

Международный союз электросвязи

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВТ.814-3
(12/2017)

**Спецификации испытательных сигналов
PLUGE и процедуры настройки
для установления параметров яркости
и контрастности дисплеев**

Серия ВТ
Радиовещательная служба
(телевизионная)



Международный
союз
электросвязи

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-T/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-T/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, 2018 г.

© ITU 2018

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.814-3

Спецификации испытательных сигналов PLUGE и процедуры настройки для установления параметров яркости и контрастности дисплеев

(1992-1994-2007-2017)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются испытательные сигналы и процедуры настройки для регулировки параметров дисплеев, используемых для производства и контроля программ. Эти сигналы могут использоваться для установки значений воспроизводимых изображений для телевидения стандартной, высокой и сверхвысокой четкости, включая телевизионные системы большого динамического диапазона с применением перцептивного квантования (PQ) и гибридной гамма-логарифмической коррекции (HLG).

Ключевые слова

PLUGE, регулировка дисплея, HDR, HDR-TV, яркость, контрастность

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что во множестве приложений, включая субъективные лабораторные испытания и контроль в аппаратных комнатах эксплуатируемых систем, используются мониторы точной передачи изображения;
- b) что различия в регулировках и настройках дисплеев могут привести к различиям в воспроизводимых изображениях;
- c) что разрабатываются и уже в течение многих лет используются специальные сигналы, помогающие выполнять регулировку и настройку мониторов,

рекомендует

1 использовать испытательный сигнал PLUGE (см. Примечание 1), описанный в Приложении 1, для установления параметров дисплеев, применяемых для субъективной оценки и для эксплуатационного контроля систем, описанных в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.1700¹ и МСЭ-R ВТ.601²;

2 использовать испытательный сигнал PLUGE, описанный в Приложении 2, для установления параметров дисплеев, применяемых для субъективной оценки и для эксплуатационного контроля систем, описанных в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.709³, МСЭ-R ВТ.2020⁴ и МСЭ-R ВТ.2100⁵;

3 применять порядок использования испытательного сигнала PLUGE, описанный в Приложении 3,

¹ Рекомендация МСЭ-R ВТ.1700 – *Характеристики составных сигналов видео для стандартных аналоговых систем телевидения.*

² Рекомендация МСЭ-R ВТ.601 – *Студийные параметры кодирования цифрового телевидения для стандартного 4 : 3 и широкоэкранный 16 : 9 форматов.*

³ Рекомендация МСЭ-R ВТ.709 – *Значения параметров стандартов ТВЧ для производства программ и международного обмена программами.*

⁴ Рекомендация МСЭ-R ВТ.2020 – *Значения параметров для систем телевидения сверхвысокой четкости для производства программ и международного обмена ими.*

⁵ Рекомендация МСЭ-R ВТ.2100 – *Значения параметров изображений для систем телевидения большого динамического диапазона для использования в производстве программ и международном обмене ими.*

далее рекомендует

продолжить изучение методов регулировки уровня черного дисплеев HDR и отразить усовершенствованные методы в новых редакциях информационных Приложений 4 и 5 к настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Акроним PLUGE получен из названия "Picture Line Up Generating Equipment" (оборудование для создания изображения).

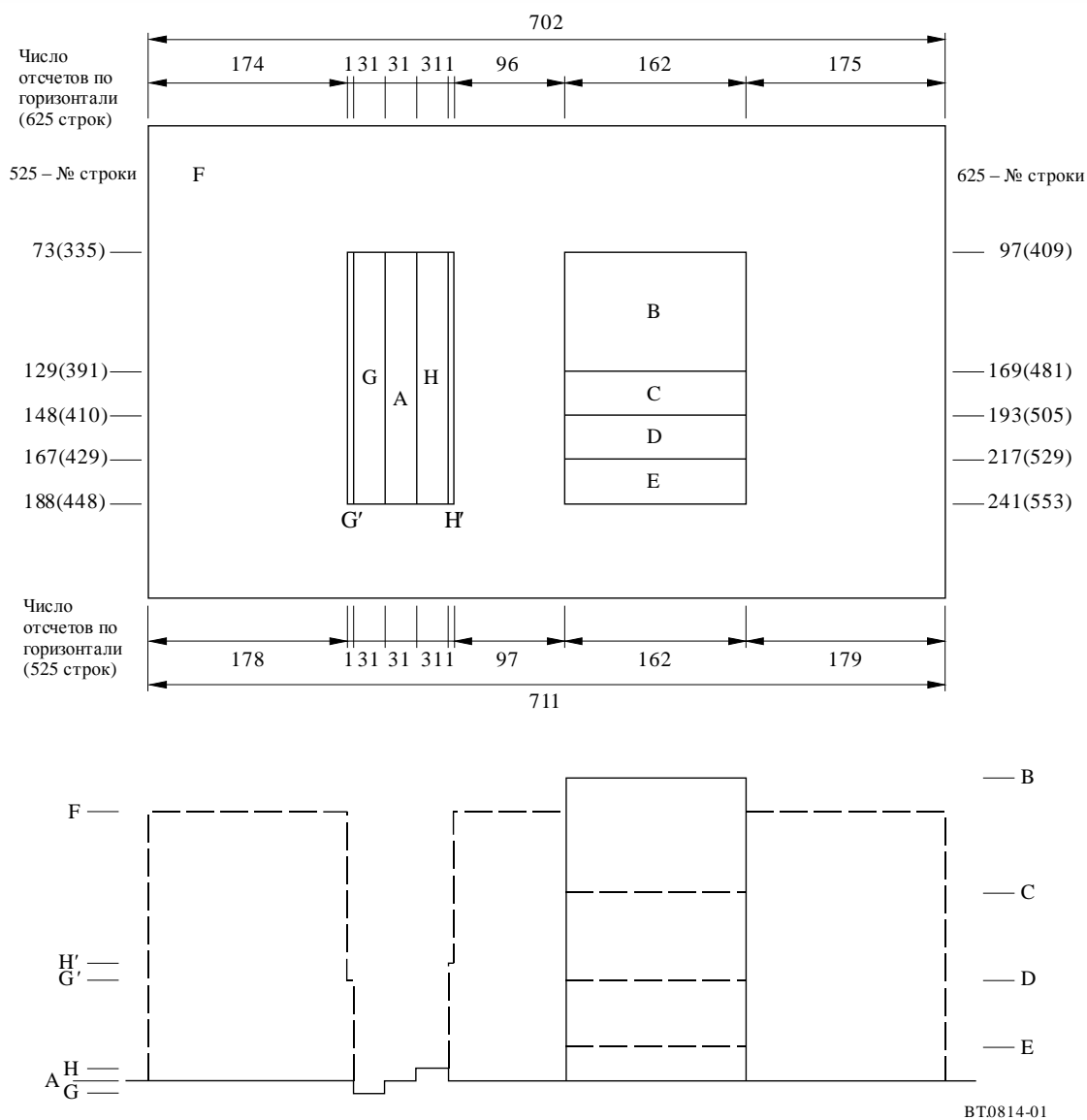
Приложение 1 (нормативное)

Спецификации сигнала PLUGE для телевидения стандартной четкости (SDTV)

Сигнал PLUGE (см. рисунок 1) составлен из:

- a) трех расположенных близко друг к другу узких вертикальных полосок с левой стороны изображения. Центральная вертикальная полоса имеет уровень черного. Полоса слева от нее несколько темнее, а полоса справа немного светлее, чем центральная;
- b) широкой полосы, расположенной с правой стороны изображения. Она разделена на четыре участка – один, соответствующий уровню белого, а три оставшиеся закрашены серым с увеличивающейся интенсивностью. Серый цвет на этой шкале изменяется с почти равномерными шагами (субъективно воспринимаемыми) в диапазоне контрастности 30 : 1. Область с пиковым белым имеет достаточно большой размер для того, чтобы выставить уровень белого в измерительном приборе;
- c) равномерного фона, окружающего вышеописанные вертикальные полоски и широкую полосу. В зависимости от применения для этого фона определено два различных уровня яркости:
 - для эксплуатационных контрольных мониторов уровень фона устанавливается равным уровню черного в сигнале;
 - для субъективной оценки уровень фона устанавливается равным уровню серого, приведенному в таблице 1. Этот фоновый уровень оптимизируется так, чтобы получить субъективное качество изображения дисплея, аналогичное используемому в последовательностях, применяемых при субъективной оценке.

РИСУНОК 1
Активное поле и форма сигнала PLUGE



Для учета характеристик зрения человека яркость, определенная в спецификации для вертикальных полосок, описанная в пункте с), несколько различна при использовании данного сигнала в двух различных условиях применения (см. таблицу 1).

Для гарантии того, чтобы в аналоговых составных системах цветовой декодер дисплея работал в правильном режиме цветности, рекомендуется включать в аналоговый сигнал стандартный импульс цветовой синхронизации.

Число отсчетов по горизонтали меньше 720 – значения, установленного Рекомендацией МСЭ-R ВТ.601. Сигнал PLUGE должен быть центрирован в пределах активной строки цифровых и аналоговых систем ± 2 отсчета.

ТАБЛИЦА 1
Уровни сигнала

	Эксплуатационный контроль			Контроль при субъективной оценке		
	% Уровень, мВ (цифровой)			% Уровень, мВ (цифровой)		
	625 строк	525 строк		625 строк	525 строк	
А – уровень черного	0% 0 мВ (16)64	0% 0 мВ (16)64	7,5% 54 мВ (16)64	0% 0 мВ (16)64	0% 0 мВ (16)64	7,5% 54 мВ (16)64
В – уровень белого	100% 700 мВ (235)940	100% 714 мВ (235)940	100% 714 мВ (235)940	100% 700 мВ (235)940	100% 714 мВ (235)940	100% 714 мВ (235)940
С – уровень серого 3	63,0% 441 мВ (154)616	63,0% 450 мВ (154)616	65,8% 470 мВ (154)616	63,0% 441 мВ (154)616	63,0% 450 мВ (154)616	65,8% 470 мВ (154)616
Д – уровень серого 2	35,2% 246 мВ (93)372	35,2% 251 мВ (93)372	40,0% 286 мВ (93)372	35,2% 246 мВ (93)372	35,2% 251 мВ (93)372	40,0% 286 мВ (93)372
Е – уровень серого 1	15,1% 105 мВ (49)196	15,1% 108 мВ (49)196	21,4% 153 мВ (49)196	15,1% 105 мВ (49)196	15,1% 108 мВ (49)196	21,4% 153 мВ (49)196
F – уровень фона	0% 0 мВ (16)64	0% 0 мВ (16)64	7,5% 54 мВ (16)64	70,3% 492 мВ (170)680	70,3% 502 мВ (170)680	72,5% 518 мВ (170)680
G – уровень черной полоски	-1,8% -13 мВ (12)48	-1,8% -13 мВ (12)48	5,8% 42 мВ (12)48	-2,7% -19 мВ (10)40	-2,7% -20 мВ (10)40	5,0% 35 мВ (10)40
G' – средний уровень между уровнем черной полоски и уровнем фона	н/п	н/п	н/п	33,8% 237 мВ (90)360	33,8% 237 мВ (90)360	38,8% 277 мВ (90)360
Н – уровень серой полоски	1,8% 13 мВ (20)80	1,8% 13 мВ (20)80	9,2% 66 мВ (20)80	2,7% 19 мВ (22)88	2,7% 20 мВ (22)88	10,0% 72 мВ (22)88
Н' – средний уровень между уровнем серой полоски и уровнем фона	н/п	н/п	н/п	36,5% 256 мВ (96)384	36,5% 256 мВ (96)384	41,3% 295 мВ (96)384

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – 10-битовые цифровые уровни определены как первичные значения, остальные параметры вычисляются. 8-битовые цифровые уровни указаны в скобках.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Цифровые уровни выражаются в соответствии с описанием, приведенным в Рекомендации МСЭ-R ВТ.601.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В сигнал, предназначенный для субъективных оценок, между узкими полосками и фоном вводятся полоски со средним уровнем, позволяющие избежать "звона" из-за резких переходов уровня в сигнале.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Н/п – средний уровень не используется, уровень в этих областях соответствует уровню фона.

Приложение 2 (нормативное)

Сигнал PLUGE для систем ТВЧ, ТСВЧ и HDR-TV⁶

Сигнал PLUGE для дисплеев ТВЧ, ТСВЧ и HDR показан на рисунках 2 и 3. Соответствующие номера отсчетов (по горизонтали) для форматов изображения SDR и HDR ТВЧ приведены в таблице 4, а номера строк – в таблице 5. Соответствующие номера отсчетов (по вертикали) для форматов изображения SDR и HDR ТСВЧ приведены в таблице 6. Кодовые значения уровней сигнала для формата SDR приведены в таблице 2, а для формата HDR – в таблице 3.

Центральная область с более высоким уровнем используется для установки уровня яркости дисплея при помощи регулировки усиления пользователем.

В случае HDR кодовое значение центральной области с более высоким уровнем идентично для форматов PQ и HLG. Оно отличается от кодового значения уровня яркости пикового белого в сигналах PLUGE формата SDR.

Для установки требуемой яркости уровня черного на дисплее при помощи повышения пользователем уровня черного могут использоваться сигналы двух типов.

Сигнал, расположенный с левой стороны картинки, состоит из узких горизонтальных полосок (шириной в 10 строк развертки). Эти полоски имеют уровни яркости от значения примерно на 2% превышающего уровень черного в сигнале до значения примерно на 2% ниже уровня черного в сигнале. Сигнал, расположенный с правой стороны картинки, состоит из двух широких полос (шириной в 138 строк развертки) – одна полоса имеет уровень примерно на 2% выше уровня черного в сигнале, вторая – примерно на 2% ниже уровня черного в сигнале. Этот сигнал пригоден для установки воспроизводимых значений.

ТАБЛИЦА 2

Кодовые значения для ТВЧ и ТСВЧ (формат SDR)

Значения параметров, рисунки 2 и 3 (для формата SDR)	8-битовое цифровое значение	10-битовое цифровое значение	12-битовое цифровое значение
Более высокий уровень	235	940	3 760
Уровень черного	16	64	256
Уровень чуть светлее	20	80	320
Уровень чуть темнее	12	48	192

⁶ Номера отсчетов и строк даны в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.709 для ТВЧ и Рекомендацией МСЭ-R ВТ.2020 для ТСВЧ.

ТАБЛИЦА 3

Узкодиапазонные кодовые значения для формата HDR

Значения параметров, рисунки 2 и 3 (для формата HDR)	10-битовое цифровое значение	12-битовое цифровое значение
Более высокий уровень ^{1,2}	399	1 596
Уровень черного	64	256
Уровень чуть светлее	80	320
Уровень чуть темнее	48	192

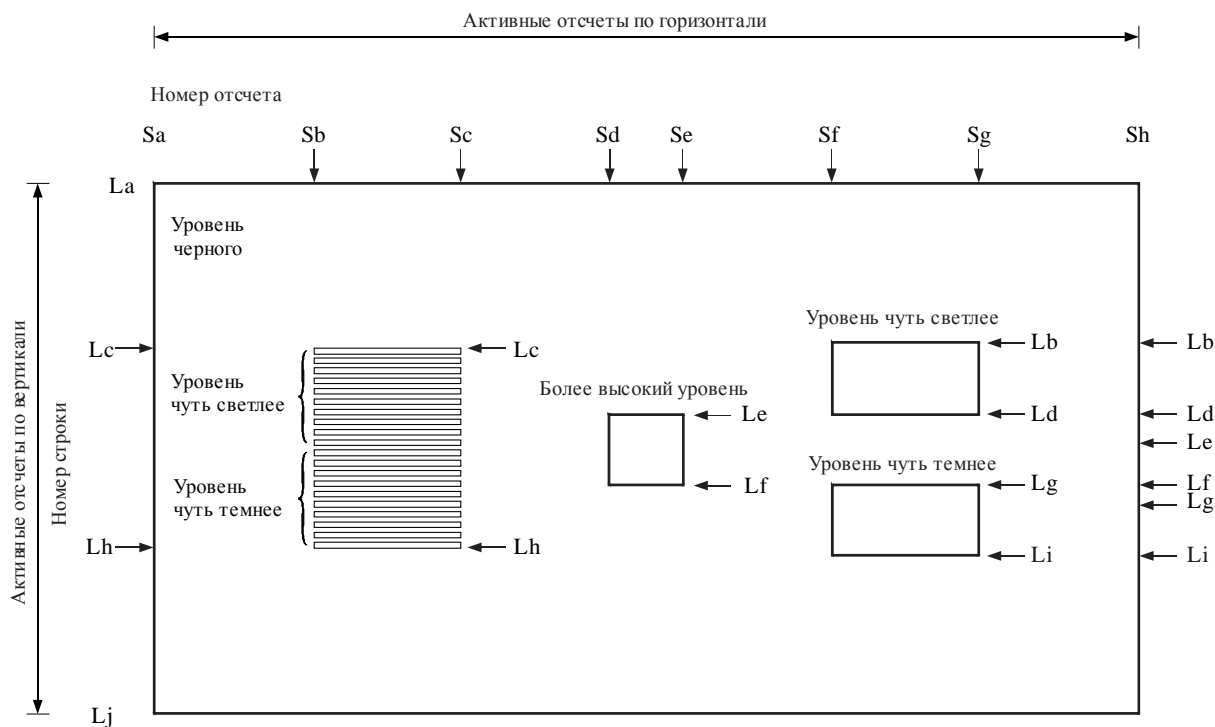
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Этот уровень, соответствующий 38,2% PQ и HLG, дает одинаковую яркость PQ- и HLG-сигналов (приблизительно 27 кд/м²) при отображении на PQ-дисплее или на HLG-дисплее с пиковой яркостью 1000 кд/м² (дисплее яркостью 1000 кд/м²).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значение яркости LH более высокого уровня для HLG-дисплея с пиковой яркостью L_w определяется с использованием функции EOTF для HLG из таблицы 5 Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100 и значения гаммы системы, полученного в соответствии с Примечанием 5e Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100. Значение LH может быть рассчитано по следующей формуле:

$$L_H = L_w \times 0,048748^{(1,2 + 0,42 \times \log_{10}(L_w/1000))}$$

РИСУНОК 2

Сигнал PLUGE для настройки уровня черного



Номера отсчетов и строк приведены включительно, то есть в блоке с более высоким уровнем Sd – первый отсчет, а Se – последний.

ТАБЛИЦА 4

Номера отсчетов (по горизонтали) для соответствующих форматов изображения

Номер отсчета (по горизонтали)	ТВЧ	ТСВЧ 4К	ТСВЧ 8К
Sa	0	0	0
Sb	312	624	1 248
Sc	599	1 199	2 399
Sd	888	1 776	3 552
Se	1 031	2 063	4 127
Sf	1 320	2 640	5 280
Sg	1 607	3 215	6 431
Sh	1 919	3 839	7 679

ТАБЛИЦА 5

Номера строк для форматов изображения ТВЧ

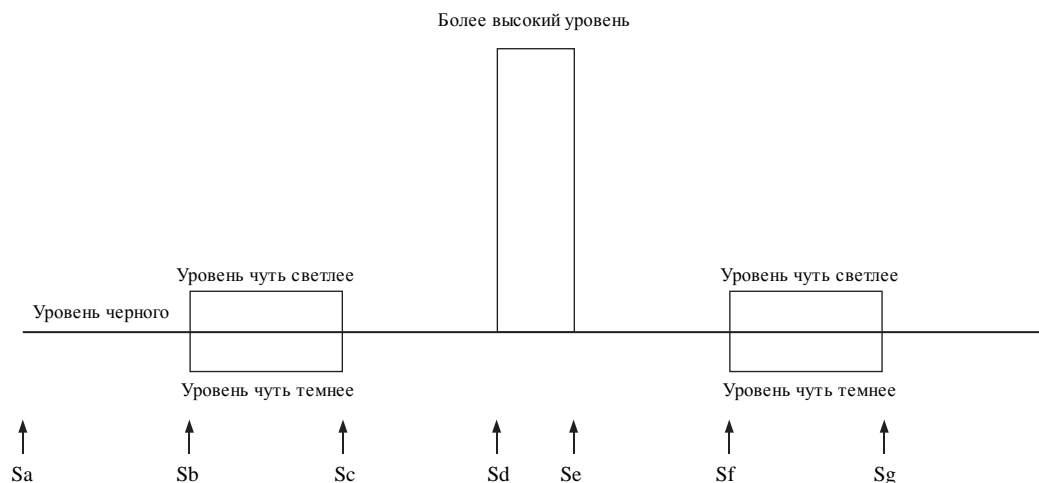
Номер строки согласно Рек. МСЭ-R ВТ.709	ТВЧ (чересстрочная развертка)	ТВЧ (прогрессивная развертка)
La	21, 584	42
Lb	183, 746	366
Lc	194, 756	387
Ld	254, 817	509
Le	255, 818	510
Lf	326, 889	653
Lg	327, 890	654
Lh	388, 950	776
Li	398, 961	797
Lj	560, 1 123	1 121

ТАБЛИЦА 6

Номера отсчетов (по вертикали) для форматов изображения ТСВЧ

Номер отсчета (по вертикали) согласно Рек. МСЭ-R ВТ.2020	ТСВЧ 4К	ТСВЧ 8К
La	0	0
Lb	648	1 296
Lc	690	1 380
Ld	935	1 871
Le	936	1 872
Lf	1 223	2 447
Lg	1 224	2 448
Lh	1 469	2 939
Li	1 511	3 023
Lj	2 159	4 319

РИСУНОК 3

Форма аналогового сигнала для настройки уровня черного

ВТ.0814-03

Приложение 3 (нормативное)**Порядок использования испытательных сигналов PLUGE****1 Телевидение стандартного динамического диапазона (SDR)**

Описанные далее настройки в значительной степени зависят от условий просмотра, и желательно, чтобы по дистанции просмотра и освещенности комнаты эти условия соответствовали условиям просмотра, описанным в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.2022 и МСЭ-R ВТ.2035:

- на основе показаний фотометра осуществляется пользовательская регулировка усиления (прежнее название – регулировка контраста), чтобы получить требуемую яркость дисплея в центре белой области (уровень видеосигнала 100%);
- осуществляется пользовательская регулировка (повышение) уровня черного (прежнее название – регулировка яркости), так чтобы самая темная полоса совсем исчезла, в то время как более яркая полоса оставалась видимой.

2 Телевидение большого динамического диапазона (HDR)

Описанные далее настройки должны выполняться в указанном порядке и в значительной степени зависят от условий просмотра. Желательно обеспечить соответствие параметрам эталонной среды просмотра, описанным в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100:

- 1) если используется только HLG, регулировку гаммы системы дисплея производят в соответствии с целевым значением номинальной пиковой яркости дисплея, подходящим для данных условий просмотра, как описано в Примечании 5e Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100;
- 2) если одновременно используются PQ и HLG, осуществляется пользовательская регулировка усиления на основе показаний фотометра, так чтобы номинальное значение яркости в центре области более высокого уровня соответствовало кодовому значению, приведенному в таблице 3;

- 3) если используется только HLG, возможна дальнейшая корректировка гаммы системы с целью скомпенсировать отличие условий просмотра от эталонных (см. Примечание 5f Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100 и Приложение 5);
- 4) если одновременно используются PQ и HLG, пользовательская регулировка (повышение) уровня черного осуществляется так, чтобы самая темная полоса совсем исчезла, в то время как более яркая полоса оставалась видимой. Если условия просмотра отличаются от эталонных, допускается осуществлять регулировку уровня черного для PQ-дисплея, как описано в Приложении 4, применительно к функции EOTF для PQ, определение которой дано в Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100.

Приложение 4 (информационное)

Регулировка уровня черного для PQ-дисплеев

Для настройки PQ-дисплеев по сигналу PLUGE сигнал E' , который применяется в функции EOTF для PQ⁷, заменяют сигналом $\max(0, aE' + b)$:

$$F_D = \text{EOTF}[\max(0, aE' + b)],$$

где:

E' : нелинейное значение цвета в пространстве PQ $\{R', G', B'\}$;

F_D : яркость отображаемого линейного компонента $\{R_D, G_D, B_D\}$ в кд/м²;

b : переменная, обозначающая повышение пользователем уровня черного;

$a = 1 - b / \text{EOTF}^{-1}[L_w]$ – коэффициент усиления для поддержания пиковой яркости дисплея L_w при изменении b ;

L_w : параметр пиковой яркости дисплея, устанавливаемый при пользовательской регулировке усиления.

Приложение 5 (информационное)

Настройка гаммы HLG-дисплея в условиях просмотра, отличных от эталонных

В Примечании 5f Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100 отмечается, что в условиях просмотра, характеризующихся повышенным уровнем освещенности, для HLG-дисплея может потребоваться уменьшение значения гаммы для компенсации отличий в состоянии адаптации глаз. Поправку к значению гаммы дисплея для условий просмотра, отличных от эталонных, можно вычислить по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{bright}} = \gamma_{\text{ref}} - 0,076 \log_{10}\left(\frac{L_{\text{amb}}}{5}\right),$$

⁷ Определение эталонной функции EOTF для PQ дано в Рекомендации МСЭ-R BS.2100.

где:

γ_{bright} = значение гаммы системы при яркости окружающего освещения, превышающей 5 кд/м²;

γ_{ref} = значение гаммы системы в эталонных условиях просмотра, вычисленное в соответствии с Примечанием 5e Рекомендации МСЭ-R ВТ.2100-1;

L_{amb} = яркость окружающего освещения, кд/м².

Такая корректировка гамма дисплея для компенсации условий просмотра, отличных от эталонных, позволяет обеспечить лучшее согласование результатов в широком диапазоне условий производства программ.
