

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВТ.2087-0
(10/2015)

**Преобразование цветов из
Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 в
Рекомендацию МСЭ-R ВТ.2020**

Серия ВТ
Радиовещательная служба
(телевизионная)



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2017 г.

© ITU 2017

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.2087-0

**Преобразование цветов из Рекомендации МСЭ-R ВТ.709
в Рекомендацию МСЭ-R ВТ.2020**

(2015)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации рассматривается метод преобразования цветов из Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 в Рекомендацию МСЭ-R ВТ.2020 в целях использования при включении программного контента ТВЧ в программы ТСВЧ. Определены две системы уравнений преобразования. Одна система основана на функции оптоэлектронного преобразования (ФОЭП) и обратной ей функции. Другая система основана на функции электронно-оптического преобразования (ФЭОП) и обратной ей функции.

Ключевые слова

ТСВЧ, преобразование цветов

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020 "Значения параметров для систем телевидения сверхвысокой четкости для производства программ и международного обмена ими" определены значения параметров систем изображения ТСВЧ, и одной из характеристик ТСВЧ является его более широкая по сравнению с ТВЧ цветовая гамма, как это определено в Рекомендация МСЭ-R ВТ.709;
- b)* что во всем мире возрастает число телевизионных радиовещательных организаций и составителей программ, которые запускают производство программ ТСВЧ;
- c)* что программы ТВЧ могут также использоваться для составления программ ТСВЧ, для чего требуется преобразование цветов из Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 в Рекомендацию МСЭ-R ВТ.2020;
- d)* что требуется, чтобы цвета Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 не изменялись в результате преобразования цветов в Рекомендацию МСЭ-R ВТ.2020 и чтобы метод преобразования можно было описать математически,

рекомендует,

1 чтобы при необходимости преобразования цветов из Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 в Рекомендацию МСЭ-R ВТ.2020 для производства программ ТСВЧ и международного обмена этими программами использовался метод, описанный в Приложении 1.

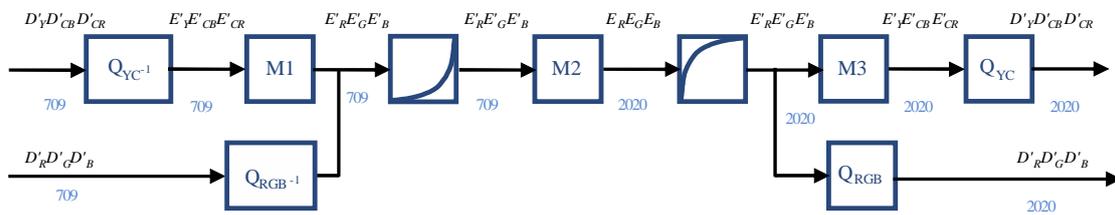
Приложение 1

Метод преобразования цветов из Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 в Рекомендацию МСЭ-R ВТ.2020

На рисунке 1 представлена блок-схема преобразования цветов из Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 (Рек. 709) в формат сигнала непостоянной яркости, приведенный в таблице 4 Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020 (Рек. 2020). Вход и выход этой блок-схемы – представленные в цифровой форме сигналы $Y'C'B'C'_R$ или сигналы $R'G'B'$.

РИСУНОК 1

Блок-схема преобразования цветов из $Y'C'B'C'_R$ или $R'G'B'$ Рек. 709 в $Y'C'B'C'_R$ или $R'G'B'$ Рек. 2020 для формата сигнала непостоянной яркости Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020



ВТ.2087-01

Ниже представлены функции и уравнения каждого блока на рисунке 1.

Q_{YC}^{-1}

Обратное квантование представленных в цифровой форме сигнала яркости и цветоразностных сигналов $D'Y, D'CB, D'CR$ (Рек. 709) при глубине цвета N_{709} битов до нормализованных сигнала яркости и цветоразностных сигналов $E'Y, E'CB, E'CR$ (Рек. 709):

$$\begin{aligned} E'_Y &= (D'_Y / 2^{N_{709}-8} - 16) / 219 \\ E'_{CB} &= (D'_{CB} / 2^{N_{709}-8} - 128) / 224 \\ E'_{CR} &= (D'_{CR} / 2^{N_{709}-8} - 128) / 224 \end{aligned}$$

Q_{RGB}^{-1}

Обратное квантование представленных в цифровой форме цветочных сигналов $D'R, D'G, D'B$ (Рек. 709) при глубине цвета N_{709} битов до нормализованных цветочных сигналов $E'R, E'G, E'B$ (Рек. 709):

$$\begin{aligned} E'_R &= (D'_R / 2^{N_{709}-8} - 16) / 219 \\ E'_G &= (D'_G / 2^{N_{709}-8} - 16) / 219 \\ E'_B &= (D'_B / 2^{N_{709}-8} - 16) / 219 \end{aligned}$$

M1

Преобразование из нормализованных сигнала яркости и цветоразностных сигналов $E'Y, E'CB, E'CR$ (Рек. 709) в нормализованные $R'G'B'$ цветочные сигналы $E'R, E'G, E'B$ (Рек. 709):

$$\begin{bmatrix} E'_R \\ E'_G \\ E'_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1,5747 \\ 1 & -0,1873 & -0,4682 \\ 1 & 1,8556 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E'_Y \\ E'_{CB} \\ E'_{CR} \end{bmatrix}$$



Нелинейно-линейное преобразование из нормализованных цветовых $R'G'B'$ сигналов $E'_R E'_G E'_B$ (Рек. 709) в представленные в линейной форме нормализованные цветовые RGB сигналы $E_R E_G E_B$ (Рек. 709) осуществляется с помощью одного из двух уравнений, которые создают несколько отличающиеся друг от друга цвета:

Случай № 1: если цель заключается в сохранении цветов, видимых на дисплее Рек. 709¹, при отображении на дисплее Рек. 2020², используется аппроксимация функции электронно-оптического преобразования (ФЭОП) из Рекомендации МСЭ-R ВТ.1886 (Рек. 1886):

$$E = (E')^{2,40} \quad , \quad 0 \leq E' \leq 1$$

Случай № 2: если источником является непосредственный выход камеры, а цель заключается в обеспечении соответствия цветам с непосредственного выхода камеры Рек. 2020, используется аппроксимация обратной функции оптоэлектронного преобразования Рек. 709 (ФЭОП) (см. Приложение 2):

$$E = (E')^2 \quad , \quad 0 \leq E' \leq 1$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В Рекомендации МСЭ-R ВТ.1886 определена эталонная ФЭОП, которая используется для сигналов дисплеев Рек. 709. Эта функция преобразования описывается следующим образом: $L = a(\max[(V+b),0])^{2,40}$; где $a = (L_W^{1/2,40} - L_B^{1/2,40})^{2,40}$ и $b = L_B^{1/2,40} / (L_W^{1/2,40} - L_B^{1/2,40})$. В настоящем документе представлена эта функция преобразования в аппроксимированной и нормализованной форме, которая определяется установкой $L_W = 1$ и $L_B = 0$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Диапазон E или E' в Рекомендации МСЭ-R ВТ.709 определяется в интервале от 0 до 1. Однако определение квантования видеосигнала допускает значения выше 1 или ниже 0. Приведенное выше уравнение может также применяться к таким значениям выше 1 или ниже 0.

¹ Дисплей Рек. 709 – это устройство отображения с основными цветами RGB , которые соответствуют основным цветам в Рекомендации МСЭ-R ВТ.709, точкой белого D65 и ФЭОП, которая соответствует Рекомендации МСЭ-R ВТ.1886.

² Дисплей Рек. 2020 – это устройство отображения с основными цветами RGB , которые соответствуют основным цветам в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020, точкой белого D65 и ФЭОП, которая соответствует Рекомендации МСЭ-R ВТ.1886.

M2

Преобразование цветов из представленных в линейной форме нормализованных цветовых RGB сигналов $E_R E_G E_B$ (Рек. 709) в представленные в линейной форме нормализованные цветовые RGB сигналы $E_R E_G E_B$ (Рек. 2020):

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{bmatrix}_{2020} &= \begin{bmatrix} 0,6370 & 0,1446 & 0,1689 \\ 0,2627 & 0,6780 & 0,0593 \\ 0 & 0,0281 & 1,0610 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0,4124 & 0,3576 & 0,1805 \\ 0,2126 & 0,7152 & 0,0722 \\ 0,0193 & 0,1192 & 0,9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{bmatrix}_{709} \\ &= \begin{bmatrix} 1,7167 & -0,3557 & -0,2534 \\ -0,6667 & 1,6165 & 0,0158 \\ 0,0176 & -0,0428 & 0,9421 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,4124 & 0,3576 & 0,1805 \\ 0,2126 & 0,7152 & 0,0722 \\ 0,0193 & 0,1192 & 0,9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{bmatrix}_{709} \\ &= \begin{bmatrix} 0,6274 & 0,3293 & 0,0433 \\ 0,0691 & 0,9195 & 0,0114 \\ 0,0164 & 0,0880 & 0,8956 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{bmatrix}_{709} \end{aligned}$$



Линейно-нелинейное преобразование из представленных в линейной форме нормализованных цветовых RGB сигналов $E_R E_G E_B$ (Рек. 2020) в нормализованные цветовые $R'G'B'$ сигналы $E'_R E'_G E'_B$ (Рек. 2020) осуществляется путем применения обратного уравнения нелинейно-линейного преобразования.

Случай № 1: если цель заключается в сохранении цветов, видимых на дисплее Рек. 709, используется аппроксимация обратной ФЭОП Рек. 1886:

$$E' = E^{1/2,40}, \quad 0 \leq E \leq 1$$

Случай № 2: если источником является непосредственный выход камеры, а цель заключается в обеспечении соответствия цветам с непосредственного выхода камеры Рек. 2020, используется аппроксимация ФЭОП Рек. 2020 (см. Приложение 2):

$$E' = E^{1/2}, \quad 0 \leq E \leq 1$$

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Диапазон E или E' в Рекомендация МСЭ-R ВТ.2020 определяется в интервале от 0 до 1. Однако определение квантования видеосигнала допускает значения выше 1 или ниже 0. Приведенное выше уравнение может также применяться к таким значениям выше 1 или ниже 0.

M3

Преобразование из нормализованных цветовых $R'G'B'$ сигналов $E'_R E'_G E'_B$ (Рек. 2020) в нормализованные сигнал яркости и цветоразностные сигналы $E'_Y E'_{CB} E'_{CR}$ (Рек. 2020):

$$\begin{bmatrix} E'_Y \\ E'_{CB} \\ E'_{CR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2627 & 0,6780 & 0,0593 \\ -0,1396 & -0,3604 & 0,5000 \\ 0,5000 & -0,4598 & -0,0402 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E'_R \\ E'_G \\ E'_B \end{bmatrix}$$



Квантование нормализованных цветковых сигналов $E'_R E'_G E'_B$ (Рек. 2020) в представленные в цифровой форме цветковые сигналы $D'_R D'_G D'_B$ (Рек. 2020) при глубине цвета N_{2020} битов:

$$\begin{aligned} D'_R &= \text{INT}[(219 \times E'_R + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_G &= \text{INT}[(219 \times E'_G + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_B &= \text{INT}[(219 \times E'_B + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \end{aligned}$$



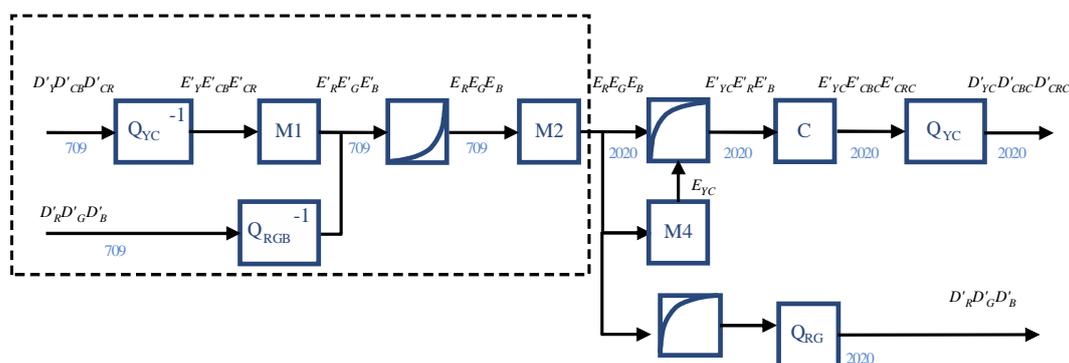
Квантование нормализованных сигнала яркости и цветоразностных сигналов $E'_Y E'_{CB} E'_{CR}$ (Рек. 2020) в представленные в цифровой форме сигнал яркости и цветоразностные сигналы $D'_Y D'_{CB} D'_{CR}$ (Рек. 2020) при глубине цвета N_{2020} битов:

$$\begin{aligned} D'_Y &= \text{INT}[(219 \times E'_Y + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_{CB} &= \text{INT}[(224 \times E'_{CB} + 128) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_{CR} &= \text{INT}[(224 \times E'_{CR} + 128) \times 2^{N_{2020}-8}]. \end{aligned}$$

На рисунке 2 представлена блок-схема преобразования цветов из Рек. 709 в формат сигнала постоянной яркости, приведенный в таблице 4 Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020. Входные сигналы на этой схеме – представленные в цифровой форме сигналы $R'G'B'$ и $Y'C'_B C'_R$. Выходные сигналы – представленные в цифровой форме сигналы $R'G'B'$ и $Y'_C C'_{BC} C'_{RC}$, где добавление нижнего индекса "C" означает формат сигнала постоянной яркости.

РИСУНОК 2

Блок-схема преобразования цветов из $Y'C'_B C'_R$ или $R'G'B'$ Рек. 709 в $Y'_C C'_{BC} C'_{RC}$ или $R'G'B'$ Рек. 2020 для формата сигнала постоянной яркости Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020



ВТ.2087-02

Ниже представлены функции и уравнения каждого блока на рисунке 2.

Для пяти блоков, обведенных черной пунктирной линией, применяются уравнения и входные/выходные сигналы, аналогичные описанным для рисунка 1. Эти блоки соответствуют преобразованию из представленных в цифровой форме сигнала яркости и цветоразностных сигналов $D'_Y D'_{CB} D'_{CR}$ и цветковых $D'_R D'_G D'_B$ сигналов (Рек. 709) в представленные в линейной форме нормализованные цветковые RGB сигналы $E'_R E'_G E'_B$ (Рек. 2020).

Блоки "M4" и "C" на рисунке 2 (для формата сигнала постоянной яркости) отличаются от блоков, представленных на рисунке 1 (для формата сигнала непостоянной яркости). Аналогичная нелинейная функция и уравнения квантования применяются для блоков , "Q_{YCC}" и "Q_{RGB}". Для различения между форматами сигнала непостоянной яркости и сигнала постоянной яркости к обозначениям формата сигнала постоянной яркости добавляется нижний индекс "C".

M4

Преобразование из представленных в линейной форме нормализованных цветных *RGB* сигналов $E_R E_G E_B$ (Рек. 2020) в нормализованный сигнал постоянной яркости E_{Yc} (Рек. 2020):

$$[E_{Yc}] = [0,2627 \quad 0,6780 \quad 0,0593] \begin{bmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{bmatrix}$$



Линейно-нелинейное преобразование из представленных в линейной форме нормализованных цветных *RB* сигналов $E_R E_B$ и нормализованного сигнала постоянной яркости E_{Yc} (Рек. 2020) в представленные в нелинейной форме нормализованные цветные *R'B'* сигналы $E'_R E'_B$ и нормализованный сигнал постоянной яркости E'_{Yc} (Рек. 2020) выполняется путем применения обратного уравнения нелинейно-линейного преобразования.

Случай № 1: если цель заключается в сохранении цветов, видимых на дисплее Рек. 709, при отображении на дисплее Рек. 2020, используется аппроксимация ФЭОП из Рек. 1886:

$$E' = E^{1/2,40} \quad , \quad 0 \leq E \leq 1$$

Случай № 2: если источником является непосредственный выход камеры, а цель заключается в обеспечении соответствия цветам с непосредственного выхода камеры Рек. 2020, используется аппроксимация ФЭОП Рек. 2020 (см. Приложение 2):

$$E' = E^{1/2} \quad , \quad 0 \leq E \leq 1$$

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Диапазон E или E' в Рекомендация МСЭ-R ВТ.2020 определяется в интервале от 0 до 1. Однако определение квантования видеосигнала допускает значения выше 1 или ниже 0. Приведенное выше уравнение может также применяться к таким значениям выше 1 или ниже 0.

C

Преобразование из представленных в нелинейной форме нормализованных цветных *R'B'* сигналов $E'_R E'_B$ и нормализованного сигнала постоянной яркости E'_{Yc} (Рек. 2020) в нормализованные цветоразностные сигналы $E'_{CBc} E'_{CRc}$ (Рек. 2020):

$$E'_{CBc} = \begin{cases} \frac{E'_B - E'_{Yc}}{2 \times 0,9702} & , -0,9702 \leq E'_B - E'_{Yc} \leq 0 \\ \frac{E'_B - E'_{Yc}}{2 \times 0,7910} & , 0 < E'_B - E'_{Yc} \leq 0,7910 \end{cases}$$

$$E'_{CRc} = \begin{cases} \frac{E'_R - E'_{Yc}}{2 \times 0,8591} & , -0,8591 \leq E'_R - E'_{Yc} \leq 0 \\ \frac{E'_R - E'_{Yc}}{2 \times 0,4969} & , 0 < E'_R - E'_{Yc} \leq 0,4969 \end{cases}$$



Квантование нормализованных цветовых сигналов $E'_R E'_G E'_B$ (Рек. 2020) в представленные в цифровой форме цветные сигналы $D'_R D'_G D'_B$ (Рек. 2020) при глубине цвета N_{2020} битов:

$$\begin{aligned} D'_R &= \text{INT}[(219 \times E'_R + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_G &= \text{INT}[(219 \times E'_G + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_B &= \text{INT}[(219 \times E'_B + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \end{aligned}$$



Квантование нормализованных сигнала постоянной яркости и цветоразностных сигналов $E'_{Yc} E'_{CBc} E'_{CRc}$ (Рек. 2020) в представленные в цифровой форме сигнал постоянной яркости и цветоразностные сигналы $D'_{Yc} D'_{CBc} D'_{CRc}$ (Рек. 2020) при глубине цвета N_{2020} битов:

$$\begin{aligned} D'_{Yc} &= \text{INT}[(219 \times E'_{Yc} + 16) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_{CBc} &= \text{INT}[(224 \times E'_{CBc} + 128) \times 2^{N_{2020}-8}] \\ D'_{CRc} &= \text{INT}[(224 \times E'_{CRc} + 128) \times 2^{N_{2020}-8}] \end{aligned}$$

Приложение 2 (информационное)

Функции нелинейного преобразования для преобразования цветов

Моделирование концепции прохождения сигнала от освещения сцены в освещение на дисплее в видеосистемах, как показано на рисунке 3, состоит из четырех функций: настройка камеры для креативного рендеринга, функция оптоэлектронного преобразования (ФОЭП), функция электронно-оптического преобразования (ФЭОП), регулировка дисплея для компенсации условий просмотра.

Настройка камеры включает линейный сегмент вблизи черного цвета, пред-перегиб, точку перегиба, наклон перегиба и другие регулировки. Функции ФОЭП Рек. 709 и Рек. 2020 аналогичны функции квадратного корня. Отклонения этих ФОЭП от степенной функции $1/2,0$, включая линейный сегмент вблизи черного цвета, можно разложить в функцию настройки камеры. Таким образом, сама ФОЭП может рассматриваться как функция квадратного корня.

На основании этой концепции для преобразования между линейным и нелинейным представлениями сигнала при выполнении преобразования случая № 2, базирующегося на ФОЭП, должны использоваться квадратичная функция и функция квадратного корня.

РИСУНОК 3
Блок-схема ФЭЭП и ФЭОП в видеосистемах



ВТ.2087-03

Приложение 3 (информационное)

Примеры двух сценариев использования преобразования цветов

Как описано в Приложении 1, существуют два общих сценария, в которых желательно преобразование цветов из Рек. 709 в Рек. 2020. В первом сценарии использования (случай № 1) цель заключается в сохранении цветов, изначально видимых на дисплее Рек. 709, на дисплее Рек. 2020. Следует отметить, что дисплей Рек. 709 – это устройство отображения с основными цветами *RGB*, которые соответствуют основным цветам в Рекомендации МСЭ-R ВТ.709, точкой белого D65 и ФЭОП, которая соответствует Рекомендации МСЭ-R ВТ.1886. Аналогично, дисплей Рек. 2020 – это устройство отображения с основными цветами *RGB*, которые соответствуют основным цветам в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2020, точкой белого D65 и ФЭОП, которая соответствует Рекомендации МСЭ-R ВТ.1886. Во втором сценарии использования (случай № 2) цель заключается в обеспечении соответствия цветам с непосредственного выхода камеры Рек. 2020. Следующий далее пример иллюстрирует разницу между этими двумя сценариями и потребность в двух различных способах преобразования.

Для этого примера красный объект фиксируется двумя камерами: одна соответствует спецификации Рек. 709, другая соответствует спецификации Рек. 2020. Камера Рек. 709 подсоединена к дисплею Рек. 709, который работает в типовой базовой конфигурации (ФЭОП Рек. 1886 с уровнем белого 100 кд/м², уровнем черного 0,005 кд/м², условия просмотра Рек. 2035). Аналогично, камера Рек. 2020 подсоединена к дисплею Рек. 2020 с той же базовой конфигурацией (ФЭОП Рек. 1886 с уровнем белого 100 кд/м², уровнем черного 0,005 кд/м², условия просмотра Рек. 2035).

В качестве красного объекта выбирается объект, имеющий яркость 20 кд/м² и ту же цветность, что и основной красный цвет в Рек. 709. В координатах Y_{xy} это можно описать следующим образом: $Y = 20$; $x = 0,64$; $y = 0,33$.

Если предполагается, что камера Рек. 709 имеет датчик, использующий функции точного цветового соответствия CIE1931, ирисовая диафрагма отрегулирована так, что красный объект создает нормализованный выходной сигнал Y от датчика 0,2, то результатом будет 10-битовый кодированный согласно Рек. 709 выходной сигнал $R'G'B'$ с $R' = 914$, $G' = 64$, $B' = 64$. После декодирования в дисплее Рек. 709 результатом будет выходной сигнал с $Y = 19,8$, $x = 0,640$, $y = 0,330$, который очень близок к исходному цвету сцены.

Если предполагается, что датчик камеры Рек. 2020 использует те же функции цветового соответствия и те же установки ирисовой диафрагмы, то результатом будет 10-битовый кодированный согласно Рек. 2020 выходной сигнал $R'G'B'$ с $R' = 737$, $G' = 258$, $B' = 125$. Эти значения сильно отличаются от значений выходного сигнала камеры Рек. 709, так как красный объект не близок к основному красному цвету системы Рек. 2020, как это было в случае системы Рек. 709. После декодирования в дисплее Рек. 2020 результатом будет выходной сигнал с $Y = 16,2$, $x = 0,677$, $y = 0,316$, который несколько темнее и немного более красный по сравнению с оригинальным цветом сцены. Это изменение является следствием гамма-рендеринга, которое происходит в большем цветовом пространстве.

Теперь, если выходной сигнал Рек. 709 с $R' = 914$, $G' = 64$, $B' = 64$ преобразуется в Рек. 2020, используя преобразование случая № 1, базирующееся на ФЭОП, результатом будет выходной сигнал Рек. 2020 с $R' = 764$, $G' = 343$, $B' = 217$. После декодирования в дисплее Рек. 2020 результатом будет выходной сигнал с $Y = 20,3$, $x = 0,634$, $y = 0,331$, который очень близок к исходному цвету дисплея Рек. 709 (разница DeltaE2000 составляет 0,75). Это очень сильно отличается от цвета фиксации и отображения Рек. 2020 (разница DeltaE2000 составляет 5,9).

Наоборот, если выходной сигнал Рек. 709 с $R' = 914$, $G' = 64$, $B' = 64$ преобразуется в Рек. 2020, используя преобразование случая № 2, базирующееся на ФЭОП, результатом будет выходной сигнал Рек. 2020 с $R' = 737$, $G' = 287$, $B' = 173$. После декодирования в дисплее Рек. 2020 результатом будет выходной сигнал с $Y = 17,0$, $x = 0,660$, $y = 0,321$, который по сравнению со случаем № 1 более точно соответствует цвету фиксации и отображения Рек. 2020 (разница DeltaE2000 составляет 2,3). Но это худшее соответствие исходному цвету дисплея Рек. 709 (разница DeltaE2000 составляет 3,4).

Таким образом, представляется очевидным, что для преобразования подготовленного контента, первоначально утвержденного на дисплее Рек. 709, предпочтительным является преобразование случая № 1, базирующееся на ФЭОП. Однако для смешивания прямых выходных сигналов с камер Рек. 709 и Рек. 2020 предпочтительным может быть преобразование случая № 2, базирующееся на ФЭОП.
