

к рекомендациям в области нормирования
громкости звуковых сигналов в
телерадиовещании в Российской Федерации

**Практическое руководство
в области нормирования громкости звуковых сигналов в телерадиовещании
в Российской Федерации**

1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Теле/радио канал – зарегистрированное средство массовой информации, осуществляющее на основании лицензии подготовку, формирование и распространение теле/радио программ.

Звуковое сопровождение – звуковая составляющая телевизионной программы;

Канал звукового сопровождения – часть тракта вещательного телевидения или его звена, предназначенная для передачи звукового сопровождения;

Цифровой звуковой сигнал – звуковой сигнал в цифровой форме, представленный в двоичном коде, например в формате AES/EBU в соответствии с документом EBU Tech. 3250-E;

Громкость программы – средняя (интегральная) громкость за всю длительность телевизионной программы; при этом уровень громкости – это величина громкости телевизионной программы, выраженная в единицах громкости LUFS или LU.

Мгновенная громкость – значение громкости, измеренное методом «скользящего окна» с временем интеграции 400 мс. в соответствии с EBU Tech Doc 3341. Единица измерения – LUFS или LU;

Кратковременная громкость – значение громкости, измеренное методом «скользящего окна» с временем интеграции 3 с. гейтирования в соответствии с EBU Tech Doc 3341 Единица измерения – LUFS или LU;

Диапазон громкости – параметр, определяющий динамический диапазон громкости программы, вычисляемый статистическим методом в соответствии с EBU Tech Doc 3342 и ITU-R BS.1770-3. Единица измерения – LU;

Максимально допустимый уровень истинных пиков – максимально допустимый уровень истинных пиковых значений цифрового звукового сигнала. вычисленное с применением алгоритма «True Peak» согласно рекомендации ITU-R BS.1770. Единица измерения – dBTP;

Метаданные громкости – служебная информация, передаваемая вместе с аудио сигналом, несущая информацию о значении громкости телевизионной программы (Programme Loudness), в соответствии с EBU-R 128. Например, «Dialnorm» в метаданных Dolby;

Full Scale (Полная шкала) – максимальное значение на шкале.

Сокращения:

LUFS (Loudness Unit Full Scale) – логарифмическая единица уровня громкости звукового сигнала относительно максимального значения цифровой шкалы согласно EBU R128 (LUFS эквивалентно LKFS используемой в ITU-R BS.1770).

LU – единица громкости, 1 LU количественно соответствует 1 дБ, в соответствии с EBU R 128;

PMS – максимально допустимый сигнал (Permitted maximum signal);

AS – установочный сигнал (Alignment signal);

MS – измерительный сигнал (Measurement signal);

QPPM – квазипиковый измеритель уровня звукового сигнала (Quasi-peak programme meter), ГОСТ21185-75 (DIN45406);

VU – измеритель среднего уровня звукового сигнала (VU-meter);

dBTP – Логарифмическая единица уровня цифрового звукового сигнала, отображающая истинные пиковые значения измеряемого сигнала относительно максимального значения цифровой шкалы, вычисленное с применением алгоритма измерения «True-Peak» согласно EBU R 128.

2. МЕТОДОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ГРОМКОСТИ В ЦЕЛЯХ НОРМАЛИЗАЦИИ УРОВНЯ ГРОМКОСТИ РЕКЛАМЫ И ПРЕРЫВАЕМОЙ ТАКОЙ РЕКЛАМОЙ ТЕЛЕ- ИЛИ РАДИОПРОГРАММЫ

2.1. Измерения громкости при производстве и вещании

Настоящий раздел основан на рекомендациях ITU-R BS.1770 и EBU TECH 3341 «Измерение громкости: Измерение в «Режиме EBU» (EBU Mode) в дополнение к нормализации громкости в соответствии с EBU R 128.

В соответствии с принципами, разработанными в Рекомендации EBU R128, рекомендуется исходить из необходимости регулирования уровня на основе измерения громкости. Помимо Средней громкости программы («*Programme Loudness*»), рекомендуется использовать дескрипторы Диапазон громкости («*Loudness Range*») и Максимально допустимый уровень истинных пиков («*Maximum True Peak Level*») для нормализации аудио сигналов и достижения соответствия техническим ограничениям, накладываемым полным трактом прохождения сигнала, а также художественным особенностям каждой теле- или радиопрограммы вещательной организации в зависимости от жанра(ов) и целевой аудитории.

2.2. «Режим EBU»

Измеритель громкости должен предоставлять возможность работать в режиме EBU (EBU mode). При использовании «Режима EBU», измеритель должен соответствовать требованиям, приведенным в этом документе (а также лежащим в основе рекомендаций ITU-R BS-1771 и EBU Tech3341). Таким образом, пользователь может использовать измерители громкости разных производителей

с минимальными расхождениями результатов измерений, вызванными разной терминологией, шкалами и методами измерения.

Спецификация измерителя громкости при работе в «Режиме EBU» не касается деталей реализации измерителя в части графических или пользовательских интерфейсов.

«Режим EBU» определяется параметрами, описанными в следующих разделах.

2.2.1. Три шкалы времени

В «Режиме EBU» определены три временные шкалы:

1. Самая короткая по времени шкала называется «мгновенная», сокращенно «**M**».
2. Промежуточная шкала называется «кратковременная», сокращенно «**S**».
3. Временная шкала для измерения средней (интегральной) громкости называется «интегральная», сокращенно «**I**», рассчитывается как усредненное значение с момента обнуления прибора.

В «эфирном измерителе»¹ с «Режимом EBU» должны быть все три шкалы времени, не обязательно отображаемые одновременно. «Неэфирный» программный измеритель громкости, работающий только с файлами и имеющий в своей реализации не полный набор из указанных выше шкал, тоже будет считаться совместимым с «Режимом EBU», если эти шкалы удовлетворяют требованиям данного режима. Измеритель громкости должен иметь возможность отображения максимального значения «мгновенной громкости». Это значение сбрасывается при сбросе измерения интегральной громкости.

2.2.2. Интеграция - время и методы, баллистика измерителя

Во всех случаях измерение производится согласно ITU-R BS.1770.

Параметры измерения для «Режима EBU» таковы:

1. **Мгновенная громкость** использует скользящее временное окно длительностью 0.4 с. Измерение не гейтируются².
2. **Кратковременная громкость** использует скользящее прямоугольное временное окно длительностью 3 с. Измерение не гейтируются. Частота обновления для «живых» (эфирных) измерителей не менее 10 Гц.
3. **Интегральная громкость** использует гейтирование согласно ITU-R BS.1770.

Частота обновления для «живых измерителей» не менее 1 Гц.

В режиме EBU не должно использоваться дальнейшее замедление нарастающих или спадающих частей сигнала громкости после измерения с использованием метода скользящих временных окон.

¹ «Эфирный измеритель» может использоваться в прямом эфире, измеряя приходящий аудио сигнал (т.е. при его зарождении - ред.). Этот термин предпочтительнее «измерителя в реальном времени», т.к. программный анализ файлов можно описать, например, «в реальном времени» или «быстрее реального времени».

² Гейтирование в измерителях громкости используется для отсека значений ниже заданного порога. «абсолютное гейтирование» исключает из результатов измерения все значения ниже -70LUFS. «относительное гейтирование» исключает все значения, которые ниже средней громкости на 10LU.

Минимальный функционал измерителя громкости, работающего в «Режиме EBU» должен позволять:

- начинать/приостанавливать/продолжать измерение интегральной громкости одновременно с диапазоном громкости, т.е. переключать измеритель между состояниями «работы» и «ожидания»;
- сбрасывать измерение интегральной громкости и диапазона громкости одновременно, независимо от того, находится ли измеритель в состоянии «работы» или «ожидания».

2.2.3. Гейтирование измерения

При измерении Интегральной громкости применяется функция гейтирования с использованием:

- временного окна длиной 400 мс. с 75% перекрытием последовательных окон;
- и двух пороговых значений;
- абсолютного порога на уровне -70 LUFS;
- относительного, который на 10 дБ ниже уровня, измеренного после применения первого гейтирования (ITU-R BS.1770-3).

2.2.4. Диапазон громкости (Loudness Range)

Параметр *Диапазон громкости* определяет степень отклонения в динамическом измерении громкости; он измеряет отклонение громкости по макроскопической шкале времени. *Диапазон Громкости* дополняет измерение средней громкости, (интегральной). Вычисление *Диапазона громкости* проводится согласно EBU Tech Doc 3342

Термин «Loudness Range» (диапазон громкости) сокращённо «LRA». LRA измеряется в единицах «LU». 1 LU эквивалентно 1 dB.

Измеритель в режиме EBU должен иметь возможность вычислять «LRA» звукового сигнала в соответствии с измерением интегральной громкости. Вычисленное значение LRA сбрасывается при сбросе измерения интегральной громкости.

Измеритель в режиме EBU должен предоставлять возможность включать и выключать отображение значения *Диапазона громкости*.

2.2.5. Единицы измерений

Рекомендуется использовать следующие названия и единицы:

Относительное измерение, например, относительно опорного уровня или диапазона: **LK** = xx.x **LU**

Абсолютное измерение, **LK** = xx.x **LUFS**

«L» в «**LK**» означает уровень громкости, а «K» - спектральное взвешивание.

Такая терминология разрешает нынешние несоответствия в ITU R BS.1770-1 и BS.1771 и согласует их с другими стандартами в этой области (ISO, IEC).

2.2.5.1. Шкалы и диапазоны

На дисплее измерителя в режиме EBU показания могут отображаться в виде числовых значений или в виде показаний на шкале. Однако если показания

отображаются на шкале, она должна соответствовать следующим требованиям: мелкомасштабная шкала, которая предложена в рекомендации ITU-R BS.1771 (шкала с диапазоном 30 LU, от -21 LU до +9 LU) в режиме EBU должна иметь диапазон значений от -18 LU до +9 LU. Кроме того, в определённых случаях, может понадобиться шкала с более широким диапазоном, поэтому измеритель должен предоставлять возможность отображать альтернативную шкалу с удвоенным диапазоном.

Шкала измерителя должна предоставлять возможность отображать значения в 'LUFS' единицах (которые условно можно назвать абсолютными) или шкалу с альтернативной нулевой точкой соответствующей -23 LUFS (0 LU=-23 LUFS), в этом случае шкала будет отображать относительные значения громкости в 'LU' единицах. Измеритель с «Режимом EBU» должен иметь две шкалы, а их отображение выбирается пользователем:

1. диапазон от -18.0 LU до +9.0 LU (от -41.0 LUFS до -14.0 LUFS), называется **«EBU +9 scale»**

2. диапазон от -36.0 LU до +18.0 LU (от -59.0 LUFS до -5.0 LUFS), называется **«EBU +18 scale»**

«EBU +9 scale» должна использоваться по умолчанию.

2.2.5.2. Требования к дисплею

Физические характеристики измерителя громкости, такие как размер, цвет и дизайн, *не входят* в спецификацию «Режима EBU».

Измеритель в «Режиме EBU» должен использовать точность отображения максимум до 1 десятичного знака во всех числовых показаниях громкости (например, Интегральная громкость или Диапазон громкости).

Отображение интегральной громкости должно быть в единицах LU или LUFS. При переключении абсолютной и относительной шкалы единица отображения интегральной громкости должна переключаться соответственно.

Единица, LUFS или LU, должна отображаться для всех значений и шкал, постоянно.

«Режим EBU» не определяет, какую интегральную громкость должен показывать измеритель, пока не имеется достаточного объема входных данных для отображения достоверного результата.

Сокращения временной шкалы M и S в данном документе те же, что для «mid» и «side» в других контекстах. В случае неясности предлагаются альтернативы, например, «MLK» и «SLK».

2.2.5.3. Калибровка, установка, соответствие и точность

Калибровка и установка:

Сtereo сигнал 1 кГц, 0 dBFS, упомянутый в качестве примера в ITU-R BS.1770, был бы слишком громким для прослушивания. Однако определение алгоритма означает, что данное затухание входного сигнала ведет к такому же снижению результата измерения.

Для базовой калибровки и установки уровня сигнала рекомендуется использовать синусоидальный стерео сигнал 1 кГц (подаётся в фазе одновременно

в оба канала), с пиковым уровнем -18 dBFS. Измеритель должен показывать -18.0 LUFS.

Примечание: В связи с тем, что частота 1 кГц находится на скате частотной характеристики предварительного фильтра применяемого в алгоритме измерения громкости, к точности частоты тест-сигналов и к технической реализации предварительного фильтра предъявляются повышенные требования. Ошибка в частоте тона 1 кГц может дать результат, отличный от ожидаемого.

Минимально необходимый набор калибровочных тестов :

Если измеритель громкости в режиме EBU не прошел минимальный набор калибровочных тестов есть большая вероятность того, что он не соответствует требованиям работы в режиме EBU. С другой стороны, если измеритель прошел минимальный набор калибровочных тестов это не означает, что он обеспечивает достаточную точность по всем параметрам своей технической реализации.

Таблица 1: Тест-сигналы

№ теста	Тест-сигнал	Ожидаемый ответ и допуски
1	Сtereo синусоидальный, 1000 Гц, -23.0 dBFS (пиковый уровень на канал); подается синфазно в оба канала одновременно; длительность 20с	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	Как #1, перед ним stereo синусоидальный сигнал -40 dBFS 20 с, за ним stereo синусоидальный сигнал -40 dBFS 20с	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
4	Как #3, перед ним stereo синусоидальный сигнал -75 dBFS 20 с, за ним stereo синусоидальный сигнал -75 dBFS 20с	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
5	Как #3, но с уровнями 3 тонов -26 dBFS, -20 dBFS и -26 dBFS соответственно	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0 ±0.1 LU
6	Синусоидальный с каналами 5.0, 1000 Гц, длительность 20с, 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, stereo, сегмент программы с	I = -23.0 ±0.1 LUFS I = 0.0

	узким диапазоном громкости (NLR); похожий по жанру на рекламу/анонс	$\pm 0.1 \text{ LU}$
8	Аутентичная программа 2, стерео, сегмент программы с широким диапазоном громкости (WLR); похожий по жанру на фильм/драму	$I = -23.0 \pm 0.1 \text{ LUFS}$ $I = 0.0 \pm 0.1 \text{ LU}$

*- Таблица 1 определяет предварительный набор тестов; №№7 и 8 ожидают производства подходящего материала без авторских прав.

Во всех вышеуказанных тестах полученный результат не меняется, если тест-сигнал повторяется один или более раз по всей длине. Перед каждым измерением показания измерителя необходимо сбрасывать (обнулять).

Тест-сигналы для дескриптора *Диапазон громкости* более полно описаны в EBU Tech Doc 3342.

Рекомендуется ознакомиться с полной версией тест-сигналов для минимального набора калибровочных тестов» на официальном веб-сайте EBU.

2.2.5.4. Различные вопросы интерпретации

Рекомендация ITU-R BS.1770-1 не включает в измерение низкочастотный канал LFE (Low Frequency Effect), используемый при многоканальном вещании. Европейский Вещательный союз в настоящее время рекомендует при включении канала LFE в измерение громкости, взвешивать его на +10 dB для компенсации того факта, что усиление воспроизведения канала LFE на 10 dB выше широкополосных каналов.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ЗНАЧЕНИЙ, К КОТОРЫМ НЕОБХОДИМО ПРИВЕСТИ УРОВЕНЬ ГРОМКОСТИ ЗВУКА

В соответствии с Рекомендацией EBU R 128 для характеристики звукового сигнала следует внедрить и использовать следующие понятия и параметры:

Громкость телевизионной/радио программы (Programme Loudness);

Мгновенная громкость (Momentary Loudness);

Кратковременная громкость (Short-Term Loudness);

Диапазон громкости (Loudness Range);

Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak level).

Громкость телевизионной/радио программы (Programme Loudness) должна быть нормализована до целевого уровня **минус 23,0 LUFS**, с допустимым отклонением $\pm 0,5 \text{ LU}$, в случае, когда точная нормализация уровня громкости программы до целевого уровня практически недостижима (например, при прямой трансляции), допускается отклонение от значения целевого уровня $\pm 1.0 \text{ LU}$.

Уровень громкости телевизионной/радио программы должен быть измерен как единое целое, без выделения специфических элементов, таких как речь, музыка или звуковые эффекты.

Параметры **Мгновенная громкость** (Momentary Loudness) и **Кратковременная громкость** (Short-Term Loudness) используются в дополнение к **Громкости телевизионной/радио программы** (Programme Loudness) для контроля текущей динамики телепередачи.

Диапазон громкости (Loudness Range) измеряется в LU, показывает динамический диапазон громкости телевизионной/радио программы.

Параметр **Диапазон Громкости** применяется вещателями для поддержания неизменного динамического звукового диапазона в программах одного жанра, а также для соблюдения технических ограничений оборудования на протяжении всей вещательной цепи, включая пользовательские устройства.

Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak level) телевизионной/радио программы в тракте формирования **-1 dBTP**.

***Примечание:** Не следует путать Максимально допустимый уровень истинных пиков с текущим значением Истинного пикового уровня программы. Значение текущего Истинного пикового уровня программы может быть любым, но не превышающим максимально допустимое.*

Числовые значения вышеуказанных параметров применительно к различным типам телевизионных и радио программ в соответствии с EBU Tech Doc 3343:

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГРОМКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ И РАДИО ПРОГРАММ НА ЭТАПАХ ПОДГОТОВКИ И В ФАЙЛОВЫХ СРЕДАХ (ЦИФРОВОЕ ВЕЩАНИЕ)	
Громкость телевизионной программы (Programme Loudness)	-23 (± 1) LUFS
Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak level) Рекомендуется поддерживать истинный пиковый уровень не более -3 dBTP	-1 dBTP

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГРОМКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ и РАДИО ПРОГРАММ ПРЯМОГО ЭФИРА (ЦИФРОВОЕ ВЕЩАНИЕ)	
Громкость телевизионной программы (Programme Loudness)	-23 (± 1) LUFS
Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak level) Рекомендуется поддерживать истинный пиковый уровень не более -3 dBTP	-1 dBTP

Рекомендуемые отклонения значений Кратковременной громкости (Short-term loudness) *	-28 LUFS...-20 LUFS
--	---------------------

* в отдельных случаях, обусловленных художественным замыслом авторов передачи, допускается наличие фрагментов с более низким уровнем значений Кратковременной громкости.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГРОМКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ И РАДИО ПРОГРАММ, ХРОНОМЕТРАЖОМ МЕНЕЕ 30 СЕКУНД (ЦИФРОВОЕ ВЕЩАНИЕ)	
Громкость телевизионной/радио программы (Programme Loudness)	-23 LUFS
Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak level)	-1 dBTP
Максимальное значение Мгновенной громкости (Max Momentary Loudness)	-15 LUFS
Максимальное значение Кратковременной громкости (Max Short-term Loudness)	-20 LUFS

Вещатели и производители программ самостоятельно выбирают организационные и технические решения для нормализации уровня громкости выходного сигнала согласно вышеуказанным параметрам.

4. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НОРМАЛИЗАЦИИ УРОВНЯ ГРОМКОСТИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА СОГЛАСНО РЕКОМЕНДАЦИЯМ ITU-R BS.1770 И EBU R128 ПУТЕМ ПРИВЕДЕНИЯ УРОВНЯ ЗВУКА К ЗАДАННОМУ ЦЕЛЕВОМУ ЗНАЧЕНИЮ

Данный подход подразумевает нормализацию уровня громкости теле- радио программ анонсов и рекламы до целевого уровня минус 23 LUFS. Допустимое отклонение значения интегральной громкости программы от целевого уровня ± 0.5 LU. В случаях, когда сложно предсказать уровень громкости, например при прямых трансляциях, допускается отклонение ± 1 LU.

Для реализации предлагаемого подхода рекомендуется:

1) **Определить значение минус 23 LUFS в качестве целевого уровня громкости** для производителей рекламы, теле- и радиопрограмм; для достижения целевого уровня громкости рекомендуется использование измерителей громкости в режиме EBU в том числе на станциях нелинейного монтажа.

2) **Подготовка медиа материала с нормализацией по громкости до целевого уровня**, для чего рекомендуется использовать измерители громкости в

режиме EBU, а также использование программных модулей для расширения возможностей нормализации контента.

3) Осуществлять подготовку и предоставление рекламного материала рекламодателем нормализованного до целевого уровня громкости минус 23 LUFS.

Рекомендуется установка измерителя громкости, работающего в режиме EBU, на станцию нелинейного монтажа, где проводится подготовка рекламных материалов, и/или установка программного модуля нормализации медиа материалов в отложенном времени с заданными параметрами в автоматическом и полуавтоматическом режиме. Последнее рекомендуется в случае наличия у рекламодателя централизованной станции обработки рекламного материала.

4) Внедрить автоматические или полуавтоматические системы нормализации громкости программ до целевого уровня медиа материала на базе медиа файлов, с возможностью выбора стратегий нормализаций для различного типа медиа материала, уже имеющегося в наличии у вещательной организации.

На данном этапе необходима установка автономных систем нормализации, обучение сотрудников анализу материала и выбора ими оптимального режима работы такой системы для каждой конкретной программы.

5) Обеспечить инструментальный контроль громкости, во время работы звукорежиссера на выпускающем тракте теле – радио канала.

На данном этапе необходима установка на выпуске соответствующих измерителей, работающих в режиме EBU, а также обучение звукорежиссёра (звукоинженера) работе с новым инструментом контроля, для приобретения опыта в нормализации уровня громкости до целевого уровня с сохранением художественного замысла звукового сопровождения.

6) Установить автоматический звуковой процессор нормализации громкости на выходном тракте АСК (аппаратно-студийном комплексе).

Данный этап включает в себя установку в тракт вещателя на выходе АСК звукового процессора (работающего согласно рекомендациям EBU R128) и его точную настройку.. Как правило, возможно реализовать интеграцию с системой автоматизации вещания, системы планирования эфира и базы медиа файлов. Для этого необходимо наличие метаданных о типе программы (описывающих требуемую стратегию нормализации или особенности звукового сопровождения), далее эти данные необходимо внедрить через систему планирования эфира в расписание системы автоматизации как вторичные события для управления сохраненными пользовательскими настройками звукового процессора через интерфейс управления. Также возможны другие варианты реализации управления сохраненными пользовательскими настройками процессора на основании описания формируемых программ, например вручную, по расписанию (актуально для новостных передач).

7) Обеспечить контроль уровней интегральной громкости у агрегаторов сигнала.

Для реализации данного этапа необходима установка оборудования автоматического контроля интегральной громкости звукового сопровождения у агрегаторов сигналов вещателей. Подобное оборудование настраивается на формирование служебных сообщений/отчетов по заданному алгоритму, например, превышение установленного целевого уровня громкости более N раз в час. Кроме того, установка подобного оборудования у агрегаторов сигналов помогает максимально эффективно отслеживать разницу в уровнях громкостей различных телеканалов и радиостанций.

8) Обеспечить контроль громкости в сети распространения сигнала.

Данный этап необходим для контроля громкости органами контроля и надзора.

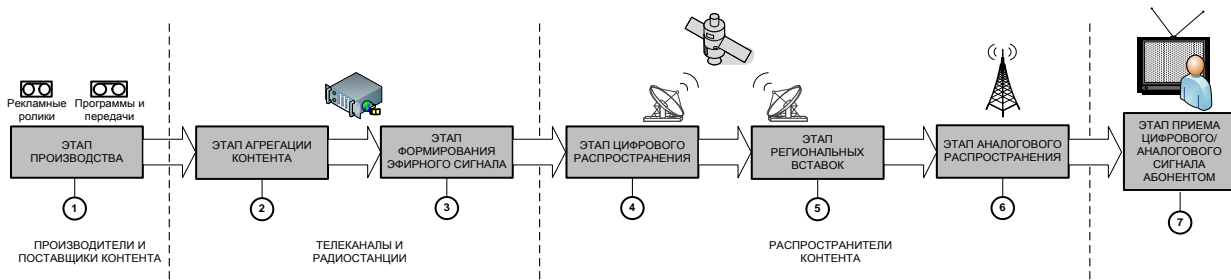
В рамках данного этапа необходимо установить в регионах Российской Федерации на сети распространения сигнала автономные комплексы системы записи эфира с анализом громкости звукового сопровождения программ. Комплексы должны анализировать запись в отложенном времени в автоматическом режиме. Такие комплексы должны хранить запись теле- или радиопрограмм с логированием параметров громкости звукового сопровождения. Возможна настройка комплексов на автоматическое распознавание событий начала и завершения рекламных блоков для их сравнения с громкостью программы; в случае выхода значений за установленные показатели комплекс автоматически формирует отчет или сообщение.

Применение данного подхода позволяет решить следующие задачи:

- 1) устранение акустического дискомфорта телезрителя/радиослушателя, связанного с резким изменением громкости между программами и рекламой/анонсами, а так же между различными программами;
- 2) устранение разности звуковых уровней громкости между телеканалами, осуществляющими вещание в цифровом и аналоговом вещании;
- 3) упрощение международного программного обмена и организации международных прямых трансляций;
- 4) использование единого подхода к измерению и управлению громкостью при производстве и распространении теле- и радиопрограмм.

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ГРОМКОСТИ ЗВУКА НА ВСЕХ ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕКЛАМЫ И ТЕЛЕ- И РАДИОПРОГРАММ

Для достижения полноценного результата по устранению звукового дискомфорта конечного зрителя при прослушивании теле- и радио программ рекомендуется осуществлять комплексный подход к измерению и регулировке громкости звука на каждом из этапов производства рекламы и теле- и радиопрограмм и распространения эфирного теле- и радио сигнала. На схеме ниже представлена блок-схема всех этапов распространения с указанием точек контроля и нормализации громкости.



5.1 Этап производства и постпроизводства

Принцип нормализации громкости на этих этапах предоставляет два подхода: первый - сохранить текущую практику установки уровней и сдвигать (изменять) уровень позже, а второй - изменить эту практику на контроль и нормализацию громкости с небольшим сдвигом или без него.

Первый подход является более актуальным на начальном этапе переходного периода, и, особенно полезен для тех, кто работает на прямых трансляциях. Существующие измерители, лимитеры и практики сведения (микширования) сохраняются, а уровневый сдвиг осуществляется на выходе звукового пульта (после главных измерителей) для достижения целевого уровня в **-23 LUFS**. Измеритель громкости, размещенный после звукового пульта, предоставляет возможность звукорежиссёру точно оценить уровень сдвига. Использование измерителя громкости параллельно с традиционным измерителем в любом случае хорошая идея.

Для программ, подготовленных в post-production выполнить необходимый уровневый сдвиг (используя первый подход) довольно легко. Измеряя программу целиком за один проход, необходимый сдвиг усиления может быть определен довольно точно. В случае вещания в прямом эфире точное достижение целевого уровня может представлять некоторые трудности. Поэтому, отклонение от целевого уровня в пределах ± 1.0 LU является приемлемым для программ, где точная нормализация до целевого уровня **-23 LUFS** практически не достижима. В тех случаях, когда уровни отдельных фрагментов программы в значительной степени не предсказуемы, или когда программа намеренно состоит только из фоновых элементов (например, фоновая музыка в программе прогноза погоды), или когда драматургический замысел программы диктует сделать уровень громкости существенно ниже целевого уровня, в этом случае разрешенный диапазон ± 1.0 LU может оказаться слишком узким. Следовательно, предполагается, что в этих случаях интегральный (средний) уровень громкости программы может выходить за допустимые отклонения диапазона специфицированных в EBU R 128. Используя 1 подход, для нормализации уровня (сохраняя существующие практики нормализации) вполне вероятно, что почти всегда необходимо будет сдвинуть усиление в отрицательную сторону (уменьшить усиление). Поэтому дополнительных шагов по снижению динамического диапазона и/или ограничения Максимального уровня истинных пиковых значений, как правило, не требуется. Потенциальное ослабление в подавляющем большинстве случаев является также причиной того, почему

решение с использованием метаданных не рекомендуется применять для 1 подхода.

Нормализация уровня, с применением **второго подхода** (непосредственная нормализация звукового сигнала) это то, что рекомендуется в этих практических рекомендациях. Опять-таки, после предварительных измерений и периода тестирования, прошедших программ и установки измерителя громкости параллельно с измерителями применяемыми в настоящее время (обычно QPPM), преимущества парадигмы нормализации громкости говорят сами за себя. Увеличение динамического диапазона, возможно, будет желанным бонусом, например, для спортивных программ, где шум толпы усиливает впечатление от игры на зрителя или слушателя. В студии, при наложении голоса за кадром, по творческим соображениям, часто применяют компрессирование (и, следовательно, отношение громкости к пиковым значениям будет ниже), добиваясь лучшего баланса по отношению к более динамичному исходному материалу. После установки уровней отдельных сигналов и постоянного усиления мониторинга, звукооператор может переключиться на **сведение на слух**. Следя за моментальным или краткосрочным уровнем громкости и время от времени бросая взгляд на средний (интегральный) уровень громкости вполне достаточно для подтверждения того, что общий уровень, при микшировании, стремится к целевому уровню. С числовым отображением значения интегральной громкости 'I' с точностью до одного десятичного знака или с графическим дисплеем того же разрешения можно предсказать характер изменения громкости и принимать в случае необходимости соответствующие меры. Это должно происходить плавно, так как слишком резкие изменения в большинстве случаев неприемлемы с художественной точки зрения. С максимально допустимым уровнем реальных пиковых значений -1 dBTP снизилась вероятность феномена «упора в стенку» (который означает, что защитный лимитер настроенный на -9 dBFS не дает превысить это значение).

Элементы сведения, наиболее важные для однородного субъективного восприятия громкости - это так называемые звуки «переднего плана» - например, речь, музыка или ключевые звуковые эффекты. Отдельные звуковые элементы довольно широко отличаются как по уровню громкости, так и по уровню пиков. Например, звон двух бокалов во время тоста имеет высокий пиковый уровень, но очень низкий уровень громкости. С другой стороны, динамически сжатая музыкальная рок композиция имеет уровень громкости, почти одинаковый с пиковым уровнем. Если выравнивать эти два сигнала по их пику, рок композиция будет гораздо громче звона бокалов. Из указанного примера видно, что не следует эти два сигнала микшировать с равной громкостью. Уровень сведения - художественное решение, но измерение громкости может помочь оператору визуальной реакцией, показывающей то, что он слышит. Рекомендуется вначале устанавливать уровни с некоторой осторожностью, так как психологически легче постепенно добавлять уровень интегральной громкости во время сведения, чем убавлять. Обычно небольшое повышение в ходе программы драматургически более естественно - а изначально «защитная»

стратегия оставляет звукорежиссёру пространство для маневра в случае неожиданных или непредсказуемых изменений в сигнале.

По завершении измерения громкости программы возможны два сценария:

- точное достижение целевого уровня (-23.0 LUFS) или
- отклонение от целевого уровня в любую сторону

Для вещания в прямом эфире наиболее вероятен второй сценарий. Если фактический уровень громкости находится в пределах допуска ± 1.0 LU, то дальнейших действий не требуется. Если уровень выходит за эти пределы из-за непредсказуемого характера программы или редко встречающихся элементов переднего плана, то с точки зрения производства это допустимо, как отмечалось ранее. Меры по нормализации таких случаев могут приниматься позже, путем применения процессоров громкости, которые постепенно (без резких изменений) скорректируют интегральный уровень громкости таких программ. Изменение должно производиться плавно, для того чтобы не повредить внутреннюю динамику программы. Должна быть возможность использования различных предустановок на процессоре громкости для различного типа программ (прямых эфиров и записанных передач). Должна быть возможность обхода установленных по тракту звуковых процессоров для тех программ, у которых параметры громкости находятся в пределах допуска. Такой обход станет нормальным, когда громкость большинства программ будет приведена к целевому уровню.

На стадии постпроизводства существует большая вероятность достичь порога целевого уровня из-за самого характера рабочего процесса с возможностями переделки и изменения сведения и уровней громкости. Кроме того, на данной стадии обычно бывает достаточно времени на полное интегральное измерение всей программы по завершении ее создания, а также на коррекцию усиления. В производстве на базе файлов эта коррекция может выполняться быстрее реального времени.

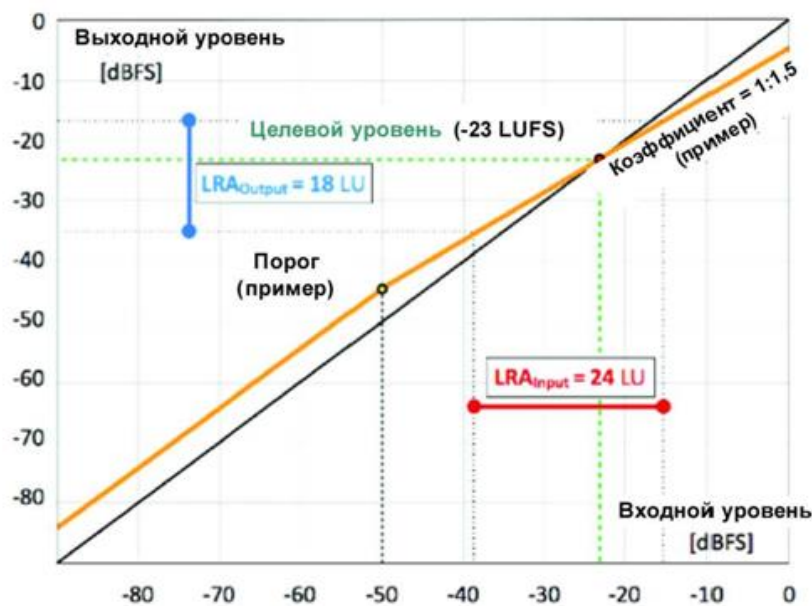
Часто могут возникать ситуации, когда сведение в постпроизводстве выполняется «как в прямом эфире», т.е., например, когда осуществляется непосредственная запись на ленту в случае закадрового озвучивания. В ту же категорию попадает процесс перезаписи 1:1 с пленки с одновременной регулировкой громкости, так сказать «на лету». Эти ситуации больше подходят на производство прямых программ и требуют соответствующего подхода. В переходный период к нормализации громкости вышеупомянутые процессоры громкости будут определенно полезны вещателям для адаптации к системе регулирования уровней громкости и фиксации возможных выбросов. Вещатели (а также звукорежиссеры) должны поставить себе цель как можно реже использовать эти процессоры в своей работе, т.к. интегральный уровень громкости программ все чаще будет находиться в допустимых пределах.

Точный сценарий перехода, график и план внедрения различны для каждого вещателя.

Так как расширились динамические возможности, работа с нормализацией громкости в рамках первого подхода также подразумевает контроль над значением Диапазона громкости (LRA). Это важно для обеспечения

соответствующего сигнала для целевой аудитории и канала распространения. Хотя в производстве и постпроизводстве может быть создано «общее» сведение (с относительно высоким значением LRA и максимально допустимым уровнем истинных пиков значений -1 dBTP), другие платформы могут требовать меньшее значение LRA и меньшие Максимально допустимые уровни истинных пиков (Maximum Permitted True Peak Level) (при сохранении Уровня Громкости Программы -23 LUFS).

С параметром Диапазон громкости теперь можно систематически определять необходимые меры для потенциальной динамической компрессии программы, чтобы вместить ее в окно допуска аудитории или платформы распространения. На практике общая низкоуровневая компрессия может дать удовлетворительные результаты. Низкий порог (< -40 dBFS) и умеренный коэффициент сжатия (1:1.2 - 1:1.5) гарантируют однородную компрессию всего диапазона сигнала. В зависимости от исходного уровня громкости сдвиг до целевого уровня -23 LUFS может производиться параллельно путем регулировки компенсирующего усиления компрессора.



Пример для обработки Диапазона Громкости (LRA) с компрессией с низким порогом (-50 dBFS) и умеренным коэффициентом компрессии (1:1.5)

Производство и постпроизводство рекламы и анонсов

При производстве и постпроизводстве рекламы и анонсов как отдельного жанра программ продолжительностью менее 30 секунд, необходимо применять несколько иной подход. Для контроля динамики рекламного материала в рамках идеологии нормализации громкости, где существует опасность внезапных резких расхождений громкости (громкая реклама после долгого периода низкоуровневых сигналов чуть выше порога гейтирования в программе), параметр Диапазон Громкости (LRA) не подходит, так как его вычисление основано на значениях кратковременной громкости (интервал 3 сек). Следовательно, для очень коротких элементов имеется слишком мало точек отсчета для вычисления корректной величины LRA. Альтернативой является использование Максимального мгновенного уровня громкости (Maximum Momentary Loudness Level) (Max ML -

400 мс) или Максимального кратковременного уровня громкости (Maximum Short-term Loudness Level) (Max SL - 3 с). Эти параметры могут эффективно использоваться для ограничения пиков громкости, особенно для коротких элементов (<30 сек). Максимальным значением Max ML является -15 LUFS, а для Max SL является -20 LUFS. Для программ этого жанра, состоящих только из фоновых или творчески задуманных низкоуровневых звуков, допускается использовать уровень громкости ниже целевого. Это согласуется с прошлой и нынешней практикой ограничения максимального уровня пиков, но не приводит уровень громкости всего содержания телеканала/радиостанции к этому максимуму.

Программы, имеющие интегральный уровень громкости ниже целевого уровня, требуют особого внимания для гарантии прохождения автоматических процессов нормализации без повреждений. Они должны быть исключением, а не правилом.

5.2 Этап агрегации контента

Поскольку в современном телерадиовещании все активнее используются файловые рабочие процессы, на этом этапе также необходимо применять технологию нормализации громкости. Базовый принцип остается тот же: рекомендуется нормализация громкости и контроль динамического диапазона источника, особенно для вновь создаваемых теле- и радиопрограмм и рекламы. Тем не менее, поскольку метаданные являются неотъемлемой частью файл-базирующихся систем, можно использовать решения, опирающиеся на их изменение.

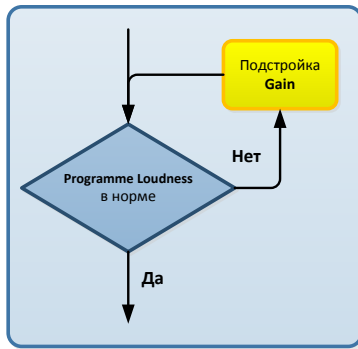
Медиа файл, может поступать через процесс загрузки, передачи из внешнего сервера или из файлового архива. Нормализацию громкости для файл-базирующихся систем можно реализовать, например, используя программное обеспечение с соответствующим алгоритмом. Для имеющихся программ (архивного материала) существует 4 варианта нормализации громкости:

- Фактическое изменение уровня громкости всех аудио файлов до целевого уровня;
- Изменение уровня громкости только «по требованию»;
- Использование результата измерения уровня громкости для регулировки уровня при воспроизведении без изменения исходного уровня громкости;
- Передача корректных метаданных громкости потребителю, где производится нормализация.

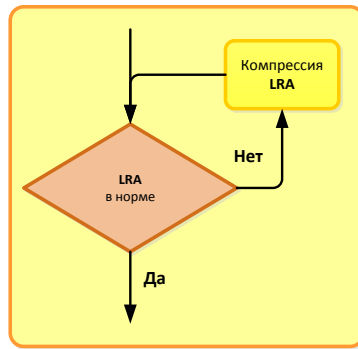
Выбор решения зависит от таких факторов как инфраструктура, рабочие процессы, управление медиа фондами, наличие подходящего оборудования, финансовые ресурсы, время и т.д.

В самом начале жизни файла в компании необходимо провести измерения, обеспечивающие значения уровня Громкости программы, Диапазона громкости и Максимальных уровней истинных пиков (Maximum True Peak Level) - трех основных параметров звука, определенных в Рекомендациях EBU R 128. Для очень короткого контента (<30 сек), такого как анонсы и рекламные ролики,

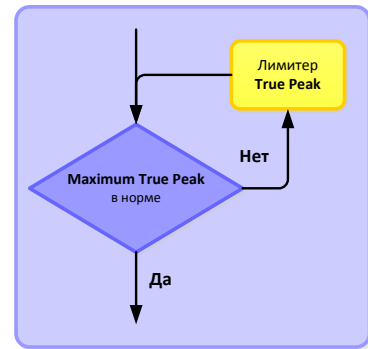
также необходимо измерить и сохранить Максимальный уровень мгновенной громкости и Максимальный уровень кратковременной громкости (Maximum Momentary и Maximum Short-term Loudness Level). В зависимости от результатов этого измерения и последующего метода нормализации громкости и соответствия допустимому диапазону громкости вырабатывается схема обработки, состоящая из «компоновочных блоков» или «основных задач». Ниже приведены общие блок-схемы рабочего процесса.



Блок обработки Громкости Программы
(*Programme Loudness*)



Блок обработки Диапазона Громкости
(*LRA*)



Блок обработки Максимального Уровня
Истинных Пиков
(*Maximum True Peak Level*)

Три базовых компоновочных блока, перечисленные выше, лежат в центре любого процесса контроля качества файлов в отношении технических параметров его звукового содержания. В начале любой потенциальной обработки измеряются три параметра Уровень Громкости (Loudness Level - L_k), Диапазон Громкости (Loudness Range - LRA) и Максимальный Уровень Истинных Пиков (Maximum True Peak Level - Max TP). Результат этого первичного измерения определяет дальнейшую обработку.

Возможно несколько разных сценариев:

1) Все три параметра нормальные.



Это идеальный результат измерения: Уровень Громкости Программы -23 LUFS, Диапазон Громкости в пределах, определенных вещателем (в зависимости от жанра и/или платформы распространения), а Максимальный Уровень Истинных Пиков равен или ниже максимального значения для намеченной системы распространения.

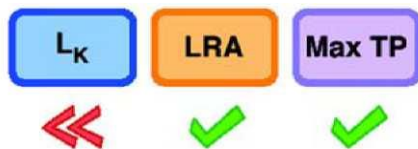


2) Уровень громкости программы выше -23 LUFS. Это решает простая операция регулировки усиления (понижения уровня):

Усиление (dB) = - (измеренный - Lk целевой)

(Пример: измеренный Lk -19.4 LUFS; целевой уровень -23 LUFS; необходимое усиление будет $-(-19.4 - (-23)) = -3.6$ dB). Max TP уменьшается на ту же величину, что и Lk.

3) Уровень Громкости Программы ниже -23 LUFS.



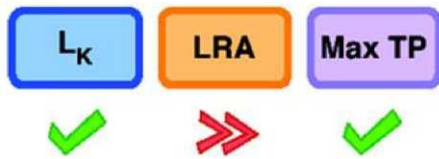
После повышения усиления нужно пересчитать Максимальный Уровень Истинных Пиков (исходный Max TP + сдвиг усиления = результирующий Max TP), так как он потенциально может находится выше допустимого предела. Если новый Max TP превышает допустимый предел, необходимо выполнить ограничение истинных пиковых значений, которое должно быть выполнено согласно унифицированному блоку обработки истинных пиков. Если такое ограничение невозможно или нежелательно (или потенциально слишком серьезно), в этом случае значение Lk оставляется на исходном низком уровне и применяется соответствующая установка метаданных громкости (ниже -23 LUFS, отражая исходный уровень громкости). Это требуется для полнофункциональной системы, поддерживающей метаданные (например, Dolby Digital или MPEG 4).

4) Громкость Программы ниже -23 LUFS, а Диапазон Громкости шире внутреннего допуска для жанра или канала распространения.



Уровень Громкости Программы можно обрабатывать согласно пункту 3). Диапазон Громкости подлежит обработке (унифицированный блок LRA) и, таким образом, потенциально снижает Max TP. Хотя Max TP может превышать допустимый лимит при применении положительного сдвига усиления, обработка Max TP может не требоваться из-за снижения LRA. Поэтому необходимо вычислить Max TP во время процесса снижения LRA.

5) Диапазон Громкости шире допуска для жанра или канала распространения.



Как говорилось ранее, компрессор с низким порогом и очень умеренным коэффициентом может использоваться для уменьшения LRA (унифицированный блок Диапазона громкости). Для файлов применяются преимущественно автоматические процессы с «целевым LRA» («target-LRA»). Альтернативно, результат измерения LRA может активировать предустановку динамического компрессора с параметрами, аналогичными вышеуказанным. Max TP может лишь уменьшиться, поэтому нет необходимости обработки истинных пиковых значений.

6) Максимально допустимый уровень истинных пиков (Maximum Permitted True Peak Level) превышен.



Превышение уровня -1 dBTP влечет за собой риск дальнейших искажений (например, в ЦАП, конвертере или кодеке с уменьшением скорости потока). Согласно унифицированному блоку Max TP, ограничение истинных пиковых значений осуществляется путем понижения Max TP. Существенно ли изменится в результате этого громкость программы, зависит от числа и размера затронутых пиков.

Любая другая комбинация результатов первичного измерения LRA и Max TP входит в процессы, уже описанные в вышеупомянутых сценариях.

5.3 Этап формирования эфирного сигнала

Контроль уровня громкости и необходимая нормализация на этапе формирования эфирного сигнала теле- и радиопрограмм должна осуществляться на конечном участке тракта АСК, непосредственно перед передачей сигнала для дальнейшего распространения. Как правило, такой процессинг осуществляется с помощью аппаратного устройства, позволяющего реализовать нормализацию

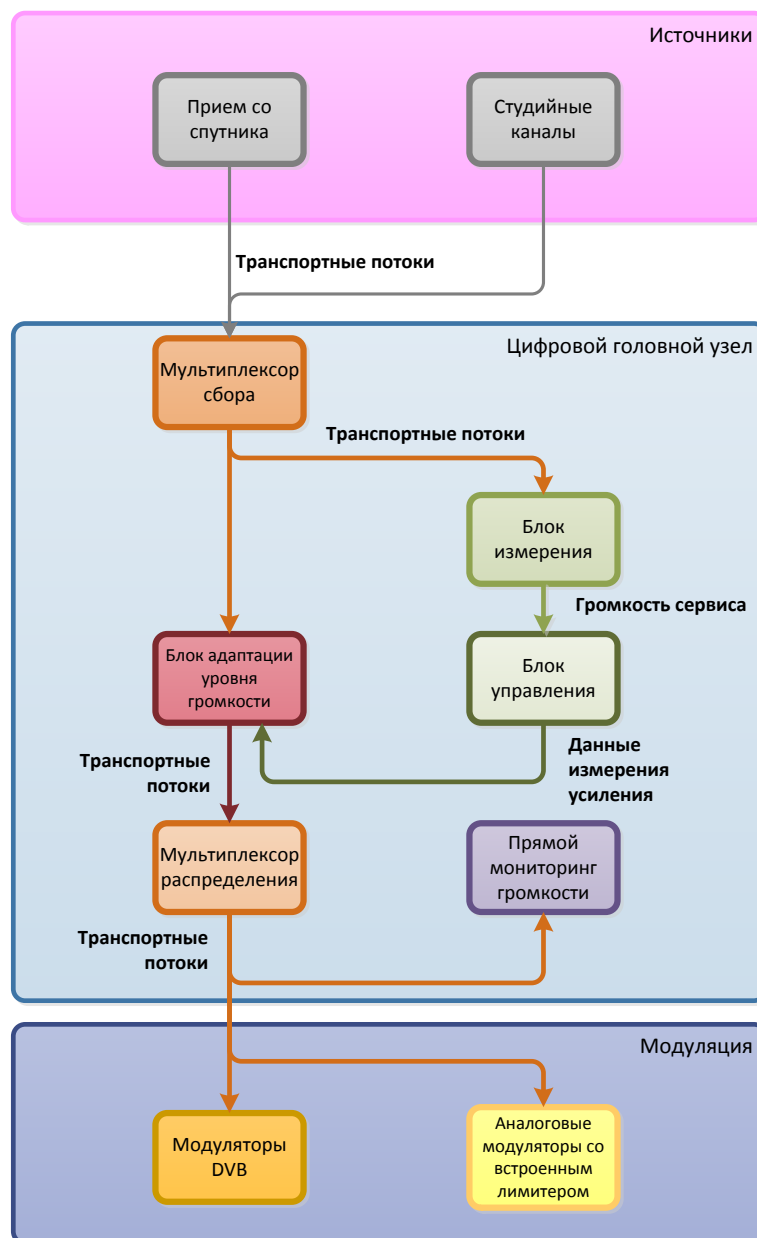
громкости без потерь. Для прямого эфира нормализация должна быть основана на непрерывном измерении громкости в течение суток (24 часа).

Коррекцию следует применять в следующих случаях:

- Если долговременный уровень громкости сервисов MPEG-1 Layer II определенной вещательной организации отличается от целевого уровня -23 LUFS, описанного в EBU R 128.
- Если долговременный уровень громкости сервисов HE-AAC определенной вещательной организации отличается от целевого уровня -23 LUFS, описанного в EBU R 128, на основе применения дескриптора Decoder Target Level (target_level, определенного в ISO/IEC 14496-3) на уровне -23 LUFS.
- Если долговременный уровень громкости сервисов AC3/E-AC3 (брендовое название Dolby Digital и Dolby Digital Plus, сокращенно DD/DD+) определенной вещательной организации отличается от уровня воспроизведения звука -31 LUFS согласно ETSI TS 102 366, на основе применения Decoder Target Level of -31 LUFS стандарта Dolby.

5.4 Этап цифрового распространения эфирного сигнала

Нормализация громкости на этапе распространения устраняет долговременные отличия между уровнем громкости, установленным на различных теле- и радиоканалах. В этом случае все теле- и радиоканалы имеют постоянную громкость, что исключает необходимость регулировки громкости зрителем/слушателем при переключении с канала на канал. На рисунке ниже изображена блок-схема цифрового головного узла с интегрированной нормализацией громкости; из этой схемы можно вывести ее применение в определенных платформах — например, IPTV или спутниковом распространении.



Метод применения нормализации громкости в радио- и телевизионных системах распространения требует три компонента:

1. Блок измерения
2. Блок управления
3. Блок адаптации

Блок адаптации может быть интегрирован в мультиплексор DVB или аналогичное устройство обработки цифровых сигналов. Блоки измерения и управления также могут быть интегрированы в один аппарат. Адаптация уровней громкости также может при необходимости производиться путем контроля входного усиления кодеров. Перекодирование в один формат компрессии, однако, не считается предпочтительным решением из-за потери качества и нерентабельности.

Система нормализации громкости может поддерживать один или более кодеков. Процесс адаптации уровня громкости зависит от типа кодека:

- Непосредственно в аудио потоке битов для MPEG-1 Layer II
- Непосредственно в сопроводительных метаданных для AC3/E-AC3 (DD/DD+) и HE-AAC

Ниже приведен метод оценки необходимости адаптации.

Громкость декодированных сигналов непрерывно измеряется в течение суток (24 часов) с разбивкой на 24 блока по 1 часу. Время начала блока 1 - 03:00., блока 24 - 02:00 следующего дня. Причина использования ночного времени - минимальное влияние на ежедневные программы. В отдельных блоках применяется интегральное (I) измерение согласно EBU Tech 3341. Это значит, что для измерения должны использоваться параметры, описанные в Рекомендации EBU R 128, включая гейтирование ниже полученного долговременного уровня громкости, без гейтирования и дополнительное гейтирование с использованием абсолютного порога на уровне -70 LUFS. Последнее гарантирует корректную работу функции гейтирования, когда до или после коротких фрагментов следуют длинные периоды без модуляции. Для оптимальной стабильности измеряются только входящие сигналы (принцип упреждения).

При использовании AC3/E-AC3 (DD/DD+) и/или HE-AAC метаданные, показывающие уровень громкости, постоянно включены в измерение для восстановления уровня громкости воспроизведения. Измерительная система должна применять опорный уровень громкости -31 LUFS для кодеков AC3/E-AC3 (DD/DD+) и -23 LUFS для кодеков MPEG-1 Layer II и HE-AAC. Для систем AC3/E-AC3 (DD/DD+) это должно достигаться с помощью дескриптора 'Dialnorm' потока битов AC3/E-AC3 (DD/DD+) и регулярного уровня воспроизведения звука -31 LUFS. Для HE-AAC это должно достигаться с помощью дескриптора Programme Reference Level (prog_ref_level, согласно ISO/IEC 14496-3) потока битов HE-AAC и дескриптора Decoder Target. Level (target_level, согласно ISO/IEC 14496-3) на уровне -23 LUFS. Если поток HE-AAC не содержит метаданных громкости, необходима вставка новых данных или перекодирование услуги, если громкость услуг не соответствует $-23 \text{ LUFS} \pm 1 \text{ LU}$.

Проверяются 24 блока в сутках, и значения блоков в пределах 2 LU от максимального значения интегрируются в полномочную зону (power domain). Её диапазон $\pm 1 \text{ LU}$, что соответствует Рекомендации EBU R 128. Результат представляет усредненную максимальную громкость вещательной организации в прайм-тайм и обозначается далее как громкость сервиса. Это значение может слегка отклоняться от отдельных программ, имеющих точный целевой уровень. Поэтому уровень громкости и допустимое отклонение для программ согласно Рекомендации EBU R 128 должны измеряться в точке до системы нормализации. Блок измерения может опционально выполнять эту задачу. Нормализация, описанная в этом документе, не влияет на принцип выравнивания громкости между программами одного сервиса, так как коррекция применяется ко всем программам на основе общего результата измерений за несколько суток.

Список сервисов хранится в базе данных, которая отражает все измеряемые и нормализуемые радио- и телевизионные компании, в т.ч. представляющие аудио сервисы для разных языков и звуковых описаний. База данных также

содержит результаты измерения громкости. Блок управления сравнивает громкость сервисов (включая коэффициент коррекции метаданных) с установленным целевым уровнем для сервисов MPEG-1 Layer II и HE-AAC и с уровнем воспроизведения звука для сервисов AC3/E-AC3 (DD/DD+).

После получения новых данных обо всех сервисах в 03:00 блок управления сравнивает эти данные с целевым уровнем и применяет сдвиг (коррекцию), если измеренное значение отклоняется от целевого уровня более чем на ± 1 LU, как только будет обработана вся информация. Таким образом, долговременная максимальная выходная громкость всех сервисов остается на целевом уровне, избегая при этом потенциальных побочных эффектов нормализации. В таблицах ниже показаны примеры регулировки. Величина сдвига громкости будет оставаться постоянной следующие 24 часа. Блок управления не должен удалять метаданные громкости скорректированного звукового потока из допустимого диапазона. Устройство адаптации должно сохранять настройки в энергонезависимую память, обновляемую только блоком управления. Таким образом, процесс измерения и управления не является частью тракта, способного критически повлиять на сервис.

Во избежание расхождений, блок управления должен использовать разрешение 0.5 LU на 24 часа.

Следует применять следующие размерности шага системы:

- 2 LU для систем адаптации потока битов MPEG-1 Layer II;
- 1 LU для кодеков MPEG-1 Layer II и AC3/E-AC3 (DD/DD+) и систем адаптации метаданных HE-AAC.

Опционально измеряются максимальные истинные пиковые значения декодированных сигналов. Измерение максимальных истинных пиковых значений стерео сведения многоканального сервиса также опционально и особенно полезно, если нужно увеличить уровень громкости сервиса. Данные измерений сообщаются в блок управления. Измерение скорректированных сервисов в целях мониторинга опционально. Блок управления должен иметь функции для работы в таких ситуациях.

Для поддержки динамически изменяемых индикаторов громкости, например, Dialnorm и Programme Reference Level (PRL) в кодеках, передающих аудио метаданные, всегда должна применяться компенсация в виде сдвига на полученное значение. Сдвиг, применяемый к системам AC3/E-AC3 (DD/DD+) и HE-AAC, отрицательный к полученному значению, т.е. для уменьшения громкости сервиса сдвиг должен увеличиться. Сдвиг, применяемый к системам MPEG-1 Layer II, положительный к полученному значению, т.е. для уменьшения громкости сервиса сдвиг тоже должен уменьшиться.

В следующих таблицах показаны примеры отношения между измеренной громкостью и значениями изменения для разных систем кодеков. Устройство адаптации обрабатывает этот сдвиг. Устройство адаптации должно уметь по требованию сообщать в блок управления значения сдвига, которые могут отображаться в пользовательском интерфейсе рядом со значениями измерения громкости. Блок управления должен сохранять последние установки громкости в

энергонезависимой памяти и сравнивать эти значения с примененными значениями сдвига, хранящимися в блоке адаптации, во избежание скачков громкости после запуска системы.

Таблица 1: Изменение усиления для систем адаптации потока MPEG-1 Layer II

Входная громкость LUFS (1)	Ошибка громкости LU	Изменение уровня (2) для применения - LU	Скорректирован ная громкость LUFS	
-5.0	+ 18.0	-18	-23.0	
-6.0	+ 17.0	-18	-24.0	
-7.0	+ 16.0	-16	-23.0	
-8.0	+15.0	-16	-24.0	
-9.0	+14.0	-14	-23.0	
-10.0	+13.0	-14	-24.0	
-11.0	+12.0	-12	-23.0	
-12.0	+11.0	-12	-24.0	
-13.0	+10.0	-10	-23.0	
-14.0	+9.0	-10	-24.0	
-15.0	+8.0	-8	-23.0	
-16.0	+7.0	-8	-24.0	
-17.0	+6.0	-6	-23.0	
-18.0	+5.0	-6	-24.0	
-19.0	+4.0	-4	-23.0	
-20.0	+3.0	-4	-24.0	
-21.0	+2.0	-2	-23.0	
-21.9	+1.1	-2	-23.9	Диапазон единичного усиления
-22.0	+1.0	0	-22.0	
-23.0	0.0	0	-23.0	
-24.0	-1.0	0	-24.0	
-24.1	-1.1	+2	-22.1	
-25.0	-2.0	+2	-23.0	
-26.0	-3.0	+4	-22.0	
-27.0	-4.0	+4	-23.0	
-28.0	-5.0	+6	-22.0	
-29.0	-6.0	+6	-23.0	
-30.0	-7.0	+8	-22.0	
-31.0	-8.0	+8	-23.0	
-32.0	-9.0	+10	-22.0	

Примечание 1: Коррекция должна применяться в целых числах. Для диапазона единичного усиления ± 1 LU сдвиг не требуется.

Примечание 2: Указанный диапазон коррекции уровня (от -18 до +10 LU) - практический пример и не означает ограничения.

Таблица 2: Адаптация усиления для систем адаптации метаданных AC3/E-AC3 (DD/DD+)

Входная громкость LUFS (1,2)	Ошибка громкости LU	Изменение уровня (3) для применения - LU	Скорректированная громкость LUFS	
-13.0	+18.0	+ 18	-31.0	
-14.0	+17.0	+17	-31.0	
-15.0	+ 16.0	+16	-31.0	
-16.0	+15.0	+15	-31.0	
-17.0	+ 14.0	+14	-31.0	
-18.0	+13.0	+13	-31.0	
-19.0	+ 12.0	+12	-31.0	
-20.0	+11.0	+11	-31.0	
-21.0	+10.0	+10	-31.0	
-22.0	+9.0	+9	-31.0	
-23.0	+8.0	+8	-31.0	
-24.0	+7.0	+7	-31.0	
-25.0	+6.0	+6	-31.0	
-26.0	+5.0	+5	-31.0	
-27.0	+4.0	+4	-31.0	
-28.0	+3.0	+3	-31.0	
-29.0	+2.0	+2	-31.0	
-29.9	+1.1	+1	-30.9	
-30.0	+1.0	0	-30.0	Диапазон единичного усиления
-31.0	0.0	0	-31.0	
-32.0	-1.0	0	-32.0	
-32.1	-1.1	-1	-31.1	
-33.0	-2.0	-2	-31.0	
-34.0	-3.0	-3	-31.0	
-35.0	-4.0	-4	-31.0	
-36.0	-5.0	-5	-31.0	
-37.0	-6.0	-6	-31.0	
-38.0	-7.0	-7	-31.0	
-39.0	-8.0	-8	-31.0	
-40.0	-9.0	-9	-31.0	

Примечание 1: Измеренная громкость - значение, включающее коэффициент коррекции метаданных.

Примечание 2: Коррекция должна применяться в целых числах. Для диапазона единичного усиления ± 1 LU сдвиг не требуется.

Примечание 3: Указанный диапазон коррекции Dialnorm (от +18 до -9) - практический пример и не означает ограничения.

Таблица 3: Адаптация усиления для системы адаптации метаданных HE-AAC

Входная громкость LUFS (1,2)	Ошибка громкости LU	Изменение уровня (3) для применения - LU	Скорректирован ная громкость LUFS
-5.0	+18.0	+ 18	-23.0
-6.0	+17.0	+17	-23.0
-7.0	+16.0	+16	-23.0
-8.0	+15.0	+15	-23.0

-9.0	+ 14.0	+14	-23.0	
-10.0	+13.0	+13	-23.0	
-11.0	+ 12.0	+12	-23.0	
-12.0	+11.0	+11	-23.0	
-13.0	+10.0	+10	-23.0	
-14.0	+9.0	+9	-23.0	
-15.0	+8.0	+8	-23.0	
-16.0	+7.0	+7	-23.0	
-17.0	+6.0	+6	-23.0	
-18.0	+5.0	+5	-23.0	
-19.0	+4.0	+4	-23.0	
-20.0	+3.0	+3	-23.0	
-21.0	+2.0	+2	-23.0	
-21.9	+1.1	+ 1	-22.9	
-22.0	+1.0	0	-22.0	Диапазон единичного усиления
-23.0	0.0	0	-23.0	
-24.0	-1.0	0	-24.0	
-24.1	-1.1	-1	-23.1	
-25.0	-2.0	-2	-23.0	
-26.0	-3.0	-3	-23.0	
-27.0	-4.0	-4	-23.0	
-28.0	-5.0	-5	-23.0	
-29.0	-6.0	-6	-23.0	
-30.0	-7.0	-7	-23.0	
-31.0	-8.0	-8	-23.0	
-32.0	-9.0	-9	-23.0	

Примечание 1: Измеренная громкость - значение, включающее коэффициент коррекции метаданных.

Примечание 2: Коррекция должна применяться в целых числах. Для диапазона единичного усиления ± 1 LU сдвиг не требуется.

Примечание 3: Указанный диапазон коррекции Programme Reference Level (от +18 до -9) - практический пример и не означает ограничения.

Рекомендуется, чтобы в блоке управления была реализована функция протоколирования и отчета о громкости для мониторинга автоматического процесса нормализации. В целях мониторинга также предлагается сообщать величину сдвига и фактические принятые и скорректированные метаданные громкости. Рекомендуется генерировать аварийные сообщения хотя бы в следующих условиях:

- Если уровень истинных пиковых значений декодированного сигнала достигает или превышает -1 dBTP.
- Если уровень истинных пиковых значений стерео сведения декодированного сигнала достигает или превышает -1 dBTP.
- Если разница между двумя последовательными измерениями громкости сервиса за сутки больше выбранного пользователем порога.
- Если величина сдвига, применяемого к системам MPEG-1 Layer II, меньше или больше выбранного пользователем порога.

- Если величина сдвига пытается вытолкнуть метаданные громкости скорректированных аудио потоков систем AC3/E-AC3 (DD/DD+) и HE-AAC ниже -31 LUFS или выше выбранного пользователем порога.

- Если метаданные громкости в сервисах AC3/E-AC3 (DD/DD+) или HE-AAC недействительны или отсутствуют.

В локальные цифровые головные узлы сигнал должен идти предпочтительно через распределительный канал из центрального (резервного) головного узла, где применяется нормализация громкости. Если такая централизованная подача из сети невозможна и локальный головной узел должен использовать собственные потоки сбора, нормализация громкости должна применяться локально, по тем же принципам, что описаны выше в данном разделе. Опционально данные громкости, собранные централизованно, могут использоваться для дистанционного управления локальными системами через соединение данных. Однако необходимо гарантировать отсутствие разницы громкости между локально принимаемым источником и, например, источником из студийного канала в центральном головном узле, который используется для подачи сигнала в измерительную систему. Если локальный источник - например, наземный прием, и уровень громкости отличается, тот же сигнал можно подать в измерительную систему в центральном головном узле - предполагая, что уровни громкости в одной наземной сети не отличаются - даже если этот сигнал не используется в центральном головном узле для первичного распределения. Опционально звуковая часть услуг, доступных локально, может возвращаться только в измерительную систему центрального головного узла. Для экономии полосы канала в такой ситуации видео часть телевизионной услуги можно отсечь.

5.5 Этап вставки региональной рекламы и региональных программ

В системах с применением локально вставленной рекламы переключение должно происходить после системы нормализации громкости. Рекламные клипы должны нормализоваться заранее к целевому уровню с помощью, например, алгоритма, реализованного в программном обеспечении постобработки медиаматериала. В результате средний уровень громкости теле- или радиоканала должен быть равен целевому уровню в позиции переключения рекламной вставки. В звуковых системах AC3/E-AC3 (DD/DD+) или HE-AAC метаданные громкости локально вставленной рекламы всегда должны корректно показывать фактическую громкость, если по какой-либо причине контент не нормализован по громкости до -23 LUFS. Если услуга проходит через систему, воспроизводящую рекламу, в этом устройстве не должно применяться ни усиления, ни затухания. Алгоритмы внутри воспроизводящего устройства, предназначенные для отслеживания средней громкости основной программы, должны быть отключены, если реклама или теле- радиопрограмма прошли предобработку. Измерение громкости в целях мониторинга после рекламной вставки на данном этапе опционально.

Если вставка регионального программного контента воспроизводится из файловой системы, можно применить тот же подход, что для вставок регионального рекламного контента. Если региональная теле- радиопрограмма идет в прямом эфире, необходимо обеспечить соответствие громкости. Если основные сервисы скорректированы системой нормализации в головном узле, региональный сервис также может корректироваться отдельным долговременным измерением этого сигнала. Это можно достичь только путем измерения во время регионального вещания.

5.6 Этап цифро-аналогового преобразования и аналогового распространения

При приеме сигнала на головных узлах распространителей вещательного аналогового сигнала осуществляемом с помощью демодуляторов, имеющих функционал цифро-аналогового преобразования (приемник-декодер), настоятельно рекомендуется, чтобы уровни звука внутри приемник-декодер не подвергались влиянию его контроля громкости.

После нормализации уровней громкости уровни пиковых значений и предыскажения могут оказаться слишком высокими для аналоговой системы передачи. Поэтому следует применять ограничение истинных пиковых значений и предыскажения. Эта обработка может производиться специальным оборудованием или может быть встроена в сам аналоговый модулятор.

А. Виды испытательных звуковых сигналов

Установочный сигнал (AS) – синусоидальный сигнал частотой 1 кГц, используемый для выстраивания уровней звукового сигнала между разными звеньями звукового тракта. Соответствует уровню напряжения аудиосигнала 0dBu, при среднеквадратичном значении напряжения 0.775В.

Максимально допустимый сигнал (PMS) – синусоидальный сигнал частотой 1 кГц, используемый в качестве эквивалента максимально допустимого уровня звукового сигнала теле- радиопрограмм. За уровень этого сигнала принимается значение на 9 dB выше уровня Установочного сигнала (AS).

Номинальный уровень звуковой программы – текущий уровень звуковой программы измеренный посредством квазипикового измерителя (QPRM)*. В следствие характеристик квазипиковых измерителей сигнала реальные пики измеряемого звукового сигнала программы могут быть на 3 dB выше отображаемых значений, поэтому Номинальный уровень звуковой программы принимается как Максимально допустимый сигнал (PMS) минус 3dB.

Измерительный сигнал (MS) – синусоидальный сигнал, используемый для проведения долгосрочных измерений, а так же измерений частотного спектра (на всех частотах), при испытаниях и настройках параметров звуковых трактов и их звеньев. За уровень этого сигнала принимается значение на 12 dB ниже уровня Установочного сигнала (AS).

**При измерении уровня звукового сигнала теле- радиопрограммы большую часть времени показания QPRM должны достигать или находиться ниже этого уровня и лишь изредка его превышать.*

Б. Уровни аналоговых сигналов.

Значения уровней аналоговых сигналов определены в таблице Б.

Таблица Б.

Наименование параметра	Значение	Примечание
Максимально допустимый сигнал	+ 9 dBu (2,18 Вэфф); (+9dB от Установочного сигнала (AS))	В соответствии с Рекомендациями ITU-R BS.645-2
Номинальный уровень звуковой программы	+ 6 dBu (1,55 Вэфф); (- 3 dB от Максимально допустимого сигнала (PMS))	Значение уровня согласно ГОСТ 11515, а так же в соответствии с EBU R68-2000 ITU-R BS.645-2
Уровень установочного сигнала	0 dBu (0,775 Вэфф);	В соответствии с Рекомендациями ITU-R 68-2000 и ITU-R BS.645-2
Уровень измерительного сигнала	- 12 dBu (0,195 Вэфф); (- 12 dB от уровня установочного сигнала (AS))	в части отношения уровней AS, PMS и MS

В. Уровни цифровых сигналов.

Значения уровней цифровых сигналов определены в таблице В.

Таблица В.

Наименование параметра	Значение	Примечание
Максимально допустимый сигнал	- 9 dBFS	Согласно EBU R68-2000
Номинальный уровень звуковой программы	- 12 dBFS	Согласно EBU R68-2000
Уровень установочного сигнала	- 18 dBFS	Согласно Рекомендации EBU R68-2000
Уровень измерительного сигнала	- 30 dBFS	Отношение к AS – по Рек. ITU-R BS.645-2

Г. Таблица соответствия уровней испытательных сигналов

Виды испытательных звуковых сигналов и их уровни приведены в таблице Г.

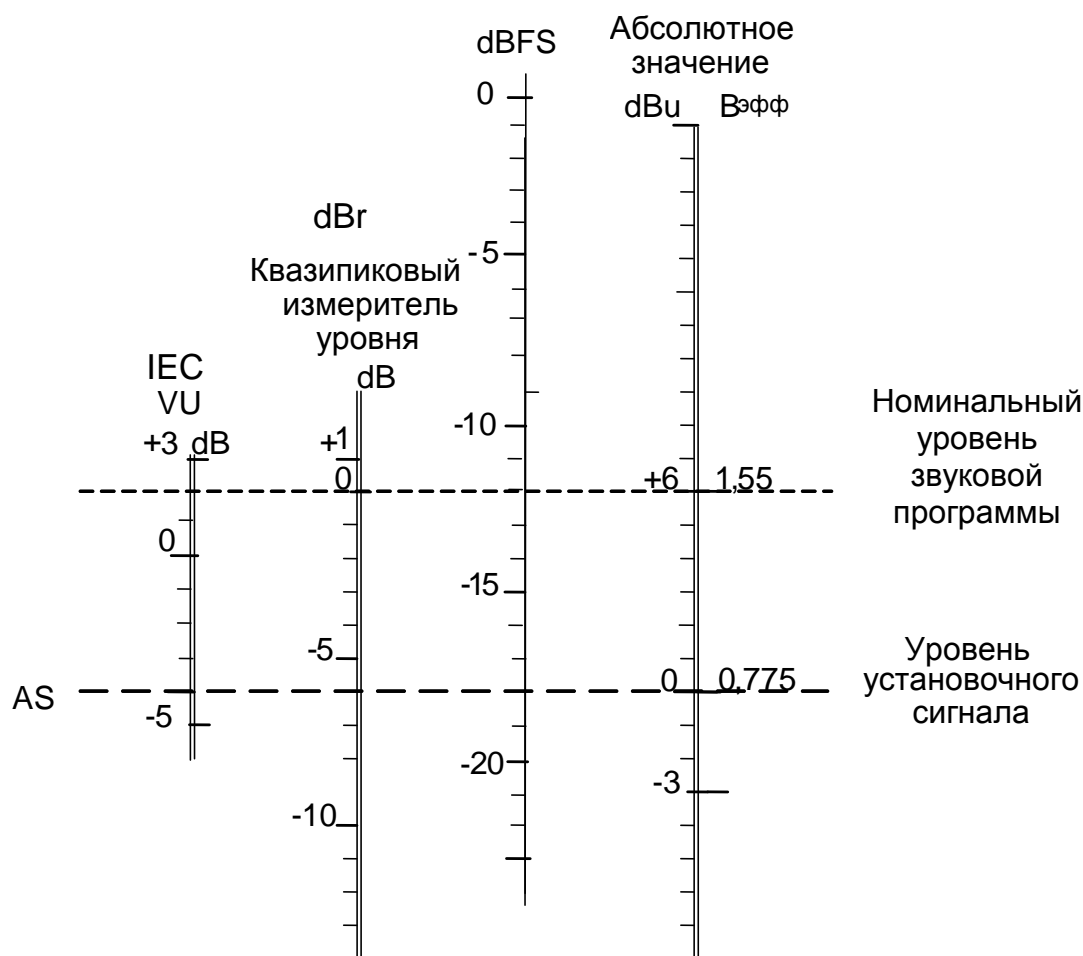
Таблица Г.

Вид сигнала	Уровни аналогового сигнала			Уровни цифрового сигнала
	Эффективное значение	VU-метр	QPPM	Пиковое значение (цифровой прибор)

Максимально допустимый сигнал	2,18 Вэфф (+ 9 dBu)	+ 4 дБ	+ 3 дБ (140%)	– 9 dBFS
Номинальный уровень звуковой программы	1,55 Вэфф (+ 6 dBu)	+ 2 дБ	0 дБ (100%)	– 12 dBFS
Установочный сигнал	0,775 Вэфф (–0 dBu)	- 4 дБ	– 6 дБ (50%)	– 18 dBFS
Измерительный сигнал	0,195 Вэфф (– 12 dBu)	– 16 дБ	–18дБ (12,5%)	– 30 dBFS
* - шкала dBr является относительной, где за 0 dBr принимается определенное конкретное значение уровня напряжения аудиосигнала dBu (в соответствии с ITU-R BS.645-2)				

Ниже приведена диаграмма отображения уровней установочного и максимально допустимого сигналов на шкалах измерителей уровней таблицы Г. Шкала «dBFS» диаграммы отражает значения уровней цифровых сигналов, предписываемые настоящим стандартом.

Диаграмма уровней установочного и максимально допустимого сигналов



Д. Сверка и согласование звуковых трактов.

Для сверки уровней звуковых трактов используется синусоидальный сигнал УУ частотой 1000 Гц.

В связи с тем, что в мировой практики используются два значения УУ (SMPTE - минус 20 dBFS; EBU - минус 18 dBFS) рекомендуется при совместных международных трансляциях накладывать титр, поясняя, сигнал какого УУ используется для сверки трактов.

Поскольку целевой уровень громкости, описанный в Рекомендации EBU R 128, установлен достаточно низко, лимитеру придется изменять только пики (предыскажения), следовательно, он будет иметь минимальное влияние на среднюю громкость.

Предпочтительно сигнал в аналоговые головные узлы подается через распределительный канал из (резервного) центрального цифрового головного узла, где применяется нормализация громкости. В результате этот процесс может быть реализован очень эффективно при обслуживании обеих систем передачи.

Аналоговые модуляторы могут быть установлены по умолчанию и не требовать дальнейшего обслуживания для контроля уровней звука, с которым они работают. Если аналоговый головной узел не может получать сигнал с цифровой платформы и должен использовать собственные потоки сбора, нормализация громкости должна применяться локально, по тем же принципам, что и нормализация громкости в цифровых средах распространения. Опционально можно использовать централизованно собранные данные громкости для дистанционного управления локальными системами через соединение данных.

5.7 Этап приема цифрового/аналогового сигнала абонентом

Многие цифровые телевизионные приемники, поддерживающие стандарты вещания DVB, имеют в своем составе декодеры звуковых форматов Dolby Digital Plus, Dolby Digital, HE AAC и MPEG-1 LII для стерео и многоканального звука.

Разные телевещательные компании для передачи звукового сопровождения телепрограммы могут использовать различные аудио кодеки. Поэтому, при просмотре телевизионных программ телезритель, переключаясь с канала на канал, по факту, также может переключаться между кодеками.

В связи с этим, крайне важно обеспечить единый уровень громкости звуковой дорожки телепрограммы после декодирования любых из вышеназванных звуковых форматов на стороне телевизионного приемника.

Рекомендуется ознакомиться с полным описанием требований и рекомендаций, решающих данную задачу для различных типов телевизионных приемников и их звуковых выходов, изложенным в приложении Tech3344 к Рекомендации EBU R128 (разделы 6, 7, 8, 9 и 10), а также в открытом документе Dolby Technical Bulletin 11 (<http://www.dolby.com/us/en/technologies/requirement-updates-for-dolby-decoders.pdf>).

Многие цифровые телевизионные приемники могут принимать аналоговые телевизионные сигналы наравне с цифровыми. Предполагается, что громкость аналоговых звуковых сигналов схожа с громкостью MPEG-1 LII аудиодорожки, поэтому, для согласования уровней, рекомендуется использовать ту же методику.