

Колориметрически точное цветовоспроизведение и учет внешних условий восприятия телевизионного изображения

Л.Д. Ложкин, В.А. Неганов, А.А. Солдатов

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
443010, Российская Федерация, г. Самара
ул. Л. Толстого, 23

Показано, что цвета, координаты цветности которых находятся внутри треугольника цветового охвата телевизионного экрана, возможно воспроизвести колориметрически точно, т. е. без цветовых искажений. Предложен способ реализации телевизионной системы с колориметрически точным воспроизведением цветности изображения.

Доказано, что внешние условия наблюдения (внешнее освещение, его яркость и цвет) влияют на восприятие телевизионного изображения. Предлагается цветовая коррекция телевизионного изображения от влияния внешнего освещения на качество цветовосприятия.

Ключевые слова: искажения цвета, цветность, колориметрически точное цветовоспроизведение, цветовой охват, треугольник основных цветов, МКО.

Введение

За последний период техника цветного телевидения широко шагнула в перед. Цветные трехлучевые кинескопы телеприемников заменили панели на жидких кристаллах и плазме. Яркость и контрастность цветного телевизионного изображения значительно превосходят эти же параметры у цветных кинескопов. Снята проблема сведения лучей, присущая трехлучевому кинескопу. Качество цветного изображения стало значительно лучше, а полный переход на цифровое цветное телевидение еще более повысит качество цветной телевизионной репродукции.

Но это разнообразие устройств, на основе которых построены современные экраны телеприемников, приводит к цветовым различиям воспроизводимых сцен телеприемников.

Далее покажем, каким образом можно получить колориметрически точное воспроизведение цвета на экране телеприемника.

1. Искажение цвета в телевидении

Рассмотрим существующую систему телевидения в аспекте цветовых искажений. В телевизионных системах осуществляется балансировка камерного канала под «опорный» белый цвет. Суть этой балансировки заключается в следующем. При передаче «опорного» белого

цвета камерный канал настраивается так, чтобы цветовые сигналы трехцветной телевизионной камеры были равны между собой и составляли значения, равные единице. При этом экран телеприемника должен воспроизвести цветность «опорного» белого. Источники «опорного» белого для разных стандартов несколько отличаются. В нашей стране принят европейский стандарт, который предполагает стандартный источник D6500 с координатами цветности $x = 0,313$ и $y = 0,329$ [1].

Указанные настройки камерного канала осуществляется устройствами, называемыми цветокорректоры камерного канала. Недостаток такой системы заключается в том, что происходит точное цветовоспроизведение только одной цветности, равной цветности «опорного» белого, а остальные цвета воспроизводятся с ошибками.

Известно, что сигналы трехцветной телевизионной камеры определяются согласно следующему выражению:

$$U_i = K_i \int_{380}^{780} E(\lambda) \rho(\lambda) \delta_i(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где $i = R, G, B$; K_i – коэффициент передачи цветного канала датчика; $E(\lambda)$ – спектральное распределение энергии источника освещения; $\rho(\lambda)$ – спектральная характеристика отражения объекта; $\delta_i(\lambda)$ – спектральная характери-

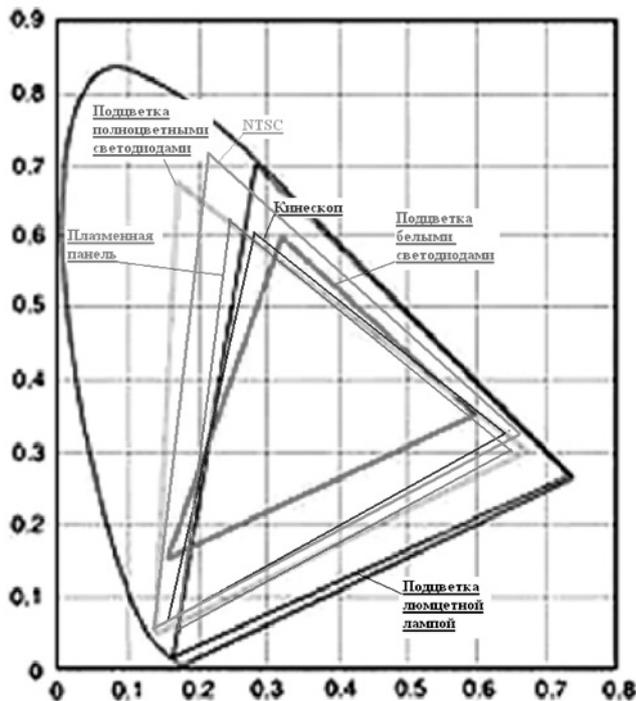


Рис. 1. Цветовой охват NTSC, кинескопа (ЕС), плазменной панели и ЖК

стика чувствительности i -канала телевизионной камеры.

Для расчетов цветовых искажений была разработана компьютерная программа, моделирующая процесс передачи и воспроизведения цвета в телевидении «от света до света» [3].

Балансировка экрана телеприемника под «опорный белый» в разработанной программе производилась в соответствии со следующими формулами:

$$\begin{bmatrix} K_R \\ K_G \\ K_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где $x_R, y_R, z_R, x_G, y_G, z_G, x_B, y_B, z_B$ – координаты цветности вершин треугольника цветового охвата (основных цветов) экрана; x_0, y_0, z_0 – координаты цветности опорного «белого»; K_R, K_G, K_B – коэффициенты передачи усилителей видеосигналов R, G и B телеприемника.

Очевидно, что спектр воспроизведенной цветности на экране телеприемника опорного «белого» (в нашем случае цветность источника D6500) не будет равен спектру стандартного источника, который освещает телекамеру. В этом случае эти два излучения (передаваемый источник и его изображение на экране) являются метамерами и воспринимаются глазом как источники одинаковой цветности.

Эта программа была зарегистрирована в ОФАП [4].

Для определения цветности, воспроизводимой на экране телевизионного приемника, в программе были использованы следующие выражения [5]:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_R \\ U_G \\ U_B \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где X, Y, Z – координаты цвета в системе МКО 1931 г. (x, y); $x_R, y_R, z_R, x_G, y_G, z_G, x_B, y_B, z_B$ – координаты цветности основных цветов экрана телевизионного приемника; U_R, U_G, U_B – значения величин видеосигнала, определенные по (1).

Из (3) легко определяются координаты цветности изображения на экране телевизионного приемника по формулам:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad (4)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}.$$

Из (3) видно, что цвет (а значит, и цветность), воспроизводимый на экране телевизионного приемника, зависит от координат вершин основных цветов экрана. В настоящее время существует несколько типов устройств, на основе которых изготавливаются телевизионные экраны.

С помощью разработанной программы были рассчитаны ожидаемые цветовые искажения в системе «от света до света» при идеальной телевизионной камере со следующими экранами:

- жидкокристаллическая панель с освещением белыми светодиодами;
- жидкокристаллическая панель с освещением полноцветными светодиодами;
- с освещением люминесцентной лампой;
- прибор, использующий люминофоры (стандарт NTSC);
- экран с максимальным цветовым охватом (лазерный).

На рис. 1 построены треугольники основных цветов современных экранов телевизионных приемников.

Для примера на рис. 2 приведены результаты расчетов цветовых искажений при воспроизведении на экране стандарта ЕС.

Поясним этот рисунок. Точки с числами 1 до 17 обозначают исходные цвета, оптические спектры которых были предварительно подобраны так, чтобы координаты цветности находились в различных участках цветового локуса. От этих

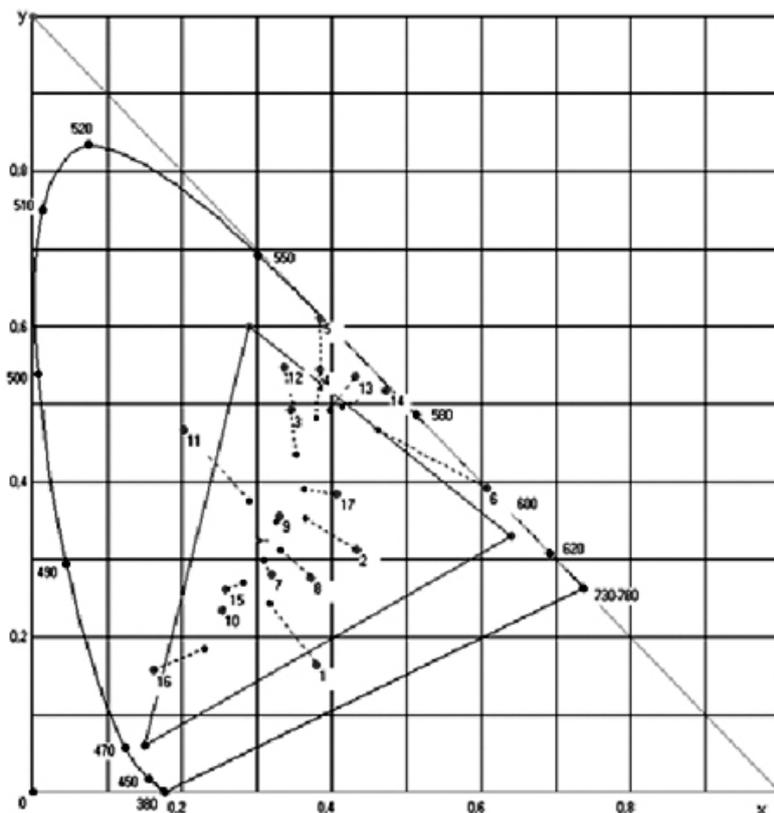


Рис. 2. Искажения цветопередачи системы ЦТВ при приеме на экран, имеющий прибор с использованием люминофоров (кинескоп стандарта ЕС)

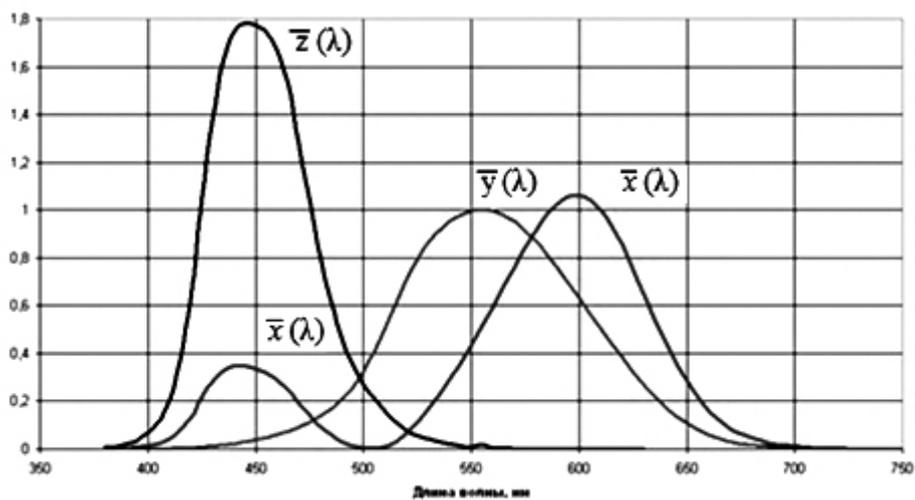


Рис. 3. Кривые сложения цветов в системе XYZ МКО при источнике Е. Яркостные коэффициенты $L_X : L_Y : L_Z = 0 : 1 : 0$

точек проведены штриховые линии к точкам цветности, которые воспроизводятся на экране телеприемника. Результаты вычислений даны в более привычной системе координат МКО 1931 г. (x, y) , но тем не менее разработанная программа позволяет производить расчеты и в равноконтрастной системе координат МКО 1960 г. (u, v) .

В обоих случаях расчеты в выходную таблицу результаты даются в двух системах координат.

Спектральная характеристика чувствительности каналов R , G и B телевизионной камеры в расчетах принималась за:

а) спектральные характеристики чувствительности каналов R , G и B телевизионной камеры совпадают с кривыми сложения колориметрической системы МКО 1931 г. (x, y, z) , изображенными на рис. 3. При этом принято: кривая $\bar{x}(\lambda)$ совпадает с кривой спектральной характеристикой чувствительности красного канала $\delta_R(\lambda)$, кривая $\bar{y}(\lambda) - \delta_G(\lambda)$ и кривая $\bar{z}(\lambda) - \delta_B(\lambda)$. Такую камеру будем называть идеальной. На практике такие телевизионные камеры не применяются ввиду сложности получения двухгорбной кривой спектральной характеристики чувствительности;

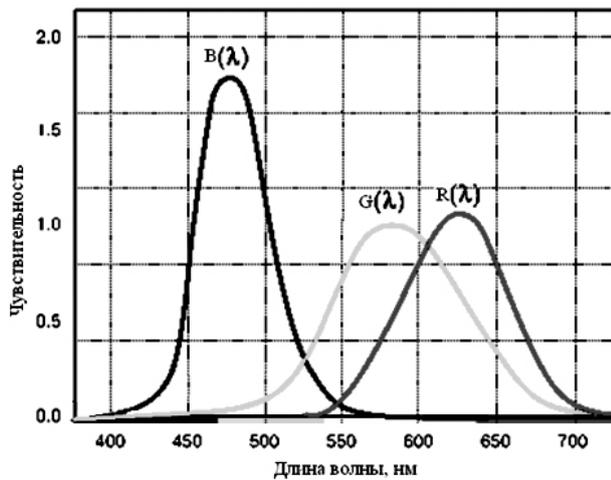


Рис. 4. Спектральная характеристика чувствительности «реальной» телекамеры

б) спектральные характеристики чувствительности каналов G и B телевизионной камеры совпадают с кривыми сложения колориметрической системы МКО 1931 г. (x, y, z), причем для зеленого канала, кривая $\bar{y}(\lambda)$ совпадает с кривой чувствительности зеленого канала $\delta_G(\lambda)$, кривая $\bar{z}(\lambda) - \delta_B(\lambda)$. Кривая красного канала R совпадает с кривой, предложенной Д.А. Шкловером, которая является одногорбой и определяется [6]:

$$\bar{x}_{III}(\lambda) = 0.833\bar{x}(\lambda) + 0.333\bar{y}(\lambda) - 0.167\bar{z}(\lambda);$$

в) то же самое, что и вариант б, но кривая красного канала совпадает с частью кривой $\bar{x}(\lambda)$ (рис. 4).

Итак, показано, что координаты воспроизводимой цветности на экране телеприемника зависят от цветового охвата экрана, а значит, цветовые искажения телевизионного изображения будут различны в зависимости от типа экрана телевизора. И только одна цветность воспроизводится в телевидении без искажений — это цветность «опорного» белого.

2. Колориметрически точное цветовоспроизведения в ТВ

Профессор Н.Д. Ньюберг предложил в 1948 г. использовать три понятия точности воспроизведения цвета [8].

Роберт Хант дал академическое определение шести возможных уровней цветовоспроизведения [9]:

1. Спектральное цветовоспроизведение;
2. Колориметрическое цветовоспроизведение;
3. Точное цветовоспроизведение;

4. Эквивалентное цветовоспроизведение;
5. Согласованное цветовоспроизведение;
6. Выделенное цветовоспроизведение.

Из шести определений, сформулированных Р. Хантом, остановимся на втором, а именно «Колориметрическое цветовоспроизведение».

Колориметрическое цветовоспроизведение (colorimetric color reproduction) определяется метомерным соответствием репродукции оригинальному изображению, при котором оба имеют одинаковые CIE-трехстимульные значения. Итогом является воспроизведение по восприятию, но только в тех случаях, когда оригинал и его репродукция имеют одинаковый размер, окружение и рассматриваются при свете источников с одинаковыми спектральным распределением энергии и фотометрической яркостью. Однако автор [10] не считает равенство яркости обязательным требованием колориметрического цветовоспроизведения.

В существующей телевизионной системе телевизионная трехцветная камера формирует три видеосигнала, которые некоторым образом кодируются и передаются на телевизионный приемник. Но, по сути, сама телевизионная камера является прибором для измерения цвета (колориметром) параллельного действия. Поэтому можно считать видеосигналы видеокамеры пропорциональными координатам цвета. Тогда необходимые значения видеосигнала можно определить из матричного уравнения (3), а именно:

$$\begin{bmatrix} U_R \\ U_G \\ U_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Из (5) следует, что для воспроизведения цвета с координатами X, Y, Z необходимы видеосигналы U_R, U_G и U_B , а значит, и координаты цветности в соответствии с (4). При расчете величин видеосигналов U_R, U_G, U_B для передаваемых цветов, цветности которых находятся за пределами цветового охвата экрана телевизионного приемника, будет иметь место отрицательное значение величин видеосигнала, и, чтобы избежать этого, необходимо приравнять отрицательные значения к нулю. На рис. 5 показаны цветовые искажения при использовании идеальной цветной трехцветной камеры, а в телевизионном приемнике в качестве экрана применен тот же кинескоп стандарта ЕС. Обозначение на этом рисунке то же, что и на рис. 2.

Как видно из рис. 2, цветности, находящиеся в внутри цветового треугольника основных цве-

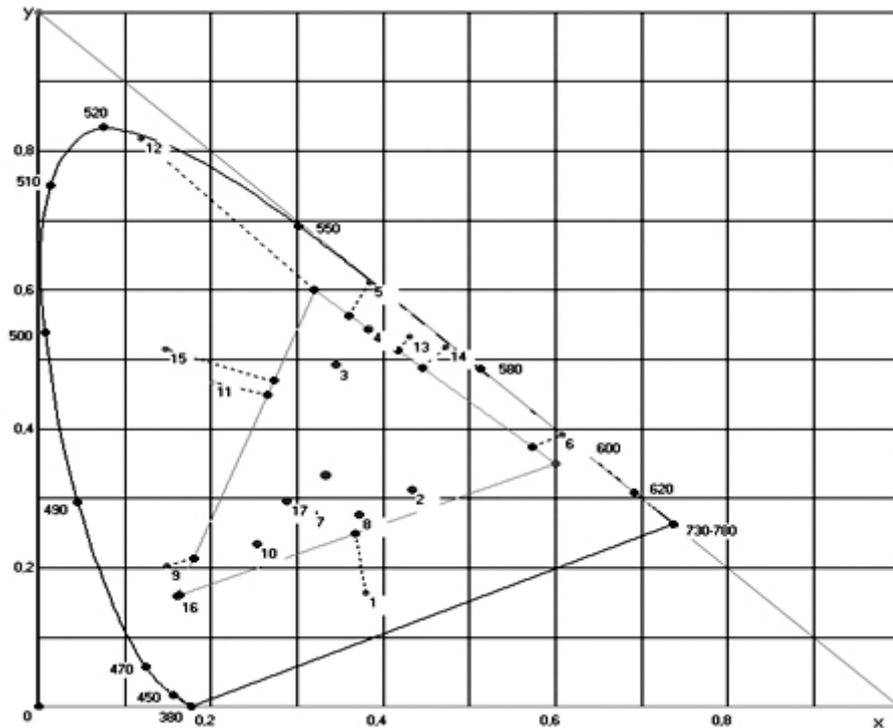


Рис. 5. Цветовые искажения в телевизионной системе, полученные путем передачи сигналов цвета и воспроизведенные на экране, имеющем прибор с использованием люминофоров (кинескоп стандарта ЕС)

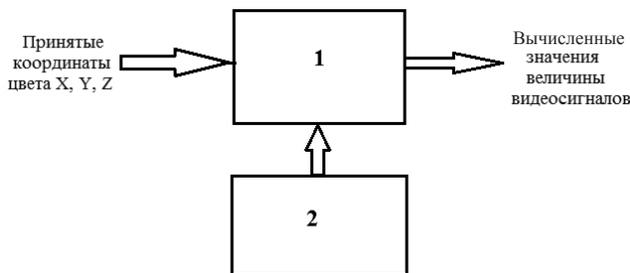


Рис. 6. Добавляемый узел в телевизионный приемник

тов экрана телевизионного приемника, оригинала изображения совпадают с воспроизводимым изображением на экране телевизионного приемника. Остальные координаты воспроизводимых цветов (за пределами треугольника цветового охвата) находятся на наиболее кратчайшем расстоянии от стороны треугольника основных цветов экрана телевизионного приемника.

На рис. 6 показана добавляемая схема. Рассмотрим эту схему. Принятый сигнал с телецентра поступает на первый вход вычислительного устройства (1), на второй вход этого устройства поступают из постоянного запоминающего устройства (2) девять величин обратной матрицы, приведенной в выражении (5). Значения этих коэффициентов определяются единожды и зависят от типа экрана телевизионного приемника, а еще лучше применять однажды измеренные координаты цветности основных цветов

для конкретного телевизионного экрана и расчета коэффициентов обратной матрицы. В вычислительном устройстве происходит вычисление величин видеосигналов U_R, U_G, U_B для воспроизведения на экране цвета с координатами X, Y, Z . В вычислительном устройстве (1) должна быть использована простая логика, а именно, если значение любого вычисленного значения U_R, U_G, U_B меньше 0, то его значение приравнивается 0.

Выше было сказано, что практическая реализация двухгорбной кривой спектральной чувствительности, затруднена, и на практике гораздо легче реализовать одногорбую кривую спектральной характеристики чувствительности, например с кривой, предложенной Д.А. Шкловером, или кривую красного канала, как это показано на рис. 13 и в этом случае будем иметь искаженные координаты цвета на определенную величину. Обычно измерение координат цветности с помощью классического колориметра параллельного действия (в нашем случае мы предложили считать трехцветную телевизионную камеру именно таким прибором) производится с точностью $\pm 0.01 \pm 0.05$, что составляет в пределах от 1.75 до 8.7 порогов Мак Адама.

Необходимо также учесть, что, согласно [7], допустимые отклонения координат цветности ос-

новых цветов составляют ± 0.01 , что также приводит к дополнительным цветовым искажениям порядка 2 порогов Мак Адама.

3. Восприятие цвета с экрана телевизора

Цветопередача – в данном случае это термин, относящийся к влиянию различных источников освещения на цветовое восприятие объектов, или, другими словами, к передаче цвета объектов. Поясним это на следующем примере. Два источника света могут иметь почти одну и ту же цветность, но первый источник – это источник естественного белого дневного света, а другой – флуоресцентный двухлюминофорный светильник, в котором оптический спектр состоит из узких линий, потоки которых смешиваются, и получается по цветности такой белый, как и цветность первого источника. Несмотря на то что цветовое ощущение, вызываемое этими источниками, практически одинаково, результат цветового восприятия освещенных ими объектов будет принципиально разным. Учет данного явления весьма важен при устройстве искусственного освещения, а также при выборе источников света для различных помещений.

Если характеризовать освещение только его световой эффективностью, то восприятие цвета объектов при этом будет оставаться совершенно непредсказуемым. Поэтому для решения вопроса характеристики источников освещения МКО определила так называемый индекс цветопередачи (color rendering index – CRI), который является мерой качества данного источника по параметру «передача цвета объектов».

Применение базовой колориметрии радикально модернизирует устройства открытых систем визуализации, определяя взаимоотношения между т. н. аппаратными координатами, к примеру, RGB и цветовыми стимулами (регистрируемыми или воспроизводимыми этими системами). Важно отметить, что согласование CIE-трехстимульных значений (например, XYZ) 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, репродук-

ции и промежуточные изображения на практике редко рассматриваются в одинаковых условиях (в телевизионных системах – практически никогда), 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 цветовосприятия могут использоваться для учета изменений белого, уровня освещения, окружения, носителей и т. п., и, поскольку перечисленные параметры при разных методах визуализации различны, необходимость в применении моделей цветового восприятия очевидна.

Внедрение моделей цветопередачи и воспроизведения в работу цветовоспроизводящих систем, в частности телевизионных, позволяет настроить последние так, что можно контролировать процесс воспроизведения и визуализации на каждой его стадии, т. е. сохранять восприятие элементов изображения или целенаправленно управлять им.

Разумеется, точное репродуцирование восприятия оригинального изображения чаще всего не всегда осуществимо или даже не всегда желаемо, но если такая необходимость есть – модель цветового восприятия может быть весьма полезна.

Одна из существенных проблем состоит в том, что разные устройства визуализации воспроизводят неодинаковые наборы цветовых стимулов, т. е. цветовой охват (color gamut) устройств различен (даже у устройств одного изготовителя). Представим себе: некий цветовой стимул, воспроизведенный телевизионным экраном или монитором компьютера (LCD, PDP или кинескопом), воспринимается каким-то определенным образом. Но, как правило, воспроизведенные цветовые стимулы на всех трех экранах вызывают различные цветовые ощущения. В этих случаях модель цветового восприятия перцепционно оправданным путем управляет изображением, и в итоге дает наилучшие результаты (из возможных).

Несмотря на технический прогресс в области телевизионной техники, который увеличивает качество телевизионного изображения, существует фактор, ухудшающий цветовосприятие с экрана телеприемника. Этим фактором является внешняя засветка во время просмотра телепередач. В некоторых случаях внешняя засветка

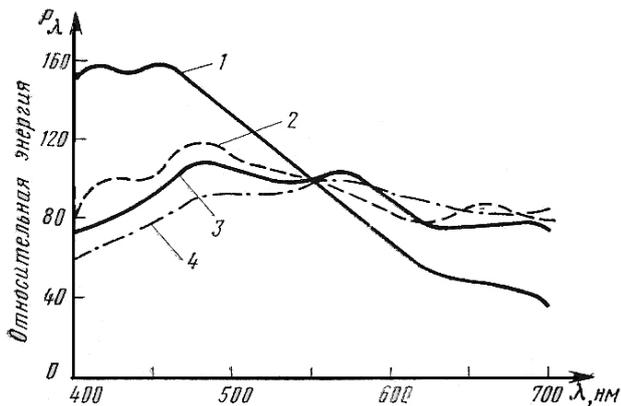


Рис. 7. Распределение энергии в спектре дневного солнечного света. Кривая 1 – цвет неба; 2 – облачное небо; 3 – безоблачное небо; 4 – прямой солнечный свет [7]

экрана телеприемника практически очень мало зависит от человека, например просмотр телепередачи в дневное время суток. В это время уровень засветки, оптический спектр (цветовая температура) зависит от погодных условий. В вечернее время суток человек может в определенной степени регулировать уровень освещения помещения, в котором производится просмотр телепередач [12–14]. В предыдущем параграфе этой главы приведены результаты моделирования процесса цветовосприятия телевизионного изображения. Рассмотрим физический процесс, возникающий при этом. На рис. 7 [11] изображены относительные распределения энергии в спектре дневного солнечного света, а на рис. 8 показаны спектры излучения стандартных источников белого света А, В, С и дневной солнечный свет (штриховая линия) [11].

Для примера предположим, что в помещении, где производится просмотр телепередач, в качестве источника света включена лампа накаливания (источник А). Складывая спектральные характеристики красного, зеленого и синего фильтров ЖК-панели со спектром излучения источника А, видим, что изображение на экране телеприемника будет окрашиваться в «желто-красные» тона. Конечно, в этом случае не будет аддитивного процесса сложения цветов экрана телеприемника и цвета источника внешнего освещения, здесь процесс несколько сложнее, мы бы его назвали аддитивно-субтрактивное сложение цветов, поскольку часть спектра источника внешнего освещения поглощается экраном телеприемника, а часть – отражается и при этом складывается с излучением экрана. Но тем не менее в этом случае цветность изображения на экране телеприемника сдвигается в желтую область. Это же показывает и модель

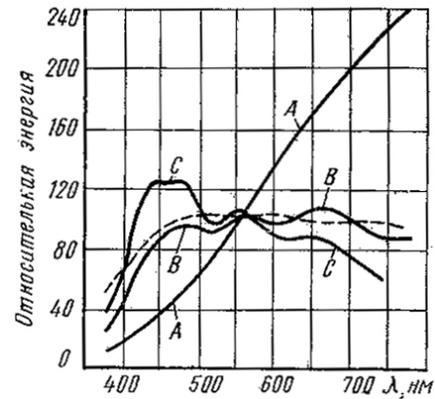


Рис. 8. Распределение энергии в спектре излучения стандартных источников белого света А, В, С и в дневном солнечном свете (штриховая линия) [11]

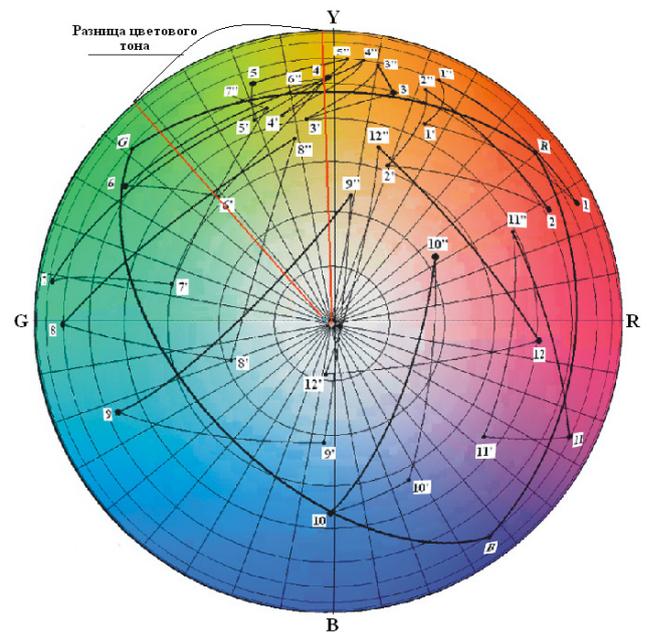


Рис. 9. Искажение воспроизведенной цветности за счет внешней засветки источником А (лампа накаливания) телевизионного изображения

цветовоспроизведения на экране телеприемника (рис. 9). Условные обозначения, принятые на этом рисунке: цифры – исходные цвета; цифры с одним штрихом – воспроизведенные цвета на экране телеприемника; цифры с двумя штрихами – воспринимаемые глазом цвета. Очевидно, практически аналогичным будет результат при внешнем освещении источником S (цвет голубого неба), но в этом случае цвет репродукции на телеэкране будет сдвигаться в синюю область цветов.

Итак, существует проблема цветовых искажений, которую никак нельзя решить методом улучшения качественных характеристик как канала связи, так и аппаратуры телецентра и телевизионных приемников. В настоящее время выпускаются интеллектуальные телевизоры.

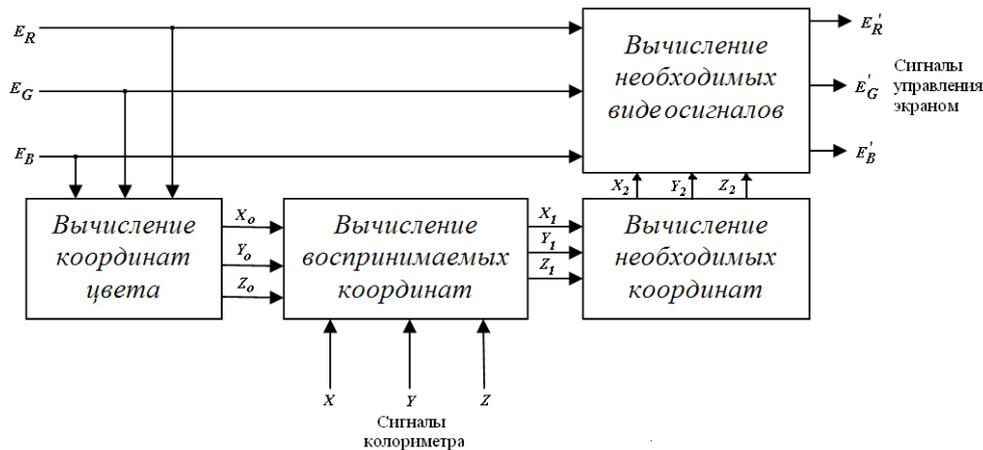


Рис. 10. Схема выходных каскадов цветных сигналов

Суть «интеллектуальности» этих телевизоров заключается в том, что на передней панели установлен фотометр, который позволяет измерять яркость внешнего освещения и в зависимости от измеренной яркости автоматически регулируется яркость и контрастность телевизионного изображения.

Это в некоторой степени снимает часть поставленной проблемы, но полного и достаточно ее решения не дает.

Для решения этой проблемы необходимо знать либо оптический спектр интегрального излучения источника внешней засветки, либо координаты цвета этого излучения (по оптическому спектру легко можно определить эти координаты). Использовать спектрофотометр в телевизоре, пожалуй, неоправданно дорогое решение этой проблемы, да и время измерения спектра и расчета координат может оказаться весьма большим. В этом отношении, пожалуй, лучшего результата можно достичь с помощью обычного фотоэлектрического трехцветного колориметра параллельного действия. Особой высокой точности измерения здесь не требуется, и будет вполне достаточно 0,05–0,1 от измеряемой величины цветности по x и y . На выходах колориметра всегда должны присутствовать сигналы текущего измерения координат цвета внешнего излучения, например, соответственно X -, Y - и Z -каналов.

Схема выходных каскадов цветных сигналов при этом будет иметь вид, как показано на рис. 10.

Рассмотрим работу данной схемы. Сигналы с видеодетектора (или с матрицы) E_R , E_G и E_B поступают на арифметическое устройство для вычисления координат цвета элемента изображения. Эти вычисления производятся по формуле:

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R & x_G & x_B \\ y_R & y_G & y_B \\ z_R & z_G & z_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Эти формулы справедливы для линейного видеоприемника. В случае наличия нелинейности необходимо значения сигналов E_R , E_G и E_B возвести в степень γ_R , γ_G и γ_B .

Далее вычисленные координаты цвета X_0 , Y_0 и Z_0 поступают в блок вычисления воспринимаемых координат цвета под воздействием влияния внешнего источника освещения, координаты которого, измеренные колориметром, X , Y и Z поступают в этот же блок. Этот блок по своей сути является моделью хроматической адаптации. Некоторые из известных моделей описаны выше в данной статье. На выходе этого блока получаем координаты цвета, которые воспринимаются нашим мозгом при просмотре телевизионного изображения. В зависимости от координат цвета внешнего источника освещения полученные координаты будут сдвинуты в любую область цветов, но нам необходимо получить координаты цвета, сдвинутые в противоположную сторону, но так, чтобы эти координаты не выходили за пределы цветового треугольника основных цветов, так как в этом случае воспроизвести этот цвет не удастся. Эта «инверсия координат» производится в блоке «Вычисление необходимых координат», на выходе которого получаем координаты X_2 , Y_2 и Z_2 .

Зная необходимые координаты цвета из (6), находим необходимые величины сигналов E_R , E_G , E_B , которые и управляют экраном телеприемника, воспроизводя при этом несколько другой цвет, а за счет внешней засветки наш мозг будет воспринимать цвет, имеющий первоначальный цвет (или почти первоначальный цвет).

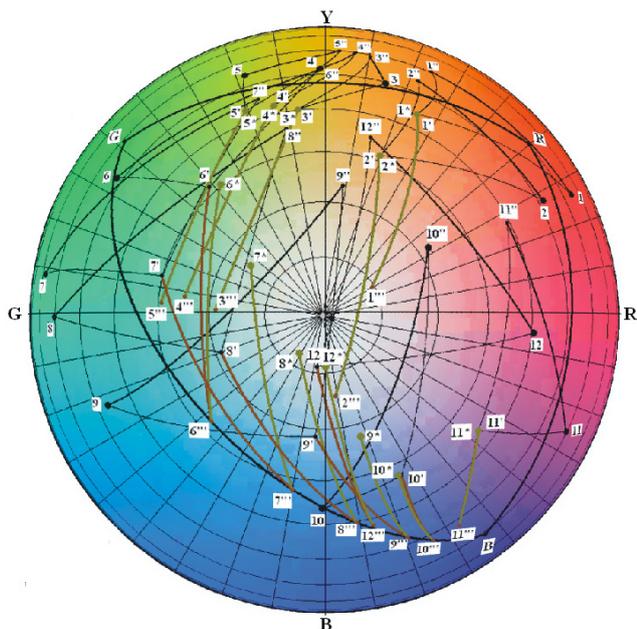


Рис. 11. Коррекция цветовых искажений, вызванных засветкой экрана телеприемника внешним источником света (лампа накаливания)

Таким образом можно в значительной степени скорректировать и уменьшить цветовые искажения, воспринимаемые нашим мозгом.

На рис. 11 и 12 показана работа данного метода компенсации внешней засветки экрана телеприемника. Дополнительные обозначения на этих рисунках состоят в следующем: цифры с тремя штрихами обозначают точки цвета, которые должен воспроизводить экран телеприемника и которые за счет действия внешней засветки воспроизводятся глазом (мозгом наблюдателя) как цвета, воспроизводимые телеэкраном, — цифры со звездочкой. Необходимо отметить, что воспроизводимые цвета, которые лежат на линии треугольника основных цветов телеэкрана, требуют отрицательного значения величины видеосигнала основного цвета, определяемого противоположной точкой цветового треугольника основных цветов телеэкрана. К примеру, на рис. 11, 12 цвета 6–10 лежат близко к линии GB треугольника цветового охвата экрана, и эти воспроизводимые цвета с учетом компенсации внешнего источника засветки экрана должны иметь значения видеосигнала E_R меньше нуля, что в принципе невозможно, поэтому эти цвета не могут иметь 100 %-ную коррекцию.

Необходимо отметить, что цветовые диаграммы, представленные на рис. 9, 11 и 12, изображены в сферической системе координат геометрии Римана в базе подвижного репера [13–15].

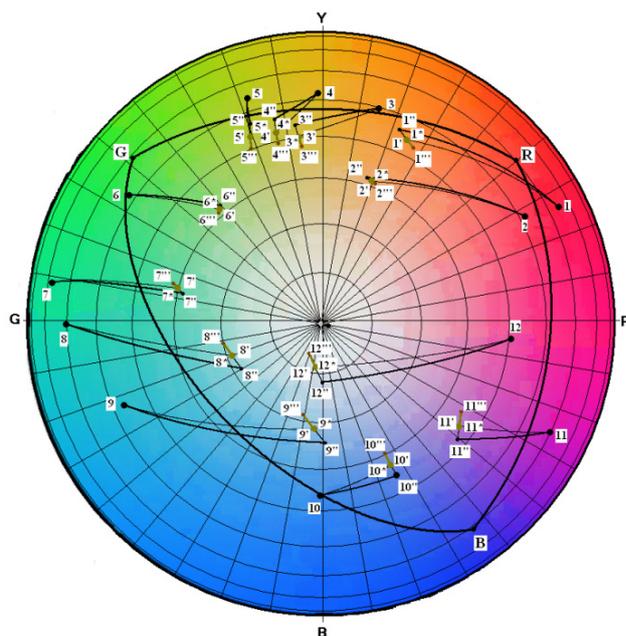


Рис. 12. Искажение воспроизведенной цветности за счет внешней засветки источником D7500 (пасмурного неба) и ее коррекция телевизионного изображения

Заключение

Показано, что практически можно значительно уменьшить цветовые искажения в телевидении, при этом упрощается схема камерного канала телецентра, но повышаются требования к спектральным характеристикам чувствительности самой трехцветной телевизионной камеры. Также должны быть повышены требования на уменьшение разброса координат цветности однотипных телевизионных экранов при их массовом изготовлении либо их измерение с точностью, рекомендованной ГОСТом. При этом незначительно усложняется схема самого телевизионного приемника.

Цветовосприятие в большей степени зависит от условий наблюдения, в частности от внешнего источника освещения (яркости, спектра). Цветопередача телевизионной сцены полностью зависит от источников освещения этой сцены, т. е. проблема верности цветопередачи телевизионной системы остается.

При воспроизведении изображения на экране телеприемного устройства следует учитывать влияние цветовой адаптации на восприятие цвета. Например, поверхность с одинаковым по спектру коэффициентом спектрального отражения воспринимается как белая, если спектральный состав источника изменяется так, что увеличивается интенсивность его излучения в синей области или в желтой области. Цветовая адаптация наблюдателя в студии зависит от

средней освещенности сцены, которая обычно изменяется в процессе наблюдения. А цветовая адаптация телевизионного зрителя зависит от условий освещения помещения, которое, как правило, сохраняется сравнительно долго без изменения.

При использовании прибора измерения координат цвета (колориметра) в телевизионном приемнике можно значительно улучшить качество цветовосприятия, на которое в меньшей степени будет влиять внешняя засветка экрана телеприемника.

Список литературы

1. Новаковский С.В. Цвет в цветном телевидении. М.: Радио и связь, 1986. 288 с.
2. Новаковский С.В. Техника цветного телевидения / под ред. С.В. Новаковского. М.: Связь, 1976. 494 с.
3. Lozhkin L.D. Color-discrimination thresholds and differential geometry // Journal of Optical Technology. 2012. V. 79. № 2. P. 75–79.
4. Ложкин Л.Д. Образовательный web-сайт по информационным технологиям: свидетельство об отраслевой регистрации разработки № ОФАП 11710 / Л.Д. Ложкин. № ВНТИЦ 50200802240; заявл. 10.11.2008; дата регистр. 14.11.2008. URL: http://ofap.ru/rto_files/11710.doc от 30.10.2008.
5. Ложкин Л.Д. Дифференциальная колориметрия: монография. Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2010. 320 с.
6. Шкловер Д.А., Иоффе Р.С. Универсальный фотоэлектрический колориметр // Известия АН СССР, ОТН, ВЭИ. 1951. № 5. С. 667–681.
7. ГОСТ 19432–76. Телевидение цветное. Основные параметры системы цветного телевидения. М.: Госстандарт, 1976.
8. Ньюберг Н.Д. Теоретические основы цветовой репродукции. М.: Советская наука, 1948. 177 с.
9. Хант Р.В.Г. Цветовоспроизведение / пер. А.Е. Шадрин. 6-е изд. СПб., 2009. 888 с.
10. Измайлов Ч.А. Сферическая модель цветоразличения. М.: МГУ, 1980. 171 с.
11. Новаковский С.В. Цветное телевидение. Основы теории цветовоспроизведения. М.: Связь, 1975. 376 с.
12. Ложкин Л.Д. Телевизионное изображение и условия его восприятия // X Международная научно-техническая конференция «Физика и технические приложения волновых процессов»: материалы конференции. Самара, Россия, 11–17 сентября 2011. С. 93–95.
13. Ложкин Л.Д., Неганов В.А. Цветовые искажения при цветовосприятии телевизионного изображения // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2012. № 1. С. 38–42.
14. Ложкин Л.Д. Восприятие телевизионного изображения в условиях внешнего освещения // Инфокоммуникационные технологии. 2012. № 1. С. 73–77.
15. Ложкин Л.Д. Пороги цветоразличения и дифференциальная геометрия // Оптический журнал. 2012. Т. 79. № 2. С. 22–28.

Colorimetrically accurate color accounting and external conditions of perception television image

L.D. Lozhkin, V.A. Neganov, A.A. Soldatov

It is shown that color chromaticity coordinates, which are inside the triangle gamut screen television may play a colorimetric exactly, i. e. without color distortion. Provides a method for implementing a television system with colorimetrically accurate color reproduction of images.

It is shown that the external conditions of observation (external lighting, the brightness of its color and) affect the perception of the television image. Color correction is proposed television images from the influence of external light on the quality of color.

Keywords: color distortion, color, colorimetrically accurate color reproduction, color gamut triangle of primary colors, ICC.