А. Е. Шадрин

СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА DIGITAL COLOR MANAGEMENT ВО ФЛЕКСОГРАФИИ

Санкт-Петербург,
2007/2009

1 ВВЕДЕНИЕ

За минувшие 10 лет *система управления цветовоспроизведением* (CMS), основанная на принципах, принятых Международным консорциумом по цвету (International Color Consortium — ICC), была широко внедрена практически во все секторы «индустрии изображений» и успешно применяется в таких ее областях, как цифровая любительская и профессиональная фотографии, цифровое телевидение, web-индустрия, струйная печать, электрофотографическая печать, фотомеханическая печать и т.д. Однако флексографское производство, в силу технологических и, по большей части, организационных проблем, сталкивается с очень серьезными и подчас непреодолимыми трудностями внедрения CMS в свою повседневную практику.

Прежде чем говорить о возможных путях эффективного внедрения ICC-системы в работу флексографского предприятия следует сделать особый акцент на том, что работоспособность и действенность CMS целиком зависят от цветорепродукционной стабильности всех устройств флексографской технологической цепи — от ввода визуальной информации в ЭВМ до вывода конечного изображения. Гарантировать такую стабильность могут лишь факт существования и соблюдение единого стандарта флексографского техпроцесса. К сожалению, беспристрастный анализ общей ситуации во флексографском секторе imaging technology ведет к неутешительному выводу о том, что комплексная (общая) стандартизация во флексографии сегодня невозможна, или по крайней мере крайне затруднительна. Однако, как показывает опыт работы нескольких петербургских флексокомпаний, теоретически возможно создание *внутреннего (локального) стандарта флексографского предприятия*. Такой стандарт пытались внедрить ведущие производители этикеточной продукции Санкт-Петербурга, но, в итоге, ни в одной из компаний общий стандарт предприятия так и не был принят.

Основными факторами, препятствующими этой идее (как в России, так и за рубежом), являются как экономическая политика руководства, так и отсутствие у него общего языка со средним персоналом, в частности, отделом маркетинга. В связи с этим, в настоящий момент внедрение эффективной CMS в технологический процесс этикеточного производства представляет собой проект, который может быть воплощен в жизнь лишь при условии полной кадровой реорганизации предприятия, вплоть до смены его руководства.

Настоящая статья посвящена исследованию двух вариантов внедрения ICC-системы управления цветовоспроизведением в работу флексографского предприятия.

Вариант 1. CMS внедряется на производстве, где проведены все необходимые подготовительные мероприятия, сформирован и действует внутренний технологический стандарт (состав мероприятий описан ниже).

Вариант 2. CMS внедряется на производстве, где необходимые мероприятия не проведены, внутреннего стандарта нет, а руководство и персонал компании не осознают необходимости и важности создания и соблюдения внутрикорпоративного технологического стандарта.

В настоящей статье мы будем рассматривать стратегию и тактику внедрения CMS по первому варианту, то есть, исходя из того допущения, что на предприятии выполнены широкомасштабные работы по обеспечению жесткой маркетинговой и технологической дисциплин, создан и действует внутренний стандарт предприятия, а также жестко контролируется его исполнение. То, что произойдет при попытке организации CMS по второму варианту — явится очевидным выводом из наших рассуждений.

Особо подчеркнем, что настоящая статья не является руководством для начинающих, а приглашает к разговору и размышлению *практикующих специалистов* флексографского сектора imaging technology. Статья представляет собой плод многолетнего опыта организации CMS на флексографских предприятиях Санкт-Петербурга, а также углубленной рефлексии современных фундаментальных работ в сфере digital color imaging (часть которых переведена автором статьи на русский язык).

2 ВНУТРЕННИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТАНДАРТ ФЛЕКСОГРАФСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И СХЕМА ЕГО СОЗДАНИЯ

Как уже было сказано выше, для того чтобы начать разговор о внедрении Color Management-системы в работу полиграфического производства, в частности флексографского, необходимо оговорить то, что непременным условием жизнеспособности CMS, построенной на ICC-принципах,[1] является стабильность технологических параметров данной цветовоспроизводящей системы, к которым относятся:

1. Постоянство характеристик краскопереноса на запечатываемую поверхность.

2. Постоянство спектрального коэффициента отражения запечатываемой поверхности.

3. Постоянство колориметрических характеристик используемых колорантов.

4. Постоянство физических свойств используемых колорантов, в том числе реологических свойств.

5. Постоянство механических характеристик печатных машин.

6. Постоянство механических и ряда физических свойств полимеров, а так же постоянство процессов их экспонирования и химической обработки, а также соответствие этих процессов рекомендациям их производителей.

7. Постоянство спектрального распределения энергии света и уровня освещенности на всех просмотровых местах предприятия.

8. Строгое соответствие помещения дизайн-студии предприятия стандарту ISO 3664:2000.

9. Постоянство климатических условий в помещениях предприятия.

10. Постоянство технологических условий постпечатной обработки продукции предприятия.

---

[1] Официальная и наиболее полная формулировка ICC-принципов см. «Спецификация ICC.1:2004-10 (Версия профайлов 4.2.0.0) Технология управления цветом в изображениях — архитектура, формат профайлов и структура данных. [Пересмотр 1:2003-09]» http://shadrin.rudtp.ru/Personal/Shadrin_ICC_spec.htm

11. Строгое соответствие условий хранения запечатываемых материалов, красок, различных технологических жидкостей и полимеров требованиям их производителей.

Особо подчеркнем, что перечисленные параметры характеризуют собой то, что в логике ICC системы именуется *цветовоспроизводящим устройством*, работа которого описывается (паспортизируется) с помощью ICC профайлов.

⇨ **Паспортизация (характеризация, описание)** работы цветовоспроизводящего устройства с помощью ICC профайлов — это процесс сбора и протоколирования колориметрической и технологической информаций, необходимых для автоматического расчета т.н. аппаратных сигналов (аппаратных данных) этого устройства, обеспечивающих (в совокупности с фактическим освещением) воспроизведение зрительных стимулов с заданными перцепционными (или по крайней мере с заданными колориметрическими) свойствами.

Отметим также, что перечисленные 11 пунктов представляют собой смысловой каркас внутреннего стандарта флексографского предприятия. На их основании мы и рассмотрим стратегию и тактику создания такого стандарта.

2.1 Обеспечение постоянства характеристик краскопереноса на запечатываемую поверхность

Обеспечение постоянства краскопереноса на запечатываемую поверхность начинается с осознания руководством предприятия того, что даже несмотря на заявленное равенство физических свойств, запечатываемые материалы разных производителей сильно отличаются друг от друга.

Отличными оказываются:

— степень активации материала (коэффициент поверхностного натяжения материала);

— скорость деактивации по мере хранения;

— адгезивные свойства материала (зависят, в том числе, от химических характеристик праймера, если таковой используется).

— величина отклика на воздействие коронного разряда (дельта повышения величины поверхностного натяжения на коронный разряд фиксированной мощности). Отметим, что коронирование применяется не на всех флексографских предприятиях.

Характеристики краскопереноса зависят также от физико-химических свойств красок. Несмотря на заявленное равенство физические и химические свойства красок, входящих в триадный комплект, у разных производителей разные. В первую очередь это:

— исходная вязкость красителей;

— величина поверхностного натяжения красок;

— вязкость и величина поверхностного натяжения т.н. прозрачной массы (разбавителя).

Помимо всего перечисленного критично важным является обеспечение доставки закупленных материалов в кратчайшие сроки. Так, к примеру, по данным компании Windmoeller-Hoelscher (Германия) прозрачный полипропилен теряет две единицы активации в неделю от момента схода его с экструдера.

Физические характеристики краскопереноса зависимы также от величины выноса краски из анилоксовой ячейки (что в свою очередь зависит от величины натяжения на стенках ячейки, формы ячейки, загрязненности дна и стенок ячейки). Однако, ввиду

того, что анилоксовые валы не представляют собой собственно расходный материал и очень медленно меняют свои свойства, их подробное обсуждение последних в данном контексте не представляет особого смысла.

Характер краскопереноса во флексографском цветорепродукционном процессе зависит также от механических свойств используемого полимера и используемого двухстороннего скотча (двухсторонний скотч помимо фиксирующей, выполняет и демпферную, амортизирующую натиск печати, функцию). Однако механические свойства полимера и скотча не играют определяющей роли и, как показала серия экспериментов проведенных в 2003 г. на одном из флексографских предприятий Санкт-Петербурга, наибольшее значение имеет величина поверхностного натяжения полимера, зависящая, как от химических свойств исходного мономера (прерогатива производителя), так и от характера химической обработки пластин. Несмотря на заявленное постоянство характеристик полимерных пластин данной группы их свойства меняются от производителя к производителю.

Итак мы видим, что по мере осознания высшим звеном предприятия объема и характера перечисленных проблем, непосредственная работа по организации единого внутреннего стандарта производства начинается с того, что руководство доводит суть вышеперечисленных вопросов до сведения начальника и сотрудника отдела снабжения, и требует от них в установленные им сроки определиться в выборе поставщика расходных материалов. Отдел снабжения выбирает поставщика на каждый вид расходных материалов, исходя из собственных (сугубо коммерческих) критериев, но руководствуясь при этом принципом оптимального соотношения цена/качество.

Практика показывает, что идеальным вариантом является выбор двух поставщиков на каждый вид расходных материалов: основного поставщика и вспомогательного. Вместе с тем, перед заключением контракта о поставках до сведения поставщика доводится факт обязательного входного контроля качества поставляемых материалов.

Список выбранных поставщиков утверждается приказом по предприятию, а исполнение и жесткое соблюдение этого приказа, а также отслеживание выполнения регулярного контроля качества расходных материалов возлагается на главного технолога предприятия.

Стоит отметить, что с позиции CMS все перечисленное в данном разделе, есть первый и важнейший шаг в обеспечении функциональной стабильности цветовоспроизводящих устройств, действующих на данном флексографском производстве. Практика показывает также, что регулярная смена поставщиков расходных материалов, в конечном итоге, ведет к колоссальному разбросу колориметрических характеристик тиражируемых изображений и практически полной недееспособности CMS.

2.2 Обеспечение постоянства спектрального коэффициента отражения запечатываемой поверхности

Постоянство спектрального коэффициента отражения запечатываемой поверхности, как параметра цветовоспроизводящего устройства, по большей части — ответственность производителя запечатываемых материалов. Однако от руководства предприятия требуется организация мер, обеспечивающих должные условия хранения этих материалов. Пренебрежение этими мерами и не соблюдение рекомендуемых производителем условий хранения может привести к изменению величины спектрального коэффициента отражения запечатываемых материалов, и, что печальнее всего, — к

его неравномерным изменениям. К примеру, недостаточная вентиляция в складском помещении в сочетании с высокой влажностью воздуха может привести к неравномерному пожелтению поверхности, как между ролями, так и внутри ролей (особенно если в непосредственной близости со складом находятся участок формного производства или склад хранения красок и растворителей). Плюс к тому, наличие актиничного солнечного света также может оказать определенное влияние на спектральный коэффициент отражения запечатываемой поверхности.

2.3 Обеспечение постоянства колориметрических характеристик используемых колорантов

Если обратиться к общеизвестному документу ISO 12647:2004 «Полиграфические технологии. Управление процессами цветоделения, проб и тиражных оттисков», то можно обнаружить, что к колориметрическим характеристикам колорантов, применяемых в офсетной печати, предъявляются очень жесткие требования. В то время как производители красок для флексографии (выпускающие при этом расходные материалы и для иных полиграфических производств, в частности для офсетного) не могут обеспечить соответствия колориметрических показателей флексографских красок каким-либо стандартам, в виду отсутствия последних (о чем было сказано в ведении к настоящей работе). Все, что готов обеспечить производитель флексографских красок — это постоянство колориметрии триадных комплектов и спотовых наборов в рамках серии и от партии к партии. Практика показывает, что отсутствие единого международного стандарта на производство флексографских красок дает производителю определенную «степень свободы» по обсуждаемому параметру, а попросту говоря — расхолаживает его и снижает меру ответственности.

Вместе с тем опыт свидетельствует, что признанные и уважаемые игроки на рынке расходных материалов для полиграфии не позволяют себе дрейфа колориметрических показателей, как внутри серии краски, так и от партии к партии. Сказанное дает возможность зафиксировать колориметрию триадного комплекта нанесенного на некую выбранную образцовую поверхность и принять полученные данные в качестве отправной точки для входного контроля поставляемых красок.

Стоит отметить, что фирмы — производители расходных материалов для полиграфии, которые только пытаются завоевать место на рынке, часто предлагают триадные краски очень высокой колориметрической чистоты, апеллируя при этом к высокому результирующему цветовому охвату воспроизводимых изображений и одновременно низкой стоимости комплектов (такую возможность фирмы получают опять же из-за отсутствия единого стандарта при производстве красок). Однако неизбежно оборотной стороной этих, казалось бы очевидных, преимуществ является:

— низкая устойчивость красителей к агрессивному воздействию внешней среды (быстрое окисление) и утрата заявленных колориметрических свойств (в первую очередь, у yellow–красителей).

— сомнительные реологические и адгезивные свойства красителей.

Еще одной немаловажной причиной отказа от весьма и весьма заманчивой возможности расширения цветового охвата печати является то, что при очень высоких величинах этого охвата (т. е. при очень высокой колориметрической чистоте триадных колорантов), полиграфический цветорепродукционный процесс становится практически неуправляемым, и на выходе его «получается то, что получается», но не то, что требуется. Причиной тому, в первую очередь, недостаточная прецизионность привод-

ки воспроизводящих изображений (сепараций) — недостаток, которого лишены практически все цветовоспроизводящие устройства прочих секторов imaging technology.

Наконец, отметим, что готовность производителя осуществлять поставки при наличии жесткого входного контроля на флексографском производстве является весомым аргументом в пользу выбора этого производителя в качестве основного поставщика.

2.4 Обеспечение постоянства физических свойств используемых колорантов

Опыт показывает, что серьезные игроки на рынке расходных материалов для полиграфии, в частности для флексографии, обеспечивают постоянство не только колориметрических свойств красок, но и постоянство их физических параметров, в первую очередь таких как: вязкость; сила поверхностного натяжения; восстановительная способность и т.д. Вместе с тем сказанное не означает, что входной контроль по перечисленным параметрам может быть опущен. Стоит сказать, что в контексте CMS обеспечение стабильности физических свойств красителей не играет ведущей роли, но, в тоже время, является весьма желательным.

2.5 Обеспечение постоянства механических характеристик печатных машин

Стабильность механических характеристик печатных машин не критична в контексте собственно цветовоспроизведения, однако, невозможность гарантировать заданную величину натиска ведет к невозможности обеспечить постоянство тонопередающих характеристик цветовоспроизводящего процесса и, следовательно, любые попытки ICC-описания этого процесса становятся бессмысленными. В случае т.н. «поцелуйной» флексопечати (бесконтактный краскоперенос, реализуемый только за счет разности сил поверхностного натяжения между полимером и запечатываемым материалом) возможность прецизионной регулировки воздушного зазора (5-30 мкм) становится особенно актуальной. В целом, очевидно, что печатная машина должна обеспечивать равномерный ход всех вращающихся деталей, равномерное движение запечатываемого материала, соосность всех валов, отсутствие люфтов и механического биения.

2.6 Обеспечение постоянства механических и ряда физических свойств полимеров, а также процессов их экспонирования и химической обработки. Соответствие этих процессов рекомендациям производителей

Объем краскопереноса и величина растискивания растровой точки при флексографской печати находятся в непосредственной зависимости от механических и ряда других физических свойств используемой полимерной формы, т.е. мы говорим, что от этих свойств зависят тон-репродукционные характеристики флексографского цветорепродукционного процесса. Поэтому при отработке внутреннего стандарта флексографского предприятия стабильности параметров, о которых речь пойдет ниже, уделяется особое внимание.

Механические свойства готовых полимерных пластин, а также величина поверхностного натяжения полимера (которая должна быть не менее чем на 4 единицы мень-

ше, чем величина поверхностного натяжения запечатываемого материала) большей частью зависит от величины экспозиции, в частности от того как подобрано соотношение «апертура/время», а также от режима химической обработки.

После того, как режим экспонирования и химической обработки полимеров будет оптимизирован, действующие параметры обоих процессов заносятся в реестр внутреннего стандарта флексографского предприятия.

2.7 Обеспечение постоянства спектрального распределения энергии света на всех просмотровых местах предприятия и их освещенности

Постоянство условий просмотра оригиналов и их репродукций, является непременным условием нормального функционирования полиграфического предприятия вообще и флексографского в частности. Несмотря на кажущуюся простоту в удовлетворении этому условию, на практике организации сталкиваются с подчас непреодолимыми трудностями. Например, соблюдение требований международного стандарта ISO 3664:2000 предполагает полную изоляцию помещения от внешнего освещения (которое неприемлемо изменчиво, как по цветности, так и по интенсивности), что неизбежно влечет за собой расходы на обеспечение приточной вентиляции и установки системы кондиционирования воздуха. Отсутствие таких систем оборачивается тем, что в теплое время года окна дизайн-студий остаются открытыми в течение всего рабочего дня.

В целом обязательным условием является соблюдение стандарта ISO 3664:2000[1] в помещениях дизайн-студии и отдела допечатной подготовки (рис. 1).

Рис. 1 Digital Darkroom в отделе препресс флексографского предприятия «Аляска-ПОФ» (Санкт-Петербург). Полную изоляцию от дневного освещения обеспечивает светонепроницаемый алюмоламинат, закрепленный на стеклопакетах за декоративными серыми жалюзи. Background-освещение: люминесцентные лампы Philips Graphica Pro 950, просмотровые устройства: Just-Normlicht Color Master S.

К цеховым помещениям столь жесткие требования не предъявляются, однако очевидно то, что:

— стены в цехах при произвольном уровне светлоты должны быть ахроматичны, т.е. лишены какого бы то ни было хроматического компонента;

— на выходе каждой печатной машины должно быть оборудовано просмотровое место строго соответствующее условиям просмотра P1 (см. ISO 3664:2000; рис. 2), а спектральный состав источника света должен быть эквивалентен спектральному составу источников света на просмотровых местах прочих отделов предприятия. Особо подчеркнем, что эквивалентными должны быть именно спектральные составы освещения, а не только их цветности.

[1] http://shadrin.rudtp.ru/Personal/Shadrin_ISO3664.htm

Рис. 2 Просмотровое устройство GTI EVS-1FD1F Color Viewing Station.

Примечание: практика показывает, что наиболее простым, эффективным и дешевым решением проблемы уравнивания спектрального состава освещения является полное снабжение всех осветителей предприятия люминесцентными лампами Philips Graphica Pro 950.

2.8 Обеспечение строгого соответствия помещения дизайн-студии предприятия стандарту ISO 3664:2000

Коль скоро в логике ICC работа, выполняемая дизайн-студией и отделом препресс, является смысловым ядром цветовоспроизводящего процесса (в частности, флексографского), стандартизации условий просмотра и строгому соблюдению этого стандарта должно уделяться особое внимание. Здесь, несомненно, за основу может быть взят готовый международный стандарт ISO 3664:2000 «Условия просмотра. Полиграфия и фотография».

Бытует мнение, что условия просмотра в дизайн-студии и отделе препресс должны быть приближены к фактическим условиям просмотра флексографской продукции, представляющим собой, как правило, освещение лампами класса F11 при уровне освещенности 400-600 люкс. Мнение безусловно ошибочно, поскольку организация освещения по такому принципу создает серьезные трудности в обеспечении метамерных равенств между цветопробным и тиражным оттисками, что объясняется крайней неравномерностью спектрального состава бытовых люминесцентных ламп (наличие паразитных ртутных пиков), а также низкой tone stability proof-колорантов (цветопробных красок) из-за их крайне высокой колориметрической чистоты.

Короче говоря, требования стандарта ISO 3664:2000 по организации работы дизайн-студии могут быть без какой-либо коррекции занесены в реестр внутреннего стандарта флексографского предприятия.

2.9 Обеспечение постоянства климатических условий в помещениях предприятия

Постоянство климатических условий в помещениях флексографского предприятия не столь критично как, скажем, в офсетном предприятии, однако т.н. климат-контроль в цехах — гарант предсказуемого изменения вязкостей красителей (краска + прозрачная масса), активности полимеров и т.п. В целом, как показывает практика, особое внимание стабильности климатических параметров (температура и относительная влажность воздуха) следует уделять в помещениях предназначенных для хранения запечатываемых материалов и готовых полимерных форм. Как уже было сказано ранее нарушение условий хранения запечатываемых материалов, в частности их переувлажнение и/или сильное охлаждение («замораживание») может при-

вести к непредсказуемой динамике утраты активации, что критично в контексте краскопереноса (в частности, при бесконтактной флексопечати).

2.10 Обеспечение постоянства технологических условий постпечатной обработки продукции предприятия

К условиям постпечатной обработки можно отнести следующие действия: тот или иной способ сушки (термо- или УФ-сушка), способ ламинирования, лакирования и т.д.

Как правило, незначительные отклонения в режимах термо- или УФ-сушки не приводят к ощутимым изменениям в колориметрических показателях результирующих оттисков, однако, нанесение каких бы то ни было покрытий, которые сопровождают этот процесс, может внести серьезные изменения, как в спектральные коэффициенты отражения носителей изображений (запечатываемых материалов), так и в спектральные (а, следовательно, колориметрические) характеристики красок. Очевидно, что обеспечение постоянства этих изменений — важнейший фактор цветорепродукционного процесса и этот фактор должен учитываться при составлении ICC-описания этого процесса.

Таким образом, технологические параметры постпечатной обработки запечатываемых материалов должны быть занесены в реестр внутреннего стандарта флексографского предприятия.

2.11 Обеспечение соответствия условий хранения запечатываемых материалов, красок, различных технологических жидкостей и полимеров требованиям производителей

Выше мы уже коснулись вопроса строгого климатического контроля в помещениях предназначенных для хранения расходных материалов, но в данном разделе следует сказать о том, что существенным также является соблюдение рекомендаций производителя по пространственному расположению ролей запечатываемых материалов, а также готовых полимерных форм. К примеру, готовые полимерные формы не должны хранится в обычных стопах, а должны размещаться в вертикально подвешенных конвертах, дабы избежать механической деформации полимера в нижних отделах стопы.

* * *

Опыт показывает, что для реализации всех вышеперечисленных мероприятий действующему флексографскому предприятию требуется не менее полугода работ, выполняемых под руководством главного технолога предприятия и, согласно экономическому расчету, не менее 100000-150000 Eur капиталовложений.

Только после того, как внутренний стандарт предприятия будет создан, отработан и зафиксирован приказом по предприятию (а для его поддержания исполнения и дальнейшего развития назначено ответственное лицо), можно говорить о том, что цветорепродукционный процесс на данном производстве технологически стабилизирован и что можно приступать к внедрению Color Management-системы.

3 COLOR MANAGEMENT-СИСТЕМА НА ФЛЕКСОГРАФСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Система управления цветовоспроизведением на флексографском предприятии строится по следующей схеме:

1. Колориметрическая настройка всех цветовоспроизводящих устройств дизайн-студии и отдела препресс, в том числе цветопробных устройств.

2. Линеаризация тон-репродукционного процесса (опционально).

3. Печать тест-карт характеризации.

4. Построение профайлов, разработка системы наименований профайлов, организация цветопробного рабочего потока.

5. Печать контрольных тестов.

Следует особо отметить, что во флексографском процессе информация о воспроизводимом изображении передается от устройства к устройству не только в виде *электрических сигналов*, но и в виде *сигналов оптических*. В целом цветорепродукционный процесс во флексографии (также как и в остальных секторах imaging technology) является *цифровым* цветорепродукционным процессом и опирается на принципы т.н. аппаратно-независимого цветовоспроизведения. Поэтому прежде чем переходить к разговору о построении color management-системы, следует обратиться к базовым принципам аппаратно-независимого цветовоспроизведения.

3.1 Аппаратно-независимое цветовоспроизведение

Формулировку базовых принципов аппаратно-независимого цветовоспроизведения можно найти, в первую очередь, в нормативных документах ICC-комитета, однако наиболее доступно они изложены в книге директора Манселловской научной лаборатории по цвету Рочестерского технологического института (далее МНЛЦ) Н.Д. Фершильда «Модели цветового восприятия»:[1]

> «Работой открытой цветорепродукционной системы должен руководить принцип т.н. *аппаратно-независимого цветовоспроизведения* (device independent color imaging). Концепция аппаратно-независимого цветовоспроизведения состоит в обеспечении системы полной цветовой информацией об изображении, позволяющей, в случае необходимости, описать данные изображения в показателях, которые не относятся к какому либо специфическому устройству. В дальнейшем для передачи аппаратно-независимых данных (цветовых координат) какому-либо другому устройству открытой системы выполняются определенные математические преобразования.
>
> За последнее десятилетие в развитии аппаратно-независимого цветовоспроизведения произошел мощный технологический скачок, востребовавший (поскольку изображения обычно рассматриваются в широком диапазоне условий просмотра) огромный научный потенциал сферы моделирования цветового восприятия. Отметим, что понимание того, насколько в деле аппаратно-независимого цветовоспроизведения необходимо участие какой-либо модели цветового восприятия, пришло довольно давно, однако долгое время не существовало простого и эффективного решения этой задачи.

---

1 http://shadrin.rudtp.ru/Personal/Shadrin_CAM.htm

Применение базовой колориметрии радикально модернизирует устройство открытых систем визуализации, определяя взаимоотношения между т.н. *аппаратными координатами* (к примеру, RGB, CMYK) и цветовыми стимулами (регистрируемыми или воспроизводимыми этими системами). Однако важно отметить, что согласование CIE трехстимульных значений между устройствами — это лишь первый этап общей «эпопеи»: если изображение воспроизведено так, что трехстимульные значения его элементов идентичны таковым в оригинале, то это изображение будет визуально соответствовать оригиналу лишь до тех пор, пока оба рассматриваются в идентичных условиях (для которых, разумеется, эти трехстимульные значения были вычислены). Поскольку оригиналы, репродукции и промежуточные изображения на практике редко рассматриваются в одинаковых условиях, возникает необходимость подключения к работе систем отображения моделей цветового восприятия, дабы представлять восприятие стимулов изображения на каждой стадии процесса.

Идеология аппаратно-независимого цветовоспроизведения такова, что модели цветового восприятия могут использоваться для учета изменений в белой точке устройства, уровне освещения, окружении, носителе и т.п., и поскольку перечисленные параметры при разных методах визуализации различны, необходимость в применении моделей цветового восприятия очевидна.

Внедрение моделей восприятия в работу цветовоспроизводящих систем позволяет настроить последние так, что можно контролировать процесс визуализации на каждой его стадии, то есть сохранять восприятие элементов изображения или целенаправленно управлять им, к примеру: пользователи, глядя на изображение, воспроизведенное экраном LCD монитора, манипулируют им по своему усмотрению, а затем при участии той или иной модели цветового восприятия делают отпечатки, по восприятию точно воспроизводящие оригинал, отображенный на LCD.

Разумеется, точное репродуцирование восприятия оригинального изображения не всегда осуществимо, или даже не всегда желаемо, но если таковая необходимость есть — модели цветового восприятия могут оказаться весьма полезны.

Одна из проблем, встречающихся на данном пути, состоит в том, что разные устройства визуализации воспроизводят неодинаковые наборы цветовых стимулов, то есть, мы говорим, что *цветовой охват* (color gamut) устройств различен. Представим себе: некий стимул, воспроизведенный LCD монитором, воспринимается каким то определенным образом. Может так статься, что некий принтер не сможет сгенерировать стимул, вызывающий такое же ощущение. В таких случаях модель цветового восприятия перцепционно оправданным путем управляет изображением, и в итоге дает наилучшие результаты (лучшие из возможных).

В иных ситуациях цветовой охват репродукции могут ограничить сами условия просмотра, к примеру: фотоотпечатки уличных сюжетов часто рассматривают при искусственном освещении, то есть, при существенно меньших уровнях освещенности, чем у оригинальной сцены. При низких уровнях освещенности невозможно получить требуемые (т.е. как у оригинальной сцены) диапазон фотометрических яркостей и хроматический контраст оригинальной сцены. Таким образом, заказчикам фотографий нужно, чтобы физический контраст отпечатков был повышен, то есть компенсировал изменение в условиях просмотра. Модели цветового восприятия вполне пригодны для прогноза таких эффектов и соответствующего управления системами визуализации.

Отметим также, что модели цветового восприятия, применяемые в аппаратно-независимом цветовоспроизведении, хорошо зарекомендовали себя и в

плане цветокоррекции: неподготовленному пользователю сподручнее манипулировать цветами через их перцепционные размерности (светлоту, цветовой тон и насыщенность), нежели через аппаратные координаты, например, CMYK.

Удачная модель цветового восприятия может радикально улучшить корреляцию между инструментом манипуляции этими размерностями и теми изменениями, которые пользователь хочет видеть в редактируемом изображении...»

3.2 Уровни цветовоспроизведения

Теперь мы должны обратить внимание на то обстоятельство, что цветовоспроизведение, как таковое (и аппаратно-независимое в частности) может быть выполнено на разных уровнях, и для того, чтобы правильно организовать колориметрическую настройку всех цветовоспроизводящих устройств дизайн-студии (а, в конечном итоге, и всего флексографского цветовоспроизводящего процесса), мы должны дать краткую характеристику возможным уровням цветовоспроизведения и выбрать для наших целей оптимальный.

На сегодняшний день наука о цвете и изображениях предлагает две возможных классификации уровней цветовоспроизведения: классификацию, предложенную экс-директром Kodak Research Laboratories Р.В.Г. Хантом в 1970 году и классификацию, предложенную Манселловской научной лабораторией по цвету (МНЛЦ). Стоит отметить, что классификация Ханта, являясь строго научной и академически безупречной, тем не менее малопригодна для решения прикладных задач, в частности задач полиграфических. Тогда как классификация МНЛЦ была разработана исходя из интересов практичного цветовоспроизведения, в частности — полиграфического. Поэтому здесь мы вновь позволим себе прибегнуть к прямому цитированию «Моделей цветового восприятия»:

«... 1. Произвольное цветовоспроизведение

Произвольное цветовоспроизведение (color reproduction) относится к работе примитивных устройств, способных воспроизводить простую цветную графику и изображения весьма низкого качества. В то же время, нельзя забывать, что персональные компьютеры с приемлемыми «цветовыми способностями» существуют не более 20 лет, а рыночное изобилие высококачественных устройств ввода вывода — это достижение совсем недавнего времени. Когда появились технологии цифрового цветовоспроизведения, пользователи были счастливы от одного только факта, что теперь они могут «работать с цветом!». Однако «медовый месяц» быстро кончился, и потребитель начал требовать от цветовоспроизводящих аппаратов много большего — он захотел иметь более управляемые и высокоточные устройства. Создавшаяся обстановка подтолкнула технологии открытых систем к переходу на следующие, качественно более высокие уровни цветовоспроизведения.

2. Визуально комфортное цветовоспроизведение

Визуально комфортное цветовоспроизведение (pleasing color reproduction) призвано обеспечивать лишь ощущение визуального комфорта при рассматривании изображений.

Изображения, воспроизведенные на визуально комфортном уровне, не являются точной репродукцией оригинала, не являются высококачественными, но выглядят, что

называется, «вполне прилично» и удовлетворяют запросы большинства заказчиков. Данный уровень воспроизведения часто достигается путем проб и ошибок, пренебрегающим общими концепциями аппаратно-независимого цветовоспроизведения. Подход, обеспечивающий визуально комфортный уровень цветовоспроизведения, близок к идеологии закрытых систем, результат работы которых аналогичен и редко выходит на уровень даже выделенного цветовоспроизведения. Визуально комфортное цветовоспроизведение может быть вполне оправданной конечной целью деятельности цветорепродукционной системы в тех случаях, когда наблюдатели не знакомы с оригинальной сценой или изображением и, следовательно, не ждут ничего, кроме психологически комфортной репродукции.

3. Колориметрическое цветовоспроизведение

Колориметрическое цветовоспроизведение (colorimetric color reproduction) априори предполагает предварительные калибровку и характеризацию цветовоспроизводящих устройств — это значит, что данному аппаратному сигналу ставятся в соответствие те или иные колориметрические координаты, что дает требуемую степень достоверности и точности регистрации и воспроизведения изображений.

При колориметрическом цветовоспроизведении пользователь объединяет

устройства в единую систему, которая:

— сканирует изображение;;

—полученные данные преобразовывает в колориметрические координаты (например, CIE XYZ);

—конвертирует цветовые координаты в соответствующие аппаратные сигналы, например, RGB сигналы LCD монитора или CMYK сигналы принтера.

Разумеется, нет никакой необходимости в фактической конверсии изображений через аппаратно-независимое цветовое пространство: вместо нее (дабы повысить вычислительную эффективность и минимизировать ошибки квантования)строится лишь программная схема сквозного преобразования от одного устройства через аппаратно-независимое пространство ко второму устройству.

Описанный выше принцип позволяет стимулам оригинального изображения быть точно воспроизведенными (по их CIE трехстимульным значениям) на любом выводном устройстве, что, как мы видим, сходно с хантовским определением колориметрического цветовоспроизведения.

Для получения колориметрически точной цветовой репродукции инструментарий и методы колориметрических калибровки и характеризации входных и выводных устройств должны быть легко доступными, но, хотя сегодня рынок и предлагает широкий выбор приборов и методик, спрос на колориметрическое цветовоспроизведение среди обычных пользователей весьма низок:

к сожалению, уровень притязаний большинства сводится к банальному произвольному цветовоспроизведению. Вместе с тем, несмотря на сегодняшнюю конъюнктуру, колориметрическое цветовоспроизведение должно наконец стать широко востребованным.

Колориметрическое цветовоспроизведение оправданно только тогда, когда условия просмотра оригинала и его репродукции идентичны, поскольку в этом случае трехстимульные соответствия эквивалентны соответствиям по восприятию. Когда условия

просмотра различны (то есть в подавляющем большинстве случаев), мы должны перейти на следующий уровень — уровень цветовоспроизведения по восприятию.

4. Цветовоспроизведение по восприятию

Цветовоспроизведение по восприятию (color appearance reproduction) требует наличия четкой колориметрической калибровки и точной колориметрической характеризации всех устройств, информации об условиях просмотра оригиналов и репродукций и участия в репродукционном процессе модели цветового восприятия.

При цветовоспроизведении по восприятию трехстимульные значения с учетом данных об условиях просмотра оригинального изображения (белая точка, фотометрическая яркость, окружение и пр.)преобразовываются в корреляты восприятия (светлоту, насыщенность и цветовой тон).Затем данные о новых условиях просмотра используются для преобразования коррелятов восприятия в согласованные трехстимульные значения (необходимые выводному устройству).

Цветовоспроизведение по восприятию позволяет учесть широкий диапазон носителей и условий просмотра, и можно говорить, что данный вид цветовоспроизведения аналогичен хантовскому эквивалентному цветовоспроизведению по светлоте/насыщенности. Отметим, что цветовоспроизведение по восприятию все еще остается сугубо коммерческим и чаще всего не востребовано обычными пользователями. Однако даже когда воспроизведение по цветовому восприятию станет повсеместным, останутся пользователи, которым будет требоваться не четкое соответствие репродукции оригиналу, но нечто иное, что лежит в области т.н.приоритетного цветовоспроизведения.

5. Приоритетное цветовоспроизведение

Приоритетное цветовоспроизведение (color preference reproduction) — это целенаправленная манипуляция цветовыми стимулами репродукции с целью получения результатов, предпочитаемых заказчиком (а не достижения соответствия по восприятию), то есть задачей приоритетного цветовоспроизведения является получение (на данном носителе) возможно лучшей репродукции того или иного элемента изображения.

Приоритетное цветовоспроизведение аналогично хантовскому выделенному цветовоспроизведению.»

Однако, коль скоро пять уровней предложенных МНЛЦ, являются сравнительно недавней аналитической разработкой, к сожалению ее положения не имеют строгого согласования с идеологией ICC-комитета: дело в том, что базовые ICC-принципы и, в частности, классификация уровней цветовоспроизведения были сформулированы за несколько лет до появления МНЛЦ-классификации. Поэтому ниже нам предстоит:

— перечислить ICC уровни цветовоспроизведения;

— выполнить принудительное согласование ICC классификации с классификацией МНЛЦ (что безусловно необходимо нам для грамотной организации флексографского цветорепродукционного процесса).

3.3 ICC-классификация уровней цветовоспроизведения

Здесь, также как и ранее, мы прибегнем к прямому цитированию, в данном случае нормативного документа ICC — «Спецификация ICC.1:2004-10 (Версия профайлов

4.2.0.0) Технология управления цветом в изображениях — архитектура, формат профайлов и структура данных. [Пересмотр 1:2003-09]»[1]

1. «Цветопередача по общему восприятию (Perceptual intent)

При perceptual-преобразованиях колориметрические значения (PCS-значения) представляют собой гипотетическое измерение цветовой репродукции на гипотетическом эталонном носителе изображения, более того, в логике perceptual intent, PCS описывает репродукцию, которую на эталонном просмотровом месте рассматривает человек, адаптированный к этому месту. Точная схема реализации perceptual intent — прерогатива фирмы производителя программного обеспечения (vendor specific).

Примечание 2: цветопередача по общему восприятию применяется тогда, когда не требуется получения колориметрически точной репродукции (к примеру, в фотореалистичных изображениях) и когда устройства ввода и вывода сильно отличаются друг от друга.

Примечание 3: при perceptual intent, использование эталонного носителя необходимо еще и для того, чтобы гарантировать согласованную и успешную работу профайлов, изготовленных разными программами. Но поскольку исполнение perceptual intent разными производителями неодинаково — результаты работы будут разными при разных комбинациях профайлов.»

2. «Абсолютная колориметрически точная цветопередача (ICC-absolute colorimetric intent)

Преобразования при данном способе цветопередачи оставляют внутриохватные хроматически адаптированные цветовые координаты изображения неизменными.

Профайлы не содержат отдельной, самостоятельной методики для выполнения преобразования с абсолютной колориметрически точной цветопередачей, но когда цветопередача по данному способу все-таки требуется, она может быть осуществлена согласно п. 6.3.2. При этом задействуется т.н. mediaWhitePointTag (тэг белой точки носителя изображения), в котором согласно спецификации CIE от 1931 г. XYZ-значения белой точки носителя изображения представлены в PCS. Практически данный вид цветопередачи может быть реализован с использованием media-relative colorimetric intent-преобразования, когда PCS-значения mediaWhitePointTag целевого профайла нормируются на значения mediaWhitePointTag профайла-источника.

Как определено в п. 9.2.25, mediaWhitePointTag профайлов мониторов приравнивается к белой точке PCS (также п. 6.3.4.3), но если к PCS-значениям применен расчет хроматической адаптации, то этот же расчет должен быть применен и к тэгу белой точки. Если белая точка монитора уравнена с белой точкой других носителей, mediaWhitePointTag должен быть уравнен с белой точкой PCS.

Примечание 1: преобразования, выполняемые при абсолютной колориметрически точной цветопередаче, предполагают, что колориметрия оригинала выполнена относительно гипотетического идеального отражающего (или пропускающего) рассеивателя (профайлы устройств ввода) или что цветовая репродукция выполнена также относительно идеального отражающего или пропускающего рассеивателей (профайлы устройств вывода).

Примечание 2: С того момента, как колориметрические данные были нормированы на трехстимульные значения идеального отражающего рассеивателя, рассматриваемого в свете какого-либо источника, данное определение абсолютной колориметрически точной цветопередачи в лексике CIE будет звучать как “относительная колориметрия”.»

---

1 http://shadrin.rudtp.ru/Personal/Shadrin_ICC_spec.htm

3. «Относительная колориметрически точная цветопередача (Media-relative colorimetric intent)

Преобразования при данном способе цветопередачи перемасштабируют внутриохватные “хроматически адаптированные” трехстимульные значения, исходя из того, что белая точка устройств ввода и вывода переносится на белую точку PCS (как показано в п. 6.3.2).

Примечание: преобразования, выполняемые при относительной колориметрически точной цветопередаче предполагают, что колориметрия выполнена относительно подложки оригинала (профайлы устройств ввода) или что репродукция выполнена относительно подложки изображения (профайлы выводных устройств).»

4. Относительный колориметрический, учитывающий факт смены хроматической адаптации наблюдателя

Четвертый ICC-уровень цветовоспроизведения — формально опциональный. Однако, современные системы (построенные, в частности, на ICC-профайлах, выполненных профайл-билдерами от GretagMacbeth) по умолчанию поддерживают четвертый ICC-уровень.

Суть четвертого ICC-уровня (не путать с 4-й версией ICC-спецификации профайлов) состоит в том, что color management-система производит автоматический учет смены хроматической адаптации наблюдателя и производит при этом автоматический подбор т.н. *согласованных трехстимульных значений* воспроизводимых цветовых стимулов.

Согласованные трехстимульные значения позволяют добиться того, что репродукция, рассматриваемая в условиях изменившейся хроматической адаптации наблюдателя, будет восприниматься им ровно также, как воспринимается оригинал в исходных условиях наблюдения, а, следовательно, при исходном статусе хроматической адаптации (рис. 3 и 4).

Стоит особо подчеркнуть, что коль скоро стандартная диаграмма цветностей рассчитывается по D50-осветителю, позиции стимулов в каждой паре имеют разные координаты. Легко догадаться, что на диаграммах, рассчитанных соответственно по D65- и A-осветителям, координаты кружков и треугольничков (по каждой паре) совпадут.

Вот, что на сей счет говорит ICC-спецификация:

«Способы колориметрически точной цветопередачи основаны на колориметрических измерениях, рассчитанных на адаптацию зрения по D50-осветителю PCS, и если нужно, пересчет на D50 фиксируется в т.н. ChromaticAdaptationTag — тэге хроматической адаптации. Для расчета хроматической адаптации данный стандарт требует использования т.н. линейной брэдфордской модели (the linear Bradford model), практически идентичной линейной модели CIECAM97 (описана в публикации CIE №131), в которой принят тезис о полной адаптации зрения, а легкая нелинейность в синем канале опущена. .

Примечание: использование ChromaticAdaptationTag требуется всякий раз, когда фактические источники освещения отличаются от D50. Чтобы изначальные данные измерений могли быть представлены в значениях PCS D50, применяется т.н. обратное преобразование хроматической адаптации (inverse chromatic adaptation transformation). Поскольку значения PCS уже представлены в D50 при построении профайла, данная инверсия не является стандартной функцией CMM и при обычном использовании профайлов устройств ни одно прямое или обратное преобразование хроматической адаптации не возлагается на CMM.

Для выполнения преобразований по остальным способам цветопередачи определен

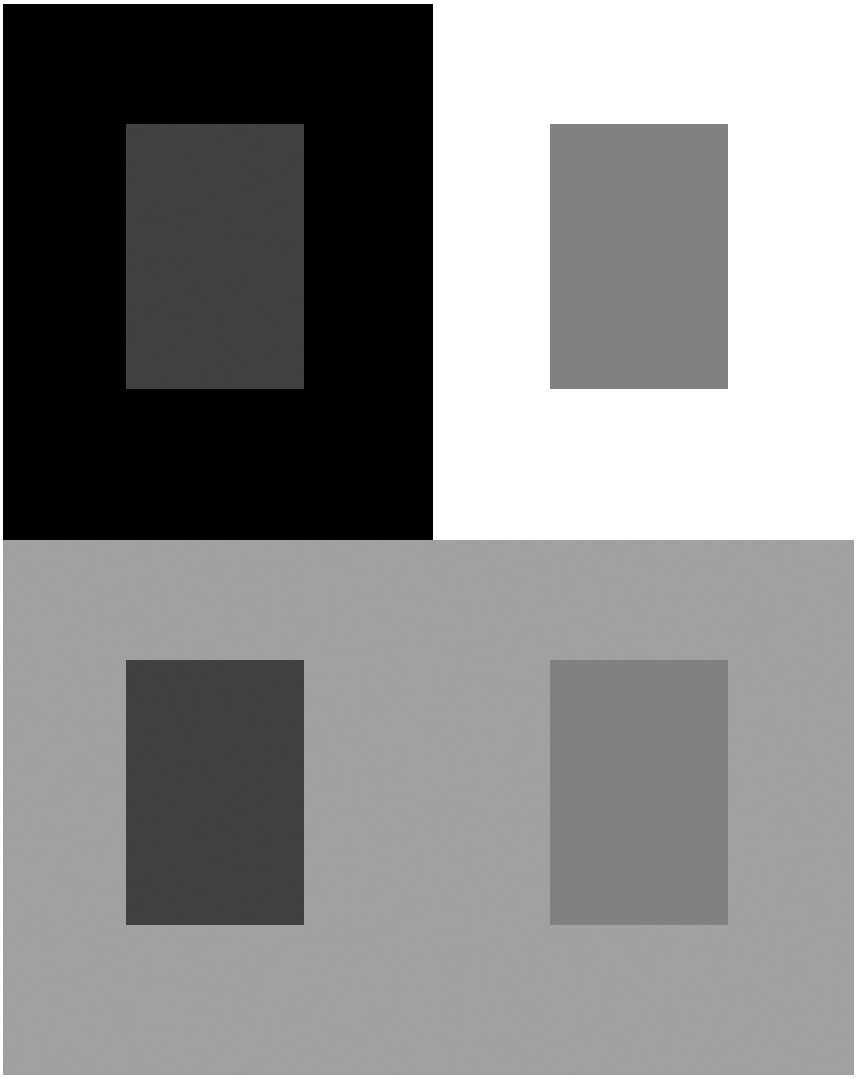

Рис. 3 *Вверху*: Прямоугольные стимулы, предъявленные наблюдателю на черном и белом фонах (т.е. в разных условиях просмотра), имеют разные спектральные и колориметрические характеристики (разные CIE XYZ-значения), но воспринимаются зрением практически одинаково. Такие стимулы являются *стимулами, согласованными по восприятию* (*согласованными цветовыми стимулами*).

Внизу: те же стимулы, с теми же спектральными и колориметрическими характеристика ми, предъявленные на общем равномерном фоне.

В данном примере фоны представляют собой стимулы, выступающие (наряду с внешним освещением) в роли т.н. *адаптирующих стимулов*.

только D50-осветитель PCS, однако, несмотря на то, что здесь не требуется расчет специфической хроматической адаптации, на пересчет данных запрета нет.»

* * *

Теперь нам предстоит выполнить согласование трех действующих классификаций и понять то, на каком из уровней в состоянии работать современная CMS, в частности на флексографском производстве.

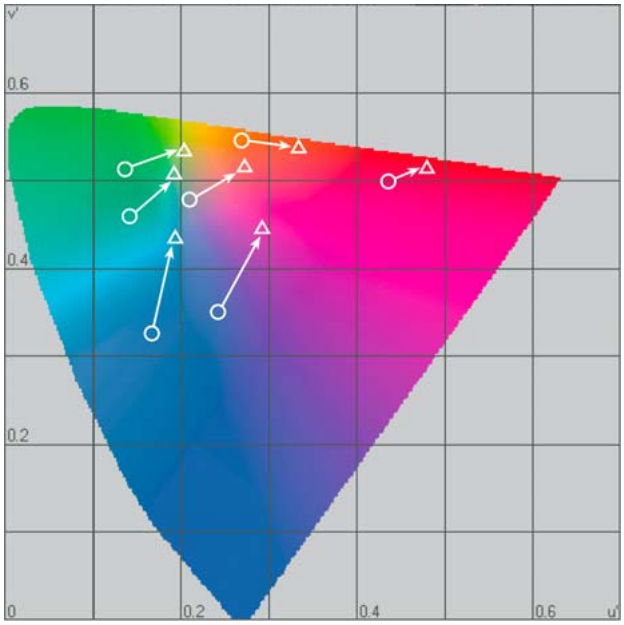

Рис. 4 Пример данных о семи парах согласованных цветовых стимулов при переходе от адаптации зрения по источнику света с цветностью D65-осветителя (кружки) к адаптации по источнику света с цветностью А-осветителя (треугольнички). Вычерчено по стандартной *u`v`*-диаграмме цветностей (Фершильд, 2004).

Стоит особо подчеркнуть, что коль скоро стандартная диаграмма цветностей рассчитывается по D50-осветителю, позиции стимулов в каждой паре имеют разные координаты. Легко догадаться, что на диаграммах, рассчитанных соответственно по D65- и А-осветителям, координаты кружков и треугольничков (по каждой паре) совпадут.

Таблица согласования классификаций уровней цветовоспроизведения. Зеленой заливкой выделены уровни, реализуемые при помощи CMS

ICC-классификация	Классификация МНЛЦ	Классификация Р. Ханта
		Спектральное цветовоспроизведение
	Произвольное цветовоспроизведение	
Perceptual	Визуально комфортное цветовоспроизведение	
Relative colorimetric	Колориметрическое цветовоспроизведение	Колориметрическое цветовоспроизведение
		Точное цветовоспроизведение
Absolute colorimetric		Эквивалентное цветовоспроизведение
Relative colorimetric + брэдфордская модель смены хроматической адаптации или CIECAM02	Цветовоспроизведение по восприятию	Согласованное цветовоспроизведение
	Приоритетное цветовоспроизведение	Выделенное цветовоспроизведение

Итак, мы видим, что сегодняшние аппаратно-независимые цветовоспроизводящие системы позволяют осуществлять цветорепродукционный процесс на уровне вплоть до цветовоспроизведения по восприятию. Однако уровень этот недостижим до тех пор, пока мероприятия по колориметрической настройке всех цветовоспроизводящих устройств, задействованных в цветорепродукционном процессе и, в первую очередь, устройств в дизайн-студии, не обеспечат устойчивое достижение уровня цветовоспроизведения колориметрического.

Коль скоро, напомним, современный цветорепродукционный процесс целиком опирается на цифровую технологию и благодаря этому строится на аппаратно-независимом принципе (т.н. принцип открытых систем), то несомненно, что первым этапом колориметрической настройки устройств, является этап ICC-характеризации устройств ввода — сканеров и ЦФК (Примечание: но не их калибровки, которая должна выполняться производителем).

3.4 ICC-характеризация устройств ввода

ICC-характеризация устройств ввода обычно не вызывает затруднений, производится быстро и, как правило, без видимых погрешностей, но прежде чем говорить о методике ее выполнения остановимся на общей концепции этого мероприятия.

Следует отметить, что конечной целью ICC-характеризации устройств ввода является получение цифрового файла представляющего собой пространственную двухмерную карту пикселов, несущих колориметрическую информацию о зрительных стимулах сцены или изображения сцены (оригинала). Иными словами, процесс цифровой регистрации сцен, представляя собой первое звено цветорепродукционной цепочки, вместе с тем является и самостоятельным, завершенным цветорепродукционным процессом (поскольку на выходе оцифровки мы получаем визуальную информацию о зрительных стимулах оригинала, зафиксированную на электронном носителе).

Важно показать, что, вопреки распространенному мнению, в результате собственно оцифровки, в файл изображения записываются лишь *электрические сигналы устройства оцифровки*, не несущие в себе трихроматической (колориметрической) информации (исключение составляют устройства на базе ФЭУ — барабанные сканеры, телекамеры на суперортиконах). Однако при наличии адекватного и грамотно построенного профайла (т.е. интерпретатора аппаратных сигналов) сигналы эти могут быть успешно истолкованы программой сканирования (или графическим редактором) в трихроматические сигналы какого-либо абстрактного цветовоспроизводящего устройства (к примеру, sRGB, AdobeRGB и пр.), либо же в L*a*b*-координаты. Таким образом мы видим, что процесс оцифровки оригинальной сцены (осуществляется с помощью ЦФК) или изображения сцены (осуществляется с помощью сканера) представляет собой процесс *условного цветовоспроизведения на абстрактном устройстве*, либо же процесс *психометрического шкалирования* (в L*a*b*–системе или системе CIECAM02).

3.4.1 Методика ICC характеризации устройств ввода

ICC-характеризация устройств ввода осуществляется с помощью т.н. мишени характеризации. Мишень характеризации представляет собой набор образцов (200-1500), как правило квадратной формы и имеющих разные спектральные коэффициенты отражения (пропускания). Спектральные коэффициенты отражения (пропускания) подобраны так, что цветовые координаты стимулов, возникающих при услов-

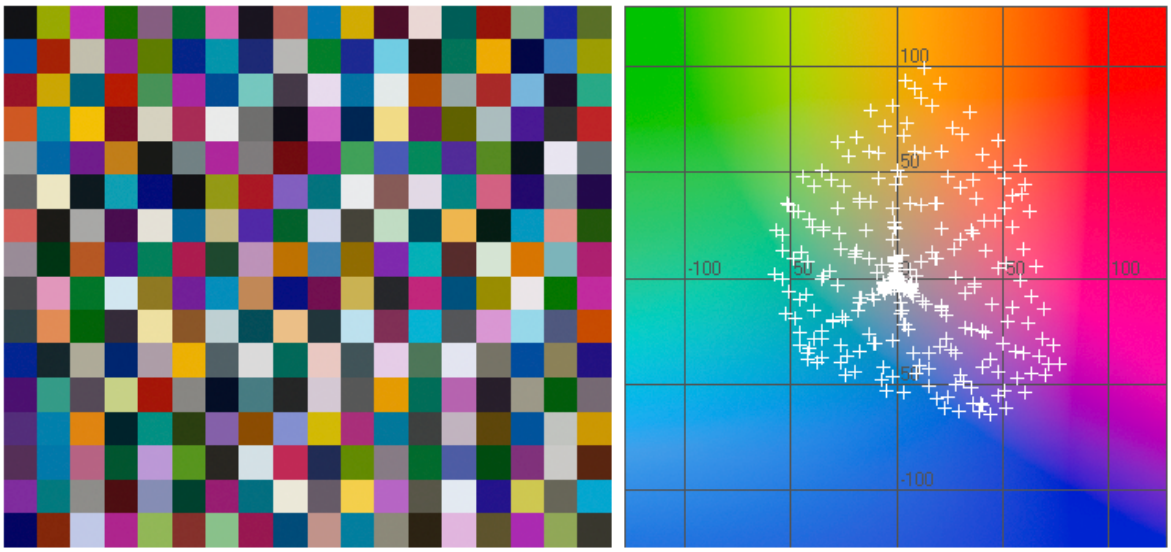

Рис. 5 *Слева*: стандартная тест-карта компании GretagMacbeth на 288 образцов RGB Scan 1.4, изготовленная фотографическим способом. Предназначена для характеризации сканеров на отражение при оцифровке фотографических оригиналов. *Справа*: проекция цветового охвата карты на хроматическую плоскость L*a*b*-пространства (a*b*-плоскость). Хорошо видно, что точки распределены относительно равномерно, но их хроматический охват невелик.

ном освещении этой мишени стандартным D50–осветителем, будут равномерно распределены в L*a*b*-пространстве (рис. 5).

После оцифровки мишени, произведенной при заранее выбранном и в дальнейшем неизменном колориметрическом режиме, мы получаем файл аппаратных откликов на данную мишень, после чего программа построения профайлов организует трехмерную таблицу соответствия этих откликов L*a*b*-значениям образцов мишени (полученными в результате спектрометрии этой мишени с последующими колориметрическими расчетами по стандартному D50-осветителю). Такая таблица на языке ICC именуется *CLUT* (Color Look Up Table).

Особо отметим, что таблица эта не является матрицей перехода от аппаратных сигналов устройств оцифровки к трихроматическим сигналам абстрактного цветовоспроизводящего устройства, но представляет собой трехмерную сетку, по которой CMM программы сканирования (или графического редактора) выполняет поиск L*a*b*-значений, соответствующих тройственным аппаратным сигналам устройства оцифровки. Таким образом, процесс оцифровки оригиналов не имеет буквального колориметрического смысла, за исключением случаев применения барабанных сканеров. Вместе с тем, учитывая то, что в деле цветовоспроизведения за многие десятилетия сформировалось и укрепилось «трихроматическое мышление», программа сканирования, как правило, выполняет пересчет из зафиксированных в уже интерпретированном файле перцепционных координат (L*a*b*-значения) в трихроматические сигналы абстрактного цветовоспроизводящего устройства (sRGB, Adobe RGB и пр.), выбранного пользователем. Исключение составляют лишь немногие программы, в частности, программа Newcolor 7000 (Heidelberg), позволяющая сохранять изображение в L*a*b*-координатах.

Таким образом, цветорепродукционная схема обработки аппаратных сигналов устройства оцифровки чаще всего выглядит следующим образом:

- ⇨ Аппаратные RGB-сигналы сканера (ЦФК) → L*a*b* → XYZ → трихроматические RGB-сигналы абстрактного цветовоспроизводящего устройства (sRGB, Adobe RGB и пр.)

Итак, мы видим, что процесс оцифровки цветных оригиналов, вопреки широко распространенному мнению, не является процессом колориметрии этих оригиналов: набор троек аппаратных сигналов устройства оцифровки может быть совершенно произвольным и должен отвечать лишь одному главному требованию: т.н. *аппаратный отклик устройства* на тот или иной «стимул» оригинала должен быть уникальным.

Ситуация неуникальности отклика, при которой два световых потока разного спектрального состава вызывают один и тот же аппаратный отклик устройства оцифровки, часто именуется метамеризмом устройства оцифровки. Метамеризм устройства оцифровки чаще всего проявляет себя на границе цветового охвата регистрируемых изображений и фактически определяет цветовой охват набора стимулов, который способно зарегистрировать данное устройство без грубых потерь визуально значимой информации.

Наконец, стоит отметить, что и теоретические рассуждения, и практические тесты свидетельствуют о том, что, во-первых, чем выше цветовой охват стимулов, которые могут быть получены при освещении мишени характеризации стандартным D50-осветителем, тем выше точность математических расчетов, а, следовательно, выше точность LUT-интерполяции аппаратных сигналов в перцепционные размерности (L*a*b*-координаты); во-вторых, коль скоро спектральные составы красителей, используемых при получении фотографических отпечатков, фотомеханических оттисков и струйных оттисков, сильно разнятся между собой, в силу вступают неизбежные эффекты хроматической нестабильности (т.н. спектрохромные сдвиги), усугубляемые низким качеством спектрального состава осветительных ламп устройств оцифровки. В связи с этим и теоретически, и практически оправданным является построение как минимум трех ICC-профайлов сканеров на отражение, основанных на мишенях характеризации, выполненных на основе соответственно фотографических, полиграфических и струйных красителей.

Опыт свидетельствует, что весьма удачной, дающей результаты очень высокого качества, является мишень, выполненная на основе физического воплощения цветовой именной системы Panton Formula Guide («пантонного веера»). Такая мишень дает прекрасные результаты интерпретации сигналов сканера, полученных от фотомеханических оттисков, равно как и высококачественные результаты интерпретации сцен, зафиксированных ЦФК (рис. 6)

Вместе с тем, практика показывает, что при использовании лишь одного профайла устройства оцифровки (скажем, выполненного на основе фотографической мишени) ICC-характеризация устройства оцифровки не утрачивает своей ценности, но при этом лишь несколько увеличиваются время и степень неизбежной цветокоррекции.

Последнее, о чем необходимо сказать в данном разделе, это то, что необходимость применения LUT-интерпретаторов, т.е. ICC-профайлов устройства оцифровки, построенных на базе трехмерной таблицы соответствия, продиктовано тем обстоятельством, что устройства оцифровки в абсолютном большинстве случаев (за исключением барабанных сканеров и телекамер на базе суперортиконов) не отвечают требованиям фотоэлектрического колориметра (т.н. критерию Лютера-Ивса), предполагающего

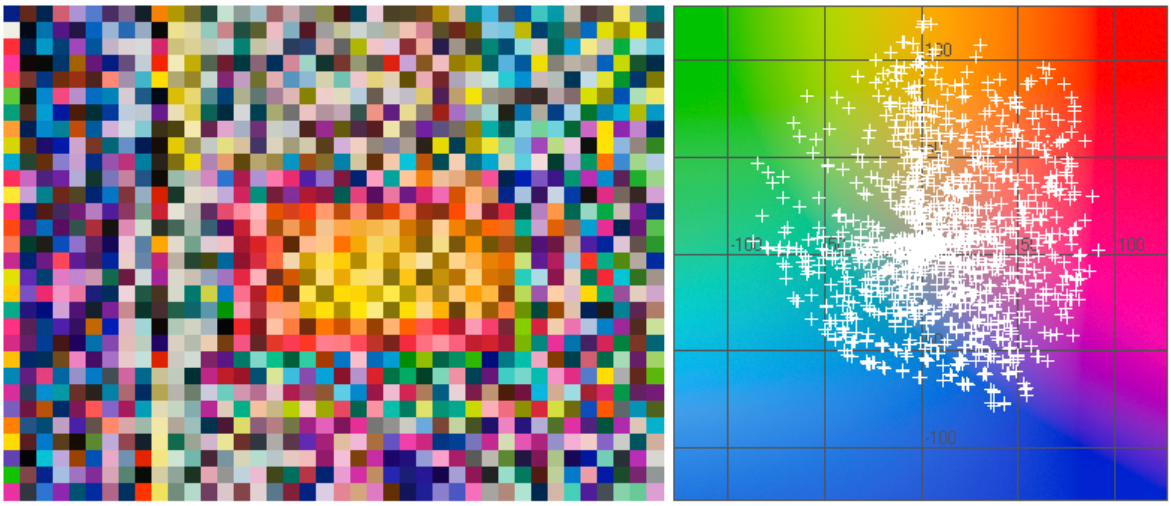

Рис. 6 *Слева*: тест-карта на 1200 образцов, изготовленная сотрудниками дизайн-студии компании «Полиграфоформление-ФЛЕКСО» и «Аляска-ПОФ» (Санкт-Петербург) из «веера» Pantone Formula Guide. Предназначена для характеризации сканеров на отражение при оцифровке оригиналов, выполненных фотомеханическим (офсетным) и флексографским способами, а также способом глубокой печати. *Справа*: проекция цветового охвата карты на хроматическую плоскость L*a*b*-пространства (a*b*-плоскость). Хорошо видно, что в зеленом, желто-зеленом и оранжевом секторах точки распределены неравномерно, но при этом огромный хроматический охват карты и большое количество образцов позволяют построить профайл очень высокой точности.

строгое соблюдение требований трихромазии — спектральные чувствительности ПЗС-сенсоров сканеров и ЦФК не согласованы с функциями цветового соответствия какого-либо набора кардинальных стимулов. Именно по этой причине мы не имеем возможности воспользоваться удобным и быстрым матричным преобразованием из аппаратных сигналов устройств оцифровки в аппаратные трихроматические сигналы абстрактного колориметра (sRGB, adobe RGB и пр.)

В качестве профайл-билдера лучшим образом зарекомендовала себя программа Profile Maker 5.0.8, но следует сделать оговорку, что оптимальные результаты достигаются только в том случае, если профайлы всех устройств ввода (даже сканеров!) строятся в режиме Camera\Reproduction, то есть без каких-либо цветокоррекционных дополнений на уровне CLUT-таблиц этого профайла.

Наконец отметим, что при построении профайла устройства оцифровки учет спектрального состава просмотрового освещения в дизайн-студии никогда не окажется лишним (список «Light Source» программы Profile Maker). При этом следует обратить особое внимание на то, что попытка подстановки спектра лампы сканера является весьма распространенной и довольно грубой ошибкой.

* * *

Итак, казалось бы, вопрос оцифровки оригиналов во флексографском цветорепродукционном процессе можно считать закрытым. Однако в практике этикеточного производства помимо растровых активно используются как собственно векторные изображения (*создаваемые* в векторных редакторах), так и их комбинации с изображениями растровыми. Коль скоро процесс оцифровки сцен и изображений сцен в логике

аппаратно-независимого цветовоспроизведения эквивалентен процессу условного воспроизведения на условных трихроматических устройствах, создание изображения в векторном редакторе (в контексте настоящей работы) можно смело объявить процессом оцифровки.

Понятно, что создание изображения в векторном редакторе, а также восприятие и оценка ранее оцифрованных растровых изображений (и их комбинаций) может проводиться пользователем только при условии адекватной визуализации цифрового содержимого файла экраном монитора. Последний выступает в роли т.н. *устройства первичной визуализации цифрового изображения* (растрового и векторного), в результате чего требует соответствующей колориметрической настройки.

3.5 Колориметрическая настройка монитора

Прежде чем говорить о методике колориметрической настройки монитора, следует четко определить цели и задачи этой настройки в контексте флексографского производства. Как и во всех остальных секторах индустрии изображений (imaging technology) назначение и функция монитора может быть рассмотрена с разных позиций. Однако, безусловно, важнейшим для нас является то, что монитор, который представляет собой сложный аппаратно-программный комплекс (включающий в себя CRT или LCD дисплей, видеоадаптер, программное обеспечение), предназначен для т.н. первичной визуализации изображения.

Очевидно, что визуализация эта должна быть как минимум колориметрически точной, а как максимум, обеспечить уровень цветовоспроизведения по восприятию.

Второй и важнейшей функцией монитора является его работа в качестве цветопробного устройства. Однако, в контексте работы полиграфического предприятия эта функция не столь важна, поскольку ее миссию берет на себя цветопробный принтер, что будет показано в соответствующем разделе.

Подробное изложение идеологии и методики колориметрической настройки монитора можно найти во множестве источников, в частности в книге А. Френкеля и А. Шадрина «Колориметрическая настройка монитора. Теория и практика». Здесь же ограничимся следующей краткой схемой:

1. Контроль достижения монитором уровня насыщения. Производится при максимальном положении инструмента «Contrast» на передней панели и при поддержке спектрорадиометра или фотоэлектрического колориметра.

2. Приведение белой точки монитора к желаемой коррелированной цветовой температуре с помощью инструмента «RGB Gain» на передней поверхности дисплея и при поддержке спектрорадиометра или фотоэлектрического колориметра.

3. Визуальная подгонка белой точки к эталонной белой поверхности. Выполняется с помощью инструмента «Paper White» пакета Profile Maker 5.x.x.

4. Приведение тон-репродукционной характеристики монитора к требуемой гамма (тангенс угла наклона характеристической кривой, построенной в логарифмических осях). Выполняется с помощью спектрорадиометра или фотоэлектрического колориметра.

5. Характеризация и построение профайла. Выполняется с помощью спектрорадиометра или фотоэлектрического колориметра и при поддержке программы Profile Maker 5.x.x.

6. Настройка опций CMS графических редакторов.

Работа CMS с профайлом калиброванного и характеризованного монитора в большинстве случаев — это классическое матрицирование (Хант, 2004), то есть переход от координатной системы абстрактного трихроматического устройства (Adobe RGB, sRGB, CIE XYZ) к трихроматическим координатам устройства фактического. Однако для полноты представления, приведем таблицу, взятую нами из вышеупомянутого источника (А. Френкель, А. Шадрин, 2005):

Тип данных в файле	Схема визуализации
RGB-файлы	
Аппаратные RGB-данные сканера (ЦФК)	RGB-данные в файле по профайлу сканера (табличный расчет)→L*a*b*→XYZ→ на основании данных из профайла монитора по стандартным колориметрическим матрицам в RGB монитора
Аппаратные RGB-данные устройства, описываемого как трехстимульный колориметр (абстрактные идеальные устройства, мониторы и т.д.)	RGB-данные в файле + данные из профайла абстрактного устройства → на основании данных из профайла монитора по стандартным колориметрическим матрицам в RGB монитора **Примечание:** гамма-предыскажение и гамма-компенсация опущены для простоты изложения.
Аппаратные RGB-данные печатающих устройств (фотоминилабы, настольные принтеры)	RGB-данные в файле по входящей части RGB-output профайла (табличный расчет)→ L*a*b*→XYZ→ на основании данных из профайла монитора по стандартным колориметрическим матрицам в RGB монитора
L*a*b*-файлы	
L*a*b*-координаты	L*a*b*→XYZ→ на основании данных из профайла монитора по стандартным колориметрическим матрицам в RGB монитора
CMYK-файлы	
Аппаратные CMYK-данные	CMYK по входящей части CMYK-профайла (табличный расчет)→ L*a*b*→XYZ→ на основании данных из профайла монитора по стандартным колориметрическим матрицам в RGB монитора
GRAY-файлы	
Аппаратные GRAY-данные устройств, описываемых аналитически (гамма-профайлы)	GRAY-данные в файле + данные из профайла → XYZ→на основании данных из профайла монитора по стандартным колориметрическим матрицам в RGB монитора
Аппаратные GRAY-данные устройств, не описываемых аналитически	GRAY-данные по входящей части GRAY-профайла→ L*a*b*→XYZ→на основании данных из профайла монитора по стандартным колориметрическим матрицам в RGB монитора

3.6 Освещение на рабочих местах в дизайн-студии

Грамотно организованное освещение на рабочем месте дизайнеров, операторов препресс и цветокорректоров — важнейшая позиция в создании и отработке внутреннего стандарта предприятия — базис эффективной работы CMS на этом предприятии. Мы полагаем, что этот вопрос удачно изложен в книге А. Френкеля и А. Шадрина «Колориметрическая настройка монитора. Теория и практика», фрагменты которой цитируем ниже:

«В рабочем помещении цветокорректоров находится не только дисплей, но различные предметы, которые могут влиять на адаптацию зрения оператора. Если в окружении дисплея отыщется объект с большим уровнем световой энергии, чем белая точка монитора, то именно этот объект определит общую адаптацию зрения.

К примеру, если позади дисплея в поле зрения находится наглухо зашторенное окно, то отдергивание штор приведет к резкому падению контраста изображения на экране, так как появление яркого объекта большой площади (окно или световое пятно на стене от дневного света) моментально приведет как минимум к смене уровня адаптации «по яркости» и, соответственно, по контрасту, а скорее всего, и к смене хроматической адаптации (рис. 7)

Точно так же произойдет смена адаптации, если в поле зрения оператора находится крупный черный предмет, который отражает световой энергии меньше, чем излучает черная точка монитора. Точку черного в адаптации оператора теперь определит этот предмет, а контраст изображения на экране понизится (рис. 8). Черное на экране перестанет быть черным и будет восприниматься как темно-серое.

Рис. 7

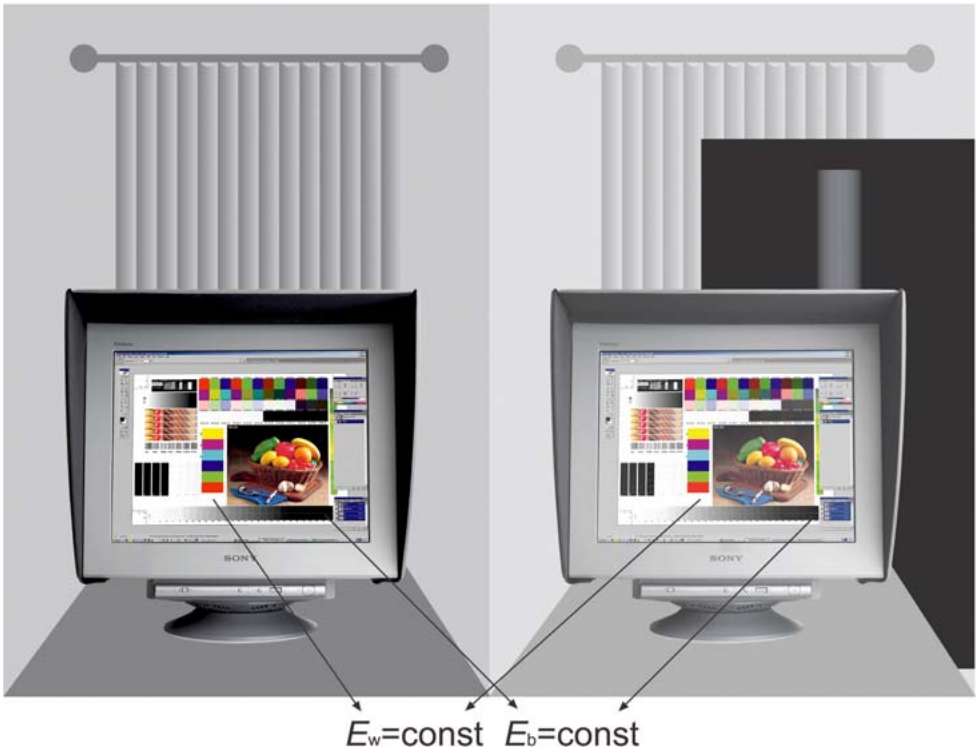

Рис. 8

Если в рабочем помещении цветокорректоров присутствует дневной свет, то адаптация будет непрерывно меняться вместе с естественными изменениями фотометрической яркости и цветовой температуры дневного света. Соответственно окажется нестабильным и восприятие изображения на экране: станут меняться его хроматический баланс и контраст. Последнее неизбежно приведет к ошибкам цветокоррекции (рис. 9).

Поэтому попытки колориметрической настройки мониторов в помещениях, где присутствует дневной свет, обречены на неудачу и лишены всякого смысла. Для обеспечения необходимой адаптации зрения цветокорректоров требуется выполнение следующих условий:

— полная изоляция помещения от дневного света;

Изоляция от дневного света не требует больших финансовых затрат и может быть осуществлена на любом предприятии. Желательно, чтобы помещение вообще не имело оконных проемов, но если окна есть, то их нужно наглухо закрыть светонепроницаемой серой (не черной) бумагой или плотной серой светонепроницаемой тканью. Установка подвижных жалюзи или штор не рекомендуется, так как требование полной светоизоляции в этом случае будет регулярно нарушаться сотрудниками.

Изоляция от внешнего освещения приводит к тому, что помещение становится непроветриваемым. Поэтому настоятельно рекомендуется установка split-кондиционера, обеспечивающего подкачку свежего воздуха, постоянство температуры и относительной влажности воздуха в комнате. Экономить средства, отказываясь от приобретения

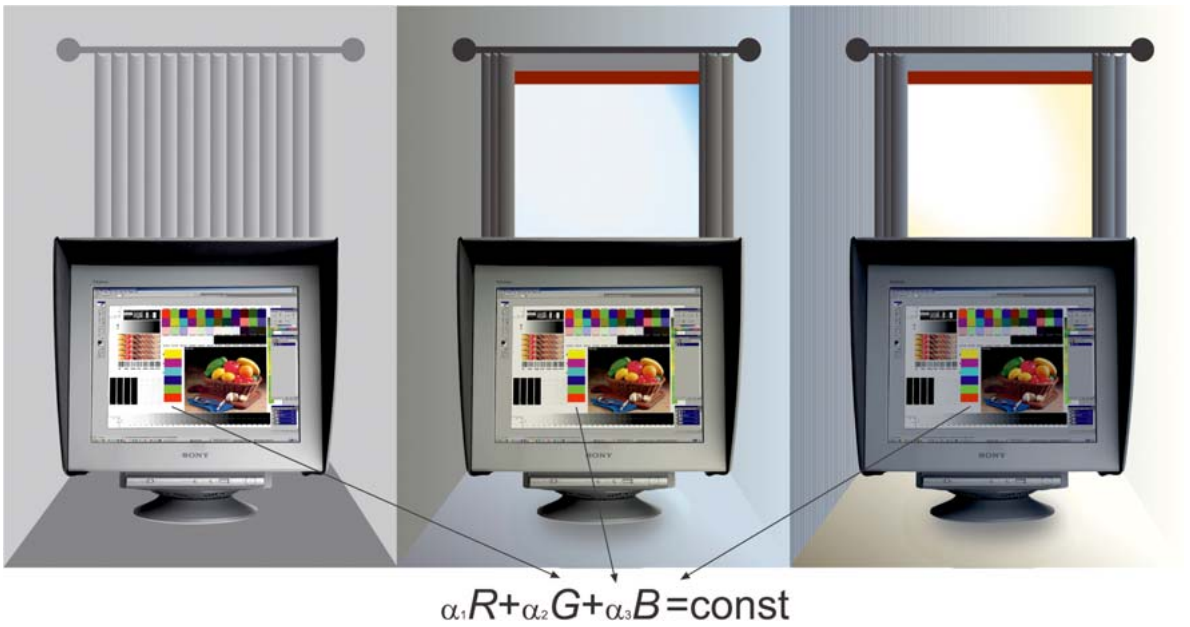

Рис. 9

кондиционера, нельзя: это быстро приведет к ухудшению здоровья сотрудников, снижению качества их работы и перегреву оборудования.

— фотометрическая яркость белой точки монитора должна обладать максимальной

световой энергией среди предметов, находящихся в поле зрения оператора;

Из поля зрения цветокорректоров должны быть убраны любые открытые источники освещения (стандартные настольные лампы, бра и проч.), сильно бликующие предметы (полированная посуда, зеркала), предметы, покрытые люминесцентными красками. Важно, чтобы в экране дисплея не отражались светящиеся поверхности (например, другой дисплей), листы белой бумаги, светящиеся предметы.

— фотометрическая яркость темных предметов в окружении дисплея должна быть больше, чем яркость черной точки монитора, то есть черная точка монитора должна обладать минимальной световой энергией в поле зрения оператора;

В поле зрения операторов не должны находиться крупные черные предметы (одежда, мебель, оборудование), между предметами мебели и/или оборудованием не должно быть больших глубоких зазоров. К установке оттеняющих козырьков на дисплеях нужно отнестись с осторожностью: их наличие может повлечь за собой появление глубоких теней в поле зрения оператора и смещение адаптации по контрасту. Но бывают ситуации, когда козырьки необходимы.

— в помещении не должно быть предметов с выраженной цветностью;

На стенах и столах не должно быть картин, календарей, вырезок из журналов, разноцветных канцелярских принадлежностей и проч. По возможности персонал должен быть обеспечен нейтрально-серыми (не белыми!) халатами или по крайней мере не носить одежды с яркой расцветкой. Рабочие столы должны быть покрыты серым ламинатом.

— фоновое освещение в помещении должно быть подобрано так, чтобы эквивалентная фотометрическая яркость поверхностей в поле зрения оператора по ощущению светлоты лежала примерно посередине между белой и черной точками монитора;

Фоновое освещение организуется так, чтобы источники света не были видны с рабочих мест операторов. Как правило, люминесцентные светильники устанавливают на стенах в 20-30 см от потолка и закрывают снизу кожухами-отражателями, направляющими свет в потолок, что обеспечивает рассеянное освещение. Обязательным является наличие нескольких выключателей, позволяющих легко настроить необходимую освещенность, а при необходимости включить «большой» свет, например, для уборки помещения. Фоновое освещение не должно также быть слишком слабым, что приведет к образованию глубоких теней, которые могут оказаться темнее, чем черная точка монитора.

— коррелированная цветовая температура освещения в помещении должна быть равна или по крайней мере близка к цветовой температуре белой точки монитора.

В работе полиграфических предприятий иногда возникает необходимость в сравнении изображения на экране с его оригиналом или копией на той или иной поверхности. Очевидно, что фоновое освещение не подходит для такого сравнения и необходима организация т.н. *просмотровых мест*. Просмотровое место — это специальный участок помещения или переносное устройство, обеспечивающие постоянные и строго контролируемые условия просмотра оригиналов изображения и оттисков. Такое место должно быть прежде всего оборудовано высококачественным и достаточно ярким источником освещения (об источниках освещения для просмотровых мест речь пойдет в следующей главе). Фон, на котором рассматриваются изображения, должен быть нейтрально-серым со светлотой (L40–60). Обязательным является наличие высококачественного рассеивающего отражателя и козырька, прикрывающего лампу.

Просмотровое место и монитор вместе представляют собой полноценный визуальный трехстимульный колориметр. Источник освещения просмотрового места и будет являться источником опорного белого света, который отсутствует у монитора-колориметра. Для того чтобы привести этот трехстимульный колориметр в рабочее состояние, необходимо визуально уравнять (уравнять по ощущениям) опорный белый свет и белую точку монитора, регулируя количества кардинальных стимулов (RGB) монитора-колориметра. Когда белая точка монитора и свет просмотрового места будут уравнены, общая адаптация зрения станет единой: адаптация по белому и хроматическая адаптация идентичны, а адаптация по контрасту будет определяться точкой черного на мониторе. Для работы трехстимульного визуального монитора-колориметра необходимы не только видеосистема в комплексе с просмотровым местом, но и специально оборудованное помещение, в котором данный комплекс находится. Покупка компьютера, высококлассной видеокарты и дисплея не означает, что можно приступать к колориметрической настройке видеосистемы.

⇨ Начинать колориметрическую настройку необходимо с грамотной организации рабочих мест цветокорректоров.

Итак, для обеспечения эффективной и точной работы цветокорректоров необходимо размещение оборудования в т.н. *digital darkroom — цифровой темной комнате,* где обеспечена полная изоляция от внешнего (дневного) освещения и поддерживается определенный уровень фоновой освещенности, не вызывающий искажения общей адаптации зрения (рис. 10).

Рис. 10 Пример правильной организации рабочего места цветокорректора (дизайнера, инженера по допечатной подготовке). Изоляция от дневного света достигнута за счет замены традиционного стеклопакета на пластиковый непрозрачный «сэндвич», прикрытый нейтральными жалюзи во избежание нарушений в адаптации зрения. Нейтрально-серые фон и градиентная шкала на рабочем столе компьютера позволяют оперативно отслеживать любые отклонения в колориметрической настройке монитора.

Существуют стандарты организации т.н. digital darkroom (цифровой темной комнаты):

ISO 3664:2000 и дополнение к нему — ISO 12646:2004.

Стандарт ISO 3664:2000 описывает условия работы с изображениями, не предназначенными к субтрактивному тиражированию (к примеру, web-дизайн).

Стандарт ISO 12646 описывает требования к колориметрической настройке мониторов и корректирует ISO 3664:2000 для работы с изображениями, предназначенными к субтрактивному тиражированию (полиграфия, фотодело).

Таблица сравнения стандартов ISO 3664:2000 и ISO 12646:2004

	ISO 3664:2000	**ISO 12646:2004**
Эталонное освещение	CIE D50	CIE D50
D50 Color Rendering Index	90 и выше	90 и выше
D50 Metamerism Index	<4	<4
Цветовая температура окружающего освещения	5000K и ниже	5000K

Освещенность окружения	64-32 люкс (и ниже)	32 люкс (и ниже)
Practical-освещенность (потребительская, «бытовая» освещенность полиграфической продукции)	375-625 лк	375-625 лк
Внешнее освещение	Полная светоизоляция	Полная светоизоляция
Блестящие предметы	Не должны отражаться в экране дисплея	Не должны отражаться в экране дисплея
Белая точка монитора	CIE D65	CIE D50
Фотометрическая яркость белой точки монитора	75-100 cd/m^2	80-120 cd/m^2
Окраска поверхностей окружения (стены, столы)	Нейтрально-серые. Коэффициент отражения 0,6 и ниже.	Нейтрально-серые. Коэффициент отражения 0,6 и ниже.
Эксплуатация оборудования	Регулярная проверка оборудования на соответствие спецификации	Регулярная проверка оборудования на соответствие спецификации

* * *

Обратим особое внимание на то, что все перечисленные выше мероприятия позволяют нам добиться визуального равенства между экранным отображением файла и потенциальным оттиском при их предполагаемом *одновременном бинокулярном сравнении*. Любопытно отметить, что в условиях флексографского производства, в достижении этой цели нет объективной производственной необходимости и вполне можно ограничиться комплексом мероприятий, направленных на достижение визуального равенства изображения на экране и потенциального оттиска при *последовательном бинокулярном сравнении*, предполагающем перерыв не менее одной минуты на переадаптацию зрения наблюдателя.

3.7 Цифровая «цветопроба»

Согласно принятой логике изложения в начале определим цели и задачи организации цветопробного процесса.

Сразу отметим, что исторически сложившийся термин «цветопроба» по большей части некорректен, поскольку не отражает смысла происходящего.

Дело в том, что в доцифровой период в полиграфии было широко распространено мероприятие, именовавшееся как «color probe — цветопроба», и предполагавший выполнение пробных выкаток тиражных оттисков и, если необходимо, тот или иной вид коррекции (изменение величины экспозиции сепараций, маскирование и т.п.). С развитием цифровых технологий и систем аппаратно-независимого цветовоспроизведения возникло такое понятие, как «color proof — цветоимитация». Однако, коль скоро словосочетание «color proof» не имеет эквивалента в русском языке, а термин «цветоимитация» недостаточно полон и точен, в лексике отечественных полиграфистов закре-

пился термин «цветопроба», означающий сегодня исключительно то, что в английском языке именуется «color proof».

Итак, учитывая сказанное выше, дадим определение цветопробы (color proof).

⇨ **Цветопроба** (color proof) — это процесс имитации цветоискажений, свойственных тиражному устройству, выполняемый при помощи другого, но заведомо более совершенного цветовоспроизводящего устройства.

Приведенное определение требует расшифровки критериев «совершенства»: в данном контексте имеется в виду то, что цветопробное устройство обладает заведомо большим динамическим диапазоном и хроматическим охватом, чем устройство тиражное. Сама возможность выполнения высокоточной аппаратно-независимой цветоимитации появилась совсем недавно и только благодаря активному развитию CMS. Стоит так же отметить, что высокого цветового охвата современных цветопробных устройств удалось добиться опять же благодаря возможности реализации аппаратно-независимого принципа цветовоспроизведения, благодаря которому (в контексте субтрактивных систем) отпала жесткая необходимость в цветовоспроизведении трихроматическом: колориметрические показатели колорантов цветопробных устройств, в частности — струйных принтеров, выбираются теперь достаточно произвольно и исходя из соображений, не имеющих прямого отношения к трихромазии. Красители цветопробных устройств обеспечивают высочайшую колориметрическую чистоту воспроизводящих (кардинальных стимулов), и, следовательно, небывало высокий результирующий цветовой охват устройств. Более того, благодаря возможности произвольного выбора управляющих колорантов, работа современных струйных цветопробных принтеров занимает промежуточное положение между цветовоспроизведением трихроматическим и цветовоспроизводящем спектральным (Хант, 2004; Фершильд, 2004).

Благодаря высокому цветовому охвату и возможности гибкого электронного управления цветопробные системы, построенные на базе современных струйных принтеров, позволяют достичь уровня эквивалентного цветовоспроизведения (по Ханту).

Уровень эквивалентного цветовоспроизведения, ранее нами не обсуждавшийся, определен как (Хант, 2004):

⇨ **Эквивалентное цветовоспроизведение** — это процесс воспроизведения цветовых стимулов, при котором их цветности, относительные фотометрические яркости и абсолютные фотометрические яркости таковы, что в репродукционных условиях просмотра результат цветового восприятия этих стимулов идентичен результату цветового восприятия стимулов оригинальной сцены.

Мы видим, что необходимость обеспечения цифровым цветопробным процессом уровня эквивалентного цветовоспроизведения продиктована тем обстоятельством, что цветопробный оттиск и оттиск приладочный подвергаются одновременному бинокулярному сравнению и, следовательно, просмотровая ситуация предполагает необходимость уравнивания элементов цветопробного оттиска с элементами тиражного не только по цветовому тону, светлоте и насыщенности, — но и по *субъективной яркости* и *полноте цвета* (Фершильд, 2004).

ICC система позволяет достичь уровня эквивалентного цветовоспроизведения в том случае, когда цветопробный процесс задействует ICC-абсолютный колориметриче-

ский режим цветопередачи. Поэтому общая схема математических преобразований при цифровом цветопробном процессе выглядит следующим образом:

- ⇨ Аппаратные данные тиражного оттиска (как правило CMYK-данные) → L*a*b* (табличный расчет по Absolute colorimetric) → RGB- (или CMYK-) сигналы цветопробного устройства

Отметим, что коль скоро современные цифровые цветопробные устройства (обычно струйные принтеры) обладают высочайшей стабильностью параметров аппаратного отклика, а также высочайшей прецизионностью механических показателей, то отпадает необходимость в развернутом управлении аппаратными сигналами (CMYK-данные, CLcMLmYK-данные, CMYRGBK-данные и т.п.) и появляется возможность эффективного управления собственно RGB–сигналами операционной системы компьютера. То есть: ICC-характеризация цветопробного устройства может быть выполнена на базе т.н. RGB-Output-профайлов. Сказанное целиком подтверждается практикой.

Вместе с тем построение RGB-Output-профайлов предполагает, что такие показатели, как оптимальный TIL (сумма красок), BW (присутствие черной краски в высокохроматичных элементах изображения), кривая генерации черного (GCR/UCR) оптимизированы *производителем* цветопробного устройства в отношении данного носителя изображений (цветопробной бумаги, данных цветопробных чернил и данного режима печати).

Однако на тех предприятиях, где цветопробный процесс представляет собой непрерывный рабочий поток, использование цветопробных носителей, рекомендованных производителем цветопробного принтера, может оказаться экономически убыточным, в связи с чем специалисты дизайн-студии ищут пути применения расходных материалов сторонних производителей. Очевидно, что в этом случае перечисленные выше технологические параметры печати не оптимизированы производителем принтера и построение RGB-Output-профайла цветопробного устройства, может не дать желаемого результата. В этом случае линеаризация цветопробного устройства и оптимизация таких параметров, как TIL, BW, GCR/UCR должна быть выполнена *пользователем* при поддержке того или иного растрового процессора (РИП-а).

Стоит сказать, что последнее необычайно трудоемко, сопряжено с множеством итераций и, что печальнее всего, далеко не всегда эффективно: дело в том, что для оптимизации перечисленных параметров подчас требуются усилия хорошо оснащенных коллективов, в частности, тех, что действуют на производственной площадке фирм-производителей цветопробных принтеров. Поэтому, очевидная на первый взгляд экономия, при ближайшем рассмотрении оказывается сомнительной.

Практика московских и петербургских флексографских предприятий, на базе которых действует цветопробный рабочий поток, свидетельствует о том, что попытки технологической шлифовки обсуждаемых параметров не дают ожидаемых результатов, и наиболее простым, эффективным и экономически оправданным способом характеризации цветопробного устройства является построение RGB-output-профайла при использовании материалов, рекомендованных производителем принтера (и входящих в опции его драйвера).

Как уже было сказано, производители цветопробных принтеров, в частности, компания Epson, гарантирует высочайшую стабильность и однозначность аппаратного отклика на управляющий RGB-сигнал компьютера, а также высокую стабильность колориметрических и физических характеристик своих расходных материалов. Благо-

даря этому, пользователь ограничивается однократным построением профайла цветопробного устройства за весь срок его службы (при условии, конечно, что в качестве цветопробных используются струйные системы профессиональных серий, в отношении которых справедливо сказанное выше).

Ввиду того, что за минувшие пять лет RGB-output-характеризация цветопробных устройств зарекомендовала себя самым лучшим образом, в настоящей работе мы рассмотрим только этот способ, а вопросы линеаризации и «классической» (CMYK) характеризации опустим за ненадобностью.

3.7.1 RGB-Output-характеризация цветопробных устройств

Идеологическая суть RGB-Output-характеризации любого цветовоспроизводящего устройства, в том числе, струйного принтера, выступающего в роли цветопробного, состоит в том, что тройственные управляющие сигналы, подаваемые компьютером на вход печатающей системы, ставятся в соответствие цветовым ощущениям человека, возникающим при рассматривании оттиска, выполненного характеризуемым устройством, при том или ином освещении и при двух возможных уровнях освещенности — 2000 люкс (условия просмотра P1) и 600 люкс (условия просмотра P2).

Взаимоотношения управляющего сигнала с количеством краски, подаваемой на запечатываемую поверхность, а также взаимоотношения этого сигнала с черной краской — объявляются «черным ящиком». Иными словами, в роли аппаратных данных печатающих устройств при RGB-Output-характеризации выступают тройственные управляющие сигналы операционной системы компьютера.

В RGB-Output-профайле, построенном современным программным профайл-билдером, присутствует три варианта соответствий, по умолчанию обеспечивающих два ICC-уровня цветовоспроизведения (relative colorimetric и perceptual) и один «коммерческий» уровень, представляющий собой уровень произвольного цветовоспроизведения (первый уровень по классификации МНЛЦ) с приоритетом чистоты цвета элементов изображения (saturation).

В контексте характеризации для цифровой цветопробы интерес представляет только один вариант соответствий — relative colorimetric, записанный в A1toB1/B1toA1-таблицу ICC-профайла. Однако при этом из математических преобразований, выполняемых при расчете аппаратных данных цветопробного устройства, исключается этап нормировки колориметрических значений на белую точку носителя. В этом случае цветовоспроизведение реализуется на ICC-абсолютном колориметрическом уровне, что и требуется для создания цветопробного оттиска. Проще говоря, конверсия изображения по профайлу цветопробного устройства проводится в режиме absolute colorimetric, в результате чего цветопробный оттиск и *потенциальный* тиражный оттиск могут сравниваться одновременно, при одинаковых спектральных составах освещения и уровнях освещенности.

Построение профайла цветопробного устройства начинается с печати RGB-тест-карты характеризации, выполняемой в том режиме печати, который обеспечивает наибольший цветовой охват результирующих оттисков. Практика показывает, что наибольший цветовой охват цветопробных принтеров достигается тогда, когда печать реализуется в т.н. *нелинеаризованном режиме* (no color adjustment). При этом, если используются принтеры профессиональных серий, выпущенные компаниями Epson и Canon, то даже в нелинеаризованном режиме аппаратный отклик устройств остается уникальным, то есть, ситуация, при которой двум разным тройкам управляющих сигналов будет ошибочно поставлено в соответствие одно и то же цвето-

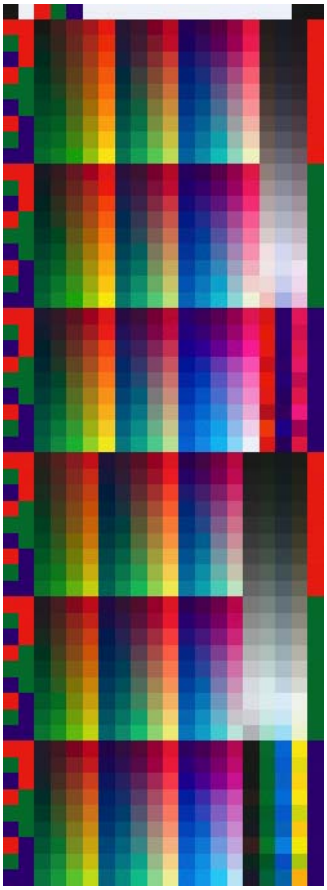

Рис. 11 Тест-карта характеризации широкоформатного струйного цветопробного принтера Epson Stylus Pro 9800 (TC9.18), предназначенная для спектральных измерений спектрофотометром iOne Pro.

вое ощущение человека (то есть L*a*b*-значение), исключается. Практика показывает, что наиболее точным профайл получается тогда, когда:

– спектрометрия образцов тест-карты выполнена по тридцати пяти зонам видимого спектра (шаг измерений — 10 нм);

– использован профайл-билдер компании GretagMacbeth (ProfileMaker 5.0.8.) или профайл-билдер компании Monaco (Monaco Profiler 4.8.3.).

На первом требовании следует остановиться особо. Опыт показывает, что коль скоро стимулы, продуцируемые колорантами современных струйных принтеров, обладают нетипично высоким уровнем колориметрической чистоты — спектрометрия с шагом 20 нм может дать ощутимые погрешности измерений и, соответственно, ошибки в CLUT-таблицах профайла. Сказанное означает, что применение спектрофотометров компании X-Rite, выпущенных до декабря 2006 года, не рекомендуется.

Следует сказать также, что ощутимо повысить прогностическую ценность цветопробных оттисков можно, если при построении профайла цветопробного устройства учесть спектральный состав просмотрового освещения. В этом случае колориметрические расчеты, выполненные на базе спектральных измерений тест-карты характеризации, будут ощутимо точнее, чем в случае, когда в качестве осветителя для колориметрических расчетов используется спектральное распределение энергии стандартного D50-осветителя. Кроме того, точности работы профайла в этом случае будет активно способствовать заложенная в этот профайл брэдфордская матрица расчета смены хроматической адаптации.

Необходимо отметить, что учет спектрального состава просмотрового освещения при построении профайла цветопробного устройства — это исключительно важный шаг для достижения метамерного равенства между элементами цветопробного оттиска и элементами оттиска тиражного. Таким образом, учет спектра осветителя радикально облегчает процесс «вгонки» (визуального уравнивания) тиражного оттиска в оттиск цветопробный, особенно когда речь идет о «капризных» цветах, таких как коричневые разных уровней светлоты, синий, фиолетовые и серые.

Примечание: к сожалению, несмотря на высочайшее качество исполнения, программы компании Monaco способны выполнять колориметрические расчеты только по спектру стандартного D50-осветителя, и становится понятным, что на сегодняшний день альтернативы программному пакету Profile Maker 5.0.8. в контексте разговора о цифровой цветопробе нет.

На рис. 11 показана стандартная RGB тест-карта характеризации на 918 полей, воспроизведенная цветопробным струйным принтером Epson 9800. На рис. 12 та же

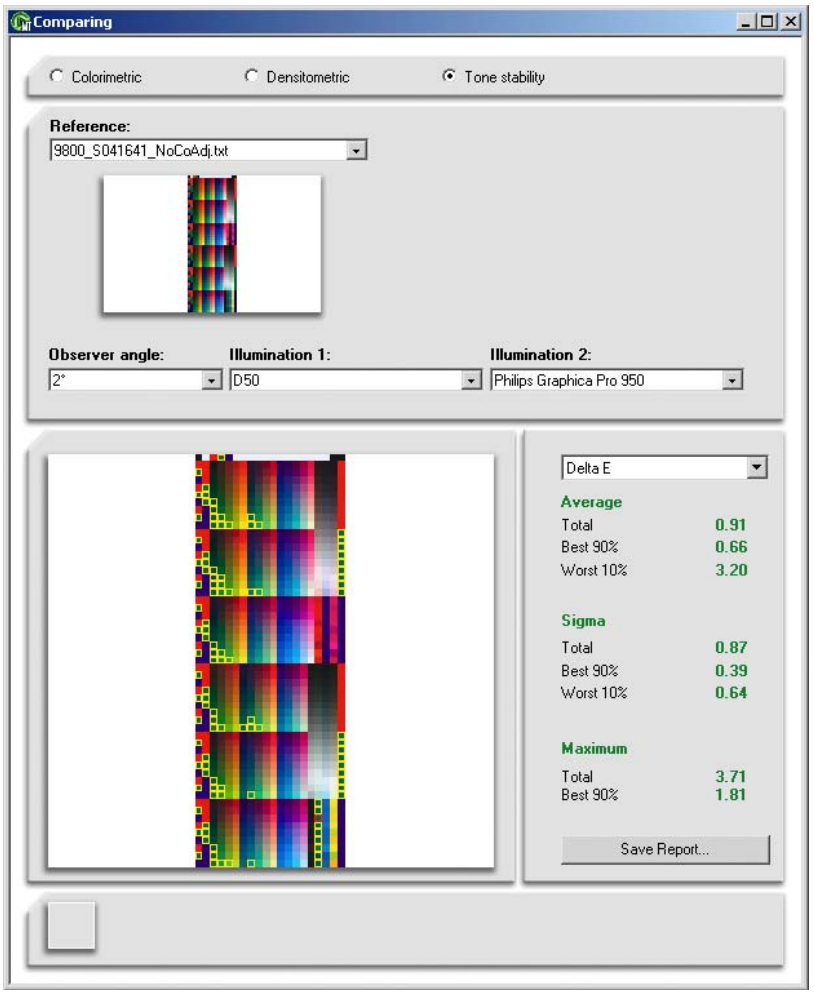

Рис. 12 Сравнение результатов цветового восприятия тест-карты характеризации широкоформатного струйного цветопробного принтера Epson Stylus Pro 9800 (TC9.18) при стандартном теоретическом D50-осветителе и фактическом освещении лампами Philips Graphica Pro 950. Хорошо видны участки расхождений (отмечены желтыми квадратами) и величины dE в правой части программного интерфейса. Вместе с тем, стоит отметить высокую тоновую стабильность колорантов данного принтера, а также высокое качество спектра источника сравнения (CRI 98).

тест-карта в двух вариантах условий ее просмотра (и результат их сравнения): D50-осветитель и лампы Philips Graphica Pro 950.

3.8 Линеаризация тон-репродукционного процесса

Прежде чем говорить о методике линеаризации флексографского тон-репродукционного процесса, следует остановиться на целях и задачах, а также фундаментальном смысле процедуры линеаризации.

В контексте ушедшего в прошлое *аппаратно-зависимого* цветовоспроизведения линеаризация тон-репродукционного процесса совершенно необходима, поскольку обеспечивает согласование всех звеньев репродукционной цепочки, а также результирующее уравнивание коэффициентов контрастности (гамма) оригинала и репродукции.

Без процедуры линеаризации достижение уровня колориметрического цветовоспроизведения невозможно (Хант, 2004), а возможно лишь обеспечение первых двух уровней МНЛЦ: произвольного и визуально комфортного.

При современном *аппаратно-независимом* цветовоспроизведении процедура линеаризации тон-репродукционного процесса приобретает принципиально иной смысл, и, в случае необходимости, может быть опущена практически без всякого ущерба для точности цветовоспроизведения.

В контексте аппаратно-независимого цветовоспроизведения целью линеаризации является обеспечение уникальности аппаратного отклика флексографского печатающего устройства и приведение тон-репродукционной характеристики к тому или иному варианту зависимости, рекомендованному разработчиком профайл-билдера.

Достигнутая с помощью линеаризации уникальность аппаратного отклика на оптический управляющий сигнал (CMYK-сигнал) гарантирует невозможность возникновения ситуаций, при которых разные аппаратные сигналы приведут к воспроизведению одного и того же цветового стимула. А приведение тон-репродукционного процесса к определенной зависимости, чаще всего логарифмической (т.е. линейной по оптическим плотностям), существенно облегчает математический расчет в момент построения профайла и повышает его точность.

Если же линеаризация по каким-либо причинам неосуществима, это не значит, что ICC-характеризация флексографского процесса невозможна.

Технология линеаризации тон-репродукционного процесса во флексографии довольно сложна: процедура сопряжена с оперативной подгонкой компенсационных кривых (вводятся в РИП формного процессора), выполняемой по серии т.н. *печатных тестов линеаризации* (рис. 13)

Во флексографском процессе процедура линеаризации осложняется еще и тем, что в случае традиционной контактной печати имеют место проблемы непропечатки и/или избыточного растискивания 1-3 процентных растровых элементов. Поэтому начальный участок компенсационной кривой вынужден иметь т.н. «пятку», то есть сигналы на входе и на выходе имеют следующий вид:

Вход	Выход
1	3
2	3
3	3

Проводить процедуру линеаризации флексографского процесса имеет смысл в тех случаях, когда в результате теста характеризации нелинеаризованного процесса выявлены участки, в которых аппаратный отклик утратил свою уникальность. Подчеркнем, что в контексте статистического ICC-описания цветорепродукционного процесса (многомерные 33x33x33 шестнадцатибитные CLUT таблицы) приведение тон-репродукционных характеристик этого процесса к определенной зависимости не имеет практически ни какой колориметрической ценности и практически никак не влияет на результаты цветовоспроизведения.

Все сказанное выше о линеаризации целиком подтверждается практикой работы флексографских предприятий Санкт-Петербурга.

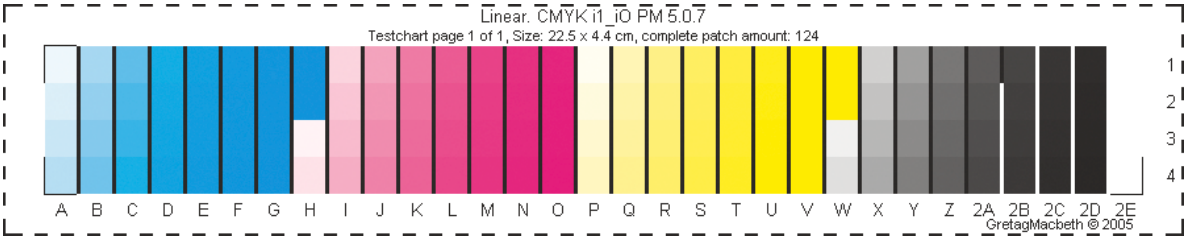

Рис. 13 Тест-карта линеаризации тон-репродукционного процесса.

3.9 Печать тест карт характеризации

Печать тест карт характеризации это одно из самых ответственных, но при этом далеко не самых сложных мероприятий. Процесс должен происходить под контролем главного технолога, или того лица, которое непосредственно отвечает за построение CMS на данном предприятии. Практика свидетельствует, что печать тест карт характеризации занимает полную рабочую смену и, следовательно, неизбежны экономические убытки составляющие порядка 500-1000 Eur.

⇨ Процедура может быть осуществлена только в том случае, если к моменту ее начала технологическое состояние всего производственного процесса полностью соответствует внутреннему стандарту предприятия.

Подготовка к печати тест карт характеризации проводится самым обычным образом, по привычной и стандартной для предприятия схеме.

Набор образцов тест карт характеризации определяется двумя главными факторами:

1. Наличием/отсутствием предварительной линеаризации тон-репродукционного процесса.

2. Полезной площадью запечатываемого поля.

Когда тон-репродукционный процесс линеаризован, то набор образцов невелик и выборка его составляет 300-400 CMYK-комбинаций. Если в качестве основного профайл-билдера используется пакет Profile Maker 5.0.8., то, как правило, используется карта TC 3.5 CMYK. (рис. 14).

Если в качестве основного профайл-билдера используется Monaco Profile 4.8.3., — то берется карта на 378 полей (рис. 15).

Подчеркнем, что в случае линеаризованного тон-репродукционного процесса использование тест-карт с большим количеством образцов (1500 и выше) — нецелесообразно и, более того, вредно: избыток CMYK-комбинаций не повышает точность результирующего профайла, но напротив — подчас снижает ее (причиной тому накапливающаяся систематическая ошибка вычислений).

Когда тон-репродукционный процесс не линеаризован, применяются тест карты с большим числом полей (т.е. с большей выборкой CMYK-комбинаций), что вполне оправданно, и реально повышает качество (точность) результирующего профайла, особенно в тех участках тонового диапазона, где потенциально возможна утрата уникальности аппаратного отклика. В данном случае количество образцов определяется воз-

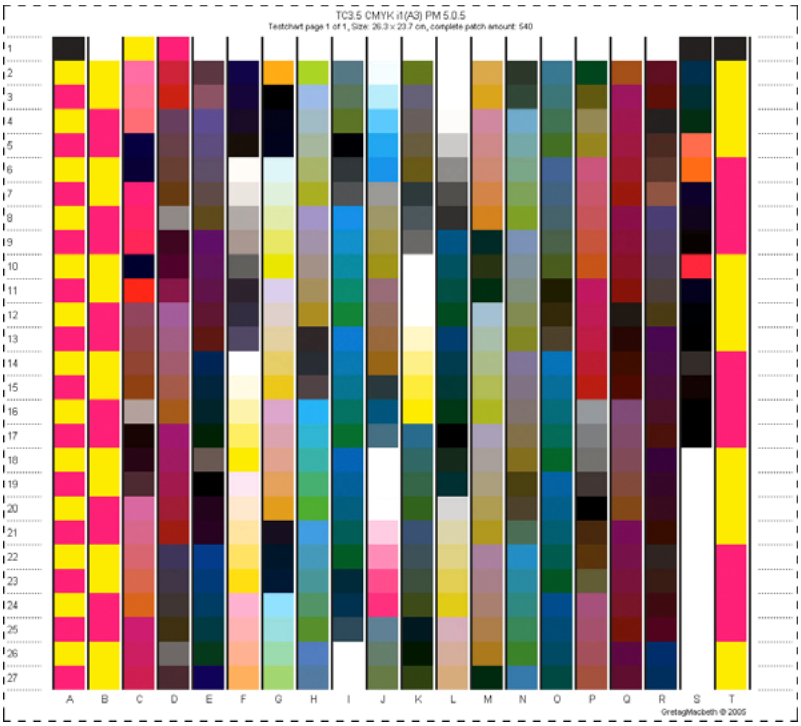

Рис. 14 Тест-карта характеризации (TC 3.5 CMYK GretagMacbeth) линеаризованного флексографского процесса, предназначенная для спектральных измерений спектрофотометром iOne

Рис. 15 Тест-карта характеризации Monaco Profiler 4.8.3 линеаризованного флексографского процесса , предназначенная для спектральных измерений спектрофотометром iOne Pro.

можностью максимального заполнения печатного поля (2-й фактор). Т.е. для печати тест-карт нелинеаризованных флексографских процессов выбираются:

— запечатываемый материал максимально возможной ширины;

— формные цилиндры максимально возможного диаметра.

Сказанное выше позволяет задействовать максимально возможную площадь поля

и, следовательно, использовать максимальное количество CMYK-комбинаций. В случае применения программного пакета Profile Maker 5.0.8. соответствующая тест карта создается с помощью утилиты «Testchart generator», а в случае использования пакета Monaco Profile 4.8.3. — с помощью встроенного генератора.

Очевидно, что в контексте разговора о количестве полей и их последующей спектрометрии, несомненным преимуществом обладает установка Spectroscan, допускающая размер образца всего лишь 5x5 мм и, следовательно, позволяющая на одной и той же площади разместить максимальное количество CMYK-комбинаций. Однако адекватный профайл флексографского цветорепродукционного процесса может быть построен и с помощью спектрофотометра iOne, размер апертуры которого требует формата образцов не менее чем 8x10мм.

Печать тест карт характеризации начинается с того, что обеспечивается должная точность совмещения форм (приводки). Критерием точности совмещения, как ни странно, является не столько точность наложения крестов и микроточек, сколько обеспечение идеально четкой растровой розетки: дело в том, что наличие растровой розетки играет фундаментально важную роль, поскольку выступает маркером текущего взаиморасположения растровых элементов и взаимоналожений колорантов. Растровая розетка, воспроизведенная в тираже — это гарант того, что в красочном отношении (при прочих равных) репродукционная ситуация эквивалентна печати тест-карт характеризации.

Отметим, что совмещение красочных форм производится на приладочной скорости, составляющей в нашем случае 30-50 м/мин.

По обеспечении приводки выполняется отрез рапортов и денсиметрический контроль равномерности оптических плотностей колорантов по всему печатному полю, в связи с чем позиции 100% колорантных образцов должны быть заранее зафиксированы в протоколе печати тест-карт. К примеру, образцы:

— A4, C21, E14, F31, G11,H24, и K19 — 100% Cyan;
— A12, B31, D14, I20, H4 и P22 — 100% magenta;
— A8, C13, D20, F24, G4, и H23 — 100% yellow;
— B12, C7, I11, F19, G8, H16 и K3 — 100% Black.

Равномерность распределения оптических плотностей колорантов по печатному полю не должна выходить за рамки коридора ±0,05D. Если должная равномерность не обеспечивается, печать тест карт останавливается до выявления причин и устранения неполадок. Аналогичным образом поступают в отношении 30% и 70% образцов, и, в случае выхода величин оптических плотностей за границы указанного коридора, печать тест-карт останавливается до выяснения причин.

Если требуемая равномерность обеспечена, главный технолог дает команду на разгонку машины до крейсерской тиражной скорости. По выходе на тиражную скорость выполняется останов печати и контрольный срез раппорта, после которого производится повторный контроль равномерности оптических плотностей 100% колорантных плашек. Если при этом показатели не выходят за рамки указанного выше коридора, среднее значение по каждому колоранту фиксируется в протоколе печати тест карт. При этом в дополнение к вышеописанной процедуре производится денситометрический замер 100% колорантных плашек, нанесенных на периферийные шкалы раппорта и полученные значения (которые могут сильно отличаться от тех, что были получены с основного печатного поля) фиксируются в протоколе печати тест-карт и заносятся в реестр внутреннего стандарта предприятия по данному запечатываемому материалу.

На следующем этапе денситометрии выполняется контроль равномерности распределения оптических плотностей 30% и 70% колорантных образцов. При этом оптические плотности тех образцов, что расположены на периферийных линейках раппорта, заносятся в реестр внутреннего стандарта предприятия. Любопытно отметить, что в контексте аппаратно-независимого флексографского цветовоспроизведения необходимость в оперативном контроле dot gain полностью отпадает и следует следить лишь за равномерностью оптических плотностей 30% и 70% колорантных образцов по всему печатному полю и их соответствию внутреннему стандарту предприятия.

Помимо перечисленных мероприятий по окончании печати тест-карт в протокол печати, а так же во внутренний стандарт предприятия заносится линиатура анилоксовых валов на секциях печатной машины, а также, в случае равенства линиатур на всех секциях — серийные номера этих валов на каждой секции.

Выбор подходящих анилоксовых валов — это весьма непростая задача. С одной стороны, он диктуется величиной желаемой линиатуры растровой сетки, с другой —существуют и цветорепродукционные критерии выбора линиатур анилоксовых валов. Поскольку при помощи ICC-профайла флексографского процесса программное обеспечение препресс-студии эффективно рассчитывает величины аппаратных сигналов, необходимых для воспроизведения стимулов с заданными перцепционными (или как минимум колориметрическими) свойствами, то вполне можно ограничиться равными линиатурами анилоксовых валов на всех печатных секциях. К примеру:

Cyan секция — 300

Magenta — 300

Yellow — 300

Black — 300.

Однако в этом случае образцы тест–карт, запечатанные равновеликими площадями CMYK колорантов, при освещении этих карт большинством фактических источников освещения, — воспроизведут стимулы, ощутимо удаленные (по восприятию) от серых. В логике аппаратно-независимого цветовоспроизведения это обстоятельство не играет практически никакой роли, однако сильный уклон от серого может привести к выраженному снижению точности результирующего профайла. Поэтому, если при печати тест карт обнаруживается, что «серые» образцы имеют выраженный сдвиг (т.н. подцветку), то (при наличии технической возможности) имеет смысл нарушить равенство линиатур анилоксовых валов и подобрать такую их комбинацию, которая максимально приблизит обсуждаемые образцы к серому (что, в свою очередь, позволит максимально повысить качество результирующего профайла).

Подчеркнем, что в данном случае речь идет не о соблюдении эвансовского принципа балансировки по серому (Хант, 2004), но лишь об уходе от возможных ошибок CLUT-интерполяции — принцип Эванса, то есть, принцип баланса по серому, в аппаратно-независимом цветовоспроизведении утратил свою актуальность.

Также в реестр внутреннего стандарта предприятия могут быть занесены диаметры пятен колорантных мирр натиска (опционально).

3.10 Спектрометрия тест-карт характеризации

Спектрометрия тест карт характеризации флексографского цветорепродукционного процесса должна проводится согласно стандарту ISO 13655:1996 (Полиграфия — Спектральные измерения и колориметрические вычисления для графических изображений, а также результирующее цветовое пространство, именуемое Profile Connection

Space [PCS]), но при этом отметим, что по сей день нет единого взгляда на проблему выбора спектрального коэффициента отражения поверхности подложки при спектральных измерениях. Вот, что по этому поводу говорит ICC-спецификация:

> «Отметим, что при выполнении измерений на отражение ISO 13655 сегодня рекомендует использовать черную подкладку, тогда как многие пользователи предпочитают белую. Однако стандарт ISO 13655 постоянно обновляется, и вполне вероятно, что данная рекомендация может быть пересмотрена.».

Однако, как показывает опыт, оптимальной является подложка состоящая из 10 листов незапечатанного тиражного материала, т.е. того материала, на котором воспроизведена тест карта.

В отличие от цветопробного, во флексографском цветорепродукционном процессе допустимы спектральные измерения с шагом 20 нм и в сокращенном диапазоне 400-700нм (против стандартного 380-730 нм). При этом настоятельно рекомендуется сохранять референсы измерений в виде спектральных данных (спектральные коэффициенты отражения запечатываемой поверхности), а не виде результирующих L*a*b*-координат. Последнее ограничивает цветорепродукционный процесс стандартными условиями просмотра P1 и P2, тогда как использование спектральных данных позволяет воспроизводить изображения с учетом их восприятия в конкретных, интересующих заказчика, условиях просмотра (к примеру, при освещении продукции люминесцентными лампами класса F11, лампами накаливания, натриевыми лампами и пр.)

Наконец отметим, что спектрометрия поверхностей, запечатанных флексографскими красками, как правило, не требует паузы, необходимой для стабилизации колориметрических показателей красок и может проводиться практически сразу после печати тест-карт.

3.11 Построение ICC-профайла флексографского цветорепродукционного процесса

Начнем с того, что построение профайла флексографского цветорепродукционного процесса может быть выполнено при помощи трех возможных профайл-билдеров: Profile Maker 5.0.8., Monaco Profiler 4.8.3. и Print Open 5.0.2.

Как показывает практика, все три программных пакета работают примерно одинаково, однако предпочтительным, на наш взгляд, является пакет Profile Maker 5.0.8., поскольку сегодня только он позволяет производить учет фактических условий просмотра, а также эффективно реализовывать весь цветовой охват устройства (режим гамут-мэппинга Colorful).

При построении профайла следует учитывать ряд критично важных параметров и особенность их учета состоит в том, что теоретическое знание в данном контексте не может избавить от серии неизбежных итераций, поскольку любой цветорепродукционный процесс обладает явно выраженной специфичностью, ярко выраженным «характером». К сожалению, предлагаемый набор стандартных установок никогда не оказывается оптимальным и единого комплекта рекомендаций по тактике выбора этих установок не существует. Однако, несмотря на сказанное выше, рассмотрим те параметры, которые необходимо учесть.

3.11.1 TIL (сумма красок)

Особенность флексографского цветорепродукционного процесса состоит в том, что даже при полной сумме красок (400%) на больших площадях изображения не происходит переувлажнения запечатываемого материала и отмарывания этого изображения на подложку (проблема, характерная для офсетной печати). При этом, казалось бы, при построении профайла можно смело выбирать величину суммы красок равную 400%, обеспечивая тем самым максимальный динамический диапазон результирующих изображений и гарантируя достижение этими изображениями полноценного (оптимального) визуального контраста. Однако на тех участках изображения, где сумма красок превышает 340 — 350%, аппаратный отклик флексографских устройств утрачивает уникальность, а в результирующем профайле на соответствующем тоновом участке (глубокие тени) появляются грубые ошибки. Плюс к тому, в глубоких тенях изображения неизбежно теряется детализация.

Поэтому, опытным путем установлено, что для создания ICC-описания флексографского процесса, оптимальной является сумма красок порядка 330 — 350%. Однако, когда речь идет о характеризации *линеаризованного* процесса, удовлетворительную деталировку в глубоких тенях изображений можно получить даже при TIL 380%.

3.11.2 Выбор кривой генерации черного для расчета серого баланса

Практика показывает, что при расчете серого баланса изображений для разных их видов оптимальными являются разные кривые генерации черного. Однако, общей рекомендацией является то, что появление черной краски допустимо только на тональных уровнях ниже 70, по оси L. Вместе с тем опыт свидетельствует, что при высоком качестве приводки сепараций характер кривой генерации черного не имеет решающего значения (подобно тому, как она не играет решающей роли в струйных системах).

Однако, высокая точность приводки в тиражах — это скорее исключение, чем правило, поэтому на каждый репродукционный цикл рекомендуется строить по три цветовых профайла, т.е. с тремя вариантами генерации черного:

GCR1 (в лексике GretagMacbeth) — для изображений высокой относительной интегральной фотометрической яркости (перцепционный приоритет светов) (рис. 16 слева);

Примечание: относительная интегральная фотометрическая яркость изображения — это его интегральная фотометрическая яркость, нормированная на фотометрическую яркость белой точки.

GCR2 — для изображений средней относительной интегральной фотометрической яркости (перцепционный приоритет средних тонов) (рис. 16 в центре);

GCR3-GCR4 — для изображений низкой относительной интегральной фотометрической яркости (перцепционный приоритет теней) (рис. 16 справа).

3.11.3 Заполнение черным (BW)

Параметр именуемый «заполнение черным» (Black width) определяет наличие/отсутствие черной краски в высокохроматичных участках цветового охвата репродукционного процесса. Здесь также, как и в предыдущем пункте рекомендуется три варианта выбора величины заполнения черным:

— 10% для изображений с требуемой высокой чистотой цвета (рис. 17 слева).

— 30 — 40% для обычных фотореалистичных изображений (рис. 17 в центре).

— 70 — 80% для изображений нейтрального характера (таких как разного рода металлические предметы, строения, улицы городов и т.п) (рис. 17 справа).

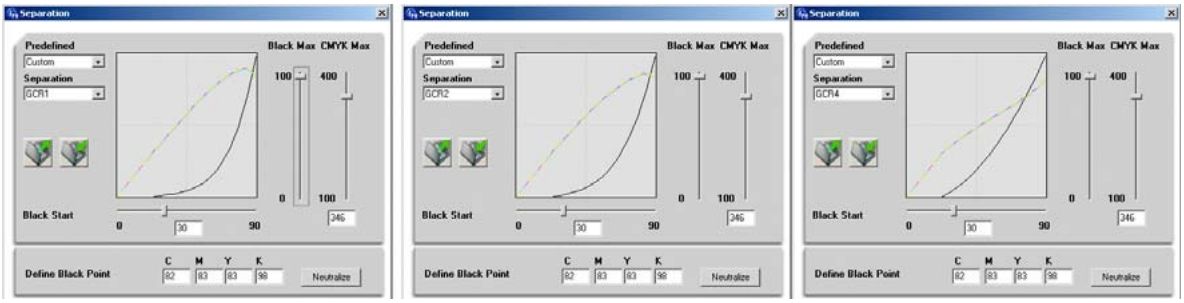

Рис. 16 Варианты кривых генерации черного при расчете серого баланса для трех основных видов изображений (с высокой, средней и низкой относительными интегральными фотометрическими яркостями). a — изображения с перцепционным приоритетом светов; b — с перцепционным приоритетом средних тонов; c — с перцепционным приоритетом теней.

Рис. 17 Варианты «заполнения черным» высокохроматичных участков цветового охвата. a — изображения с требуемой высокой чистотой цвета; b — обычные фотореалистичные изображения; c — изображения нейтрального характера.

3.11.4 Максимальный выход черного

Как правило, при полиграфическом цветорепродуцировании (в частности, в офсете) максимальный уровень по черному каналу ограничивают 98%, однако флексографская практика свидетельствует, что этот показатель иногда может быть выставлен на 100%.

3.11.5 Gamut mapping

Не вызывает сомнения тот факт, что сегодня наиболее совершенным является принцип компрессии «Logo Colorful», разработанный компанией GretagMacbeth, суть которого состоит в приоритете сохранения соотношения «субъективная яркость/полнота цвета» элементов изображения, но не «светлота/насыщенность», как в предыдущих версиях («Logo Classic»). Еще одной особенностью режима «Colorful» является то, что он основан на самой современной и совершенной сегодня модели цветового восприятия — CIECAM02.

3.11.6 Разрядность CLUT-таблицы

Вне зависимости от того, линеаризован цветорепродукционный процесс или нет, оптимальные результаты дает 16-битовая 33x33x33 CLUT-таблица (режим «large» в лексике Profile maker).

3.11.7 Учет спектрального состава фактического освещения

Как уже было сказано выше, учет спектрального состава фактического освещения и расчет матрицы смены хроматической адаптации (брэдфордская матрица) сегодня может произвести только Profile maker 5.x.x. Однако, как в среде заказчиков полиграфической продукции, так и в среде работников полиграфии до сих пор нет четкого понимания необходимости учета фактических условий просмотра изображений и, соответственно, нет навыков построения цветовых профайлов цветорепродукционного процесса для нестандартных условий освещения.

Вместе с тем, исключительно высокая хроматическая стабильность флексографских колорантов ощутимо компенсирует данный недочет: построение профайлов в расчете на стандартное D50-освещение оказывается адекватным большому числу возможных просмотровых условий вплоть до освещения продукции люминесцентными лампами класса F11.

3.12 Контроль качества ICC-профайла печатного процесса

Контроль качества ICC-профайла печатного процесса выполняется двумя основными путями.

3.12.1 Визуальный контроль

Следует сразу сказать, что сам факт «вгоняемости» приладочного оттиска в оттиск цветопробный (при условии, что профайл цветопробного устройства адекватен) уже является достаточным основанием для того, чтобы сделать вывод о соответствующем качестве тиражного профайла.

Вместе с тем, если быстрой и легкой вгонки в цветопробный оттиск не произошло и печатнику пришлось приложить определенные усилия, то это еще не означает, что профайл тиражного процесса оказался неудачным. Вполне вероятно, что за период времени, прошедший от печати тест-карт характеризации до получения тиражного оттиска, произошло отклонение параметров цветорепродукционного процесса от тех значений, что были зафиксированы в реестре внутреннего стандарта предприятия. Иными словами, достаточно высока вероятность того (и опыт тому подтверждение), что фактическое цветовоспроизводящее устройство — это уже иное устройство, которое формально требует построения нового профайла. Однако, прежде всего, следует попытаться найти то звено производственной цепочки, которое дало сбой (что, в конечном итоге, привело к недееспособности текущего ICC-профайла устройства).

Сказанное выше — это типичная ситуация для полиграфии в целом и флексографского производства в частности. Причиной тому тот факт, что внутри производственной цепи происходит преобразование *электрического управляющего сигнала* (несущего информацию об изображении) в *сигнал оптический*, стабильность которого зависит как от физической стабильности всех промежуточных устройств, так и от влияния человеческого фактора. Последнее, как показывает практика, является определяющим.

В описанной ситуации всегда имеет смысл приложить усилия к тому, чтобы привести состояние цветорепродукционного процесса к параметрам внутреннего стандарта предприятия, а затем повторить попытку печати. Опыт свидетельствует, что если при создании внутреннего стандарта предприятия не были допущены грубые ошибки, то эффективность таких попыток стремится к 100%.

3.12.2 Тестовая печать

В качестве теста, используемого для проверки тиражного профайла, может быть рекомендована видоизмененная тест-карта TC 3.5. CMYK. Смысл мероприятия состоит в том, что аппаратные (CMYK-) комбинации всех образцов контрольной карты несколько отличаются от тест-карты оригинальной, дабы результирующие значения L*a*b*-координат были получены путем именно *интерполяции*, а не взяты из узловых точек CLUT-таблицы ICC-профайла.

Удобным и быстрым способом пакетного изменения содержимого тест-карты является применение инструмента «Edit colors» программы ColorLab 2.x.x.: в панели инструментов достаточно сдвинуть «цветовой тон» на 20-30° любом направлении и пересохранить тест-карту (рис. 18).

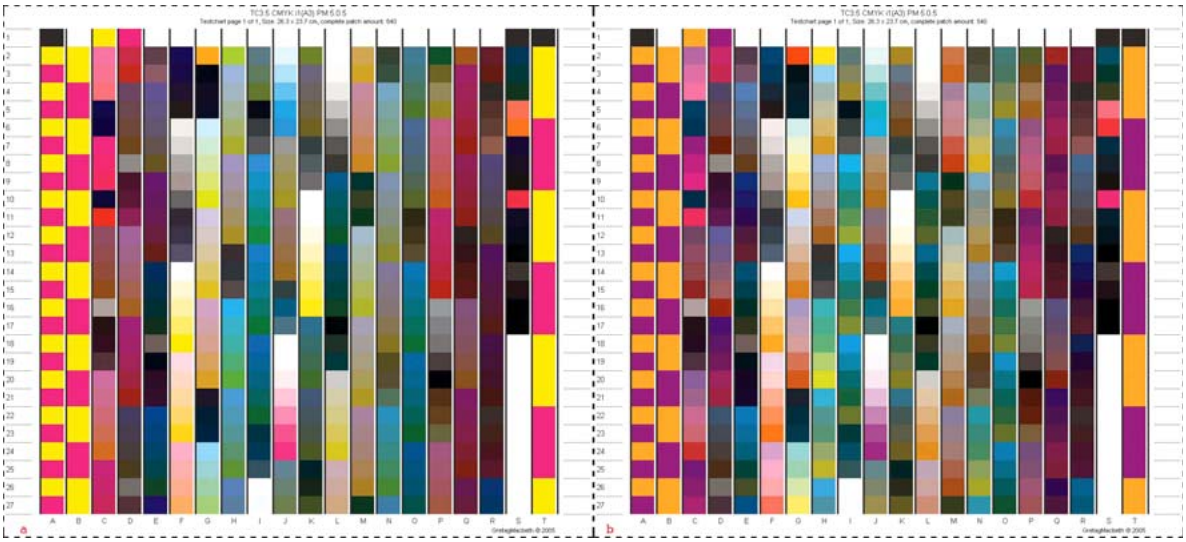

Рис. 18 Слева: стандартная тест-карта TC 3.5. CMYK; Справа: контрольная карта, представляющая собой стандартную тест-карту TC 3.5. CMYK, в которой все образцы сдвинуты по «цветовому тону» на 30° по часовой стрелке.

Контрольная печать должна проходить в строгом соответствии требованиям внутреннего стандарта предприятия, после чего выполняется спектрометрия оттиска и последующий колориметрический расчет L*a*b*-координат каждого образца. Результаты сохраняются в виде текстового файла (названного, к примеру «print.txt») после чего в программе ColorLab 2.x.x выполняется конверсия аппаратных CMYK-значений в L*a*b*-координаты по тестируемому профайлу и в режиме цветопередачи «Absolute colorimetric». Результат конверсии сохраняется в виде текстового файла (названного, к примеру, «estimation.txt»).

Конечной стадией процесса проверки является сравнение файла измерений с расчетными значениями (рис. 19).

Опытным путем установлены допуски цветовых отличий, определяющие качество тестируемого профайла:

- Для нейтральных и околонейтральных образцов $\Delta E \leq 1{,}5$;
- Для нейтральных и околонейтральных *теневых* образцов $\Delta E \leq 2{,}5$;
- Для высоконасыщенных образцов, лежащих возле границ цветового охвата печати $\Delta E \leq 4$.

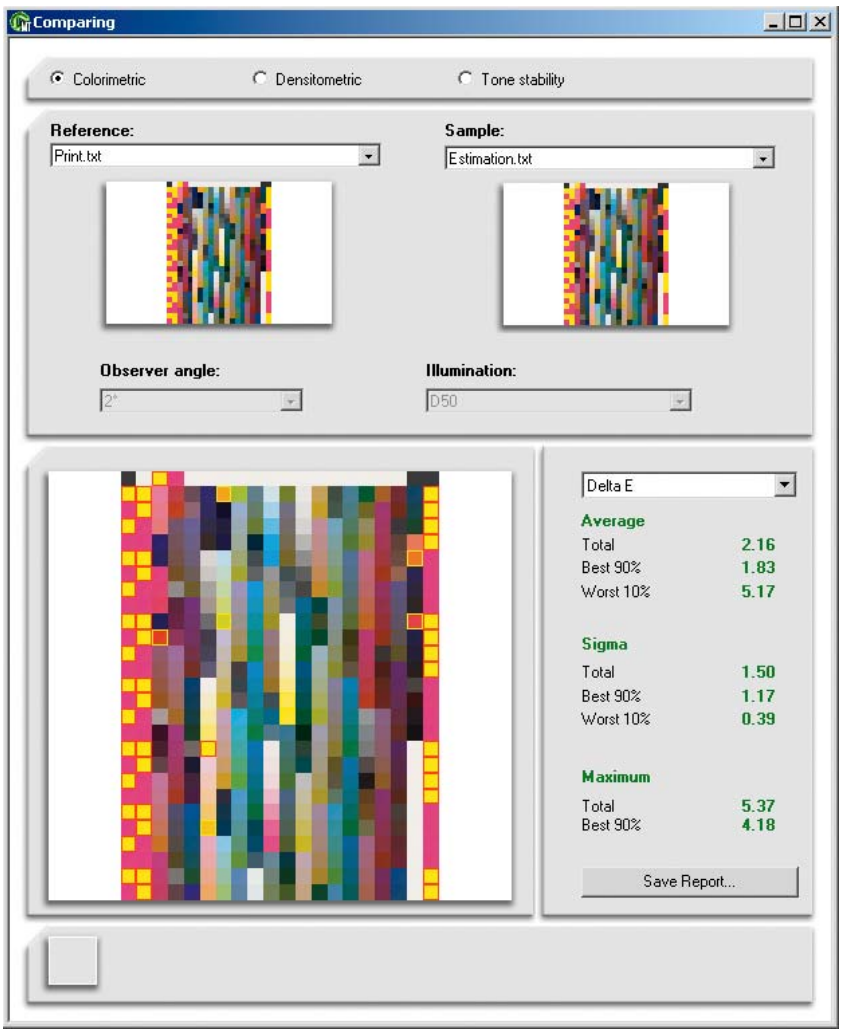

Рис. 19 Результат сравнения фактической колориметрии отпечатанной контрольной карты с колориметрическими данными той же карты, рассчитанными по тестируемому профайлу печатного процесса.

3.13 Программное обеспечение работы CMS на флексографском предприятии. Рабочий поток

На сегодняшний день самым простым, эффективным и дешевым способом программного обеспечения действия CMS на любом полиграфическом предприятии является применение программного пакета «Adobe Creative Suite» версии 2 или 3. Однако, для флексографских нужд разработаны специализированные программные пакеты, такие как «Barco Package», «Esco Grafica», но чрезвычайно высокая цена этих программ (20 000 Eur) препятствует их распространению в среде малых флексографских предприятий.

Далее. В настоящей работе не имеет смысла акцентировать внимание на сугубо технологических аспектах допечатной подготовки флексографских изображений, таких как учет непропечатки одно— и двухпроцентных растровых элементов, приемах визуальной компенсации эффектов неприводки печатных форм (трэппинг) и пр.

Мы полагаем, что в контексте рассуждений о CMS в данном разделе следует гово-

рить об особенностях программного управления цветорепродукционным процессом от момента ввода визуальной информации в компьютер до момента конверсии изображения в набор аппаратных сигналов тиражного устройства (CMYK-сигналы). Отметим лишь только то, что учет особенностей флексографских технологий выполняется всегда *после* этой конверсии, что влечет за собой неизбежное отклонение от расчетных значений и, следовательно, вносит неизбежные искажения в цветовую репродукцию (в основном, весьма незначительные).

Общая схема color management-мероприятий во флексографском производстве строится по двум основным принципам, выбор которых определяется тем, каков источник репродуцируемого изображения.

3.13.1 «Классическая» схема

Источником изображения являются реальные сцены или изображения сцен.

В первом случае оцифровка производится с помощью ICC-характеризованной ЦФК. Во втором случае — с помощью ICC-характеризованного сканера. И первой и второе производится при уровне дискретизации (тональном разрешении) 16 бит на канал.

С того момента, как в памяти компьютера появляется «изображение», представляющее собой информацию об электрических сигналах ЦФК или сканера с этим «изображением» производятся следующие манипуляции:

1. Интерпретация аппаратных сигналов устройства ввода в L*a*b*-координаты по ICC-профайлу этого устройства (команда «Assign profile»);

2. Пересчет L*a*b*-координат в трихроматические (RGB-) сигналы абстрактного цветовоспроизводящего устройства (sRGB, Adobe RGB). Выбор абстрактного цветовоспроизводящего устройства определяется следующим принципом — так называемые фотореалистичные изображения пересчитываются в трихроматические сигналы абстрактного sRGB-устройства; изображения, элементы которых несут информацию о цветовых стимулах, нетипичных для естественных сцен (т.н. *антропогенные цветовые стимулы*, — в первую очередь, интенсивно-голубые) конвертируются в трихроматические сигналы абстрактного Adobe RGB-устройства, цветовой охват которого рассчитан на изображение такого характера.

3. Цветокоррекция, выполняемая за счет осмысленного манипулирования аппаратными сигналами абстрактного трихроматического устройства.

4. Конверсия (команда «Convert to profile») откорректированного изображения в аппаратные сигналы тиражного устройства (CMYK-сигналы);

5. Компенсация недочетов конверсии изображения в аппаратные сигналы тиражного устройства, а также учет технологических особенностей флексографской печати (2-3% растры);

6. Уменьшение тонального разрешения цифрового изображения до 8 бит (на канал)

Описанная выше схема может быть реализована как в отношении растровых, так и в отношении векторных и комбинированных изображений.

Теперь следует остановиться на том, какой из ICC-режимов цветопередачи следует выбрать и каковы критерии этого выбора.

Как было показано в теоретической части настоящей работы, ICC-система предпо-

лагает 4 возможных варианта цветопередачи (см. таблицу 1). Однако в реальной полиграфической практике активно используется лишь 3 из них:

- *ICC-абсолютная колориметрическая цветопередача* (*Absolute colorimetric*). Применяется в цветопробном деле, реализует уровень эквивалентного цветовоспроизведения по Ханту (Хант, 2004) и предполагает одновременное бинокулярное сравнение оригинала и репродукции в одинаковых условиях просмотра.
- *ICC-относительная колориметрическая цветопередача* (*Relative colorimetric*). Реализует уровень колориметрического цветовоспроизведения по классификации МНЛЦ и предполагает последовательное бинокулярное сравнение оригинала и репродукции, с паузой как минимум в одну минуту для переадаптации зрения.
- *Цветопередача по общему восприятию* (*Perceptual*). Реализует уровень визуально-комфортного цветовоспроизведения по классификации МНЛЦ и также предполагает последовательное бинокулярное сравнение оригинала и репродукции.

Отметим, что с недавнего времени у пользователей CMS появилась возможность реализовывать четвертый (опциональный) ICC-уровень цветовоспроизведения, представляющий собой ICC-относительный колориметрический уровень в сочетании с матричным расчетом смены хроматической адаптации наблюдателя. К сожалению, сегодня эта возможность мало кем осознается и, соответственно, мало кем используется. Но при детальном изучении проблемы становится понятным, что возможность учета смены хроматической адаптации наблюдателя — это колоссальный по своей прогрессивности шаг в развитии CMS, позволяющий поднять системы аппаратно-независимого цветовоспроизведения на уровень цветовоспроизведения по восприятию (четвертый уровень по классификации МНЛЦ).

Далее. Наша точка зрения такова, что CMS-системы никогда не смогут обеспечить высший, пятый, уровень цветовоспроизведения («выделенное цветовоспроизведение» по классификации МНЛЦ), поскольку достижение этого уровня предполагает обязательный контекстный анализ изображения наблюдателем и комплекс ручных мероприятий, направленных на изменение характера изображения, в частности, колориметрических параметров его элементов. Последнее представляет собой цель и смысл *цветокоррекции*.

Отметим также, что сегодня полиграфические производства всего мира работают на уровне ICC-относительного колориметрического цветовоспроизведения, не учитывая при этом тот факт, что результирующее изображение (т.е. продукция предприятия) должна в этом случае рассматриваться в стандартных условиях просмотра P1, предполагающих наличие стандартного D50 осветителя (или его имитатора) при освещенности 2000 люкс, чего почти никогда не бывает в реальной практике.

Реальные просмотровые условия чаще всего подпадают под категорию условий просмотра P2, предполагающих освещенность рассматриваемого изображения в 400-600 люкс (ISO 3664:2000). Для P2-условий ICC-спецификация позиционирует режим цветопередачи «Perceptual» («Цветопередача по общему восприятию»). Однако, качество perceptual-таблиц в ICC-профайлах достигло необходимого уровня совсем недавно, фактически с момента выхода в 2005 г. пятой версии программного пакета Profile Maker 5.x.x.

В пятой версии Profile Maker для построения perceptual-таблиц задействуется система CIECAM02, позволяющая радикально повысить как точность колориметрических расчетов L*a*b*-координат, так и точность расчета смены хроматической адаптации наблюдателя.

Отметим также, что в современных perceptual-таблицах практически полностью решена одна из фундаментальных проблем как аппаратно-зависимого, так и аппаратно-независимого цветовоспроизведений, именуемая «Blue turns purple» — смещение синего в пурпурный сектор цветового пространства. Однако и по сей день perceptual-таблицы подвергаются непрерывной «шлифовке», но при этом уже могут быть смело рекомендованы для современного аппаратно-независимого цветорепродукционного процесса в качестве основных. Сказанное целиком подтверждается практикой.

3.13.2 «Вынужденная» схема

При «вынужденной» схеме (неизбежно действующей наряду с «классической») источником изображений является цифровой файл заказчика. Последний в подавляющем большинстве случаев представляет собой набор аппаратных CMYK-сигналов с шагом дискретизации 8-бит и, чаще всего, не имеющих соответствующего интерпретатора (профайла) этих сигналов в перцепционные размерности (L*a*b*).

В описанной ситуации оператору допечатной подготовки не остается ничего, как только путем перебора различных профайлов (команда «Assign profile») выбрать тот, что более всего согласуется с представлением цветокорректора о реальных сценах и предметах.

Далее изображение конвертируется в L*a*b*-координаты по выбранному профайлу, а последующие манипуляции с изображением ведутся по «классической» схеме, начиная с п.2. При этом стоит сказать, что чаще всего (даже несмотря на то, что подобранный профайл может оказаться удачным) изображение неизбежно подвергается «тяжелой» цветокоррекции, что при уровне дискретизации 8 бит на канал ведет к резкому падению числа тоновых градаций в этом изображении: оно теряет «пластичность», «воздушность» и т.п.

В тех случаях, когда к файлу заказчика прикреплен интерпретатор аппаратных сигналов (составляющих содержимое этого файла), т.е. ICC-профайл, — «вынужденная» схема превращается в «классическую» от п. 2 (за исключением того, что все манипуляции чаще всего проводятся при тональном разрешении изображения 8 бит на канал).

3.14 Гамут-мэппинг

Решением фундаментальной проблемы несоответствия цветового охвата *цифрового изображения* цветовому охвату воспроизводящего устройства является т.н. gamut mapping, что в подстрочном переводе означает «масштабирование цветового охвата». Так как проблема масштабирования охвата по большей части сводится к проблеме компрессии внеохватных цветов изображения в цветовой охват воспроизводящего устройства (т.н. охват назначения, целевой охват), то далее вместо термина «gamut mapping» мы будем употреблять термин «цветовая компрессия». Последний, к сожалению, неполон и неточен: проблемы масштабирования цветового охвата не ограничиваются собственно компрессией, но включают в себя также т.н. *цветовую экспансию*, направленную на полную реализацию цветового охвата устройства (Фершильд, 2004). Иными словами, имеет место проецирование высоконасыщенных цветов элементов изображения лежащих *внутри* целевого охвата, но возле его границ, на «поверхность» этого охвата (что, кстати, никак не противоречит принципам

визуально-комфортного цветовоспроизведения и целиком укладывается в инвертированный закон Ивса-Эбнея-Юла).

Далее. При цветовой компрессии есть два принципиально важных момента. Во-первых, когда речь идет о матричных преобразованиях между аппаратными сигналами трихроматических устройств, то никаких цветовых компрессий не происходит, а происходит так называемый «gamut clipping», при котором матричные коэффициенты, по расчету превышающие единицу, принудительно приравниваются к последней (А. Френкель, А. Шадрин, 2005).

Во-вторых, собственно цветовая компрессия происходит лишь тогда, когда в математических расчетах участвует CLUT-таблица и, следовательно, PCS (L*a*b*). При этом направление векторов и степень компрессии никоим образом не зависят от размеров и формы цветового охвата устройства–источника изображения, что может быть легко показано с помощью обычных графических редакторов.

3.14.1 Принципы гамут-мэппинга

Наконец, рассмотрим основные принципы гамут-мэппинга, которые, на наш взгляд, наилучшим образом изложены в упоминавшейся уже монографии М.Д. Фершильда «Модели цветового восприятия»:

> «Гамут-мэппинг — это процесс управления цветами изображения, стимулы которых могут быть воспроизведены данным устройством. К примеру, можно попытаться использовать CRT-монитор для воспроизведения стимула насыщенного голубого (cyan), имеющегося на отпечатке. Если CRT-дисплей не может воспроизвести желаемый стимул, то цвет данного элемента изображения должен быть смещен к соответствующему цвету внутри охвата монитора. Однако может возникнуть проблема и противоположного характера, когда устройство способно воспроизводить стимулы, дающие более насыщенные цвета, чем те, что могут быть представлены на оригинальном изображении. Если полный охват выходного устройства не востребован, пользователь может оказаться недовольным результатами, поскольку знает, что на самом деле устройство способно к воспроизведению стимулов большего цветового диапазона, следовательно, цветами изображения нужно управлять, дабы реализовать весь охват устройства.
>
> Таким образом, о проблеме гамут-мэппинга можно говорить как о сжатии цветового охвата изображения в тех его областях, что лежат вне охвата устройства (гамут-компрессия — gamut compression) и о расширении охвата изображения в тех областях, которые лежат внутри охвата устройства, но не заполняют его полностью (гамут-экспансия — gamut expansion). Отметим, что грамотная гамут-экспансия требует полной спецификации охвата устройства-источника изображения, а также сложной вычислительной процедуры, зависящей от самоего изображения (image-dependent processing). Таким образом, в ближайшее время не приходится ожидать полного решения проблемы автоматического гамут-мэппинга.
>
> Сказанное выше, как мы видим, противоречит общераспространенному мнению, будто вся проблема гамут-мэппинга целиком сводится к проблеме цветовых компрессий. Мы видим также, что задача управления цветом в обратном направлении представляется не менее важной и не менее (если не более) сложной. Ясно, что модель цветового восприятия — это лучший участок для описания цветовых охватов и гамут-мэппинга, так как все манипуляции могут быть выполнены в перцепционно-значимых размерностях.
>
> К сегодняшнему дню предложено множество методов гамут-мэппинга, но в целом еще

только предстоит создать автоматический алгоритм, способный удовлетворить запросы большинства пользователей.

Читателю, вероятно, окажутся полезными тексты лекций Эванса и Ханта по цветной фотографии (Эванс, 1953; Хант, 1995), в которых показано, что оптимальные репродукции — это те репродукции, что сохраняют цветовой тон элементов оригинала, минимально масштабируют светлоту (с целью сохранить ее относительность и средний уровень, а также масштабируют насыщенность таким образом, что взаимоотношения между относительными насыщенностями различных элементов изображения остаются неизменными. Разумеется, все эти рекомендации игнорируются, когда речь идет о каких-либо специфических задачах цветовоспроизведения.

Описанные подходы и учет конкретных практических задач, при гамут-мэппинге обсуждаются на страницах работ Стоуна и колл. (1988), Гентиля и колл. (1990), Хошино и Бернса (1993), Вольского и колл. (1994), а также Монтага и колл. (1996, 1997).

Несмотря на то, что общего решения проблемы гамут-мэппинга пока не найдено, можно все-таки предложить его базовые концепции:

— для фотореалистичных изображений оправданным решением может явиться следующее: вначале выполняется линейное шкалирование светлот, обеспечивающее перцепционное соответствие белой и черной точек, а также неизменность средне-серой точки (L* = 50); цветовой тон сохраняется, а насыщенность отсекается (clipping) на поверхность целевого охвата (компрессия) или же линейно расширяется до нее.

Упрощенным подходом является заурядный клиппинг внегамутных цветов на поверхность целевого охвата по минимальной дистанции (выполняется в перцепционно-равномерном цветовом пространстве) при одновременной отмене требования на постоянство цветового тона. Однако, такой подход является весьма упрощенным и не дает удовлетворительных результатов (Вольский и колл., 1994; Монтаг и колл., 1996, 1997, Браун и Фершильд, 1999);

— для изображений иных типов, таких, как бизнес-графика, более подходящими окажутся иные стратегии мэппинга: одной из них является приоритетное сохранение насыщенности стимулов, требуемое для сохранения эффектности бизнес-графики. При этом, если необходимо, идут на изменения в цветовом тоне.

Отличия в стратегиях гамут-мэппинга выводят на передний план важность понимания того, каковы конечные цели репродуцирования данного изображения, то есть стратегия мэппинга зависит от того, для чего предназначено данное изображение. Целевое отличие фотореалистичных изображений от бизнес-графики очевидно, однако даже для фотореалистичных изображений (в зависимости от их назначения) выбираются разные стратегии мэппинга. К примеру, наилучший вариант мэппинга для научных или медицинских изображений будет отличаться от варианта, пригодного для репродуцирования произведений живописи, который, в свою очередь, отличен от варианта, оптимального для бытовой моментальной фотографии (consumer snapshot).»

На рис. 20 показаны векторы цветовой компрессии элементов тестового изображения в охват флексографской печати на белом полипропилене при трех видах ICC-цветопередачи: Perceptual, Relative colorimetric и Absolute colorimetric.

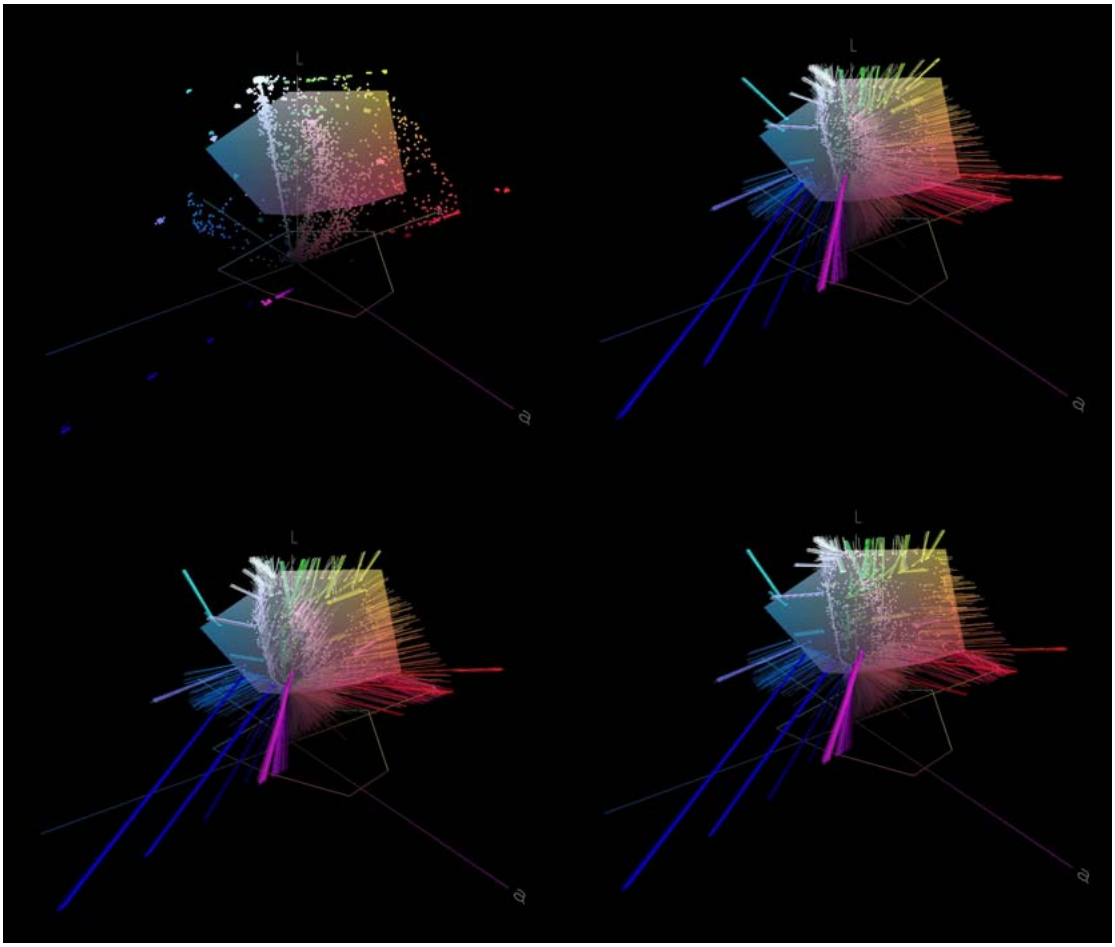

Рис. 20 Векторы цветовой компрессии элементов тестового изображения в цветовой охват флексографской печати на белом полипропилене. Слева вверху: цветовой охват изображения (облако точек) и цветовой охват печати (полупрозрачная фигура); справа вверху: векторы компрессии при perceptual-цветопередаче; слева внизу: векторы компрессии при relative colorimetric-цветопередаче; справа внизу: векторы компрессии при Absolute colorimetric-цветопередаче. Хорошо видно, что при ICC-абсолютной колориметрической цветопередаче внутриохватные цвета остаются на своих местах. При этом отметим, что такой вид цветопередачи при наличии в изображении внегамутных цветов не имеет никакой практической ценности и применим только в цветопробном процессе, где цветовой охват изображения априори меньше цветового охвата целевого (т.е. цветопробного) устройства.

ВЫВОДЫ

1. На флексографском производстве возможно построение эффективной Color Management-системы только при условии создания и функционирования внутреннего стандарта флексографского предприятия, а также жестком соблюдении технологической дисциплины на всех этапах цветорепродукционного процесса.

2. Создание эффективной CMS на полиграфическом предприятии, в частности, флексографском, в первую очередь требует разработки четкой и осознанной всеми сотрудниками *концепции* этого мероприятия. Последняя базируется на научном знании, высокой квалификации персонала, его осведомленности в вопросах digital color imaging,

четком понимании характера задач и определяемых ими уровней полиграфического цветовоспроизведения

3. До тех пор, пока в полиграфическом цветорепродукционном процессе имеет место преобразование электрического управляющего сигнала в сигнал оптический (CMYK-данные), а также влияние на последний человеческого фактора, эффективность CMS в полиграфии, в частности, — во флексографии, будет ощутимо ниже, чем в тех секторах индустрии изображений, где электрический управляющий сигнал не преобразуется в сигнал оптический и достигает целевого устройства непосредственно.

4. Создание эффективной CMS на флексографском предприятии не может осуществляться факультативно: очевидной становится необходимость учреждения отдельной штатной единицы «Технолог по CMS» («Технолог по цвету»).

5. CMS-система, построенная на флексографском предприятии, где разработан и действует внутренний производственный стандарт, существенно повышает качество выпускаемой продукции, значительно снижает трудозатраты персонала, ощутимо экономит время, принося тем самым этому предприятию ощутимую экономическую выгоду и обеспечивая его конкурентоспособность по критерию качества цветовоспроизведения.

6. Общепринятое понятие «система контроля качества» представляет собой результат некорректного перевода термина «quality control system», который в логике аппаратно-независимого цветовоспроизведения, очевидно, должен толковаться контекстно и звучать как «система *обеспечения* качества».

7. Внедрение CMS на флексографском предприятии, где широкомасштабные подготовительные мероприятия не проведены и нет внутреннего технологического стандарта в большинстве случаев обречены на неудачу, а возможный положительный эффект, если и имеет место, то оказывается весьма непродолжительным.