

# EBU

OPERATING EUROVISION AND EURORADIO

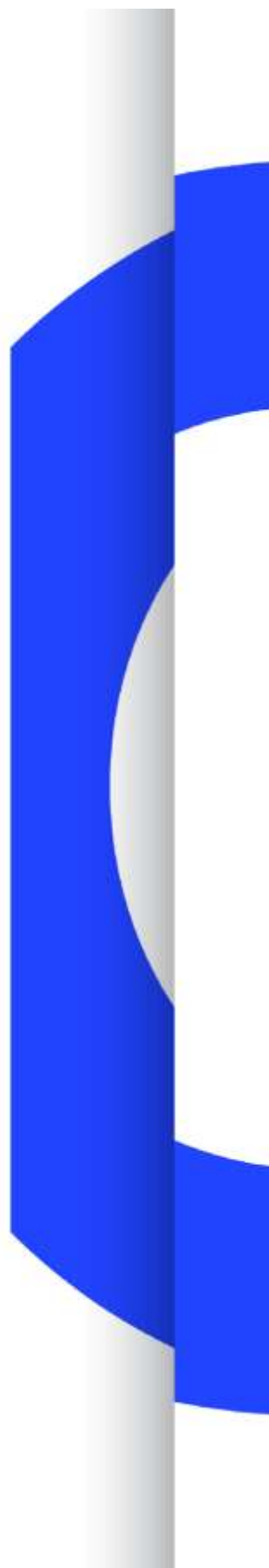
## TECH 3343

### GUIDELINES FOR PRODUCTION OF PROGRAMMES IN ACCORDANCE WITH EBU R 128



VERSION 3.0

Geneva  
January 2016



**TECH 3343**

**GUIDELINES FOR PRODUCTION OF PROGRAMMES  
IN ACCORDANCE WITH EBU R 128**

**Внимание!**

Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность  
и может содержать отдельные неточности.  
Оригинал документа на сайте <https://tech.ebu.ch>

**РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
ПРОГРАММ В СООТВЕТСТВИИ С EBU R 128**



ВЕРСИЯ 3.0

Женева  
Январь 2016

## Система обозначений

Настоящий документ содержит как **нормативный**, так и **информативный** текст.

Весь текст является нормативным, кроме Введения, разделов, отмеченных как «информативные», или отдельных параграфов, начинающихся с «Примечания».

**Нормативный** текст описывает обязательные или непреложные элементы. Он содержит ключевые слова «должен», «следует» или «можно», определяемые следующим образом:

«Должен» или «не должен»: Указывает требования, которые нужно строго соблюдать и от которых не допускается отклонений для соответствия документу.

«Следует» или «не следует»: Указывает, что один из нескольких вариантов рекомендуется как особенно подходящий, не упоминая и не исключая других.

ИЛИ что определенный ход действий предпочтителен, но не обязателен.

ИЛИ что (в отрицательной форме) определенный вариант или ход действий не рекомендуется, но не запрещается.

«Можно» или «можно не»: Указывает ход действий, допустимый в рамках документа.

**По умолчанию** означает обязательные (в фразах, содержащих «должен») или рекомендуемые (в фразах, содержащих «следует») предустановки, которые могут быть опционально изменены пользователем или иметь другие опции в продвинутых приложениях. Обязательные установки по умолчанию должны поддерживаться. Поддержка рекомендуемых установок предпочтительна, но не обязательна.

**Информативный** текст потенциально полезен для пользователя, но не обязателен и может быть исключен, изменен или дополнен, не влияя на нормативный текст. Информативный текст не содержит ключевых слов соответствия.

Совместимая реализация включает все обязательные условия («должен») и все рекомендуемые условия («следует») в случае их реализации. Совместимая реализация не требует реализации опциональных условий («можно»).

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Введение</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Общая концепция нормализации громкости</b> .....	<b>6</b>
2.1 Пик vs. Громкость .....	6
2.2 Нормализация аудио сигнала vs. Метаданные .....	7
2.3 Целевой уровень, новая концепция сведения .....	7
2.4 Процессоры громкости .....	8
<b>3. Стратегии установки уровня громкости</b> .....	<b>9</b>
3.1 Базовый подход к сведению .....	9
3.2 Измерение громкости для производства и постпроизводства ...	10
3.3 Loudness Range (Диапазон громкости) .....	12
3.4 Поднимаемая не реальный пик .....	14
3.5 Передовые стратегии прямого сведения .....	14
3.5.1 Спорт .....	14
3.5.2 Шоу .....	14
<b>4. Что измерять в производстве и постпроизводстве</b> .....	<b>15</b>
4.1 Нормализация независимо от сигнала vs. На базе анкера .....	15
4.2 Канал низкочастотных эффектов (LFE) .....	16
<b>5. Воспроизведение и архивы на базе файлов</b> .....	<b>16</b>
5.1 Стратегии установки уровней громкости – обработка .....	17
5.2 Архивный контент .....	18
<b>6. Метаданные</b> .....	<b>18</b>
6.1 Метаданные Programme Loudness (Громкость программы) .....	19
6.1.1 Намеренно пониженная громкость программ, сдвиг громкости	19
6.2 Метаданные контроля динамического диапазона .....	20
6.3 Коэффициенты сведения с уменьшением числа каналов .....	20
<b>7. Объемный звук vs. стерео – вопросы сведения с уменьшением и увеличением числа каналов</b> .....	<b>20</b>
7.1 Сведение с уменьшением числа каналов .....	20
7.2 Сведение с увеличением числа каналов .....	21
<b>8. Установка сигналов и уровень прослушивания</b> .....	<b>22</b>
8.1 Электрический установочный сигнал и уровень .....	22
8.2 Акустическая настройка, уровень прослушивания .....	22
<b>9. Вопросы, определяемые жанром</b> .....	<b>23</b>
9.1 Рекламные вставки (клипы) и анонсы .....	24
9.2 Художественные фильмы (кино) .....	25
9.3 Музыка .....	27
<b>10. Стратегия перехода</b> .....	<b>28</b>
<b>11. Приложения</b> .....	<b>29</b>
11.1 Приложение 1: ITU-R BS.1770 .....	29
11.1.1 Стробирование .....	30
11.2 Приложение 2: EBU R 128 .....	31
11.2.1 Programme Loudness (Громкость программы) .....	31
11.2.2 Loudness Range (Диапазон громкости) .....	32
11.2.3 True Peak Level (TPL), максимально допустимый TPL .....	33
11.2.4 Логотип R 128 .....	34
11.3 Приложение 3: Измерение громкости с 'EBU Mode' .....	34
11.4 Приложение 4: Предустановки DRC (Dynamic Range Control) для Dolby Digital .....	35
<b>12. Ссылки</b> .....	<b>35</b>

## **Официальное уведомление**

Хотя настоящий документ является результатом большой совместной работы в группе EBU PLOUD, именно долготерпеливый председатель этой группы Florian Camerer создавал, сопоставлял, обогащал и дорабатывал текст в форму публикации в течение многих, многих недель и месяцев работы.

## **Посвящение**

Документ посвящается двум великим инженерам звукозаписи; Gerhard Stoll и Gerhard Steinke.

# Руководство по производству программ в соответствии с EBU R 128

Комитет EBU	Первый выпуск	Переработка	Переиздание
ТС	2011	2016	

**Ключевые слова:** Аудио, Громкость, нормализация, производство, реализация

## 1 Введение

Настоящий документ детально описывает одно из самых фундаментальных изменений в истории звука в вещании: изменение парадигмы установки уровней с нормализации пиков на **нормализацию громкости**. Недостаточно подчеркнуть, что **измерение громкости и нормализация громкости** означают **настоящую революцию в установке уровня звука**. Это изменение жизненно необходимо из-за проблемы, ставшей главным источником раздражения телевизионной и радио аудитории во всем мире – перепада уровней звука во вставках внутри программ, между программами и между каналами.

Парадигма регулировки уровня громкости влияет на все стадии сигнала аудиовещания, от производства до распределения и передачи. Таким образом, конечная цель – гармонизация уровней громкости звука для достижения **одинакового универсального уровня громкости** в интересах слушателей.



Необходимо подчеркнуть, что это **НЕ** означает, что **уровень громкости должен быть постоянно консистентным и однородным внутри программы, наоборот!** Нормализация громкости должна гарантировать, что **средняя громкость всей программы** одинакова между программами; внутри программы уровень громкости, конечно, может меняться в соответствии с художественными и техническими потребностями. С новым уровнем (реальных) пиковых значений и (в большинстве случаев) меньшим средним уровнем громкости потенциальные различия между громкими и тихими частями микса (или «диапазон громкости»; см. §3.3) могут быть фактически больше, чем при нынешней нормализации пиков и практике сведения в вещании.

Основа концепции нормализации громкости – комбинация **Технической рекомендации EBU R 128** ‘Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals’ [1] и **Рекомендации ITU-R BS.1770** ‘Algorithms to measure audio programme loudness and true peak audio level’ [2]. Оба документа подробно объясняются в **Приложениях 1+2** (§11.1, 11.2).

Кроме **R 128**, группа EBU PLOUD опубликовала еще 5 документов:

- **EBU R 128 s1** ‘Loudness parameters for short-form content (adverts, promos etc.)’, Supplement 1 to EBU R 128 [3]
- **EBU Tech Doc 3341** ‘Loudness Metering: ‘EBU Mode’ metering to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R 128’ [4]
- **EBU Tech Doc 3342** ‘Loudness Range: A descriptor to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R 128’ [5]
- **EBU Tech Doc 3343** ‘Guidelines for Production of Programmes in accordance with EBU R 128’ [настоящий документ] и
- **EBU Tech Doc 3344** ‘Guidelines for Distribution and Reproduction in accordance with EBU R 128’ [6]



Технические документы по ‘Loudness Metering’ и параметру ‘Loudness Range’ также играют важную роль в практической реализации нормализации громкости. Они будут объяснены в Приложениях со ссылкой в соответствующих разделах (Приложения 2+3 (§11.3, 11.2.2)).

Документ *'Distribution Guidelines'* замыкает круг, включая все аспекты нормализации громкости для распространения аудио сигналов и учитывая критические каналы связи между производством и конечным получателем, потребителем. Поскольку этот документ очень детальный, он не будет здесь представлен, за исключением дополнительной ссылки.

В начале данного «Руководства по производству программ» представлена **общая концепция и философия нормализации громкости**. Затем в документе будут рассмотрены **стратегии громкости для производства и постпроизводства** (измерение, микширование, метаданные и т.д.) и для рабочих процессов **на базе файлов**, т.е. загрузка, воспроизведение и архивирование (измерение, автоматическая нормализация, метаданные и т.д.)

В отдельных главах будут подробно рассмотрены параметр **Loudness Range (LRA)** и **метаданные**. Обсуждается электроакустическая **установка** аудио сигналов и студийные **уровни прослушивания** и дается **практическая рекомендация по переходу** на производство с нормализацией громкости (реализация и переход). **Жанровые вопросы** относительно рекламных вставок (клипов) и анонсов, а также кинофильмов и музыкальных программ, будут рассмотрены в отдельной главе (§ 9).

Данное руководство задумано как **'живой документ'**, куда со временем войдет опыт вещателей, обеспечивая дополнительную информацию и руководство по фундаментальному изменению метода обработки и балансирования между аудио сигналами.

Обратите внимание, что многие документы стандартов в т.ч. и этот, время от времени подвергаются ревизии. Настоятельно рекомендуется проверять последние версии.

## 2. Общая концепция нормализации громкости

### 2.1 Пик vs. Громкость

Концепция установки уровней звука с *нормализацией пиков* относительно максимально допустимого уровня (PML; например, -9 dBFS) привела к однородным пиковым уровням программ, но весьма различным уровням громкости. Фактическое колебание зависит от степени динамической компрессии сигнала.

В отличие от этого, **нормализация громкости** достигает **одинаковой средней громкости программ** с изменением пиков в зависимости от контента, а также художественных и технических требований (см. Рис. 1). **Слушатель может наслаждаться однородным средним уровнем громкости во всех программах, не пользуясь больше пультом для частой регулировки громкости.**

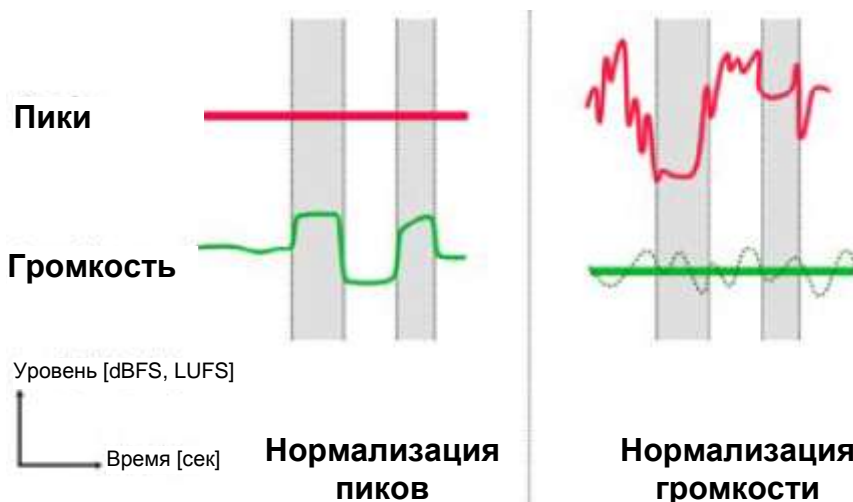


Рис. 1: Нормализация пикового уровня vs. нормализация уровня громкости в серии программ

Это опять-таки **НЕ** означает, что *внутри* программы уровень громкости должен быть постоянным, наоборот! Это также **НЕ** значит, что все *отдельные компоненты* программы (например, пре-миксы или стем-миксы, версия с музыкой и эффектами или изолированная речевая дорожка) должны быть на одном уровне громкости! **Вариация громкости – художественный инструмент**, а концепция нормализации громкости по R 128 на самом деле **стимулирует более динамическое сведение!** Это **средняя, интегрированная громкость** **целой программы**, которая нормализована.

## 2.2 Нормализация сигнала vs. Метаданные

В сущности, есть *два способа* достижения нормализации громкости для потребителя: первый – сама **нормализация аудио сигнала**, чтобы программы специально были в среднем одинаково громкими, а другой метод – **использование метаданных громкости** (см. §6), описывающих, насколько громка программа. В последнем случае фактические средние уровни громкости программы могут не меняться на нормализованное значение и по-прежнему быть очень разными между программами. При наличии современного оборудования нормализация может производиться у потребителя с помощью индивидуальных значений метаданных громкости для установки диапазона усиления программ на одинаковый уровень воспроизведения.



**Равная громкость может быть получена путем нормализации аудио сигнала или с помощью метаданных громкости.**

В парадигме установки уровней громкости EBU R 128 *первое* решение – **нормализация громкости самой программы** – **рекомендуется** из-за следующих преимуществ:

- простота и
- потенциальное повышение качества аудио сигнала (см. §2.3 «новая концепция сведения»).



**Нормализация громкости аудио сигнала в производстве рекомендуется из-за простоты и потенциального повышения качества.**

## 2.3 Целевой уровень, новая концепция сведения

EBU R 128 определяет новый опорный уровень громкости (так называемый «**Целевой уровень**» как:

**-23.0 LUFS** ( $\pm 0.5$  LU)

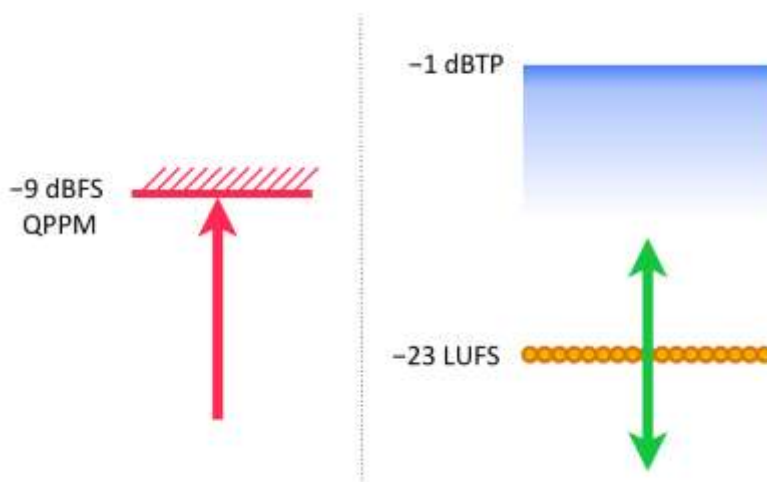


**-23 LUFS – целевой уровень громкости для соответствия с EBU R 128.**

Единая величина имеет большую силу в распространении концепции установки уровня громкости, т.к. ее легко понять и соблюдать. А активная нормализация источника в некотором смысле «наказывает» сверхсжатые сигналы и таким образом автоматически заставляет производственный персонал подумать о других, более динамичных и креативных методах создания впечатления от своей программы. Другими словами, реальное *техническое* изменение уровня аудио сигнала путем **активной нормализации до -23 LUFS** оказывает прямое влияние на *художественный* процесс – причем положительное! Производственная часть избавляется от участия в «войне громкости» – неудачный и широко распространенный результат парадигмы нормализации пиков.

Работа над общим уровнем громкости означает **совершенно новую концепцию** сведения, установки уровней, всей работы со звуком. Если ограничитель пиков установлен на максимально допустимый уровень (обычно -9 dBFS, измеренный QPPM), при наличии «*защитного потолка*», где независимо от того, с какой силой ты в него упираешься, он всегда гарантирует «корректный» максимальный уровень, парадигма установки уровня громкости больше напоминает «*полет под открытым небом*» (см. Рис. 2):





**Рис. 2: Квазипиковая нормализация уровня («потолок безопасности») vs. нормализация уровня громкости**

При нормализации и измерении громкости потолок безопасности исчезает. Некоторых это может пугать, т.к. в некотором смысле было «удобно», что не надо так тщательно следить за уровнями – лимитер в конце цепи гарантировал всегда «послушный» выход. Но побочный эффект был в том, что уровни громкости росли, началось злоупотребление парадигмой нормализации пиков и конкуренция в громкости, стимулированная более сложными динамическими процессорами.

**Регулирование уровней громкости**, с другой стороны, стимулирует использование лучшего на данный момент измерительного прибора: **уха**. Это означает более бдительное сведение и способствует качеству звука. Как показал опыт нескольких членов EBU, работа с парадигмой громкости **освобождает** и удовлетворяет. Борьба «кто громче» прекратилась, общие уровни снизились, и в сочетании с повышением максимального уровня реальных пиков (**-1 dBTP** для линейного звука; см. также §11.2.3 в Приложении 2) это ведет к потенциально **более динамичному сведению с большей согласованностью громкости** внутри программы. Динамическая компрессия - художественный инструмент, а не оружие громкости – **качество звука растет!**

Возвращение к **«сведению на слух»** - давно назревшее долгожданное облегчение. Оператору теперь рекомендуется сводить только на слух (еще один эффект измерения громкости) – после установки базовых уровней громкости для «анкерных сигналов» (аудио сигналов на переднем плане, например, диктора, музыкального вступления и т.д.) с помощью постоянной громкости мониторинга (см. §8.2).

**Установка уровня громкости стимулирует сведение «на слух» - после установки базовых уровней и постоянной громкости мониторинга.**

## 2.4 Процессоры громкости

Далее в производстве вещатель сталкивается с необходимостью нормализации различного контента из разных источников. В переходный период будет много программ без нормализации громкости. Необходимо разработать стратегии для этих программ, например, **автоматическую нормализацию** сразу после загрузки в эфирный сервер или установку защитного устройства для регулирования громкости (процессора громкости) на выходе центральной аппаратной для обработки, например, прямых сигналов, не установленных в производстве на целевой уровень **-23 LUFS**. Однако использование процессора громкости – вопрос деликатный. Если процессор более строго работает с более громкими частями программы, то в результате может получиться меньший уровень громкости программы, «денормализуя контент. Следовательно, **система вещания должна сигнализировать процессору громкости, когда воспроизводится совместимый по громкости контент** (предполагается, что микс подходит для вещания). Тогда процессор должен переключиться в режим **Bypass** или в предустановку, где применяется только **безопасное ограничение реальных пиковых значений**. Такая сигнализация может производиться через GPIO или сетевые системы контрольных данных.



**Для совместимого материала процессор громкости должен переключаться в BYPASS.**

Процессор громкости также может использоваться для прямого эфира, в духе «гармонизации источника». С соответствующими установками такой процессор может помочь звукооператору подавлять непредсказуемо громкие части прямой трансляции. Вообще, нужно следить за тем, чтобы не создавать «сосиску громкости» путем чрезмерно агрессивной обработки, разрушая первоначальный замысел повышения контрастности и динамики, повышающего удовольствие от сведения.

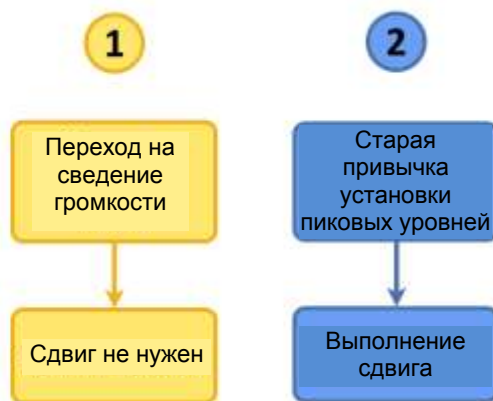
## Не делайте сосиску громкости!



### 3. Стратегии установки уровня громкости

#### 3.1 Базовый подход к сведению

Принцип установки уровня громкости в производстве дает две возможности: первая – мгновенное изменение привычек на **сведение и нормализацию громкости** с последующей необходимостью небольшого сдвига уровней или без него (если вы не приземлились точно на целевой уровень), а вторая – сохранить текущую практику установки (пиковых) уровней с необходимостью последующего сдвига (Рис. 3).



**Рис. 3: Два базовых метода работы для достижения однородной громкости в производстве и постпроизводстве**

**1-е решение установки уровней** (переход на сведение громкости и непосредственное измерение) **рекомендовано** в данном руководстве. После начального периода измерений и испытаний **с помощью измерителя громкости для измерения прошлых программ того же жанра** можно получить представление о том, где находятся уровни и какой разницы уровней можно ожидать. Такая разница уровней должна сопровождаться дополнительным изменением уровня прослушивания (см. § 8.2), чтобы средний акустический уровень во время сведения оставался одинаковым! Преимущества парадигмы установки уровней громкости говорят сами за себя. Большой запас по уровню будет бонусом для шума толпы, например, в спортивных передачах, усиливая впечатление от игры для зрителей и слушателей. Студийные наложения речи, часто динамически сжатые по художественным соображениям (и где, соответственно, соотношение пиков и громкости будет ниже), будут лучше сбалансированы с более динамичными внестудийными записями и т.д. (см. также текст в рамке на стр. 16).

**2-е решение установки уровней** более уместно для первых этапов перехода и в начале может подходить для тех, кто работает в **прямом эфире**. Сохраняются существующие измерители, лимитеры и практика сведения, а сдвиг производится на выходе пульта для получения **целевого уровня** громкости **-23 LUFS**. Измеритель громкости располагается после сдвига уровня, чтобы операторы могли понять точную величину сдвига (которая вначале строится на догадках). Использование **измерителя громкости параллельно** с традиционным измерителем – в любом случае хорошая идея для облегчения перехода. Таким образом можно получить опыт, прежде чем нырнуть в мир установки уровней громкости. Как уже говорилось, **полезно измерять прошлые миксы, чтобы получить представление о разнице средней громкости, которую необходимо компенсировать**. Регулировка уровня (например, если ваш средний уровень громкости обычно -20 LUFS, **повысьте** уровень прослушивания на 3 dB) – лучший трюк для приближения к целевому уровню с сохранением знакомого уровня прослушивания.

При сохранении текущей практики вероятно, что необходимый сдвиг усиления будет *отрицательным* (затухание). Поэтому дополнительный этап снижения динамики сведения и/или ограничения Maximum True Peak Level обычно не нужен. В качестве первого творческого шага к новой парадигме установки уровней можно немного ослабить пороги и коэффициенты компрессоров и лимитеров для изучения новых возможностей динамики.

Для программ, законченных в **постпроизводстве**, необходимый сдвиг уровня при любом подходе легко осуществим. При измерении всей программы (автономно или в реальном времени) можно точно определить необходимый сдвиг усиления, а в сегодняшнем файловом мире расчет усиления – очень быстрая и легкая операция. Следовательно, можно точно получить целевой уровень **-23 LUFS**. Тем не менее, во избежание отклонения программ из-за накопления допусков измерений **допускается общий допуск  $\pm 0.5$  LU от целевого уровня **-23 LUFS****.<sup>1</sup>

Конечно, в **прямом эфире** проблематично достичь целевого уровня (если только не повезет). Поэтому для этих программ допустимо отклонение  **$\pm 1.0$  LU, где нормализация до целевого уровня **-23 LUFS ( $\pm 0.5$  LU) практически недостижима** (кроме прямого эфира, это, например, программы с чрезвычайно коротким циклом обработки). Как показывает опыт нескольких вещателей, перешедших на установку уровней громкости, в прямом сведении вполне возможно попадание в пределы окна  $\pm 1$  LU, разрешенного EBU R 128.**



**Общепринят допуск  $\pm 0.5$  LU от целевого уровня (-23 LUFS). Для прямого эфира допуск  $\pm 1$  LU.**

В случаях, когда уровни отдельных сигналов программы в большой степени *непредсказуемы*, когда программа намеренно состоит только из фоновых элементов (например, музыкальной подложки в прогнозе погоды) или когда по драматургическому замыслу уровень громкости программы определенно ниже желаемого целевого уровня, этот допуск может быть чересчур строгим. Поэтому в таких случаях ожидается, что интегрированный уровень громкости может выходить за пределы допуска, указанного в R 128 (**ниже -23 LUFS**).

Кроме того, для программ, являющихся частью **специальной последовательности** (например, дорожки музыкального альбома или части симфонии), уровни громкости также могут отклоняться от целевого уровня за пределы разрешенного допуска. Для того, чтобы такие программы могли пройти автоматизированный процесс громкости без непреднамеренной нормализации до целевого уровня, можно использовать специальные метаданные. Обработка метаданных для таких случаев с намеренно разными (более низкими) уровнями громкости будет рассмотрена в § 6.1.1 + 9.

Далее будет рассмотрено влияние работы с измерителем громкости в производстве и постпроизводстве.


### 3.2 Измерение громкости для производства и постпроизводства

Измеритель громкости 'EBU Mode' согласно EBU Tech Doc 3341 имеет 3 шкалы времени (см. также Приложение 3 (§11.3)):

- **Мгновенная** громкость (сокращенно "M") – временное окно: **400 мс**
- **Кратковременная** громкость (сокращенно "S") – временное окно: **3 сек**
- **Интегрированная** громкость (сокращенно "I") – от 'start' до 'stop'

<sup>1</sup> Общий допуск  $\pm 0.5$  LU от целевого уровня **-23 LUFS** введен в EBU R 128 revision 2 от июня 2014.

‘**EBU Mode**’ также определяет две шкалы: “**EBU +9 Scale**”, которая должна подходить для большинства программ, и “**EBU +18 Scale**”, которая может использоваться для программ с широким Диапазоном громкости. Обе шкалы могут показывать либо относительный уровень громкости в **LU**, либо абсолютный в **LUFs**. ‘**0 LU**’ в ‘**EBU mode**’ равняется **целевому уровню -23 LUFs**. ‘**EBU Mode**’ не определяет графический интерфейс, поэтому практические решения будут разными.

 **В измерителе громкости “EBU Mode”  
0 LU равняется -23 LUFs.**

### «**На старт, установить (уровни), марш!**»

Опыт после перехода нескольких вещателей на измерение громкости показал, что для установки громкости окно **кратковременной** интеграции особенно полезно с сигналами «**переднего плана**», например, голосом диктора. Это 3-секундное окно прекрасно соединяет большинство пробелов между словами и предложениями, давая стабильное и удобочитаемое показание уровня речи. **Мгновенный** измеритель громкости ведет себя более подвижно и дает больше деталей. Пользователь решает, какой из двух приборов использовать для базовой установки уровня – мгновенный или кратковременный, или даже оба. Вообще, рекомендуется вначале устанавливать уровни **звуков переднего плана** с некоторой **предосторожностью** (т.е. чуть ниже -23 LUFs), т.к. фоновые звуки будут лишь добавляться к уровню громкости программы. Кроме того, психологически легче постепенно добавлять уровень интегрированной громкости во время сведения (по необходимости), чем убавлять. Обычно небольшое повышение в ходе программы драматургически более естественно – а изначально «оборонная» стратегия оставляет оператору место для маневров в случае неожиданных или непредсказуемых сигналов и событий.

После установки уровней отдельных сигналов и постоянного усиления мониторинга (см. §8.2) звукооператор может переключиться на **сведение на слух**. Наблюдение за мгновенным или кратковременным уровнем громкости и взгляд время от времени на значение интегрированного уровня громкости должны подтверждать, что сведение приближается к целевому уровню. С числовым показанием значения ‘I’ с точностью до одного десятичного знака или с графическим дисплеем того же разрешения можно предвидеть **тенденции** и принимать соответствующие контрмеры. Это должно происходить плавно (лишь с очень тщательными регулировками на долю dB/LU, например, главного звука переднего плана или главного микшера), с ожиданием соответствующего результата в показании значения ‘I’, т.к. слишком резкие перемены в большинстве случаев неудовлетворительны с художественной точки зрения и могут приводить к «выдавливанию» целевого уровня.

С **максимальным уровнем реальных пиков** в производстве **-1 dBTP** вероятность феномена «упора в стенку» (что означает, что защитный лимитер работает на -9 dBFS) снизилась. При разумном использовании и четком намерении это «**открытие крышки**» вместе с нормализацией громкости до -23 LUFs дает **более динамичное сведение**, меньше артефактов динамической компрессии типа пульсации и, следовательно, **общее повышение качества звука!** Создатели программ, любившие в прошлом динамичное сведение, теперь избавлены от потенциальных компромиссов, т.к. их программы будут звучать тише, чем более сжатые. С нормализацией громкости этот компромисс пропал. Наконец-то!

*Элементы сведения, наиболее важные для однородного субъективного впечатления громкости – это так называемые звуки «переднего плана» – например, речь, музыка или ключевые звуковые эффекты. Отдельные звуковые элементы широко отличаются по уровню громкости и уровню пиков. Например, звон двух бокалов во время тоста имеет высокий пиковый уровень, но очень низкий уровень громкости. С другой стороны, динамически сжатый хард-роковый гитарный рифф имеет уровень громкости, почти одинаковый с пиковым уровнем! Если выравнивать эти два сигнала по их пикам, гитарный рифф будет гораздо громче звона бокалов. Этот пример иллюстрирует концепцию, он НЕ означает, что эти два сигнала обязательно микшировать с равной громкостью! Уровень отдельных элементов и компонентов (типа пре-миксов или стем-миксов, только музыкального сведения или дорожки наложения речи) в миксе – **художественное решение**, но **измерение громкости** может помочь оператору визуальной реакцией, показывающей то, что он слышит!*

Возвращаясь к измерению, в **конце программы** есть **два сценария**:

- точное достижение целевого уровня (-23.0 LUFs) или
- обход целевого уровня в любом направлении

Понятно, что более вероятен второй сценарий, также для программ с постпроизводством. Если фактический уровень громкости находится в пределах допуска  $\pm 0.5$  LU (или  $\pm 1.0$  LU для прямого эфира), то дальнейших действий не требуется. Если он выходит за эти пределы, это все равно допустимо с точки зрения производства (как говорилось выше). В ситуации постпроизводства простой **расчет усиления** вернет программу на целевой уровень. Для прямых передач не на целевом уровне коррекционные меры могут приниматься далее, в форме **процессоров громкости**, которые постепенно регулируют интегрированный уровень громкости таких программ в ненавязчивой манере и могут служить «*предохранительной сеткой громкости*». Это должно производиться так, чтобы не повредить внутреннюю динамику программы. Процессор может требоваться только для прямого эфира, если рабочий процесс для файловых программ уже полностью соответствует EBU R 128. Если дальнейший процессор динамики и громкости расположен на выходе **центральной аппаратной**, должна быть возможность его (автоматического) **обхода** для программ, соответствующих R 128 и пригодных для вещания (см. также §2.4). Такой обход станет нормальным методом работы, когда больше программ будет на целевом уровне, т.к. конечная рекомендуемая цель – **нормализовать аудио сигнал в источнике**.

В **переходный период** к нормализации громкости вышеупомянутые процессоры громкости могут быть полезны для вещателей в адаптации к системе регулирования уровней громкости и фиксации возможных выбросов. **Вещатель (а также звукооператоры) должны поставить себе цель, чтобы эти процессоры работали как можно меньше**, т.к. интегрированный уровень громкости программ все чаще попадает в пределы допуска. **В конечном счете это приведет к полному исключению процессора громкости!**

### 3.3 Loudness Range (Диапазон громкости)

Параметр **Loudness Range (LRA)** определяет **изменение громкости** в программе. В прошлом это делалось методом «квалифицированных догадок» опытного персонала, чтобы решить, вписывается ли программа в окно допуска громкости для целевой аудитории. При использовании Loudness Range в конце периода измерений (обычно всей программы) одна цифра помогает звукооператору решить, нужна ли дальнейшая динамическая обработка (для программ с очень широкой динамикой сведения может быть полезна другая стратегия нормализации, а также дополнительные параметры – например, средний уровень речи, его расстояние от общего уровня громкости программы или максимальный кратковременный уровень громкости. Подробное описание потенциальных стратегий для такой программы (например, художественных фильмов) см. в § 9.2 + 9.3).

Работа с нормализацией громкости прямо сейчас означает наблюдение и потенциальный контроль Loudness Range, т.к. динамические возможности расширяются. 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 максимальным уровнем реальных пиков -1 dBTP), другие платформы могут требовать меньшее значение LRA и меньший Maximum Permitted True Peak Level (при сохранении Programme Loudness Level -23 LUFS). **Система R 128 ценит этот подход с дальнейшей обработкой для приспособления сигнала к индивидуальным условиям и платформам.**

С параметром Loudness Range (а также, при необходимости, с дополнительными параметрами типа среднего уровня речи, его расстояния от общего уровня громкости программы или максимального кратковременного уровня громкости – см. выше) теперь можно более систематически определять необходимые меры для *потенциальной динамической обработки* программы, чтобы вместить ее в окно допуска аудитории или платформы распространения. Для динамических программ, состоящих в основном из *музыки*, **общая низкоуровневая компрессия** может дать удовлетворительные результаты (см. для примера Рис. 4): низкий порог (< -50 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.

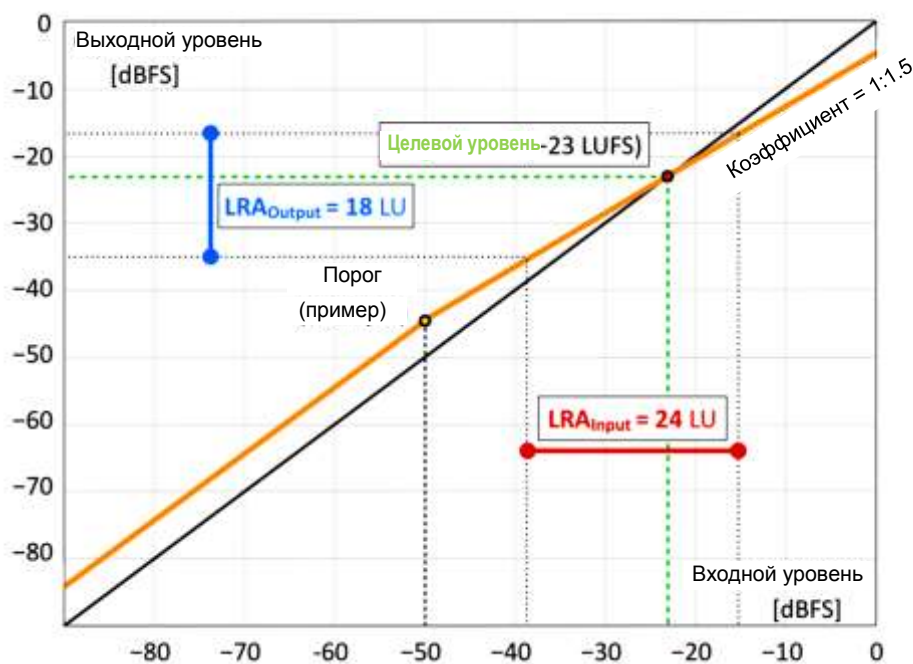


Рис. 4: Пример для обработки Loudness Range (LRA) с компрессором с низким порогом (-50 dBFS) и умеренным коэффициентом сжатия (1:1.5)

Специфический подход для жанра художественных фильмов описан в §9.2.

Важно понимать, что невозможно определить одно максимальное значение LRA для всех вещателей и программ. Кроме того, LRA очень полезен как инструмент сведения и не должен быть препятствием для передачи спецификаций программ. Тем не менее, **рекомендованные индивидуальные максимальные значения** LRA могут дать хорошую динамическую структуру для различных форматов (например, 5.1 vs. 2.0), жанров, платформ распространения, а также разной среды воспроизведения. Средние условия прослушивания, возраст целевой аудитории, «зона комфорта прослушивания» для потребителя и другие параметры влияют на приемлемость значения LRA для определенных программ. **Парадигма контроля диапазона громкости** начинается с общепринятого максимального значения Loudness Range по вышеупомянутым принципам и адаптирует далее это значение в соответствии с техническими нуждами платформ распространения и среды воспроизведения.

В любом случае ни один параметр и соответствующее максимально допустимое значение не могут гарантировать хороший микс! Это касается и Loudness Range. Для оценки качества микса опытные слушатели должны оценивать программу ушами. LRA дает общее руководство относительно базовых динамических параметров микса, он может использоваться для направления динамической обработки в процессоре громкости, и развитие LRA со временем может использоваться для различия сочетаний аудио элементов в ряду, где начало и конец этих элементов неизвестны. Loudness Range используется в более детальном описании программ и/или инициировании специальной обработки.

В результате необходимости разных значений диапазона громкости **EBU R 128** не включает максимально допустимое значение LRA, но вместо этого настоятельно рекомендует **использование** параметра **Loudness Range** для оценки потенциальной необходимости обработки динамического диапазона в соответствии с различными вышеупомянутыми критериями. Для **примера**, некоторые вещатели EBU выбрали максимальное значение LRA 20 LU для программ с объемным звуком, до которого не выполняется ограничения динамики. Для стерео программ некоторые вещатели выбрали значение 15 LU. Другие вещатели могут выбирать другие значения или вообще никаких! Важно заметить, что любое из этих значений может дать лишь общее руководство; **не следует их соблюдать слишком строго!** Должна допускаться определенная **гибкость** или **допуск** вне этих значений (например, +2 LU), т.к. LRA может не давать всей необходимой информации для решения, нужна ли динамическая обработка и в каком виде.

При использовании максимального значения **Loudness Range** этот лимит не должен быть слишком строгим (с допуском до 2 LU)

Loudness Range – также полезный **индикатор** потенциальных *процессов ограничения динамики* в цепи сигнала, выполняемых намеренно или случайно. Если значение LRA программы после прохождения через цепь обработки, например, ниже, чем в начале, значит, произошел такой процесс.

### 3.4 Поднимаясь на реальный пик

Третий параметр, рекомендованный R128, касается **максимального уровня реальных пиков** аудио сигнала. После отказа от парадигмы нормализации пиков, конечно, **все равно остается необходимость измерения и контроля пиковых значений программы**, особенно максимальных пиков, во избежание перегрузки и искажений.

Измеритель громкости, соответствующий **'EBU mode'** (см. *EBU Tech Doc 3341*), также позволяет измерение и отображение уровней реальных пиковых значений программы. Защитные лимитеры во избежание перемодуляции должны будут работать в *true-peak mode* и настраиваться на соответствующий максимальный уровень реальных пиков в производстве, а также на выходе центральной аппаратной, в головном узле распределения и в передающем пункте. После максимального уровня реальных пиков для обычных сигналов PCM в производстве (**-1 dBTP**) в EBU Tech Doc 3344 (*'Distribution Guidelines'*) даны дальнейшие значения для разных приложений и систем распространения.



**Максимальный уровень реальных пиковых значений в производстве (линейный звук) – -1 dBTP.**

### 3.5 Передовые стратегии прямого сведения

#### 3.5.1 Спорт

Спорт – пожалуй, один из самых проблематичных жанров в отношении установки уровней и нормализации громкости. Это обусловлено иногда непредсказуемым характером событий. Несколько голов в последние 15 минут футбольного матча, например, могут значительно повысить интегрированный уровень громкости, давая значение вне допуска, указанного в R 128 ( $-23.0 \text{ LUFS} \pm 1.0 \text{ LU}$ ). В общем, с этим мало что можно сделать, если не подготовиться к сильному воздействию на динамические свойства сигнала (с помощью процессора громкости на выходе микшерного пульта или центральной аппаратной). В любом случае рекомендуется установить уровень громкости речи комментатора(ов) чуть ниже целевого уровня (на  $-24 \text{ LUFS}$ , например), чтобы для неожиданного шума толпы был запас 1 LU (интегрированная громкость!). Если подобной реакции публики не случится, средний уровень громкости будет ниже целевого уровня, но обычно в пределах допуска.

Тот же принцип применяется и в том случае, если плотность комментария в разных программах меняется. В одной передаче, например, могут быть два комментатора, говорящих большую часть времени, а в другой – всего один, который говорит реже и тише. Если во второй передаче шум толпы превысит порог стробирования (но на несколько LU ниже интегрированного уровня громкости), эти места «оттянут» среднюю громкость ниже  $-23 \text{ LUFS}$ , когда комментатор не говорит. В общем смысле R 128 вторую программу нужно сделать громче для вывода на целевой уровень. В результате комментарий второй программы будет восприниматься громче, чем два комментатора в первой. Это вполне ожидаемо. Для того, чтобы уровень комментария в обоих случаях был одинаковым, оператор / вещатель может считать вторую передачу «особым обстоятельством» и установить ее интегрированный уровень громкости ниже  $-23 \text{ LUFS}$ , эффективно произведя нормализацию на базе анкера.

В спортивных передачах с довольно тихой атмосферой (например, гольф) относительное стробирование внутри интегрированного измерения исключит большинство пауз в комментарии во время расчета громкости. Такая программа должна легко «приземлиться» в допуск вокруг  $-23 \text{ LUFS}$ , если уровень комментариев установлен около  $-23 \text{ LUFS}$ .

#### 3.5.2 Шоу

В развлекательных передачах, например, игровых или музыкальных, предсказуемость событий, конечно, выше, чем в спорте, т.к. есть концепция, так сказать, раскадровка. Они похожи на спорт явным анкерным сигналом: ведущий(е). Но и **аудитория** всегда играет важную роль, т.к. передает эмоции и ажиотаж. Поэтому аудитория – не менее важный сигнал, чем ведущий(е)! Следовательно, может быть более выгодно балансировать **аудиторию** около целевого уровня – чтобы ведущий «летал» выше и ниже. Точный выбор передних или анкерных звуков зависит от данной программы. Для музыкальных передач, конечно, самым важным сигналом является музыка, которая будет определять уро-

вень громкости программы. Ведущий, возможно, будет ниже  $-23$  LUFS, но это хорошо, если сигнал все равно попадает в зону комфорта для слушателя (около  $+3/-5$  LU от целевого уровня).

Если ожидается, что микшируемая передача будет слишком живой и громкой, можно применить стратегию временного повышения уровня мониторинга (1-2 dB). Это обычно помогает не отклоняться слишком легко вовремя ажиотажа и не регулировать потом уровень громкости, вышедший за пределы допуска.

## 4 Что измерять в производстве и постпроизводстве

### 4.1 Нормализация независимо от сигнала vs. На базе анкера

**EBU R 128** рекомендует измерение **всей программы**, независимо от отдельных типов сигнала, например, речи, музыки или звуковых эффектов (см. Рис. 5). Это считается самой применимой практикой для подавляющего большинства программ:



Рис. 5: Элементы программы

Для программ с широким диапазоном громкости (приблизительно  $>20$  LU) или с существенной разницей между уровнем громкости программы и уровнем громкости речи (приблизительно  $>3-5$  LU) можно опционально использовать так называемый **анкерный сигнал** для нормализации громкости, таким образом выполняя, так сказать, *метод стробирования по типу сигнала*. Этот сигнал может быть речью или пением или, например, определенной частью музыкальной программы в *меццо-форте*. Такой анкерный сигнал обычно имеет меньший уровень громкости, чем Громкость программы (PL).

**Следовательно, нормализация громкости на базе анкера ведет к большим значениям PL, чем целевой уровень.** В случае применения специальной обработки (как описано в § 9.2) это ожидаемо и соответствует духу R 128.

Однако следует подчеркнуть, что выбор анкерного сигнала – **активный процесс**, требующий работы опытного оператора. Этот подход должен рассматриваться только после того, как операторы и звукоинженеры привыкнут к концепции нормализации громкости. При правильном выполнении она может помочь точно отрегулировать громкость программ с широким диапазоном громкости по выбранному анкерному сигналу.

Существует также автоматическое измерение одного анкерного сигнала в форме *'Dialogue Intelligence'*, патентованного алгоритма Dolby Laboratories, предполагающего, что речь – общий и важный сигнал в вещании. Алгоритм обнаруживает, есть ли речь в программе, и после активации измеряет только громкость в течение речевых интервалов. Для программ с узким диапазоном громкости разница между измерением, ограниченным речью, и измерением всей программы небольшая, обычно  $<1$  LU. Для программ с очень широким диапазоном громкости, например, художественных фильмов, эта разница потенциально увеличивается, иногда превышая 8 LU и более! Автоматическое обнаружение анкерного сигнала призвано помочь идентифицировать, каким должен быть целевой уровень. Как и в любом другом алгоритме для обнаружения сигналов вне завершеного и сложного микса, распознавание речи может быть запутано – либо сигналами, похожими на спектральный образец речи (например, определенными деревянными духовыми инструментами или соло на скрипке), либо речевыми сигналами, далекими от порога распознавания (например, определенными языковыми диалектами). Для программ, где эти анкерные сигналы двигаются вокруг порога распознавания, измерение громкости также может существенно меняться при повторе. Кроме того, уровень речи может значительно меняться в течение программы, иногда до 20 LU! В таких случаях «уровень речи» может быть абсолютно неопределенным [7].

Для **коротких** программ типа рекламных клипов и анонсов (автоматическая) нормализация речи, вероятно, даст неудовлетворительные результаты в свете будущего увеличения динамики сведения и потенциального расширения драматургических концепций. В таких случаях в международных рекомендациях (в т.ч. и в этой) согласовано измерение **«всего»** всеми средствами.



В любом случае вещатели должны знать, что в файловой среде, где для большинства контента будет автоматически измеряться вся программа, независимо от типа сигнала (речь, музыка, звуковые эффекты), может потребоваться другая стратегия для обработки программ на основе анкерной нормализации.

#### Подведем итоги:

Вследствие неопределенностей и того факта, что речь представляет лишь одну часть программы (хотя очень важную и общую), R 128 рекомендует измерять **«все»** – т.е. всю программу, независимо от типа сигнала (например, речь, музыка или звуковые эффекты).

Это поддерживается следующими наблюдениями:

- Разница между измерением «всего» и измерением анкерного сигнала (например, речи, музыки или звуковых эффектов) для большинства программ невелика;
- Разница между измерениями «всего» и «анкера» сильно зависит от контента программы, но может быть больше, если больше Loudness Range;
- Автоматическое распознавание анкерного сигнала может хорошо работать в большинстве программ, но запутываться похожими сигналами или вообще не запускаться, не давая 100% согласованных результатов;
- Идентификация анкерного сигнала требует вклада опытного оператора или алгоритма распознавания; такой алгоритм может иметь потенциальные неточности, перечисленные выше.

Анкерная нормализация все равно может дать лучшие результаты в материале с широким LRA. Однако эта задача требует экспертизы, и при использовании автоматического распознавания такой алгоритм не может быть надежным на 100%. Необходимы специальные меры, когда настроенный по анкеру контент попадает в системы нормализации в файловых серверах.

Для **художественных фильмов** и других программ с похожей динамикой можно использовать **более сложную стратегию**, с измерением дополнительных параметров типа громкости речи, ее отличия от громкости программы, изменения уровня громкости речи или максимальной кратковременной громкости для соответствующего формирования динамической обработки. Это будет подробнее рассмотрено в § 9.2.

## 4.2 Канал низкочастотных эффектов (LFE)

Как отмечено в описании ITU-R BS.1770 (см. Приложение 1 (§11.1)), канал LFE сейчас **исключен** из измерений громкости. Одна из причин – неопределенность потребителей и звукоинженеров, а также различия в реализации оборудования в отношении установки этого канала (внутриполосное усиление +10 dB). Исключение канала LFE из измерения громкости может привести к его неправильному использованию. Необходимы дальнейшие исследования этого вопроса и практический опыт, чтобы решить, можно ли и как включить сигнал LFE. Одно из решений полного устранения всех потенциальных проблем с сигналом LFE – не использовать его вообще (**“5.0” Surround Sound**), если не нужен дополнительный запас по уровню в области низких частот.

## 5. Воспроизведение и архивы на базе файлов

Поскольку вещательный мир переходит на файловые рабочие процессы, здесь также необходимо полностью охватить концепцию реализации громкости. Базовый принцип остается тот же: в производстве нового контента рекомендуется **нормализация громкости и динамический контроль аудио сигнала в источнике**. Тем не менее, поскольку **метаданные** являются неотъемлемой частью архивных систем, описаны и решения, больше опирающиеся на метаданные (§6).

Вещательный файл, содержащий аудио сигналы, может поступать через процесс загрузки, через передачу из внешнего сервера и из файлового архива.

В самом начале жизни файла на предприятии необходимо провести измерения, обеспечивающие значения **Programme Loudness Level**, **Loudness Range** и **Maximum True Peak Level** – трех характерных параметров звука, определенных в EBU R 128 (можно также измерить и сохранить Максимальный уровень кратковременной громкости, особенно для очень короткого контента (<30 сек, см. §9.1)). В зависимости от результатов этих измерений и последующего метода нормализации громкости и соответствия допустимому диапазону громкости могут быть выработаны разные схемы обработки. Теперь рассмотрим подробнее некоторые элементы рабочего процесса.

## 5.1 Стратегии установки уровня громкости – обработка

В начале любой потенциальной обработки измеряются три основных параметра: **Уровень громкости программы (Loudness Level –  $L_K$ )**, **Диапазон громкости (Loudness Range – LRA)** и **Максимальный уровень реальных пиков (Maximum True Peak Level – Max TP)**. Результат этого первичного измерения определяет дальнейшую обработку. Базовая обработка в центре любого процесса контроля качества файла касается уровня громкости программы.

Возможно несколько разных сценариев:

a) **Все три параметра нормальные.**



Это идеальный результат измерения: **Уровень громкости программы -23 LUFS  $\pm 0.5$  LU**, **Диапазон громкости** в пределах, определенных вещателем (в зависимости от жанра и/или платформы распространения), а **Максимальный уровень реальных пиков** равен или ниже максимального значения для намеченной системы распространения.

b) **Уровень громкости программы выше -23 LUFS.**



Это решает простая операция регулировки усиления (понижения уровня):

$$\text{Усиление (dB)} = - (L_K \text{ целевой} - L_K \text{ измеренный})$$

(Пример: измеренный  $L_K$  -19.4 LUFS; целевой уровень -23 LUFS; необходимое усиление будет  $(-23 - (-19.4)) = -3.6$  dB. Max TP, естественно, уменьшается на ту же величину, что и  $L_K$ .) Эта операция может выполняться либо прямо с аудиофайлом (опции  $\odot$  и  $\circ$ ) или во время воспроизведения (опция  $\gg$ ).

c) **Уровень громкости программы ниже -23 LUFS.**



После повышения усиления нужно пересчитать Максимальный уровень реальных пиков (исходный Max TP + сдвиг усиления = результирующий Max TP). Если новый Max TP превышает допустимый предел, необходимо выполнить **ограничение реальных пиков**.

В сценариях **b** и **c** простая **величина усиления**, хранящаяся как метаданные, может использоваться с потенциальным последующим ограничением, если после положительного сдвига усиления превышен Max TP (сценарий c). Эта величина усиления может контролировать уровень воспроизведения файла для получения -23 LUFS.

EBU R 128 также позволяет передавать программы с уровнем **ниже -23 LUFS**. Такая программа должна иметь четкую маркировку во избежание непреднамеренной нормализации (см. § 6.1.1).

d) **Уровень громкости программы ниже -23 LUFS, а Диапазон громкости намного шире внутреннего допуска для жанра или канала распространения.**



Это наиболее вероятно в программах типа художественных фильмов или классической музыки. Оптимальная обработка динамических свойств и потенциально другая стратегия нормализации зависят от контента и могут требовать дальнейших мер. Кроме того, на рынке (на сентябрь 2015) появляются все более сложные автоматические процессы со значением 'target-LRA' или обработка на основе

разницы уровня речи и уровня громкости программы (среди прочих параметров). В любом случае следует выполнять динамическую обработку во избежание «сосиски». Стратегии, определяемые жанром, см. в § 9.

е) **Максимальный уровень реальных пиков превышен.**



Превышение уровня Max TP в системе распространения влечет за собой риск дальнейших **искажений** (в ЦАП, конвертере частоты дискретизации или кодеке с уменьшением скорости потока, например). Для снижения Max TP следует применять ограничение реальных пиковых значений. Существенно ли изменится в результате этого громкость программы, зависит от числа и размера затронутых пиков.

## 5.2 Архивный контент

Для существующих программ (архивного контента) есть **четыре опции** для достижения нормализации громкости:

- фактическое **изменение** уровня громкости **всех аудиофайлов** на «целевой»
- **изменение** уровня громкости только «по заказу»
- ) использование результата измерения уровня громкости для **настройки уровня воспроизведения** без изменения исходного уровня громкости
- Ⓒ **транспортировка** корректных **метаданных** громкости потребителю, где нормализация выполняется соответствующим бытовым оборудованием

Первые три опции дают уровень громкости программы  $-23$  LUFS и поэтому являются **предпочтительными решениями**, т.к. типично ведут к большему запасу по уровню, чем четвертый вариант (см. § 2.2, 2.3). Конечный выбор из этих трех опций зависит от таких факторов как инфраструктура, рабочие процессы, управление медиа фондом, наличие подходящего оборудования, финансовые ресурсы, время и т.д.

## 6. Метаданные

Как сказано в § 2.2, нормализация громкости может достигаться либо через **нормализацию аудио сигнала (рекомендуемый метод)**, либо **с использованием метаданных** для хранения фактического уровня громкости. В последнем случае сдвиг на целевой уровень может производиться либо во время передачи аудио файла в эфирный сервер, в эфирном аудио микшере, путем выбора соответствующей предустановки динамического процессора, либо прямо у потребителя путем регулировки уровня воспроизведения.

Метаданные бывают *активными* (потенциально меняющими аудио сигнал) или *описательными* (содержащими информацию о сигнале, например, формат, авторское право и т.д.). В результате работы в PLOUD и публикации EBU R 128 и сопроводительных документов три основных параметра **Programme Loudness**, **Loudness Range** и **Maximum True Peak Level** должны формировать ядро метаданных громкости в аудио файлах. Эти параметры могут храниться в заголовке (порция Broadcast Extension (BEXT)) формата Broadcast Wave File (BWF) (*подробное описание BWF см. [8], [9] и [10]*). Кроме того, могут сохраняться значения **Maximum Momentary Loudness Level**, а также **Maximum Short-term Loudness Level**, т.к. эти параметры полезны для контроля динамики, особенно очень короткого контента (типично <30 сек; см. также § 9.1). Недавно (в январе 2014 г.) EBU опубликовал открытый стандарт метаданных, **Audio Definition Model** [11] для гарантии совместимости всех систем. 5 вышеупомянутых параметров являются неотъемлемой частью этой модели. Метаданные громкости также предназначены для включения в словарь SMPTE с потенциальными уточнениями типа «профили громкости», адресация, например, различные предустановки обработки для процессоров громкости.

Параметры метаданных в **существующих** системах, представляющие главный интерес для громкости, следующие:

- **громкость программы**
- **контроль динамического диапазона**
- **коэффициенты сведения с уменьшением числа каналов**

Например, в системе метаданных Dolby AC-3 эти параметры называются *dialnorm* (нормализация диалога), *dynrng* (динамический диапазон) и *Centre/Surround Downmix Level*. Параметр *dialnorm* описывает громкость всей программы со всеми ее элементами, такими как речь, музыка или звуковые эффекты (чисто музыкальная программа также имеет значение 'dialnorm'). Это может казаться запутанным; причина в фокусе системы Dolby на нормализации по диалогу анкерного сигнала, уходящей корнями в сведение кинофильмов. Таким образом, если производится нормализация на базе анкера (с речью или диалогом в качестве анкерного сигнала), параметр метаданных *dialnorm* описывает громкость диалога, но только в данном случае.

## 6.1 Метаданные Programme Loudness (Громкость программы)

Следуя акценту на **нормализацию аудио сигнала** в производстве до **-23 LUFS**, соответствующий параметр метаданных должен также быть установлен на показание **-23 LUFS**, при условии, что программа нормализована до целевого уровня. Следовательно, после обширной нормализации исходных аудио сигналов параметр Programme Loudness Metadata будет **статичным**. В любом случае метаданные громкости программы всегда должны показывать фактическую громкость программы.

Исключения, когда может использоваться другое значение, чем -23, следующие:

- Программа не вмещается в окно, обеспечиваемое -23 LUFS и -1 dBTP. Это в основном бывает с очень динамичными художественными фильмами и/или при большой разнице между громкостью речи (VL) и громкостью программы (PL);
- Старые программы из архива могут быть вовремя не отрегулированы в соответствии с системой целевого уровня R 128;
- Внешние прямые передачи могут иметь разные уровни громкости и метаданные.
- Уже есть полнофункциональная система для обеспечения и использования метаданных во всей цепи сигнала. Это подразумевает адекватную транспортировку метаданных громкости в домашнее оборудование потребителя.

Во всех этих обстоятельствах следует всеми средствами устанавливать **корректное** значение метаданных для Programme Loudness, измеренное прибором 'EBU Mode'. В случае первого пункта (художественные фильмы) может применяться специальная обработка (уменьшение разницы между VL и PL, ограничение максимальной кратковременной громкости и т. д.), которая может потом показывать использование нормализации громкости на базе анкера (главным образом с громкостью речи в качестве анкерного сигнала). Следовательно, параметр метаданных для нормализации громкости у потребителя может отражать громкость речи для этих программ.

### 6.1.1 Намеренно пониженная громкость программы, сдвиг громкости

Для программ с намеренно пониженным Уровнем громкости программы (состоящих, например, в основном из фоновых звуков) это должно быть четко указано; необходимо следить, чтобы такие программы случайно не были компенсированы. Это касается и музыкальных программ, например, частей симфонии или коротких звуковых элементов сценографии в радио, которые могут воспроизводиться не на целевом уровне (также выше) в драматургических целях.

Рекомендуемое решение вводит еще один параметр метаданных под названием "**Loudness Offset**" (сдвиг громкости), который может быть положительным или отрицательным (по умолчанию – ноль; рекомендуется использовать 3-значное число со знаком с одной цифрой после десятичной точки). Метаданные для Programme Loudness всегда должны показывать фактическую громкость программы, а Loudness Offset показывает, нужна ли компенсация до целевого уровня (Loudness Offset = 0) или программа должна быть не на целевом уровне. Таким образом, значение параметра Loudness Offset показывает расстояние от целевого уровня. Следовательно, если целевой уровень меняется (например, в ситуации потоковой передачи с ограниченным усилением воспроизведения и запасом по уровню), этот параметр гарантирует, что относительные уровни громкости не меняются.

Некоторые вещатели уже используют "**Low Loudness Flag**" в дополнение к сохранению программ в исходной форме (включая более низкий параметр Programme Loudness Metadata, если он есть). Без нормализации этих программ до -23 LUFS исходный запас по уровню остается нетронутым и предотвращается ненужное ограничение реальных пиков. Это особый случай "Loudness Offset", который обозначается выбором минимально возможного значения данного параметра (-99.9).

Положительные значения "Loudness Offset" должны быть **исключением** и обрабатываться с **особой осторожностью**. Maximum True-peak Level может выйти за пределы допуска после повышения громкости программы. Кроме того, Programme Loudness может быть слишком высоким и нарушать комфорт слушателя.

Вещатель несет ответственность за обеспечение корректной обработки аудио сигналов со средним уровнем громкости, умышленно отличающихся от целевого уровня.

## 6.2 Метаданные контроля динамического диапазона

Точно так же, как нормализация громкости может производиться в исходном аудио сигнале или через метаданные, то же применяется и к обработке динамического диапазона. В среде метаданных информация компрессии динамического диапазона передается в составе потока данных в форме *слов усиления* и последующих *профилей* (см. Приложение 4 – детали профилей Dolby DRC (§ 11.4)). В домашнем кинотеатре потребителя эта информация применяется для уменьшения динамического диапазона сигнала, либо по умолчанию, либо после активации пользователем. Контроль динамического диапазона с помощью метаданных несравним со сложным динамическим процессором, но обеспечивает «лейкопластырь» для ситуаций, когда потребителю нужен значительно меньший диапазон громкости.

Контроль Диапазона громкости путем фактической обработки аудио сигнала в передаче обычно сдвигает проблему вверх цепи. В системе передачи Dolby Digital вещатель может выбрать профиль *gentle* для *RF mode* (во избежание слишком активной защиты от перегрузки), оставив 'None' для *Line mode*. Вещатели, которым нужны другие профили, кроме 'None', для поддержки внутреннего рабочего процесса, должны знать, что эта функция не всегда может быть надежно реализована в оборудовании их слушателей. **Производителям и сетевым компаниям рекомендуется гарантировать, что оборудование сделано в соответствии с EBU Tech Doc 3344 ('Guidelines for Distribution and Reproduction').**

## 6.3 Коэффициенты сведения с уменьшением числа каналов

Эти параметры метаданных применяются только к объемным звуковым сигналам, контролируя усиление (в dB) центрального канала и объемных каналов при сведении в левый передний и правый передний для получения 2-канального стереосигнала. Громкость 2.0-стереосигнала, являющаяся результатом ручного или автоматического сведения с использованием метаданных, зависит от нескольких факторов, которые будут описаны в § 7 вместе с общими выводами по громкости для объемных и стерео программ.

Для *внешних* файлов (или других медиа) нельзя гарантировать, что поставляемые метаданные корректны. Метаданные Programme Loudness, показывающие -27 (заводская установка для *dialnorm* в системе Dolby Digital) или -31 (минимально возможное значение в этой системе), могут потребовать специальных знаний, т.к. есть шансы, что метаданные не увидятся или будут неправильно использованы, и программа будет (гораздо) громче при воспроизведении у потребителя.

Поэтому рекомендуется **отбрасывать метаданные контроля громкости и динамического диапазона** для внешних источников, за исключением полностью проверенного источника. Весь процесс измерения трех основных параметров звука нужно провести заново. Лишь это гарантирует корректную дальнейшую обработку. Для внутренних задач метаданные могут контролироваться лучше.

# 7. Объемный звук vs. стерео – вопросы сведения с уменьшением и увеличением числа каналов

## 7.1 Сведение с уменьшением числа каналов

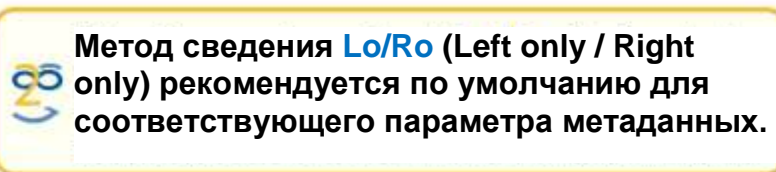
Сведение сигнала 5.1- или 5.0-Surround Sound производится регулярно и двумя способами: **во время производства** как специальный ручной процесс для получения «специального» 2.0-стереосигнала или **во время передачи** в домашнем приемнике потребителя в соответствии с Downmix-Metadata внутри потока битов. Есть два разных метода сведения с уменьшением числа каналов в приемнике: **Lo/Ro** (Left only/Right only), который напрямую комбинирует каналы в соответствии с коэффициентами сведения, и **Lt/Rt** (Left total/Right total), который применяет фазовый сдвиг  $\pm 90^\circ$  к моно-сумме объемных каналов для получения лучшей совместимости с матрично-объемными системами воспроизведения (например, Dolby Surround).

Programme Loudness Level (PL) результирующего 2.0-стереосигнала зависит от:

- Выбранного метода сведения (Lo/Ro или Lt/Rt)
- Самих коэффициентов сведения (+3/+1.5/0/-1.5/-3/-4.5/-6/-)
- Контента программы в центральном и объемных каналах
- Корреляции между каналами и
- Потенциального защитного ограничения во избежание перегрузки

В идеале операция сведения должна быть **независимой от громкости**. Это особенно проблематично для метода сведения Lt/Rt, но в целом для многоканальных миксов с очень активными объемными сигналами. Взвешивание двух объемных сигналов составляет +1.5 dB в алгоритме, определенном в ITU-R BS.1770<sup>2</sup>, но коэффициент сведения по умолчанию для этих сигналов -3 dB! В результате разница громкости для объемных сигналов двух миксов будет 4.5 dB!! Для получения одинакового PL для сведения с уменьшением числа каналов сигнал требует либо последующего измерения громкости и коррекции потенциального статичного усиления, либо сложного процесса в реальном времени, который непрерывно анализирует прогресс PL сведенного сигнала и производит тщательные и незаметные настройки.

Вследствие артефактов матричных систем объемного звука сведение Lt/Rt еще более непредсказуемо в отношении результирующего уровня громкости. Вместе с общими акустическими изменениями это является причиной **рекомендации EBU метода сведения Lo/Ro** как установки по умолчанию для соответствующего параметра метаданных ("Preferred Downmix Method").



Необходима осторожность **во избежание перегрузки** сведенного сигнала. Это можно достичь с помощью предшествующего динамического процессора. Следует избегать статичного масштабирования (общего понижения уровня), т.к. это систематически вводит разницу громкости между 2-канальным стереомиксом и исходным объемным сигналом. Решение может дать динамическое масштабирование.

Коэффициенты сведения, возможные, например, в системе Dolby Digital, включены в два профиля. Сначала, когда был только один профиль, параметры были более приблизительными, -3/- 4.5/-6 dB для центрального и -3/-6/-∞ dB для объемных каналов. Теперь Extended Bitstream Information (Extended BSI) предусматривает более точные промежуточные шаги, перечисленные выше (во втором пункте списка, кроме того, коэффициенты сведения DVB TS 101 154 предлагают то же разрешение, что и Dolby Digital Extended BSI). Вещатели должны знать, что не все воспроизводящее оборудование может передавать заданное сведение с уменьшением числа каналов, если используется Extended BSI, т.к. старые декодеры могут не уметь извлекать эту информацию и будут возвращаться к более грубым коэффициентам 1-го профиля.

В случае недостающих или ненадежных метаданных сведения полезно начать с коэффициентов, описанных в ITU-R BS.775-2 [12]:

L, R передний:	0 dB
C, LS, RS:	-3 dB

## 7.2 Сведение с увеличением числа каналов

Сведение 2.0-стереосигнала в объемный звук 5.1 или 5.0 становится все более популярным из-за повышения качества алгоритмов и заинтересованности вещателей в обеспечении более пространственно-гомогенных условий прослушивания. Однако сведение с увеличением числа каналов ни в коем случае не должно заменять исходный дискретный многоканальный аудиомикс. Применяются те же зависимости громкости, что и при увеличении числа каналов:

<sup>2</sup> **Коэффициент взвешивания +1.5 dB** для объемных сигналов в **измерении громкости** согласно ITU-R BS.1770 не следует путать с фактическим **усилением +3 dB** для объемных сигналов в **сведении для кинотеатров!** В кино громкоговорители для двух объемных каналов установлены на 3 dB ниже по уровню, чем передние каналы (в системе 5.1), чтобы их общий уровень равнялся одному переднему каналу. Причина – совместимость с фильмами Mono-Surround ('Dolby Stereo' с матричным кодированием имеет только моно-объемный сигнал (с ограниченной полосой)), где оба объемных канала получают идентичный сигнал. Поэтому для дискретных многоканальных аудио миксов (5.1 и т.д.) объемные сигналы в финальном миксе на 3 dB «горячее», т.к. звукооператор компенсирует установку объемных каналов, пониженную на 3 dB. При вещании микса для кинотеатра эту разницу в 3 dB нужно компенсировать. Это часто делается при перепрофилировании фильма для вещания. В то время как усиление +3 dB для объемных каналов имеет чисто техническую причину, усиление +1.5 dB для объемных сигналов в измерении громкости имеет психоакустические причины. Люди воспринимают прямые звуки, идущие сзади, громче, чем передние с тем же уровнем звукового давления. Измерительный прибор не имеет мозгов и потому требует этот коэффициент усиления.

- Алгоритм сведения (корреляция каналов, извлечения центра, уровень переднего-заднего и т.д.)
- Контент программы и разброс сигналов по стерео базе и
- Последующее сведение с уменьшением числа каналов и его громкость


На рынке есть алгоритмы сведения с увеличением числа каналов, способные идеально выполнять и сведение с уменьшением числа каналов, выдавая в точности оригинальный 2.0-стереосигналь (если выбран рекомендованный метод Downmix Lo/Ro). В таких случаях PL сведения с уменьшением будет таким же. Однако с PL сведения с увеличением дело обстоит иначе. В инсталляции реального времени алгоритм сведения с увеличением должен непрерывно контролировать прогресс PL в целях независимости от громкости. Для файловых операций можно затем измерить результирующий объемный сигнал и скорректировать усиление, как в случае сведения с уменьшением числа каналов.

## 8. Установка сигналов и уровень прослушивания

### 8.1 Электрический установочный сигнал и уровень


**Установочный сигнал** в вещании состоит из синусоидального сигнала на частоте обычно 1 kHz, который используется для технической установки соединения звуковых программ. В цифровых системах **уровень** такого установочного сигнала на 18 dB ниже максимального уровня кодирования, независимо от общего числа битов (-18 dBFS). Переход на нормализацию громкости **НЕ** меняет этот подход, т.к. электрическая компенсация не означает обязательного соединения с измерителем или изменением громкости.

Следовательно, **электрическая компенсация для обмена звуковых программ может производиться как обычно, с синусоидальным сигналом 1 kHz на уровне -18 dBFS.**

 **Установочный уровень для обмена звуковых программ не требует изменений. Используйте как обычно синусоидальный сигнал 1 kHz, -18 dBFS.**

Это указано в EBU R 68-2000 [13]. В том же документе по-прежнему упоминается “Permitted Maximum Level (PML)” согласно ITU-R BS.645-2 [14]; с изменением на “Maximum Permitted True Peak Level” (-1 dBTP в производстве для обычных сигналов PCM) рекомендованный PML -9 dBFS в ITU-R BS.645 становится устаревшим. Соответствующие разделы EBU R 68-2000 и ITU-R BS.645 (а также документов, ссылающихся на определение “Permitted Maximum Level” в этих рекомендациях) потенциально требуют ревизии.

Установочный уровень **-18 dBFS** (тон 1 kHz) будет читаться как **-18 LUFS** в измерителе громкости с абсолютной шкалой (или +5 LU по относительной шкале для EBU Mode), при условии, что тон 1 kHz присутствует (в фазе) в левом и правом каналах стерео или объемного звукового сигнала. Если тон 1 kHz -18 dBFS используется только в одном переднем канале, измеритель громкости покажет -21 LUFS (или +2 LU по относительной шкале).

 **Синусоидальный стереосигнал 1 kHz, -18 dBFS читается как абсолютное -18 LUFS (относительное +5 LU) в измерителе громкости EBU Mode.**

### 8.2 Акустическая настройка, уровень прослушивания

**Опорный уровень прослушивания** установки громкоговорителей характеризует чувствительность системы воспроизведения и описывает точку смещения (0 dBr) соответствующего контроллера громкости. Он используется для установки опорного усиления для повторяемости настройки уровня между сеансами прослушивания и микширования. Поскольку **опорный уровень прослушивания** также представляет адекватный уровень звукового давления для домашнего воспроизведения аудио сигналов с большим диапазоном громкости, большинство аудио миксов следует как минимум проверять на этом уровне.

Стало очевидно, что инструкции измерений согласно EBU Tech Doc 3276-E-1998 (и Дополнению 1-2004 с многоканальным звуком) [15] **неудобны** в контексте нормализации громкости и требуют ревизии. Поэтому рекомендуется настраивать каждый основной громкоговоритель на **опорный уровень прослушивания** ( $L_{ListRef}$ ) следующим образом. Эта процедура дает уровни воспроизведения,

сопоставимые с EBU Tech Doc 3276 Supplement 1 и применимые к любой системе воспроизведения с конфигурацией каналов от 1.0 до 5.1.

Каждый основной громкоговоритель следует настраивать так, чтобы:

- $L_{LISTref} = 73 \text{ dB}_C \text{ SPL}$ , с использованием опорного сигнала шума 500-2000 Hz,  $-23 \text{ LUFS}$

Для этого нужно использовать монофонический тест-сигнал шума с равной энергией на октаву (розовый шум) и занимающий частотный диапазон от **500 Hz** до **2000 Hz**. Для генерирования этого сигнала следует использовать фильтры со скоростью нарастания, как минимум удовлетворяющей требованиям полосовой фильтрации третьей октавы согласно IEC 61260 [16]. Тест-сигнал следует настраивать на Programme Loudness Level  $-23 \text{ LUFS}$ . В таких условиях усиление громкоговорителей следует поднять до **опорного уровня прослушивания** ( $L_{LISTref}$ )  $73 \text{ dB}_C$  будет достигнут уровень звукового давления для каждого громкоговорителя. Измерения должны проводиться в опорной позиции прослушивания с помощью С-взвешенного измерителя звукового давления с медленной реакцией (RMS, slow), соответствующего IEC 61672 [17].

Расхождение между уровнями любых двух каналов не должно превышать 1 dB SPL. Для любой формы стереофонии особенно важно близкое совпадение передних громкоговорителей. Их следует настраивать так, чтобы разность между любыми двумя из них была менее 0.5 dB SPL.

В системе объемного звука 5.1 **сабвуфер** и **LFE** (канал низкочастотных эффектов) требует отдельной калибровки. Установка сабвуфера – вопрос деликатный и не входит в рамки настоящего документа. В будущей ревизии документа EBU Tech 3276 эта процедура будет включена.

Если сигнал объемного звука содержит сигнал **LFE**, он должен воспроизводиться с **усилением +10 dB** относительно той же ограниченной частотной полосы в основном канале («внутриполосное» усиление). Для тестирования следует выбрать два разных сигнала (один для LFE, другой для основного канала), которые могут исправно воспроизводиться сабвуфером и основным громкоговорителем соответственно. Полоса должна быть минимум в одну октаву, а энергия одинаковой для обоих сигналов. Пример – *розовый шум* от 60 до 120 Hz для LFE и розовый шум от 200 до 400 Hz для основного канала. Затем усиление канала LFE (НЕ усиление сабвуфера! Предполагается, что сабвуфер уже откалиброван.) следует настроить так, чтобы уровень звукового давления соответствующего тест-сигнала был на 10 dB выше соответствующего сигнала в основном громкоговорителе.

#### **Подведем итоги:**

$L_{LISTref} = 73 \text{ dB}_C \text{ SPL}$  в каждом основном громкоговорителе (Использование монофонического шума 500-2000 Hz с равной энергией на октаву при уровне громкости программы  $-23 \text{ LUFS}$ )

Этот опорный уровень прослушивания следует использовать в звуковой аппаратной среднего размера от 125 до 250 м<sup>3</sup>. Тест-сигнал розового шума 500-2000 Hz можно скачать на сайте EBU Technical (<https://tech.ebu.ch/loudness>).

Средний уровень звуковых программ согласно EBU R 128 обычно *ниже* (в среднем примерно на 3 LU для ТВ программ), чем уровень программ, установленный в «старом» мире QPPM. Вышеуказанная процедура гарантирует высокий коэффициент сигнал-шум и приятный уровень мониторинга даже для аудио сигналов с большой динамикой. **Тем не менее, дальнейшее повышение усиления мониторинга для компенсации слишком динамичных аудио сигналов, например, в классической музыке – необходимый шаг для обеспечения знакомых уровней прослушивания.** Потенциальное отклонение от опорного уровня прослушивания зависит от размера помещения, а также от его назначения. Например, в центральной аппаратной уровень прослушивания значительно ниже, чем в производственной студии, где часто нужно проверять низкоуровневые детали сведения. **В любом случае важно согласованно поддерживать уровень прослушивания для создания «внутреннего эталона громкости».**

Ни один удовлетворительный метод для измерения уровней звукового давления, производимый наушниками, рекомендовать нельзя. Этот уровень следует настраивать так, чтобы достигать воспринимаемой громкости, равной опорному звуковому полю, производимому громкоговорителями.

## **9. Вопросы, определяемые жанром**

Концепция **EBU R 128** сосредоточена вокруг нормализации громкости каждой программы до единого целевого уровня ( $-23 \text{ LUFS}$ ). Есть две причины тому, что это не может быть идеальным решением:

- Никакое объективное измерение громкости не может быть идеальным
- Всегда будут индивидуальные предпочтения



Таким образом, идеальное решение *обычно невозможно*, т.к. отличается между людьми. В свете EBU R 128 необходимо понять, что он не предназначен для достижения баланса громкости на основе реального уровня звукового давления определенного аудио сигнала, а обеспечивает удовлетворительное прослушивание для разнообразной смеси жанров для большинства слушателей.

В результате, например, струнный квартет Шуберта имеет такой же интегрированный уровень громкости, что и симфония Малера, а именно -23 LUFS. Хотя это не отражает реальность, но вписывает эти элементы в большой массив смежных программ, а это и есть цель **отстаивания одной единой величины**.


Поскольку этот документ должен служить фондом опыта, можно попытаться доработать эту парадигму, когда нормализация громкости станет общепринятой. Но слушатели согласны, чтобы уровень громкости программ был в так называемой «**зоне комфорта**» около **8 LU** вокруг целевого уровня, в то время как распространение асимметрично (например, +3 LU/-5 LU). В случаях, когда алгоритм объективной громкости не всегда дает идеальный результат, программа может все равно оставаться в зоне комфорта. Вещатели также должны учитывать, что аудитория может регулировать уровень громкости пультом в соответствии со своими пристрастиями.

EBU поощряет **нормализацию до единого целевого уровня** несмотря на потенциальное уточнение для отдельных жанров. Допуск множества (или даже всего нескольких) вариаций может с самого начала поставить под вопрос систему с равной средней громкостью. Естественно, есть опасность, что вариации будут смещаться в более громкую сторону. Установка Programme Loudness Level **намеренно ниже** целевого уровня – другая тема, которая уже затрагивалась в § 6.1.1 и будет рассмотрена далее в § 9.1 и § 9.3.

Тем не менее, есть случаи, когда может пригодиться отклонение от общей схемы и дополнительная специальная обработка. В качестве примера рассмотрим теперь три жанра, где в определенных обстоятельствах может быть определенная трактовка: **реклама и анонсы, художественные фильмы** (кино) и **музыкальные** программы.

## 9.1 Рекламные вставки (клипы) и анонсы

Этот тип программ чаще всего упоминается как **раздражитель слушателей** и потому несет главную ответственность за сегодняшние проблемы громкости. В Великобритании (правила BCAP – Broadcast Committee of Advertising Practice) и США (акт CALM – Commercial Advertisement Loudness Mitigation) для приурочения этого жанра недавно даже был введен закон. Жизненно важно, чтобы система нормализации громкости на базе **EBU R 128** обеспечивала эффективный инструментарий для этой задачи – во избежание злоупотреблений. Для контроля динамики рекламы в мире с нормализацией громкости, где существует опасность внезапных резких расхождений громкости (слишком громкая «расплата» после долгого периода низкоуровневых сигналов чуть выше порога стробирования) параметр Loudness Range (LRA) не подходит, т.к. вычисление основано на значениях кратковременной громкости (интервал 3 сек). Следовательно, для короткого контента (до 2 минут, обычно <30 сек) слишком мало точек отсчета для выведения значимой величины LRA. Параметр Loudness Range не повинен в этом факте, т.к. никогда не предназначался для этой цели.


 **Loudness Range не дает значимых результатов для программ короче 30 секунд.**

Альтернативу можно найти в использовании **Maximum Short-term Loudness Level (Max SL)**. Группа EBU PLOUD опубликовала специальное **дополнение** к R 128 относительно использования Max SL для короткого контента. Этот документ основан на опыте членов PLOUD и необходимости уточнить и гармонизировать принцип для рекламы, анонсов и т.д.

Параметры громкости для короткого контента:

<b>Programme Loudness</b>	<b>-23.0 LUFS ±0.5 LU</b>
<b>Maximum True Peak Level</b>	<b>-1 dBTP</b>
<b>Maximum Short-term Loudness</b>	<b>-18.0 LUFS (+5.0 LU по относительной шкале)</b>
<b>Loudness Range</b>	<b>— (не применяется)</b>

Членам EBU рекомендуется использовать эти параметры и особенно индивидуальный лимит для Max SL для короткого контента.



**Лимит для Maximum Short-term Loudness (Max SL) должен использоваться для контроля контента краткой формы. Рекомендуемое значение: Max SL ≤ +5 LU (= -18 LUFS)**

Для особых программ этого жанра, состоящих только из фоновых или творчески задуманных низкоуровневых звуков, можно использовать уровень громкости **ниже** целевого. Это обусловлено в дополнении. **Программы, предназначенные для воспроизведения ниже целевого уровня, требуют особого внимания для гарантии прохождения автоматических процессов нормализации без повреждений. Они должны быть исключением, а не правилом.** Такие программы нужно четко идентифицировать (например, с “Low Loudness Flag”), во избежание случайной нормализации до целевого уровня. Другое решение – делать только отрицательные коррекции усиления, если программы передаются не на целевом уровне. Таким образом, программы с умышленно пониженной громкостью не будут повреждены. Подробнее см. § 6.1.1.

## 9.2 Художественные фильмы (кино)

Из-за потенциально очень динамичного контента художественные фильмы, пожалуй, представляют **наибольшую проблему** в бесшовной интеграции в программы с балансированной громкостью. Во многих случаях исходный микс для кинотеатра не подходит для типичной домашней среды прослушивания. Обычно разница между уровнем громкости программы и максимальным мгновенным или кратковременным уровнем громкости слишком велика для такого варианта воспроизведения. Кроме того, уровень громкости программы часто значительно отличается от уровня громкости речи, иногда более чем на 10 LU! Такая ситуация встречается в большом диапазоне фильмов, но эти характеристики иногда можно встретить и в телевизионных сериалах. Если подобный контент проходит обычный процесс нормализации громкости программ согласно EBU R 128, это может вести к слишком низкому уровню речи и слишком громким звуковым эффектам. Использование нормализации громкости на базе анкера может улучшить первый уровень (речь), но сделает второй (громкие звуковые эффекты) еще более раздражающим. Проблема становится еще более заметной, когда фильм прерывается рекламными вставками: и фильм, и реклама соответствуют R-128, но разница уровня речи вызывает большие переходные скачки (см. Рис. 6).

Поэтому целесообразна специальная динамическая обработка с учетом уровня громкости программы, уровня громкости речи, максимального кратковременного уровня громкости (и/или максимального мгновенного уровня громкости), а также диапазона громкости.

Важно отметить, что **уровень** одной только речи – не единственная переменная, определяющая воспринимаемый баланс нормализации громкости – не менее актуален такой параметр как **разборчивость речи**. Разборчивость зависит от нескольких факторов, таких как четкость произношения, выбор места записи, микрофонная техника и т.д. Для художественных фильмов разборчивость речи обычно высока благодаря методам производства (Automatic Dialogue Replacement (ADR), если местный звук слишком плох).

Проблема состоит в сложной и интеллектуальной адаптации динамики кинотеатра, полностью сохраняя намерения и рабочий процесс EBU R 128. Эта проблема даже усугубляется, когда адаптация должна происходить автоматически.

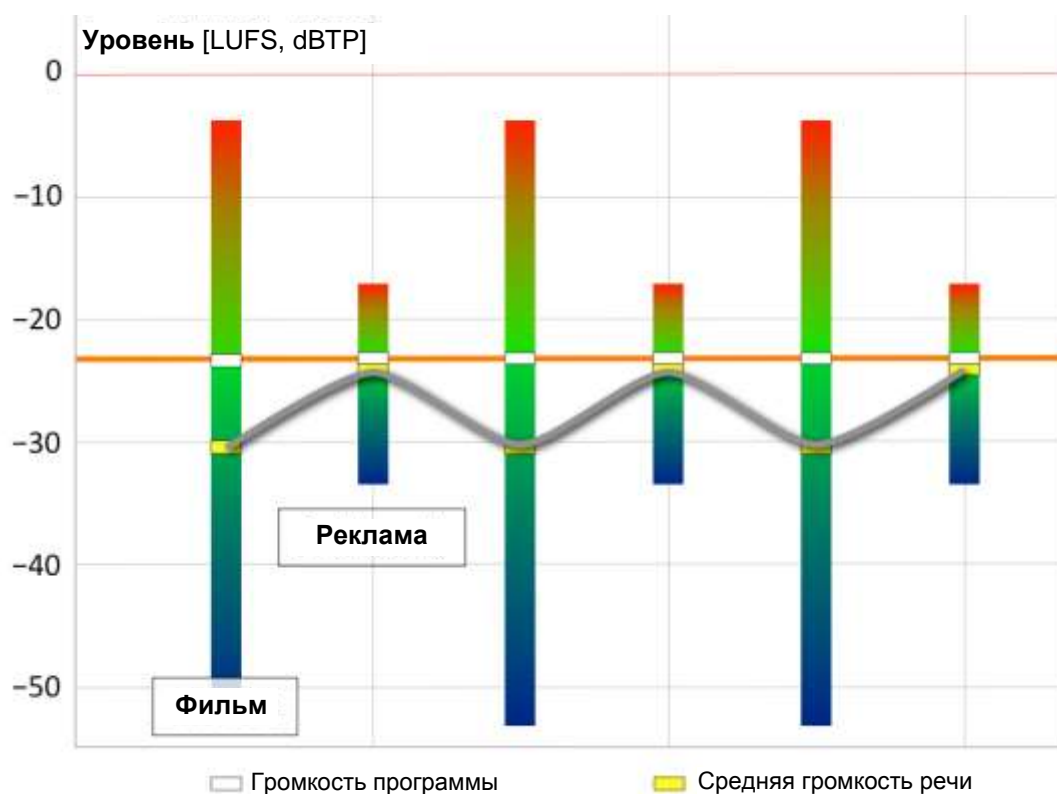


Рис. 6: Скачки в среднем уровне речи между фильмом и рекламой

Задачи контролируемой регулировки динамики можно обобщить следующим образом:

- Максимальное сохранение качества и восприятия исходной звуковой дорожки
- Приближение «среднего уровня» речи к целевому (предполагается высокая разборчивость речи)
- Тщательная адаптация динамических характеристик микса к среде воспроизведения
- Обеспечение автоматизации процесса, где сочетается анализ и стратегия обработки

#### Анализ, расширяющий измерение

После основных параметров согласно EBU R 128 (Programme Loudness Level, Loudness Range и Maximum True Peak Level) можно выполнить следующие измерения:

- Средняя громкость речи (VL)
- Разность между громкостью речи и уровнем громкости программы ( $\Delta VL-PL$ )
- Максимальная мгновенная громкость (Max ML)
- Максимальная кратковременная громкость (Max SL)

Разность между Programme Loudness и Voice Loudness более **4-5 LU** может быть проблематичной. Если, кроме того, расстояние между средней Voice Loudness и Maximum Short-term Loudness (особенно в объемных миксах 5.1) превышает около **12-15 LU**, это может означать театральное сведение, для которого полезна динамическая обработка до прохождения установки громкости по R 128. Значения Loudness-Range выше **20-23 LU** (для миксов 5.1) также указывают на театральное сведение.

#### Обработка

Файловая (автономная) обработка может использовать пошаговый и циклический подход, где измерения адаптивно повторяются. В обработке реального времени обширный анализ типа вышеупомянутого заранее невозможен. Недавно (2015) появились сложные методы для отладки динамической обработки «на лету». Важно отметить, что ни один метод не может быть окончательным решением, все зависит от структуры применения, ее ограничений, индивидуальных предпочтений пользователей / потребителей и – последнего, но не менее важного – контента.

#### Нормализация на базе анкера, Dynamic Range Control (DRC)

Вещатель может переключиться на анкерную нормализацию только для художественных фильмов, если выполняется сложная обработка типа описанной выше. Пожалуй, если громкости речи очень близка или идентична громкости программы, то нет никакой разницы в методе нормализации. В таком случае рекомендуется придерживаться парадигмы громкости программы. Если разница между Voice Loudness и Programme Loudness изначально очень велика (например,  $>10 LU$ ), то обработка, нацеленная на сильное уменьшение  $\Delta VL-PL$ , может вести к неприятным артефактам. Поддержание  $\Delta VL-$

PL порядка 4 LU меньше обременяет алгоритм обработки. Можно выбрать нормализацию в соответствии с уровнем громкости речи, чтобы рекламные вставки (если есть; см. Рис. 6) интегрировались более бесшовно. **В результате уровень громкости программы будет выше целевого уровня –23 LUFS!** Другое решение – нормализовать до Programme Loudness, но обеспечить метаданные громкости, соответствующие Voice Loudness. Это подходит только для данного жанра (и аналогично динамичного контента)!

Нормализация для кинофильмов на базе VL (или метаданные, соответствующие VL) в некоторых случаях ведут к более симметричной обработке в отношении автоматического контроля динамического диапазона в системе Dolby AC-3 у потребителя. Процесс DRC центрируется на значении **dialnorm**. Если значение dialnorm соответствует Voice Loudness в специально обработанных художественных фильмах, динамическая обработка речи будет симметрична для средних предустановок *Film Light* и *Music Light*. Если значение dialnorm соответствует Programme Loudness, то Voice Level может быть в нижнем конце единичного усиления в профиле компрессора. Это может вести к частому включению-выключению динамической обработки речи в случае значительного колебания такого речевого сигнала. Для более строгих профилей DRC *Film Standard* (по умолчанию), *Music Standard* и *Speech* dialnorm в любом случае соответствует нижнему концу единичного усиления. Следовательно, динамическая обработка часто будет ухудшена независимо от того, показывает ли значение dialnorm Voice Loudness или Programme Loudness (см. Приложение 4 – предустановки Dolby DRC (§ 11.4)).

#### **Пример адаптации динамики художественных фильмов для ТВ**

Следующие значения параметров дают пример (не правило!) автоматической адаптации художественных фильмов и аналогичного контента для вещания:

<b>Maximum Difference PL-VL</b>	<b>4-5 LU</b>
<b>Maximum Momentary Loudness</b>	<b>на 11-14 LU выше PL</b>
<b>Maximum Short-term Loudness</b>	<b>на 7-10 LU выше PL</b>
<b>Normalisation Paradigm</b>	<b>На базе анкера (например, Voice Level); PL будет выше –23 LUFS!</b>

В качестве альтернативы Max ML и Max SL можно использовать параметр Loudness Range (LRA) для количественного измерения потенциальной динамической обработки. Поддержание разницы между PL и VL в рамках 3-5 LU все равно приемлемо, как и анкерная нормализация с использованием VL.

#### **Ручное управление**

Вещатель может позволить **опытным звукоинженерам** произвести адаптацию художественных фильмов для ТВ. Это, пожалуй, самый сложный метод, т.к. результат сразу проверяется на слух. Многие, если не все вышеупомянутые параметры могут помогать инженеру в его задаче, чтобы результат годился на домашнего слушателя. Два способа для этого - «ручная» компрессия путем динамической настройки главного микшера, а также настройка центрального канала (в миксе 5.1) для приближения уровня речи к уровню громкости программы.


### **9.3 Музыка**

Опыт страстных слушателей музыки предполагает, что определенные программы, содержащие в основном музыку, либо с широким диапазоном громкости, например, классическая музыка, либо с высокой степенью динамической компрессии как художественного качества, например, рок-концерт, имеют тенденцию к прослушиванию с более высоким уровнем громкости (в среднем до **+2-3 LU**), чем другие жанры. Причиной может быть высокий потенциальный уровень звукового давления в реальности (фортиссимо симфонического оркестра, рок-группа с мощной звукоусилительной аппаратурой) и факт, что для музыки не существует «передних» и «задних» звуков – все находится на переднем плане.

Но, как было сказано выше, потенциальная дифференциация целевого уровня для этих программ может принести больше вреда, открыв назад дверь к возможности стать громче других, вместо улучшения ситуации. По тем же причинам, что и для рекламы и анонсов, нормализация к разному (= более высокому) целевому уровню **не рекомендуется**. Аудитория может по-прежнему пользоваться пультом для регулировки (повышения) уровня громкости на свой вкус. Смежные программы, например, реклама и анонсы, тоже сдвинутся. Ожидается, что это не должно вывести эти программы из зоны комфорта.

**Другая проблема** – музыкальные программы с умышленно **низким уровнем громкости**. Это может быть, например, медленная часть классической симфонии или баллада в музыкальном альбоме. Такая программа – часть более обширной последовательности программ, и во время презентации внутри последовательности должно сохраняться индивидуальное соотношение между «элементарными» программами. Если такая программа воспроизводится вне контекста последовательности, нормализация до целевого уровня производится как обычно.

Эти два сценария требуют дополнительных метаданных для двойного использования. Исходная информация метаданных громкости должна хранить фактический уровень громкости программы, а дополнительные метаданные должны указывать умышленно пониженный / другой уровень воспроизведения ('**Loudness Offset**', '**Low Loudness Flag**') (см. также § 6.1.1). Такая ситуация очень часто бывает в воспроизведении музыки в **мобильных устройствах** типа Personal Music Players («нормализация дорожки» vs. «нормализация альбома») и также будет актуальна для радиопрограмм, состоящих их множества отдельных элементов (которые могут считаться программами или элементами программ). Эти элементы могут специально иметь разные уровни громкости, но все чаще будут воспроизводиться автоматически без участия радиоведущего (а режиме Radio-DJ) или звукооператора.



**Программы, отклоняющиеся от целевого уровня, требуют дополнительных метаданных (**Loudness Offset, Low Loudness Flag**) для разных вариантов нормализации.**

## 10. Стратегия перехода

Ясно, что такое фундаментальное изменение в измерении и обработке аудио сигналов, влияющее на все этапы производства, распространения, архивирования и передачи звука, не делается за одну ночь нажатием кнопки. Каждый вещатель и аудио компания должны найти индивидуальный способ для этого изменения, установить соответствующее оборудование, обучить персонал и выйти на дорожку в нирвану громкости! Тем не менее, можно обозначить несколько постоянных, которые применимы для всех:

- Создайте **внутреннюю группу по громкости** для обсуждения базовых выводов и стратегии убеждения руководства, производителей программ и своих коллег.
- **Начните сейчас** – не ждите, пока все будет на месте и это сделают все остальные и не пытайтесь достичь идеала в самом начале.
- Прежде чем вы сможете что-то сделать, нужно согласовать с руководством эти перемены и все их последствия. Получите **письменное соглашение** или «призыв к действию» от генерального директора.
- Предоставьте **измерители громкости** персоналу основного производства. Дайте им получить первый опыт и узнать все плюсы и свободы парадигмы громкости, чтобы они могли стать авторитетами для своих коллег.
- **Изучайте рынок** измерения громкости и управления громкостью для определения, что лучше всего подходит для вашей среды.
- Определите **ключевые зоны** для начала работы с громкостью. Потенциальные кандидаты: производственные студии, аппаратные постпроизводства, ПТС, ОТК и центральная аппаратная.
- Знайте, что вы столкнетесь с препятствиями («так было всегда», «так никогда не будет», «кто ты такой, чтобы говорить нам, что мы должны так делать»). **Терпение** и демонстрация практических примеров окупятся. Станьте на своем предприятии дзен-мастером нормализации громкости («самообладание – простота – естественность»).
- **Дайте** каждому **время на адаптацию**. Хотя аудитория ждет решения десятилетиями, не создавайте лишних проблем, пытаясь сделать слишком много слишком быстро.
- Решений **рабочих процессов на базе файлов** появляется все больше (на ноябрь 2015). Следите за рынком и требуйте решений от поставщиков.
- Используйте это фундаментальное изменение как возможность для общей **дискуссии о качестве звука** и разработке **«корпоративного звука»**, которая включает, например, разборчивость речи, баланс речи vs. музыки и, конечно, нормализацию громкости программ.
- **Доверяйте своим ушам!** Это лучшие измерители громкости.

## 11. Приложения

### Приложение 1: ITU-R BS.1770

Основой R 128 и, следовательно, Tech Doc 3343, является **ITU-R BS.1770**, результат экстенсивной работы Международного союза электросвязи. Целью этого стандарта было создание открытого согласованного алгоритма для измерения электрической **громкости** и **уровней реальных пиковых значений** аудио сигналов. Это устойчивый стандарт, отличающийся простой реализацией. Вкратце, он определяет кривую фильтра **“К-взвешивания”** (модифицированный фильтр верхних частот второго порядка, см. Рис. 7), которая образует основу для согласования субъективного впечатления с объективным измерением.

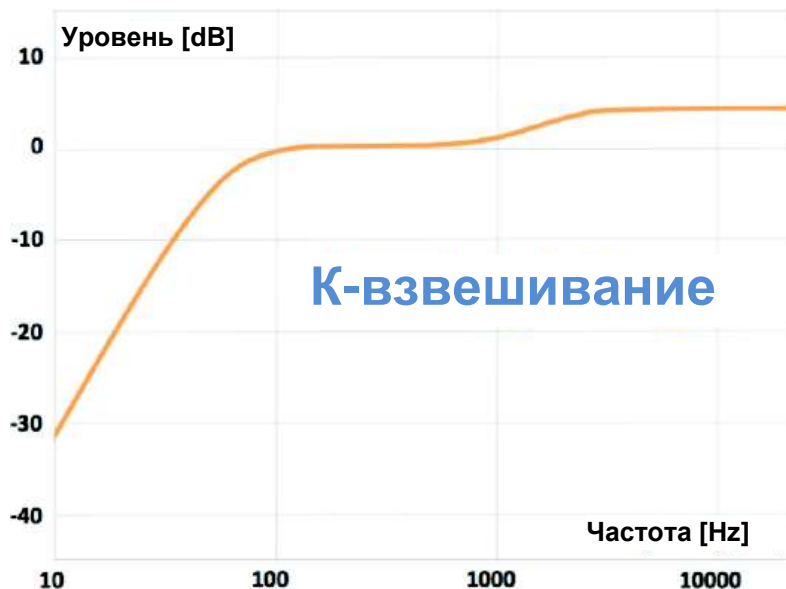


Рис. 7: Кривая фильтра “К-взвешивания” для измерения громкости

Эта кривая взвешивания применяется ко всем каналам, кроме канала низкочастотных эффектов (LFE), который в настоящее время отбрасывается из измерения (см. ниже). Вычисляется общий среднеквадратический уровень (с различными коэффициентами усиления для передних и объемных каналов (см. Рис. 8), и результат отображается как “LKFS” (громкость, К-взвешенная, относительно цифровой полной шкалы), или “LUFS”<sup>3</sup> (единицы громкости, относительно цифровой полной шкалы). Для относительных измерений используются единицы громкости (LU), где 1 LU эквивалентно 1 dB.

#### Канал низкочастотных эффектов (LFE)

Канал низкочастотных эффектов (канал “.1” в “5.1”) многоканального аудио сигнала сейчас не учитывается в измерении громкости согласно ITU-R BS.1770. Это может привести к неправильному использованию LFE с излишне высокими уровнями сигнала. Текущие исследования пытаются оценить субъективное влияние LFE на восприятие громкости, а также метод включения его в объективное измерение громкости.

<sup>3</sup> EBU рекомендует употреблять ‘LUFS’ (согласно EBU Tech Doc 3341). ‘LUFS’ эквивалентно ‘LKFS’ и устраняет несоответствие между ITU-R BS.1770 и ITU-R BS.1771. ‘LUFS’ также сочетается с международным стандартом наименований ISO 80000-8 [18].

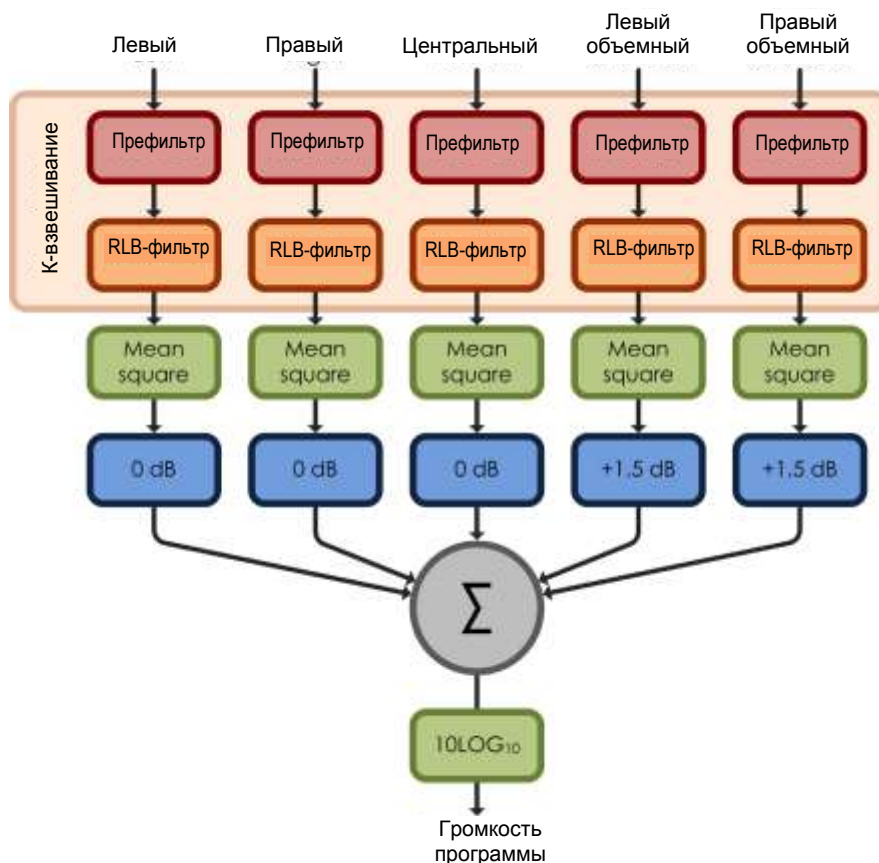


Рис. 8: Обработка и суммирование каналов в ITU-R BS.1770

### 11.1.1 Стробирование

Метод **стробирования**, разработанный группой EBU PLOUD, входит сейчас в **ITU-R BS.1770** (с ревизии 2), **всемирный стандарт алгоритма громкости**. Этот метод был введен для улучшения согласования громкости программ с большой динамикой и/или содержащих длинные периоды тишины или изолированные фрагменты. Стробирование служит для паузы в измерении громкости, когда сигнал падает ниже определенного порога. Без функции стробирования программы с длинными периодами тишины, низкоуровневым фоновым звуком или шумом получают слишком низкое показание интегрированной громкости. Такие программы после нормализации будут слишком громкими. Стробирование применяется только к **измерению интегрированной громкости** ('Programme Loudness' в R 128) и состоит из следующих элементов:

1. Порог стробирования абсолютной «тишины» **-70 LUFS** для вычисления уровня громкости абсолютного стробирования;
2. Порог относительного стробирования, на **10 LU** ниже уровня громкости абсолютного стробирования;
3. Измерительный вход, к которому применяется порог стробирования – это громкость блоков по 400 мс ('Momentary Loudness') с постоянным перехлестом 75% между смежными блоками стробирования.

Если конец измерения интегрированной громкости находится внутри блока стробирования, неполный блок следует отбросить.

*Примечание:* Функция стробирования исключает из измерения блоки звука ниже порога. Для функции стробирования на основе относительного порога требуются вычисления, описанные выше, т.к. порог сам по себе основан на измерении громкости. В **прямом измерителе** интегрированную громкость нужно вычислять заново из предыдущих (сохраненных) уровней громкости блоков с момента начала измерений, путем пересчета порога, а затем его применения к сохраненным значениям, при каждом обновлении показания прибора.

На Рис. 9 показано, как работает функция относительного стробирования: зеленая линия показывает измерение громкости без стробирования ( $L_k = -26$  LUFS); красная – порог стробирования (в данном случае  $-36$  LUFS), который находится на 10 LU ниже нестробированного Programme Loudness Level; уровни громкости ниже порога стробирования отбрасываются (только блоки громкости с синей границей) – а затем остальные уровни громкости усредняются, давая стробированный результат ( $-25.2$  LUFS).

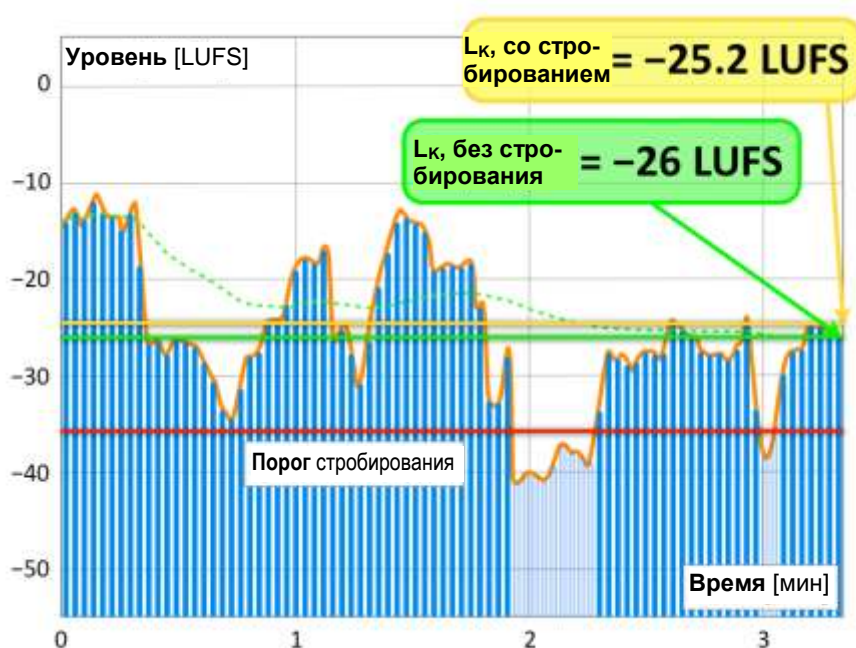


Рис. 9: Объяснение измерения относительного стробирования

## 11.2 Приложение 2: EBU R 128

EBU R 128 определяет предсказуемый и четко определенный метод измерения уровня громкости для новостей, спорта, рекламы, драмы, музыки, анонсов, кино и т.д. во всей вещательной цепи и тем самым помогает профессионалам в создании робастных спецификаций для загрузки, производства, воспроизведения и распределения на множество платформ. R 128 полностью основан на открытых стандартах и нацелен на гармонизацию международного метода производства и измерения.

В то время как ITU-R BS.1770 определяет метод измерений, R 128 дополняет его определением **«целевого уровня»** для нормализации громкости, вводит параметр **‘Loudness Range’** (LRA) и обеспечивает предел для **‘Maximum Permitted True Peak Level’**. Работа EBU была необходима для учета требований производителей программ, с особым вниманием к наличию средств для измерения полных миксов (а не одного компонента, например, речи или музыки) и диапазона громкости программы.

Для повторения EBU R 128 определил три новых параметра:

- **Громкость программы (Programme Loudness )**
- **Диапазон громкости (Loudness Range )**
- **Уровень реальных пиков (True Peak Level )**

### 11.2.1 Programme Loudness (Громкость программы)

Programme Loudness описывает долговременную **интегрированную** громкость за весь хронометраж программы<sup>4</sup>. Параметр состоит из одного числа (в LUFS, с одной цифрой после десятичной точки), которое показывает «насколько громка программа в среднем». Это измеряется прибором, соответствующим ITU-R BS.1770 с добавлением функции **стробирования**.

**Целевой уровень**, по которому нормализуется аудио сигнал:

$$\mathbf{-23.0\ LUFS\ (\pm 0.5\ LU)}$$

<sup>4</sup> Термин **«программа»** также используется для обозначения рекламы, анонса и т.д. Для ясности рекламные вставки и т.п., размещаемые вокруг и внутри хронометража того, что обычно считается «программой», сами по себе считаются программами (отдельные рекламные клипы внутри блока – также отдельные программы); таким образом упрощается их интеграция с более длинными программами. Понятно, что производители любого типа программ могут не знать о том, что будет рядом с ними, поэтому каждый тип следует рассматривать отдельно. В данном документе термин **«программа»** означает программу, законченную в производстве, а не комбинацию программ, вставок и рекламы, которая присутствует в приемнике зрителя или слушателя в течение общего хронометража программы.



Во избежание выбраковки программ вследствие накопления измерительных допусков **разрешается общий допуск  $\pm 0.5$  LU от целевого уровня  $-23$  LUFS**. Отклонение  $\pm 1.0$  LU допустимо для программ, где точная нормализация до целевого уровня  $-23.0$  LUFS практически недостижима (например, прямые передачи или передачи со слишком коротким циклом). Бывают также случаи, когда Programme Loudness Level может намеренно выходить за допустимые пределы (например, если нет звуков переднего плана или программа является частью специальной последовательности, например, музыкального альбома). Программы с умышленно пониженным / другим целевым уровнем требуют особого внимания (подробнее см. § 6.1.1, § 9.1 и § 9.3).

### 11.2.2 Loudness Range (Диапазон громкости)

Другой важной темой стал диапазон громкости, необходимый для вмещения всех программ (при условии, что они не превышают допустимый диапазон громкости для домашнего прослушивания). Параметр **Loudness Range (LRA)** определяет (в LU) вариацию измерения громкости программы. Он основан на статистическом распределении кратковременных (3 сек) уровней громкости внутри программы, таким образом исключая крайности (нижние 10% и верхние 5% распределения после применения относительного стробирования  $-20$  LU; абсолютное стробирование  $-70$  LUFS применяется перед относительным). Поэтому, например, одиночный выстрел не может сместить результат вычисления LRA. Рекомендация EBU R 128 не определяет максимально допустимый LRA, т.к. он зависит от таких факторов как окно допуска среднего слушателя станции, распределения жанров станции и т.д. R 128, однако, **рекомендует использовать LRA** для определения необходимости динамической обработки аудио сигнала и согласования сигнала с требованиями данного вещательного канала или платформы. Подробности о LRA можно найти в EBU Tech Doc 3342.

На Рис. 10 показано распределение громкости и LRA фильма «Матрица»; 25 LU, возможно, проблематично для большинства гостиных...

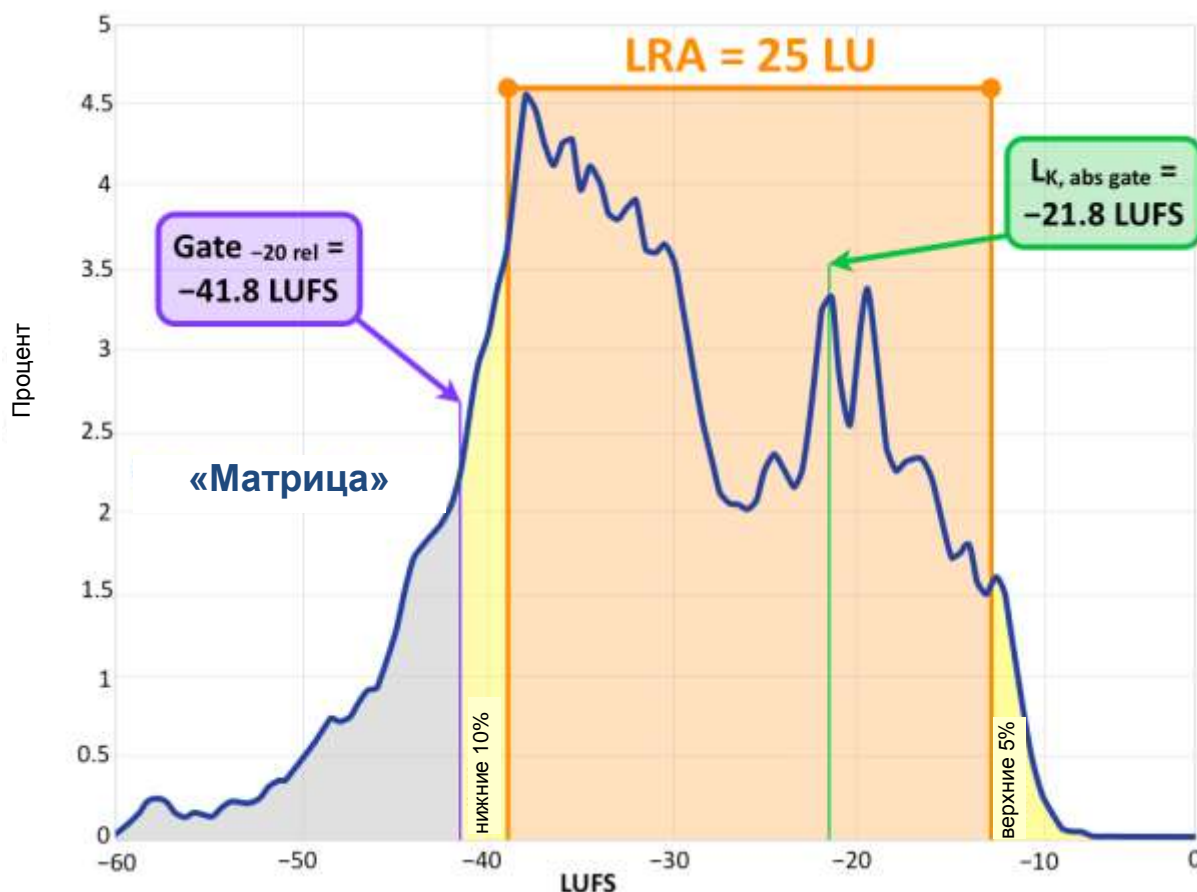


Рис. 10: Loudness Range (LRA) в результате статистического распределения уровней громкости

Для коротких программ (типично  $< 30$  сек) типа рекламных клипов или анонсов имеется слишком мало точек данных для получения значимого результата LRA, т.к. вычисление основано на кратковременных уровнях громкости (окно 3 сек). Поэтому для такого контента не указывается максимальное или минимальное значение Loudness Range. Установка предела на **максимально** допустимое значе-


ние **кратковременного** уровня громкости<sup>5</sup> дает лучший способ контроля динамических характеристик коротких программ (см. § 9.1).

### 11.2.3 True Peak Level (TPL, уровень реальных пиков), максимально допустимый TPL

В Европе самым распространенным измерительным прибором был (а в некоторых странах и остается) **Quasi Peak Programme Meter (QPPM)**; время интеграции = 10 мс). С переходом на цифровую обработку сигнала появились **измерители пиков выборки**. Если QPPM не может по замыслу показывать короткие пики (<<10 мс), то измеритель пиковых значений выборки не может показывать фактический пиковый уровень, представленный цифровым сигналом.

Цифровая обработка или кодирование с потерями может вызывать **пики между выборками**, превышающие указанный уровень выборки. В вещании важно иметь надежное показание пикового уровня на всех платформах и частотах дискретизации. Этот прибор должен показывать срезаение, особенно если пик находится между выборками, чтобы можно было **предсказывать и избегать искажений**, которые могут возникнуть в последующем ЦАП, преобразователе частоты дискретизации или обычном кодеке. Измеритель пиков выборки не может этого сделать и потому неэффективен для использования в современном вещании [19].

**Уровень реальных пиков** показывает максимальное (положительное или отрицательное) значение формы сигнала в непрерывном временном интервале; это значение может быть выше максимального значения выборки в области временной дискретизации. С измерителем реальных пиковых значений с передискретизацией, совместимым с ITU-R BS.1770, теперь можно обнаружить эти реальные пики (символ единицы согласно ITU-R BS.1770: **dBTP** – **deciBel** относительно цифровой полной шкалы, измеренный измерителем реальных пиковых значений). Точность зависит от частоты передискретизации.

 **Измерители пиков с передискретизацией дают хорошую оценку реального пика аудио сигнала. Измерители пиковых значений выборки этого не делают.**

Необходимо только оставить запас в 1 dB ниже 0 dBFS для вмещения потенциальных заниженных показаний около 0.5 dB (для измерителя реальных пиков с 4x передискретизацией; базовая частота дискретизации: 48 kHz).

Следовательно, **максимальный уровень реальных пиков** в производстве, рекомендованный в R 128, будет:

**-1 dBTP**

Это применяется к производственной среде для обычных линейных аудио сигналов (линейных PCM, WAV). Обратите внимание, что некоторые части цепи, например, аналоговые ретрансляторы и пользователи обычных кодеков, требуют более низкий уровень реальных пиковых значений. EBU Tech Doc 3344 полностью охватывает эту тему. Для двух общепринятых в Европе систем уплотнения данных (MPEG1 Layer2 и Dolby AC-3) рекомендуется следующий максимальный уровень реальных пиков:

**-2 dBTP**

Это гарантирует, что эти кодеки имеют соответствующий запас для уплотнения данных без дополнительного искажения. Выбранный Maximum True Peak Level зависит от коэффициента сжатия данных.

### Резюме EBU R 128

- Параметры '**Programme Loudness**', '**Loudness Range**' и '**Maximum True Peak Level**' характеризуют аудио сигнал;
- Programme Loudness Level должен быть нормализован до -23.0 LUFS ±0.5 LU;
- Допуск **±1.0 LU** для программ, где точная нормализация практически недостижима (например, прямого эфира);
- Измерение должно проводиться прибором, соответствующим **ITU-R BS.1770** и **EBU Tech Doc 3341**;

<sup>5</sup> **Maximum Short-term Loudness Level (Max SL)** – наивысшее значение (в LUFS) кратковременного уровня громкости аудио сигнала (время интеграции 3 сек).

- Параметр **Loudness Range** можно использовать в решении о необходимости динамической компрессии (в зависимости от жанра, целевой аудитории и платформы передачи);
- **Maximum Permitted True Peak Level** в производстве (линейное аудио, PCM) **-1 dBTP**;
- **Метаданные** громкости должны быть установлены на **-23 LUFS** (для программ, нормализованных до этого уровня, как рекомендовано); метаданные громкости всегда должны показывать **корректное** значение громкости программы, даже если по какой-то причине программа не нормализована до -23 LUFS.

#### 11.2.4 Логотип R 128

EBU ввел официальный логотип для R 128, состоящий из цифр **1, 2 и 8** – образующих счастливую улыбающуюся рожицу:



Логотип может использоваться (с определенными условиями) производителями для индикации соответствия 'EBU Mode'.

#### 11.3 Приложение 3: Измерение громкости с 'EBU Mode'

Измеритель громкости 'EBU Mode' согласно EBU Tech Doc 3341 имеет 3 шкалы времени:

- **Мгновенная** громкость (сокращенно "M") – временное окно: **400 мс**
- **Кратковременная** громкость (сокращенно "S") – временное окно: **3 сек**
- **Интегрированная** громкость (сокращенно "I") – от 'start' до 'stop'

Временные окна **M** и **S**<sup>6</sup> предназначены для оперативной регулировки уровня и сведения аудио сигналов. Если оператору это нужно, он должен в любой момент знать, насколько громкий сигнал, и это главная задача мгновенного и кратковременного измерения.

Вследствие противоречий между ITU-R BS.1770 и ITU-R BS.1771 [20], EBU Tech Doc 3341 предлагает другое соглашение имен, соответствующее ISO 80000-8:

- Символ «уровень громкости, K-взвешенный» должен быть **L<sub>K</sub>**.
- Символ единицы **LUFS** показывает значение L<sub>K</sub> относительно цифровой полной шкалы.
- Символ единицы **LU** показывает L<sub>K</sub> без прямой абсолютной опоры и также описывает разность уровней громкости.

Любые детали графического или пользовательского интерфейса измерителя громкости, соответствующего 'EBU Mode', умышленно не специфицированы; однако определены две шкалы: "**EBU +9 Scale**", которая должна подходить для большинства программ, и "**EBU +18 Scale**", которая может использоваться для программ с широким LRA. Обе шкалы могут показывать либо относительный уровень громкости в **LU**, либо абсолютный в **LUFS**. **0 LU** в 'EBU mode' **равняется целевому уровню -23 LUFS**. Производители измерителей в группе PLOUD согласились реализовать набор параметров 'EBU Mode', чтобы гарантировать согласованность показаний своих приборов.



**В измерителе громкости "EBU Mode" 0 LU равняется -23 LUFS.**

Многие производители уже приняли или принимают 'EBU Mode'. Кстати, в последней ревизии ITU-R BS.1771 стандартизирована мгновенная и кратковременная громкость, а также две шкалы измерений (однако есть разница в вычислении мгновенной громкости). Таким образом, суть 'EBU Mode' – часть международных требований к измерению громкости.

<sup>6</sup> 'M' и 'S' широко используются в стереофонии для обозначения 'Mid' и 'Side'. Для отличия времени интеграции 'Momentary' и 'Short-term' можно использовать версии 'ML<sub>K</sub>' и 'SL<sub>K</sub>' (а также 'IL<sub>K</sub>'). 'L<sub>K</sub>' означает 'Loudness Level, K-weighted' и соответствует международному стандарту наименований ISO 80000-8.

## 11.4 Приложение 4: Предустановки DRC (Dynamic Range Control) для Dolby Digital

В системе Dolby Digital (AC-3) есть 6 предустановок компрессии, заставляющих кодер генерировать разные слова контроля усиления, которые передаются в потоке битов в декодер потребителя: *Film Standard*, *Film Light*, *Music Standard*, *Music Light*, *Speech* и *None*. Эти предустановки дают больше или меньше компрессии вокруг значения *dialnorm* – еще одна причина корректной установки этого параметра метаданных (см. Рис. 11 – кривые компрессии вокруг  $-23$  LUFS).

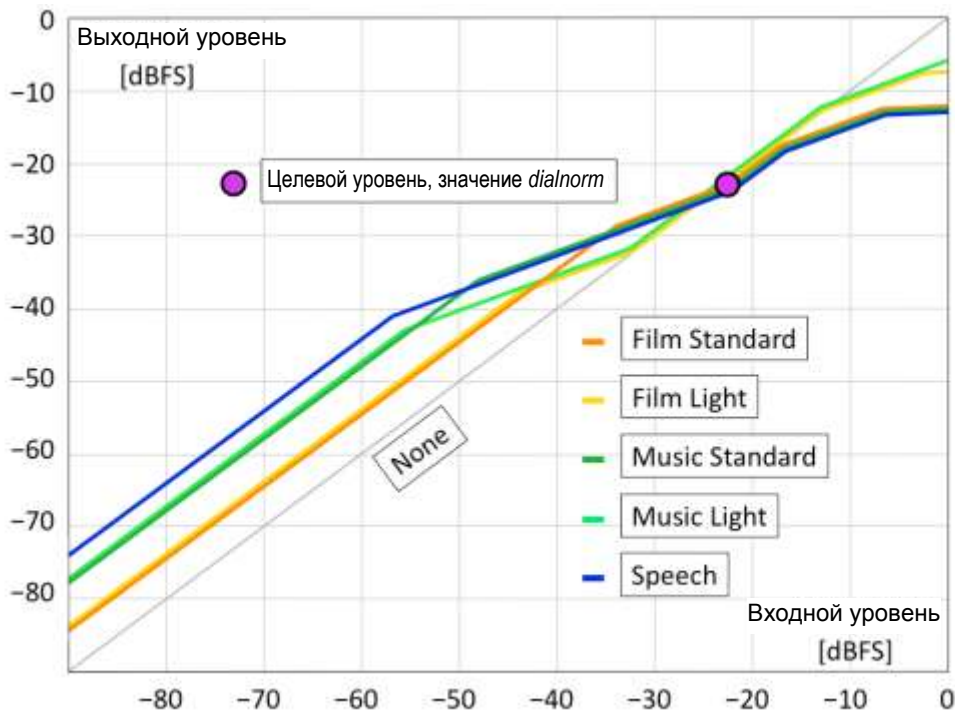


Рис. 11: Кривые компрессии динамического диапазона системы Dolby AC-3

В Dolby Digital есть два профиля компрессии: *'Line mode'* и *'RF mode'*. Для каждого можно выбрать отдельную предустановку компрессии. Подробнее см. EBU Tech 3344.

В системе R 128 и ее концепции нормализации аудио сигнала до  $-23$  LUFS (ведущей к статичным метаданными громкости, равным постоянному значению *dialnorm*), а также при использовании параметра Loudness Range для определения любой потенциальной обработки можно использовать предустановку **'None'**. Это может применяться, в частности, в *'Line mode'* и по умолчанию в *'RF mode'*.

## 12. Ссылки

- [1] [EBU Technical Recommendation R 128](#) 'Loudness Normalisation and Permitted Maximum Level of audio signals' (2014)
- [2] ITU-R BS.1770 'Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level' (2015)
- [3] [EBU Technical Recommendation R 128 s1](#) 'Loudness Parameters for Short-form Content (adverts, promos etc.)' (2016), Supplement 1 to EBU R 128
- [4] [EBU Tech Doc 3341](#) 'Loudness Metering: 'EBU Mode' Metering to supplement Loudness Normalisation in accordance with EBU R 128' (2016)
- [5] [EBU Tech Doc 3342](#) 'Loudness Range: A Descriptor to supplement Loudness Normalisation in accordance with EBU R 128' (2016)
- [6] [EBU Tech Doc 3344](#) 'Guidelines for Distribution and Reproduction in accordance with EBU R 128' (2011)
- [7] Skovenborg E. & Lund Th., 'Level-normalization of Feature Films using Loudness vs. Speech' in Proceedings of the 135th AES Convention, October 2013
- [8] [EBU Technical Recommendation R 85](#): 'Use of the Broadcast Wave Format for the Exchange of Audio Data Files' (2004)

- [9] [EBU Technical Recommendation R 111](#): 'Multi-channel Use of the BWF Audio File Format (MBWF)' (2007)
- [10] [EBU Tech Doc 3306](#): 'MBWF/RF64: An extended File Format for Audio' (2009)
- [11] [EBU Tech Doc 3364](#): 'Audio Definition Model — Metadata Specification' (2014)
- [12] ITU-R BS.775-2 'Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture' (2006)
- [13] [EBU Technical Recommendation R 68](#): 'Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders' (revision 2000)
- [14] ITU-R BS.645-2 'Test signals and metering to be used on international sound programme connections' (1992)
- [15] [EBU Tech Doc 3276-E](#) (+ [supplement 1](#)) 'Listening conditions for the assessment of sound programme material' (1998, 2004 — supplement 1)
- [16] IEC 61260-1 'Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters — Part 1: Specifications' (2014)
- [17] IEC 61672-1 'Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications' (2013)
- [18] ISO 80000-8: 'Quantities and Units — Part 8: Acoustics'
- [19] Lund, Th. 'Stop counting samples', AES paper N° 6972, 121st AES Convention, October 2006
- [20] ITU-R BS.1771 'Requirements for loudness and true-peak indicating meters' (2012)