

Искажения цветности в телевидении и метод их уменьшения

Л.Д. Ложкин, В.А. Неганов

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

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

Ключевые слова: цветовой locus, МКО, телевизионная камера, координаты цветности.

Введение

С 1967 г. в нашей стране ведутся регулярные цветные телепередачи. За этот период техника цветного телевидения широко шагнула в перед. Цветные трех лучевые кинескопы телеприемников заменили панели на жидких кристаллах и плазме. Яркость и контрастность цветного телевизионного изображения значительно превосходит эти же параметры у цветных кинескопов. Снята проблема сведения лучей, присущая трех лучевому кинескопу. Качество изображения цветного изображения стало значительно лучше, а с полным переходом 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 воспроизводимыми сценами различных телеприемников.

Далее покажем, каким образом можно получить колориметрически точным воспроизведения цвета на экране телеприемника.

1. Искажение цвета в телевидении

Для уменьшения цветовых искажений, особенно в области «белых цветов», 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, что цветовые сигналы трехцветной телевизионной камеры были рав-

ны 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, называемые 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 характеристика 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:

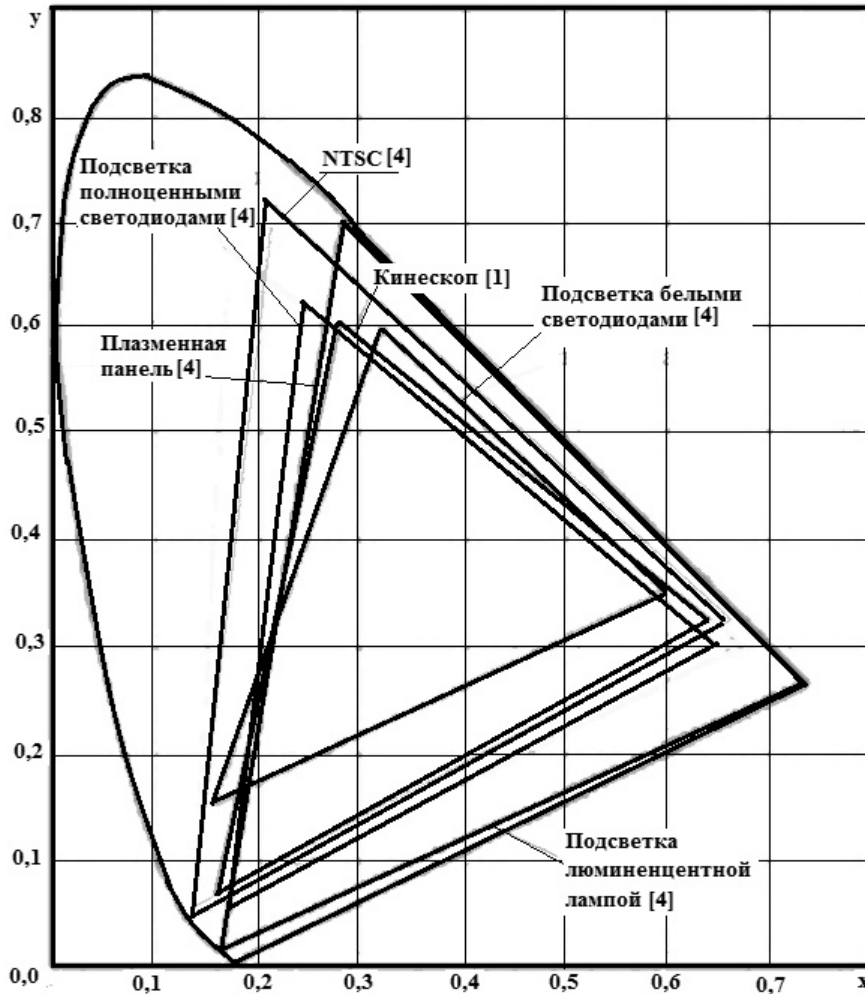


Рис. 1. Цветовой охват NTSC, кинескопа, плазменной панели и ЖК

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

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 про-

грамме 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) воспроизводимая на экране телевизионного приемника зависит от координат вершин основных цветов экрана. В настоящее время существуют

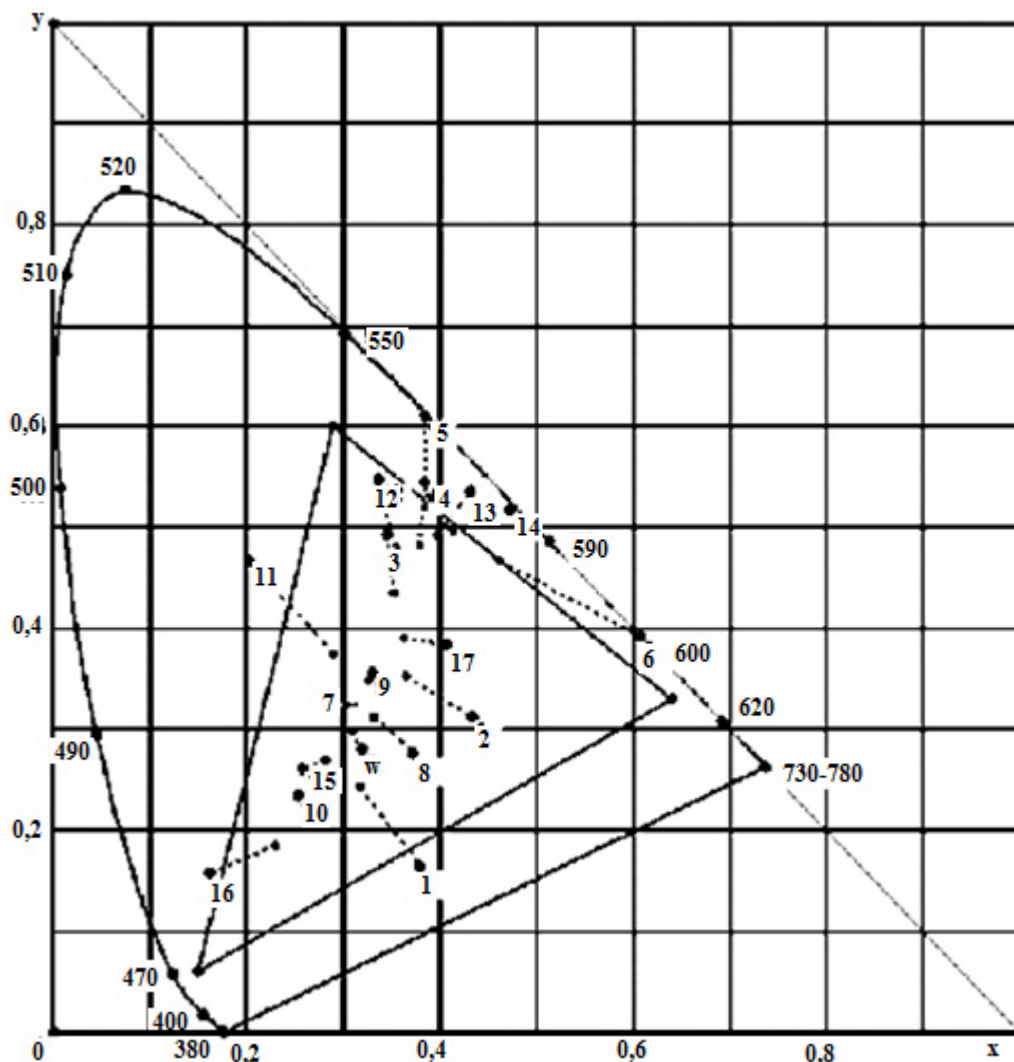


Рис. 2. Искажения цветопередачи системы ЦТВ при приеме на экран, имеющий прибор с использованием люминофоров (кинескоп)

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 приведены 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 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 расчетов в выходную таблицу результаты даются в двух системах координат.

Спектральная характеристика чувствительности каналов R, G и B телевизионной камеры, в расчетах принималось три варианта:

- а) спектральные характеристики чувствительности каналов R, G и B телевизионной камеры

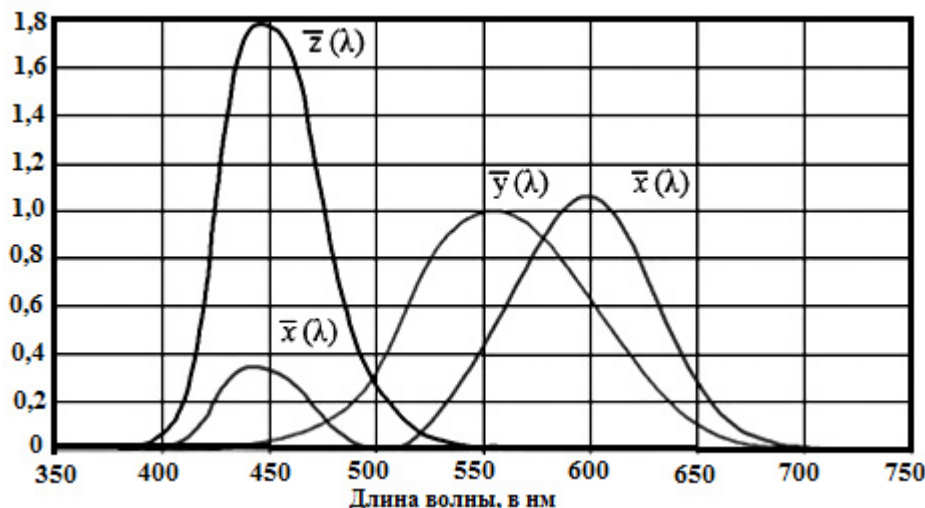


Рис. 3. Кривые сложения цветов в системе XYZ МКО при источнике Е. Яростные коэффициенты $L_X : L_Y : L_Z = 0 : 1 : 0$ [1]

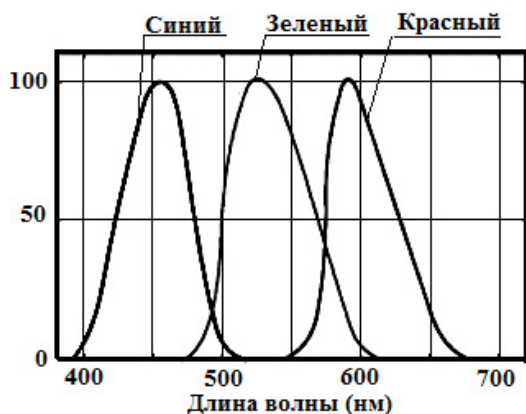


Рис. 4. Спектральная характеристика чувствительности «реальной» телекамеры [2]

совпадают с кривыми сложения колориметрической системы МКО 1931 г. (x , y , z), изображенных на рис. 3. При этом принято кривая – совпадает с кривой спектральной характеристикой чувствительности красного канала кривая и кривая Таковую камеру будем называть идеальной. На практике такие телевизионные камеры не применяются ввиду сложности получения двухгорбной кривой спектральной характеристики чувствительности.

б) спектральные характеристики чувствительности каналов G и В телевизионной камеры совпадают с кривыми сложения колориметрической системы МКО 1931 г. (x , y , z), причем для зеленого канала, кривая совпадает с кривой чувствительности зеленого канала 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) тоже самое, что и вариант б), но кривая красного канала совпадает с частью кривой (рис. 4).

И так 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 – эта 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 метοмерным 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

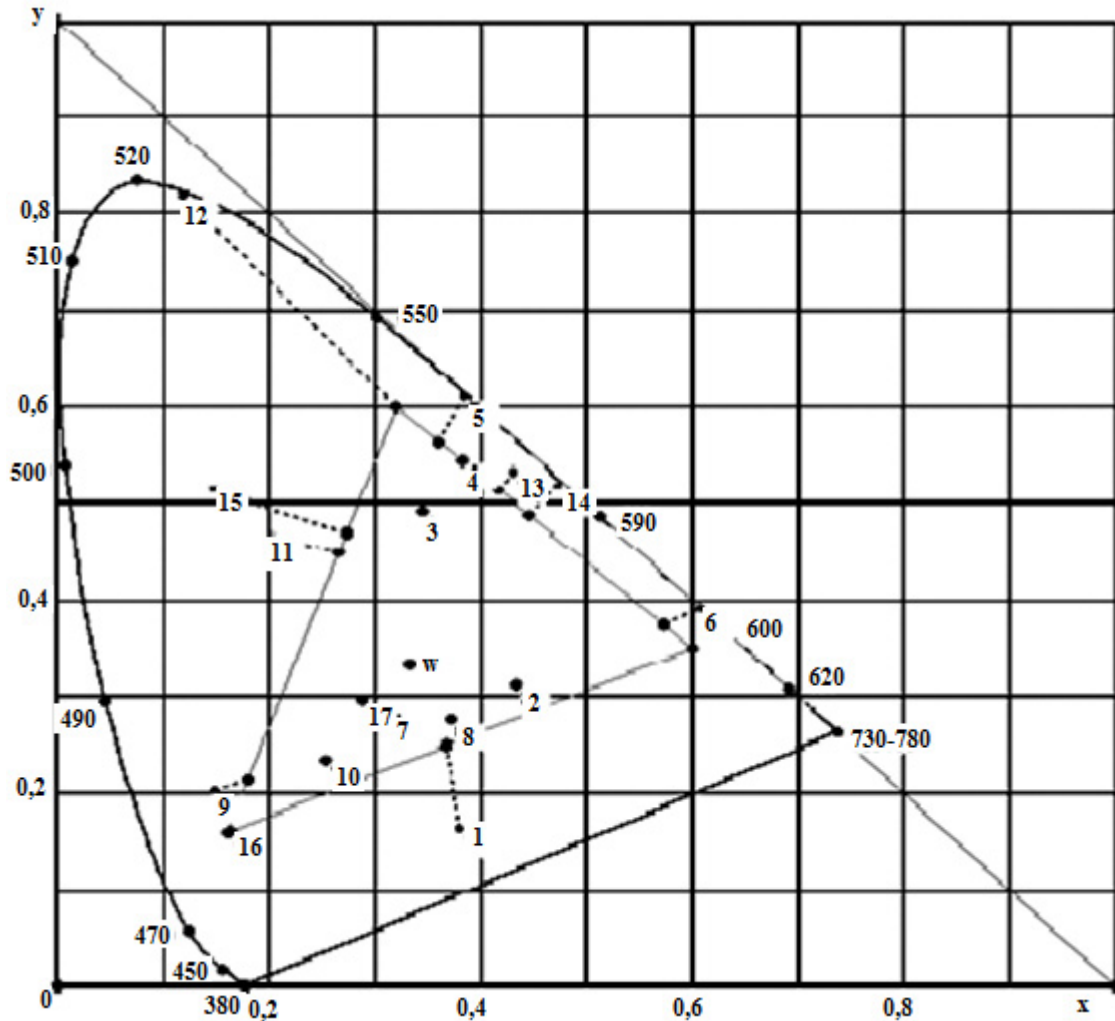


Рис. 5. Цветовые искажения в телевизионной системе, полученные путем передачи сигналов цвета и воспроизведенные на экране, имеющий прибор с использованием люминофоров (кинескоп стандарт ЕС)

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, пропорциональны координатам цвета. Тогда необходимые значения видеосигнала можно определить из матричного уравнения (3), а именно:

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

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 что бы избежать этого, необходимо приравнять отрицательные значению нулю. На рис. 5 показаны цветовые искажения при использовании идеальной цветной трехцветной камеры, а в телевизионном приемнике в качестве экрана применена тот же кинескоп стандарта ЕС. Обозначение на этом рисунке тоже, что и на рис. 2.

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

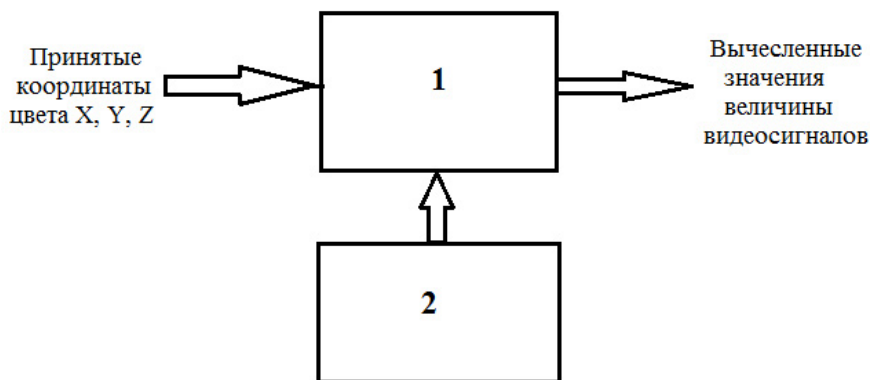


Рис. 6. Добавляемый узел в телевизионный приемник

стоянии 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 определяется единожды, и зависят от типа экрана телевизионного приемника, а еще лучше однажды измеренные координаты цветности основных цветов для конкретного телевизионного экрана и расчета коэффициентов обратной матрицы. В вычислительном устройстве происходит вычисления 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, 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 $\pm 0,01 \div 0,05$, что составляет в пределах от 1,75 до 8,7 порогов Мак Адама.

Не обходимо, так же учесть, что согласно [7] допустимые отклонения координат цветности основных цветов составляют $\pm 0,01$, что также при-

водит к дополнительным цветовым искажениям порядка 2 порогов Мак Адама.

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 измерении с точностью рекомендованных ГОСТом. При этом незначительно усложняется схема самого телевизионного приемника.

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. Vol. 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. № ВНИИЦ 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. 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.
9. Хант Р.И.Г. Цветовоспроизведение; 6-е изд., пер. А.Е. Шадрин. СПб.: 2009. 888 с.
10. Измайлов Ч.А. Сферическая модель цветоразличения. М.: МГУ, 1980. 171 с.

The colors in television and method of reduction

L.D. Lozhkin, V.A. Neganov

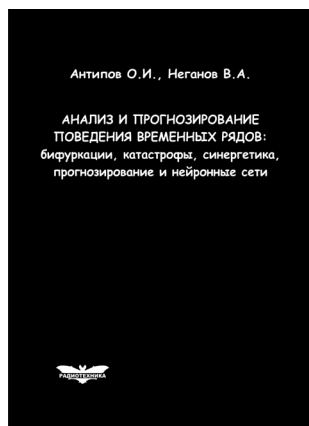
Shows the sources of color distortions in the body-color vision, and that the chromaticity coordinates, which are located inside the triangle color gamut screen television may play colorimetrically exactly, i. e. without color distortion. We propose a method for implementing a television system with a colorimetrically accurately reproduced color images.

Keywords: color locus, ICE, television camera, the chromaticity coordinates.

Антипов, О.И.

Анализ и прогнозирование поведения временных рядов: бифуркации, катастрофы, синергетика, фракталы и нейронные сети / О.И. Антипов, В.А. Неганов. – М.: Радиотехника, 2011. – 350 с.

ISBN 978-5-88070-294-7



УДК 530.1:621.372+621.396

ББК 32.96

Монография посвящена объединению нескольких направлений в науке: бифуркаций в нелинейных динамических (или детерминированных) системах, причем внимание уделяется бифуркациям-кризисам, которые отождествляются с катастрофами в синергетике – науке о самоорганизации в сложных системах, где велика роль коллективных, кооперативных эффектов, возникновения порядка – фрактальных структур в турбулентности (или хаосе). В синергетике общим является принцип подчинения, который позволяет исключать большое число переменных в сложных системах и описывать в них сложные процессы. Использование в роли одной из основных количественных характеристик катастроф фрактального показателя Херста связывает фракталы с бифуркациями. Объединение этих четырех направлений позволяет упростить проектирование прогнозирующих нейронных сетей, которое в настоящее время отчасти является искусством.

Даны авторские модификации некоторых известных фрактальных методов, позволяющие проводить более глубокий анализ хаотических процессов. Эти результаты, на наш взгляд, должны являться необходимой частью полного алгоритма построения прогностических моделей, описанного в книге. В частности, описан авторский алгоритм определения временного лага, необходимого для реконструкции аттрактора динамической системы, и модификация метода ближайших ложных соседей, которую можно использовать в качестве индикатора приближающейся катастрофы.

Приведены конкретные примеры из таких областей науки, как радиотехника, экономика и медицина.

Монография представляет интерес для научных работников, аспирантов и докторантов, работающих в области прикладных задач анализа, моделирования и прогнозирования хаотических процессов в нелинейных системах из различных отраслей науки и техники.