения или пропускающей среды свет становится видимым, не создавая формы, а очерчивая лишь пятно на светящей поверхности.

6. В природе нет бесконечного цвета. В живописи, где цвет используется на все 100%, все наоборот. Имеется бесконечный цвет в виде краски, искусственно созданной человеком. Из бесконечного цвета краски в чистом виде из тюбика, в живописи на холсте художник через цветные пятна на плоскости создает иллюзию пространства, предметов, явлений и событий. Художник творит новое видение мира через иллюзию, создаваемую при помощи бесконечного цвета, выражая себя. Через конечный цвет человек воспринимает мир.

7. Цвет — иллюзия, созданная и воспринимаемая глазом конкретного человека.

Каждый человек видит цвет по-разному и трудно объяснить другому человеку, о каком цвете идет речь, хотя основные насыщенные цвета можно определить приблизительно словами, например, красный, желтый, синий, зеленый, оранжевый. И для того, чтобы увеличить достоверность и взаимопонимание, названия многих цветов связывают с предметами и веществами. Например, кроваво-красный, лимонно-желтый, небесно-голубой, винно-красный, малиновый, горчичный, бирюзовый, сиреневый, морской волны, салатный, молочный, изумрудный, белый, как снег и черный, как сажа.

Единственный способ не ошибиться при коммуникации — это показать этот цвет на предмете или эталоне. Мы не должны также забывать, что около 6% мужчин и 0,5% женщин дальтоники, и они видят цвет по-другому. И так как цвет иллюзия и для каждого человека это иллюзия индивидуально обусловлена, то и появляются сложности с объективным определением цвета, его толкованием и интерпретацией.

8. Цвет создает для человека иллюзию пространства и формы. Мы воспринимаем форму и пространство через цвет и благодаря цвету. Даже зная реальную форму предмета, мы воспринимаем иллюзию как реальность. Это отражено и в языке. Например, восприятие Луны:

луна — полнолуние, месяц — все остальные фазы. Даже полнолуние редко воспринимаем как шар, чаще как диск. Источники света и цвета при удалении уменьшаются по площади, и их яркость падает. По этим признакам мы оцениваем пространство и расстояние. Однако разные цвета создают иллюзию близости и дальности. Даже неподвижный источник света, если будет уменьшать свою яркость, у нас возникнет иллюзия его движения и удаления от нас в пространстве. При изменении его площади, у нас может возникнуть такая же иллюзия удаления или приближения света. И то же самое будет, если оттенок цвета плавно меняется от теплого к холодному — от красного к синему. Очень яркие источники света даже при очень большом удалении сохраняют определенную минимальную площадь, теряя только в яркости. Например, звезды нам кажутся близкими и на одинаковом расстоянии. Иллюзия пространства, вызванная светом и цветом, очень часто является причиной аварии транспорта, особенно ночью или в тумане.

9. Иллюзия цвета создается и определяется реальным пространством (величины площади цвета) и временем (частотой появления светового излучения). В зависимости от величины площади цвета и величины окружающего его фона мы воспринимаем разные цвета или тональности. Цвет с большей площадью всегда повлияет на цвет с меньшей площадью, даже не только по насыщенности, но и по оттенку. Даже один и тот же цвет, имеющий разные площади, на одном и том же фоне воспринимается по-разному. Там, где площадь меньше, насыщенность цвета меньше. Мы уже знаем, что на полиграфическом оттиске возникает иллюзия множества непрерывных переходов цветов и оттенков, хотя на самом деле в лупу мы видим точки всего четырех цветов — пурпурного, желтого, голубого и черного. Эти точки очень маленькие по площади, и для невооруженного глаза остаются незаметными по отдельности. Они одинаковые по насыщенности цвета, но разные по площади и частоте расположения на плоскости. За счет этого мы видим разные цвета и оттенки. В случае, если излучатель света или цвета импульсный, то при высокой частоте импульсов по времени будем видеть это излучение как непрерывное. Типичным примером данной иллюзии могут служить лампы, работающие с переменным электрическим током. Только при сильном снижении частоты лампы начинают, заметно для нас мигать, хотя при частоте 50 герц они тоже мигают, но это мигание остается незаметным для нас.

10. Адаптация меняет иллюзию пространства и цвета. Когда мы входим в темную комнату, пространство для нас уходит в бесконечность. При изменении адаптации пространство становится конечным, так как мы видим отдельные разноцветные или серые предметы и их взаимное расположение. При выходе из темноты в ярко освещенное простран-

ство до изменения адаптации, для нас пространство исчезает, сворачивается и превращается в яркое слепящее плотное окружения. И в первом, и во втором случае вначале человек столбенеет и не двигается. Нет цвета, нет пространства, нет движения.

В кино мы наблюдаем обратное: из отдельных импульсов цвета создаются статические срезы пространства, а мы воспринимаем иллюзию движения и пространства как реальность. Этим на заре кинематографии часто пользовались, направляя движущийся на экране поезд в зал. Люди пугались, кричали и вскакивали с мест, боясь, что поезд их задавит. Как движение, так и пространство, хотя и иллюзорное, но воспринимается в кино как реальность.

11. Цвет, созданный источником светового излучения, отраженный от поверхности или прошедший сквозь среды, в очень редких случаях может быть точно определен человеком. Как правило, человек видит цвет, но не может определить его происхождение. Человек не может сказать, что цвет, воспринимаемый им, создан одним или несколькими источниками. Только при определенных условиях он может разделить источники или утверждать, что цвет только одного источника. Цвет на оттиске офсетной печати создается микроштрихами (растровыми точками) четырех красок разного цвета — пурпурного, голубого, желтого и черного. Однако, разглядывая изображение на оттиске, видим белое, серое, черное, желтое, пурпурное, голубое, зеленое, синее и красное и все их разбеленные и зачерненные оттенки. Однако, если посмотрим в микроскоп или лупу на маленький участок изображения, то увидим упорядоченные или беспорядочно расположенные, даже с частичным перекрытием, маленькие пятнышки (растровые элементы) одинаковые или разной площади только четырех цветов — пурпурный, голубой, желтый и черный. В местах перекрытия возникают еще четыре цвета — зеленый, синий, красный и черный. Такую же картину можем наблюдать, если даже изображение на оттиске воспринимается как однокрасочное черно-белое, если оно напечатано по СМΥК-технологии, когда для печати используются кроме черной и три цветные краски — пурпурная, желтая и голубая. СМΥК-технология требует специальной подготовки к печати черно-белого изображения оригинала. Хотя при этой технологии полиграфические расходы резко увеличиваются, но изображение на оттиске получается сочное, с мягкими и плавными переходами серого и насыщенного черного цвета.

Литература по теме

1. *Аваткова Н.* Баланс «по серому» в цветной триадной печати. Журнал «КомпьюАрт» № 3, 1998.
2. *Аваткова Н.* Условия освещения при полиграфических работах, их роль и значение в зрительном восприятии и оценка изображения. Журнал «Вестник технологии в области полиграфии и печатной рекламы». № 4, 2006.
3. *Аваткова Н., Стефанов С.* Триадная автотипия по принципу минимизация цветных красок за счет черной. М., «Книга», выпуск 3, 1987.
4. *Агостон Ж.* Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне. М. Мир, 1982.
5. *Айриг С., Айриг Э.* Подготовка цифровых изображений для печати. Минск, Попурри, 1997.
6. *Алексеев С.* Цветоведение. М. Искусство, 1952.
7. *Амангельдыев А.* Требования к монитору для издательских систем. Журнал «Курсив» № 1, 1996.
8. *Артюшин Л.* Основы воспроизведения цвета в фотографии, кино и полиграфии. М., «Искусство», 1970.
9. *Артюшин Л.* Цветоведение, М. «Книга», 1982.
10. *Бардин К.* Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М., «Наука», 1976.
11. *Березин Б., Водолазкая В., Орел Н., Губачек Э.* Печатные краски (справочник технолога-полиграфиста). М., «Книга», 1988.
12. *Блинников Р.* Смесевые краски. От заказа до печати. Журнал «КомпьюАрт» № 8, 1999.
13. Буддийские притчи. Пенза, «Золотое сечение», 2007.
14. *Вавилов С.* Глаз и солнце; О «теплом» и «холодном» свете. М., Издательство АН СССР, 1960.
15. *Ванников А., Уарова Р., Чуркин А.* Основой цифровой печати. М., МГУП, 2006, 487 с.
16. *Василевич А.* и др. Цвет и названия цвета в русском языке. М., URSS, 2005.
17. *Вуд Р.* Физическая оптика, М-Л., ОНТИ, 1936.
18. *Гарри Филд.* Цветопередача в полиграфии. М., ПринтМедиаЦентр, 2005.
19. *Грегори Р.* Разумный глаз. М., «Мир». 1972.
20. *Гудилин Д.* За пределами цветового пространства СМΥК. Журнал «КомпьюАрт» № 8, 2007.
21. *Гуляев С.А., Тихонов В.Л.* Офсетная печать. М., МИПК, 2009, 224 с.
22. *Гуревич М.* Цвет и его измерение. М-Л. АН СССР, 1950.

23. Демидов В. Как мы видим то, что видим. М., «Знание», 1979.
24. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. М., «Мир», 1978.
25. Дзенские притчи. Пенза, «Алмазное сердца», 2004.
26. Зайцев А. Наука о цвете и живопись. М., Искусство, 1986.
27. Зернов В. Цветоведение. М., «Книга», 1972.
28. Ивенс Р. Введение в теорию цвета. М., «Мир», 1964.
29. Итттен И. Искусство цвета. М., «Д. Аронов», 2000.
30. Кандинский В. О духовном в искусстве (живопись). Л., 1990.
31. Клейн А. Цветная кинематография. М., Госкиноиздат, 1939.
32. Климова Е.Д., Азарова И.Н. Материаловедение. М., МИПК, 2006, 320 с.
33. Колтун М. Черное и белое. М., «Детская литература», 1978.
34. Кравков С. Глаз и его работа. М., «Биомедгиз», 1939.
35. Кривошеев М., Кустарев А. Цветовые измерения. М., «Энергоатомиздат», 1990.
36. Купер М., Мэтьюз А. Как понимать язык цвета. М., «ЭКМО», 2004.
37. Ломоносов М. Физико-химические работы. М., Государственное издательство, 1923.
38. Лоуренс А. Вилсон. Что полиграфист должен знать о бумаге, М., «Принт Медиа Центр», 2005, 376 с.
39. Луизов А. Глаз и свет. Л., «Энергоатомиздат», 1983.
40. Луизов А. Цвет и свет. Л., «Энергоатомиздат», 1989.
41. Люшер М. Какого цвета ваша жизнь. М., НРРО, 2003.
42. Майкельсон А. Исследования по оптике. М-Л., ГИ, 1936.
43. Мандельброт Б. Фракталы и возрождение теории итераций. В книге Пайтгена Х.-О. и Рихтера П. Красота фракталов. М., «Мир», 1993, с. 131—140.
44. Мандельброт Б. Фракталы, случай и финансы. Москва-Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004, 255 с.
45. Маргулис Д. Photoshop LAB Color, Загадка каньона и другие приключения в самом мощном цветовом пространстве. ИнтерСофтМарк, М., 2006.
46. Маргулис Д. Photoshop для профессионалов. М., ИНТЕРСОФТМАРК, 2007.
47. Марогулова Н., Стефанов С. Расходные материалы для офсетной печати. М., «Русский университет». 2002, 240 с.
48. Миллер Дж. Магическое число семь, плюс или минус два. — В кн.: Инженерная психология. М., 1964
49. Миннарт М. Свет и цвет в природе. М., ГИФМЛ, 1958.
50. Миронова П. Цветоведение. Минск, «Высшая школа», 1984.
51. Немировский Е. Мир книги. М., «Книга», 1986, 273 с.

52. *Нюберг Н.* Теория цветопередачи. (В книге Клейн А. Цветная кинематография), М., «Госкиноиздат», 1939.
53. *Перрюшо А.* Жизнь Сёра. М., «Радуга», 1992.
54. *Поль Валери.* Об искусстве. М., «Искусство», 1993.
55. *Полянский Н.Н.* Основы полиграфического производства. М., «Книга», 1991, 351 с.
56. *Полянский Н.Н., Карташёва О.А., Надирова Е.Б.* История производства печатных форм классических видов и способов печати. М., МГУП, 2008, 150 с.
57. *Попов В.* Общий курс полиграфии (четвертое, исправленное и дополненное издание). «Искусство», М., 1952, 503 с.
58. *Ременко С.* Цвет и зрение. Кишинев, «Карта Молдовеняскэ», 1982.
59. *Романо Фрэнк.* Современные технологии издательско-полиграфической отрасли. М., ПринтМедиа центр, 2006, 454 с.
60. *Серов Н.* Цвет культуры: психология, куртуурология, физиология. С.-Пб. «Речь», 2004.
61. *Синяк М.* Нужный ли полиграфистам цветные атласы? Журнал «КомпьюАрт» № 9, 2006.
62. *Соколов Е., Измайлов Ч.* Цветовое зрение. М., МГУ, 1984.
63. *Стефанов С.* Бумага и картон. М., «Репроцентр М», 2003, 51 с.
64. *Стефанов С.* Величие серого цвета. Журнал «Мир этикетки», № 1, 2007.
65. *Стефанов С.* Дальтоники и полиграфия. Журнал «РТ-полиграфия», № 2, 2007.
66. *Стефанов С.* Дельта Е как критерий оценки цветового различия. Журнал «PrintWeek», № 4, 2011.
67. *Стефанов С. и др.* Способ изготовления цветного растрового изображения. А.с. СССР № 1626249/90.
68. *Стефанов С. и др.* Текст-объект для процесса четырехкрасочной офсетной печати. А.с. СССР № 1419927/87.
69. *Стефанов С. и др.* Тест-объект для визуального контроля. А.с. СССР № 1642435/90.
70. *Стефанов С. и др.* Тест-объект для процесса четырехкрасочной печати. А.с. СССР № 1620333/90.
71. *Стефанов С. и др.* Шкала цветового охвата четырехкрасочного автотипного синтеза. Журнал «Полиграфия», № 11, 1991.
72. *Стефанов С.И.* Краткая энциклопедия печатных технологий. М., «Наука», 2012, 247 с.
73. *Стефанов С.* Полиграфическое воспроизведение цветных изображений. М., «Репроцентр М», 2003.
74. *Стефанов С.* Полиграфия и технологии печати. М., URSS, 2009, 141 с.

75. Стефанов С. Полиграфия от А до Я: энциклопедия. М., URSS, 2009, 560 с.
76. Стефанов С. Полиграфия: способы и технологии печати. М., «Август Борг», 2010, 76 с.
77. Стефанов С. Предтечи современных способов печати. М., «Репроцентр М», 2003, 71 с.
78. Стефанов С. Путеводитель в мире полиграфии. М., «Унисерв», 1998, 318 с.
79. Стефанов С. Статья в энциклопедии «Книга» «Цветовой охват печатных красок». М., БРЭ «Большая Российская энциклопедия», 1999.
80. Стефанов С. Технологии полиграфии. Часть 2. Цвет в полиграфии и печатной рекламе. Екатеринбург, «Дискурс-Пи», 2008.
81. Стефанов С. Технология офсетной печати. М., «Репроцентр М», 2005, 52 с.
82. Стефанов С. Технология цифровой печати. М., «Репроцентр М», 2005, 48 с.
83. Стефанов С. Философия цвета. Журнал «КАК» (журнал о графическом дизайне), № 4, 2009.
84. Стефанов С. Цвет — визуальной мысли знак. Журнал «Статус» (г. Орел), сентябрь-октябрь, 2005.
85. Стефанов С. Цвет — иероглифы природы. Журнал «Вестник технологии в области полиграфии и печатной рекламы», № 4 (4 квартал), 2005.
86. Стефанов С. Цвет Гёте и Ньютона. «КомпьюАрт», № 9, 2007.
87. Стефанов С. Цвет и зрение человека. Журнал «КомпьюАрт», № 12, 2004.
88. Стефанов С. Цветное изображение на оригинале, мониторе компьютера и на полиграфическом оттиске. М., «Репроцентр М», 2003.
89. Стефанов С. Что такое цвет? М., «Репроцентр М», 2005.
90. Стефанов С. Энциклопедия: полиграфия от А до Я. М., URSS, 2009.
91. Стефанов С., Смирнова Ю. Технология производства печатной рекламы. Часть 1. М., МГУП, 2009.
92. Стефанов С., Смирнова Ю. Технология производства печатной рекламы. Часть 2. М., МГУП, 2009.
93. Стефанов С., Тихонов В. Термины по цвету и не только. М., «Репроцентр М» 2003.
94. Стефанов С., Тихонов В. Цвет Ready-made, или теория и практика цвета. М., «Репроцентр М», 2006.
95. Стефанов С., Тихонов В. Цвет в полиграфии и не только. М., «Репроцентр М» 2003.
96. Стефанов С., Фидель В. Полиграфия как сумма технологий. М., «Унисерв», 2006, 19,7 авторских листов, 311 с.

97. Тихоплавов В.Ю., Тихоплавов Т.С. Гармония хаоса или Фрактальная реальность. Санкт-Петербург, «Весь», 2003, 340 с.
98. Толанский С. Удивительные свойства света. М., «Мир», 1969.
99. Френкель А., Шадрин А. Колориметрическая настройка монитора: теория и практика. М., «Август Борг», 2005.
100. Хайди Толивер-Нигро. Технологии печати. М., ПринтМедиа центр, 2006, 225 с.
101. Хайтун С.Д. От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира. М., URSS, 2007, 256 с.
102. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. М., «Мир», 1990.
103. Цвет в промышленности. Под редакцией Р. Мак-Дональда. М., «Логос», 2002.
104. Шаронов В. Свет и цвет. М., «ФМ», 1961.
105. Шашлов А. Основы светотехники. М., «Логос», 2011.
106. Шашлов А., Уарова Р., Чуркин А. Основы светотехники. М., МГУП, 2002.
107. Шашлов Б. Цвет и цветовоспроизведение. 2-е изд., доп. М.: Мир книги, 1995.
108. Шредингер Э. Мой взгляд на мир. М., URSS, 2005.
109. Щелкунов М. История: техника, искусства, книгопечатание. М-Л., «Государственное издательство», 1926.

Сайты, публикующие материалы по цвету и полиграфии:

www.agfa.ru; www.apostrof.ru; www.aqualon.ru; www.yam.ru;
www.printsys.ru; www.printforum.ru; www.forumtimer.ru; www.nissa.ru;
www.terem.spb.ru; www.agfa.com; www.mmm.com; www.fujhunt.com;
www.anagraph.com; www.usa.canon.com; www.epson.com;
www.gspinc.com; www.rgi.com; www.hp.com; www.kodak.com;
www.oce.com; www.croscitex.com; www.tektronix.xerox.com;
www.xerox.com; www.codecammp.ru; www.mediasource.ru;
www.amos.ru; www.ruprint.ru; www.yandex.ru

Формат 60x90/16

Объем 3,875 п.л.

Тираж 200 экз.

Отпечатано в ООО «Белый Ветер»