

EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

TECH 3341

LOUDNESS METERING: 'EBU MODE' METERING TO SUPPLEMENT EBU R 128 LOUDNESS NORMALIZATION



SUPPLEMENTARY INFORMATION FOR R128

VERSION 3.0

Geneva
January 2016



EBU – TECH 3341

LOUDNESS METERING: 'EBU MODE' METERING TO SUPPLEMENT EBU R 128 LOUDNESS NORMALISATION

Внимание!

Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность
и может содержать отдельные неточности.

Оригинал документа на сайте <https://tech.ebu.ch>

ИЗМЕРЕНИЕ ГРОМКОСТИ: ИЗМЕРЕНИЕ 'EBU MODE' В ДОПОЛНЕНИЕ К НОРМАЛИЗАЦИИ ГРОМКОСТИ EBU R 128

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ К R 128
ВЕРСИЯ 3.0

Женева
Январь 2016

Содержание

1. Введение	3
2. 'EBU Mode'.....	3
2.1 Три шкалы времени	3
2.2 Интеграция – время и методы, баллистика измерителя	3
2.3 Стробирование измерений	4
2.4 Параметр Loudness Range	4
2.5 Единицы	5
2.6 Измерение реальных пиковых значений	5
2.7 Шкалы и диапазоны	5
2.8 Требования к дисплею	5
2.9 Калибровка, установка, соответствие и точность	6
2.10 Различные вопросы интерпретации	8
3. Ссылки	8
4. Для дальнейшего чтения	8

Измерение громкости: измерение 'EBU Mode' в дополнение к нормализации громкости в соответствии с EBU R 128

<i>Комитет EBU</i>	<i>Первый выпуск</i>	<i>Переработка</i>	<i>Переиздание</i>
Технический комитет	2010	2011, 2016	

Ключевые слова: Громкость, нормализация, измерение, уровень аудио сигнала

1. Введение

EBU изучил потребности уровней аудио сигнала в производстве, распределении и трансляции вещательных программ. Он придерживается мнения, что необходима парадигма регулировки уровня на основе измерения громкости. Это описано в Технической рекомендации EBU R 128 [1]. Помимо средней громкости программы ('*Programme Loudness*'), EBU рекомендует использовать дескрипторы '*Loudness Range*' и '*Maximum True Peak Level*' для нормализации аудио сигналов и соответствия техническим лимитам полной цепи сигнала, а также эстетическим потребностям каждой программы/станции в зависимости от жанра(ов) и целевой аудитории.

В этом документе будут введены и подробно объяснены характеристики измерителя громкости в так называемом 'EBU Mode'. Документ дополняется набором тест-сигналов, обеспечивающих минимальные требования для соответствия.

2. 'EBU Mode'

Измеритель громкости может реализовать 'EBU Mode'. Когда 'EBU Mode' активирован в измерителе громкости, измеритель должен соответствовать требованиям, указанным в этом документе (а также лежащим в основе рекомендациям ITU и EBU, за исключением явного требования отличий). Таким образом, пользователь может использовать измерители громкости от разных производителей с минимальной путаницей, вызванной разной терминологией, шкалами и методами измерения. Измеритель громкости может представлять альтернативы любой или всем спецификациям 'EBU Mode'. Однако при выборе таких альтернатив измеритель уже не будет в 'EBU Mode'.

Спецификация 'EBU Mode' не касается графических /UI деталей или реализации измерителя.

'EBU Mode' определяется параметрами, описанными в следующих разделах.

2.1 Три шкалы времени

Относительно шкал времени и их терминологии:

1. Самая короткая шкала называется «мгновенная», сокращенно 'M'.
2. Средняя шкала называется «кратковременная», сокращенно 'S'.
3. Шкала размером с программу или сегмент называется «интегрированная», сокращенно 'I'.

В «живом измерителе»¹ с 'EBU Mode' должны быть все три шкалы времени, но не обязательно отображаться одновременно. «Неживой измеритель» громкости, например, программный, основан на файлах и реализует только поднабор шкал времени 'EBU Mode', но все равно считается совместимым, если этот поднабор соответствует требованиям 'EBU Mode'.

Измеритель громкости должен уметь отображать максимальное значение «мгновенной громкости» и «кратковременной громкости». Эти максимальные значения сбрасываются при сбросе измерения интегрированной громкости.

2.2 Интеграция – время и методы, баллистика измерителя

Во всех случаях измерение производится согласно ITU-R BS.1770-4 [2].

Примечание: Если термин "ITU-R BS.1770" употребляется без ссылки на определенную ревизию, читателю следует обращаться к самой последней версии Рекомендации, опубликованной ITU-R.

Параметры измерения для 'EBU Mode' таковы:

¹ «Живой измеритель» может использоваться в прямом эфире, измеряя аудио сигнал, когда он идет. Этот термин предпочтительнее «измерителя в реальном времени», т.к. программный анализ файлов можно описать, например, «в реальном времени» или «быстрее реального времени».

1. **Мгновенная громкость** использует скользящее прямоугольное временное окно длиной 0.4 с. Измерение не стробируется.
2. **Кратковременная громкость** использует скользящее прямоугольное временное окно длиной 3 с. Измерение не стробируется. Частота обновления для «живых измерителей» должна быть минимум 10 Hz.
3. **Интегрированная громкость** использует стробирование согласно ITU-R BS.1770-4. Частота обновления для «живых измерителей» должна быть минимум 1 Hz.

Дальнейшее замедление частей сигналов громкости с атакой или отпусанием (затуханием), после скользящих прямоугольных временных окон, не должно использоваться в 'EBU Mode'. [ITU-R BS.1771-1 предписывает IIR фильтр 1-го порядка с временной константой 0.4 с для измерения мгновенной громкости. Однако EBU получил показания, что временная константа менее 0.4 с может быть предпочтительна с методом IIR (например, баллистика измерителя лучше дополняет кратковременную громкость). Поэтому исходное определение мгновенной громкости остается в 'EBU Mode' до тех пор, пока ответ на этот вопрос не станет очевидным.]

Бывают случаи, когда уместно использовать окна другой длины, чем вышеуказанные. Это допустимо в измерителе громкости с 'EBU Mode', но на измерителе должно быть четко указано, действует ли набор параметров EBU ('EBU Mode').

Измеритель громкости 'EBU Mode' должен как минимум обеспечивать функции, позволяющие пользователю:

1. начинать/прерывать/продолжать измерение интегрированной громкости и диапазона громкости одновременно, т.е. переключать измеритель между состояниями «работы» и «ожидания»;
2. сбрасывать измерение интегрированной громкости и диапазона громкости одновременно, независимо от того, находится ли измеритель в состоянии «работы» или «ожидания».

2.3 Стробирование измерения

«Интегрированная громкость» должна измеряться с помощью функции стробирования, определенной в ITU-R BS.1770-4, обобщенной следующим образом:

1. использование абсолютного порога «тишины» стробирования **-70 LUFS** для вычисления абсолютно стробированного уровня громкости, и
2. использование относительного порога стробирования, на **10 LU** ниже абсолютно стробированного уровня громкости, и
3. измерительный ввод, к которому применяется порог стробирования, это громкость блоков стробирования 400 мс с постоянным перехлестом между смежными блоками стробирования на 75%.

Если конец интегрированного измерения громкости находится в блоке стробирования, то неполный блок нужно отбросить.

Примечание: Функция стробирования исключает из измерения те блоки аудио, которые ниже порога. Для функции стробирования на базе относительного порога это требует вышеописанных этапов вычисления, т.к. порог сам по себе основан на измерении громкости. В «живом измерителе» интегрированная громкость должна заново рассчитываться из предыдущих (сохраненных) уровней громкости блоков от времени начала измерения, путем перерасчета порога и затем его применения к сохраненным значениям, при каждом обновлении показаний прибора.

2.4 Параметр Loudness Range

Параметр 'Loudness Range' определяет отклонение в динамическом измерении громкости; он измеряет отклонение громкости по макроскопической шкале времени. Loudness Range дополняет измерение общей громкости, т.е. «интегрированной громкости». Вычисление Loudness Range основано на измерении уровня громкости согласно ITU-R BS.1770.

Термин 'Loudness Range' сокращается до 'LRA'. LRA измеряется в единицах '**LU**'. Заметим, что 1 **LU** эквивалентно 1 dB.

Измеритель 'EBU Mode' должен уметь вычислять LRA для аудио сигнала в соответствии с измерением интегрированной громкости. Вычисление LRA сбрасывается при сбросе измерения интегрированной громкости.

Измеритель 'EBU Mode' может уметь включать и выключать отображение Loudness Range.

В течение первых 60 с измерения LRA (например, после сброса) измеритель должен показывать, что отображаемое значение LRA пока не считается стабильным. Индивидуальная реализация измерителя может определять средства для этой индикации.

Определение и опорная реализация алгоритма для вычисления 'Loudness Range' описаны в EBU Tech Doc 3342 [3].

2.5 Единицы

EBU рекомендует приведенное здесь предложение по названиям и единицам:

- *Относительное* измерение, например, относительно опорного уровня или диапазона: $L_K = xx.x \text{ LU}$
- *Абсолютное* измерение, $L_K = xx.x \text{ LUFS}$
- 'L' в ' L_K ' означает уровень громкости, а 'K' – спектральное взвешивание.

Эта нотация разрешает нынешние несоответствия в ITU R BS.1770-4 и BS.1771 [4] и согласует их с другими стандартами в этой области (ISO, IEC).

Примечание: Предложение по названиям и единицам описано далее в документе 'Proposal for the rationalisation of nomenclature used in ITU R BS.1770 and ITU-R BS.1771', переданном EBU в ITU-R в апреле 2010 г.

2.6 Измерение реальных пиковых значений

Помимо спецификаций ITU-R BS.1770-4 Приложение 2, измерение реальных пиковых значений в измерителе 'EBU Mode' должно соответствовать допускам, указанным в Таблице 1 (сигналы 15-23), задуманным как тесты «минимальных требований». Суммарная ошибка измерений уровня реальных пиковых значений должна соответствовать этим тестам, включая любые неравномерности затухания в полосе пропускания фильтра передискретизации и «заниженные показания», описанные в ITU-R BS.1770-4, Дополнение 1 к Приложению 2.

2.7 Шкалы и диапазоны

Дисплей измерителя 'EBU Mode' может быть просто числовым или иметь индикацию по шкале. Однако при наличии шкалы он должен удовлетворять следующим требованиям:

Измеритель 'EBU Mode' должен иметь две шкалы, выбираемые пользователем:

1. диапазон от -18.0 LU до $+9.0 \text{ LU}$ (от -41.0 LUFS до -14.0 LUFS) под названием **шкала 'EBU +9'**
2. диапазон от -36.0 LU до $+18.0 \text{ LU}$ (от -59.0 LUFS до -5.0 LUFS) под названием **шкала 'EBU +18'**

Это соответствует «необязательному» требованию PLD-4 в ITU-R BS.1771-1. 'Шкала EBU +9' должна использоваться по умолчанию.

Шкала может быть абсолютной, с единицей '**LUFS**', или, альтернативно, нулевая точка может быть преобразована в другое значение, например, целевой уровень громкости (как в ITU-R BS.1771). Во втором случае единица должна быть '**LU**', означая относительную шкалу. Для измерителя 'EBU Mode' целевой уровень громкости должен быть **$-23 \text{ LUFS} = 0 \text{ LU}$** (согласно EBU R 128). Измеритель 'EBU Mode' должен иметь и относительную, и абсолютную шкалу.

Расположение целевого/опорного уровня громкости должно оставаться одинаковым, независимо от отображения абсолютной или относительной шкалы.

2.8 Требования к дисплею

Физические характеристики измерителя громкости, такие как размер, цвета и дизайн, *не* входят в спецификацию 'EBU Mode'.

Минимальный набор характеристик для всех измерителей громкости EBU Mode: совместимый с EBU Mode измеритель должен уметь измерять и отображать три основные величины 'Programme Loudness', 'Loudness Range' и 'Maximum True Peak Level'. Для «живых измерителей» не обязательно отображать эти величины одновременно.

Измеритель 'EBU Mode' должен использовать точность отображения максимум до 1 десятичного знака во всех числовых показаниях громкости (например, интегрированная громкость или Loudness Range).

Отображение интегрированной громкости должно быть в единицах **LU** или **LUFs**. При переключении абсолютной и относительной шкалы единица отображения интегрированной громкости должна переключаться соответственно. Единица, **LUFs** или **LU**, должна отображаться для всех значений и шкал постоянно.

'EBU Mode' не определяет, какую «интегрированную громкость» должен показывать измеритель, пока не имеется достаточно входных данных для отображения достоверного результата.

Сокращения временной шкалы 'M' и 'S' в данном документе те же, что и 'mid' и 'side' в других контекстах. В случае неясности предлагаются альтернативы, например, 'ML_к' и 'SL_к'.

2.9 Калибровка, установка, соответствие и точность

Калибровка и установка:

Пример стерео сигнала 1 kHz, 0 dBFS в ITU-R BS.1770 слишком громкий для прослушивания. Однако определение алгоритма означает, что данное затухание входного сигнала ведет к такому же снижению в измеренном результате.

Для базовой калибровки и установки уровня сигнала рекомендуется синусоидальный стерео сигнал 1 kHz (подается в фазе одновременно в оба канала), с пиковым уровнем -18 dBFS. Измеритель должен показывать -18.0 **LUFs**.

Установочная процедура определена в EBU Tech Doc 3343 'Practical Guidelines'[5].

Примечание: Используется частота 1 kHz, но поскольку она находится на скате фильтра в алгоритме, калибровка более критична, чем необходимо в отношении точности реализации фильтра и точности калибровочной частоты. Ошибка в частоте тона 1 kHz может дать другой результат, чем ожидалось.

Минимальные требования, тест на соответствие:

Типичному пользователю измерителя громкости 'EBU Mode' скорее всего никогда не понадобится проводить тест на соответствие. Поэтому набор тестов «минимальные требования» считается достаточным.

Если измеритель громкости, предлагающий 'EBU Mode', не проходит эти тесты «минимальных требований» и тесты ITU-R BS.2217-1 [8], есть значительный риск, что он не соответствует 'EBU Mode'. Если, с другой стороны, измеритель проходит эти тесты, это не означает, что он достаточно точен во всех отношениях своей реализации.

Примечание: В ITU-R BS.2217-1 ITU дает набор тест-сигналов и допусков для измерения громкости ITU-R BS.1770. В интересах членов EBU подготовлены следующие тест-сигналы, в дополнение к тестам в [8] для измерителей 'EBU Mode'. Однако следует заметить, что определение тестов на соответствие для метода измерения, указанного в ITU-R BS.1770, строго говоря, не входит в рамки настоящего документа и может быть впоследствии заменено соответствующей рекомендацией ITU.

Таблица 1: Тест-сигналы минимальных требований

№ теста	Тест-сигнал	Ожидаемый ответ и допуски
1	Сtereo синусоидальный, 1000 Hz, -23.0 dBFS (пиковый уровень на канал); подается в фазе в оба канала одновременно; длительность 20 с	M, S, I = -23.0 ±0.1 LUFS M, S, I = 0.0 ±0.1 LU
2	Как #1, -33.0 dBFS	M, S, I = -33.0 ±0.1 LUFS M, S, I = -10.0 ±0.1 LU
3	3 тона аналогичны #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: 10 с -36.0 dBFS; 60 с -23.0 dBFS; 10 с -36.0 dBFS	I = -23.0 ±0.1 LUFS = 0.0 ±0.1 LU
4	5 тонов аналогичны #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: 10 с -72.0 dBFS; 10 с -36.0 dBFS; 60 с -23.0 dBFS; 10 с -36.0 dBFS; 10 с -72.0 dBFS	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
5	3 тона аналогичны #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: 20 с -26.0 dBFS; 20.1 с -20.0 dBFS; 20 с -26.0 dBFS	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
6	Синусоидальный с каналами 5.0, 1000 Hz, длительность 20 с, со следующими пиковыми уровнями каналов: -28.0 dBFS в L и R -24.0 dBFS в C -30.0 dBFS в Ls и Rs	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
7	Аутентичная программа 1, стерео, сегмент программы с узким диапазоном громкости (NLR); похожий по жанру на рекламу/анонс	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
8	Аутентичная программа 2, стерео, сегмент программы с широким диапазоном громкости (WLR); похожий по жанру на фильм/драму	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
9	2 тона аналогичны #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: (1.34 с -20.0 dBFS; 1.66 с -30.0 dBFS) – повторяется 5 раз	S = -23.0 ±0.1 LUFS, постоянно после 3 с
10	Для измерителей на базе файлов. 20 сегментов с тонами, аналогичными #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: ($i * 0.15$ с тишины; 3 с -23.0 dBFS; 1 с тишины), где $i = 0, 1, 2, \dots, 19$	Max S = -23.0 ±0.1 LUFS, для каждого сегмента
11	Для «живых» измерителей. 20 тонов, аналогичных #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: ($i * 0.15$ с тишины; 3 с -38.0+i dBFS; 3 - $i * 0.15$ с тишины), где $i = 0, 1, 2, \dots, 19$	Max S = -38.0, -37.0, -36.0, ..., -19.0 ±0.1 LUFS, последовательные значения
12	2 тона аналогичны #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: (0.18 с -20.0 dBFS; 0.22 с -30.0 dBFS) – повторяется 25 раз	M = -23.0 ±0.1 LUFS, постоянно после 1 с
13	Для измерителей на базе файлов. 20 сегментов с тонами, аналогичными #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: ($i * 20$ мс тишины; 400 мс -23.0 dBFS; 1 с тишины), где $i = 0, 1, 2, \dots, 19$	Max M = -23.0 ±0.1 LUFS, для каждого сегмента
14	Для «живых» измерителей. 20 тонов, аналогичных #1, но со следующей продолжительностью и уровнями: ($i * 20$ мс тишины; 400 мс -38.0+i dBFS; 400 - $i * 20$ мс тишины), где $i = 0, 1, 2, \dots, 19$	Max M = -38.0, -37.0, -36.0, ..., -19.0 ±0.1 LUFS, последовательные значения
15	Синусоидальный стереосигнал с частотой $f_s/4$ Hz, амплитудой 0.50 FFS2, фазой 0.0 градусов. Частота $f_s/4$ означает 12 kHz для частоты дискретизации 48 kHz и т.д. Длительность синтезированного тона не имеет значения, но тон должен сходиться на конус с плавным нарастанием и затуханием 10 мс.	Max. уровень реальных пиковых значений = -6.0 +0.2/-0.4 dBTP

Измеритель громкости следует сбрасывать перед каждым измерением

Обратите внимание, что тесты 10 и 11 дополняют друг друга: Поскольку файловые измерители могут измерять сигнал с точным временем начала, тест 10 разделен на 20 файлов, измеряемых по отдельности. И наоборот, «живые» измерители могут выполнять измерение в реальном времени с множеством показаний; поэтому тест 11 состоит из одного (большого) файла, который должен производить 20 последовательных значений, как указано в Таблице 1. Та же двойственность относится и к тестам 13 и 14.

Внимание: Тест-сигналы 15-23 очень громкие и не должны прослушиваться с нормальными уровнями воспроизведения.

Тест-сигналы минимальных требований для параметра Loudness Range описаны в EBU Tech Doc 3342 [3].

Эти «тест-сигналы минимальных требований» [6] можно скачать на сайте EBU Technical, синтезированные с частотой дискретизации 48 kHz.

2.10 Различные вопросы интерпретации

ITU-R BS.1770-4 не включает в измерение канал LFE. Соответствующее стробирование и взвешивание канала LFE подвергалось дискуссиям и исследованиям [7]. Возможно, что будущие ревизии ITU-R BS.1770 будут учитывать канал LFE.

EBU рекомендует, что при включении канала LFE в измерение громкости он должен быть взвешен на +10 dB для компенсации того факта, что усиление воспроизведения канала LFE на 10 dB выше в соответствующем частотном диапазоне, чем в широкополосных каналах («внутриполосное усиление»). Пока включение канала LFE не стандартизировано в ITU-R BS.1770, его не следует включать в измеритель громкости 'EBU Mode'. Если канал LFE включен, это должно быть четко указано на измерителе, т.к. не соответствует ITU-R BS.1770-4 и потому не является EBU Mode'.

В ITU-R BS.1771-1 термин 'Momentary loudness' был принят ITU и *переопределен* для использования фильтра IIR для измерения. Поэтому измерения максимальной Моментальной громкости с использованием исходного (и текущего) определения EBU Mode и определения BS.1771-1 может отличаться в пределах до 2 LU.

Фильтр IIR 1-го порядка, использованный в измерении определения 'Momentary loudness' в ITU-R BS.1771, должен быть реализован так, чтобы фильтр нижних частот и соответствующая временная константа применялись к квадратным выборкам; Приложение 2, стр.11 ITU-R BS.1771-1 («*Мгновенная громкость генерируется путем вычисления сигнала с нестробированной громкостью, с периодом интеграции в одну выборку, согласно Рекомендации ITU-R BS.1770, уравнение (2)*») может вводить в заблуждение. Фильтруется не результат уравнения (2) в BS.1770-4, это скорее промежуточное значение, полученное при вычислении уравнения (2) перед применением логарифма \log_{10} (см. Рис. .4 в Отчете ITU-R BS.2103-1 – расположение фильтра нижних частот).

Измеритель EBU Mode может опционально показывать мгновенную и/или кратковременную громкость отдельных каналов в дополнение к суммарному уровню громкости. Спецификация этой характеристики не входит в рамки EBU Mode, но любой производитель может декларировать, какое канальное взвешивание используется для уровней громкости, отображаемых для отдельных каналов.

3. Ссылки

- [1] [EBU Technical Recommendation R 128](#) 'Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals'
- [2] **Recommendation ITU-R BS.1770** 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level'
- [3] [EBU Tech Doc 3342](#) 'Loudness Range: A descriptor to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R 128'
- [4] **Recommendation ITU-R BS.1771** 'Requirements for loudness and true-peak indicating meters'
- [5] [EBU Tech Doc 3343](#) 'Practical Guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128'
- [6] [Тест-сигналы минимальных требований](#) для измерителей громкости 'EBU Mode'
- [7] 'Investigations on the Inclusion of the LFE Channel in the ITU-R BS.1770-1 Loudness Algorithm', Norcross, Scott G., Lavoie, Michel C.; 127-я Конвенция AES (октябрь 2009) номер документа: 7829
- [8] **Report ITU-R BS.2217** 'Compliance material for Recommendation ITU-R BS.1770'

4. Для дальнейшего чтения

[EBU Tech Doc 3344](#) 'Guidelines for Distribution and Reproduction of Programmes in accordance with EBU R 128'