



Наглядное руководство

LUFScale для macOS - версия 2.2.3

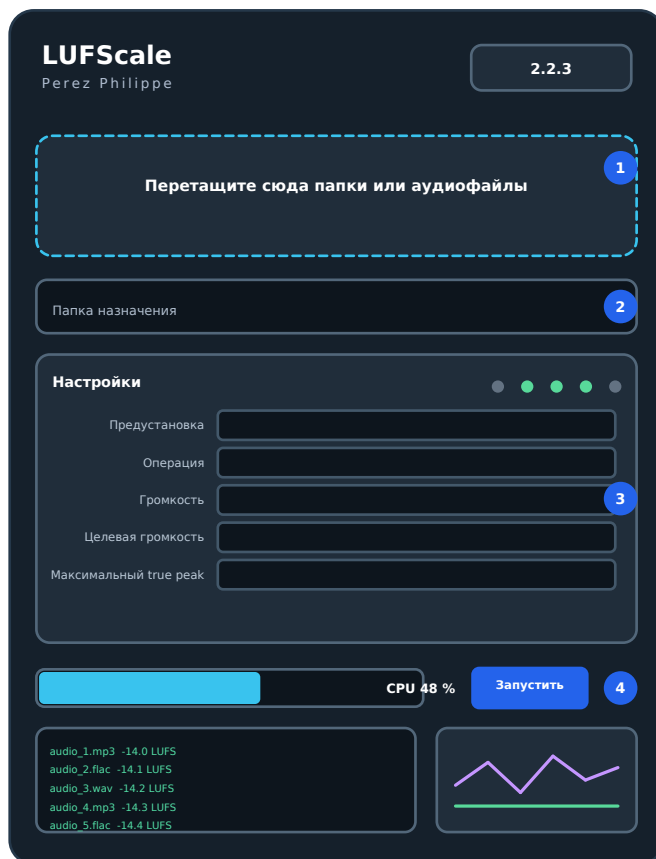
Быстрый запуск

Для чего нужен LUFScale?

LUFScale измеряет громкость файлов и в режиме нормализации физически корректирует воспринимаемый уровень до цели LUFS, контролируя истинный пик. Каждый источник анализируется целиком, после чего выход повторно измеряется и проверяется. Результат не зависит от тегов или совместимого проигрывателя: уровни файлов становятся согласованные, отклонения отмечаются, а оригиналы остаются неизменными.

Свободное ПО и распространение

LUFScale - свободное ПО под лицензией GNU GPL-3.0-or-later. Лицензия разрешает использование, изучение, изменение и распространение на её условиях. В комплект входят исходный код, уведомления и сторонние лицензии. Программа предоставляется без гарантий.



Добавить аудиофайлы

Добавьте аудиофайлы или папки.

Папка назначения

Выберите папку назначения.

Настройки

Выберите профиль и операцию.

Запустить

Запустите обработку и следите за ходом.

Основные возможности

- Нормализация, ReplayGain или анализ MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG и Opus.
 - Каждый файл измеряется и обрабатывается отдельно до выбранной цели.
 - Структура, метаданные и обложки сохраняются; оригиналы не изменяются.
 - Параллельная обработка, кэш, продолжение, контроль качества, CSV, прогресс, CPU и история LUFS.
 - Интерфейс и PDF на 12 языках.
- Доступны две сборки macOS: Apple Silicon (arm64) и Intel (x86_64). Выберите сборку для процессора вашего Mac.
- Приложение macOS уже содержит Python, PySide6/Qt, FFmpeg, кодеки, руководства и лицензии: пользователю не нужно устанавливать дополнительные средства.

Настройки - Аудио / Параметры

Основные возможности

Применимость к форматам

LUFScale поддерживает MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG и Opus. Измерение громкости, цель LUFS, предел True Peak при нормализации, настройки обработки и контроль качества относятся ко всем поддерживаемым форматам, а не только к MP3. Кодек и отдельные коррекции зависят от выходного формата. Примеры MP3 показывают частный случай, не ограничивая общие функции.

Предустановка

Одновременно задаёт согласованные целевую громкость, максимальный true peak и качество MP3. Любое ручное изменение выбирает режим «Пользовательский».

Обработка по файлам

Для каждого файла отдельно рассчитываются измерение и усиление к цели LUFS с учётом True Peak.

ITU-R BS.1770

LUFScale автоматически использует полный исторический замер - единственный метод, проверенный на эталонном наборе.

Операция

Нормализация физически меняет звук. ReplayGain копирует поток и добавляет теги. Анализ измеряет без создания аудио.

Громкость

Эта настройка служит быстрым выбором целевой громкости; она не меняет громкость воспроизведения на Мас.

- Тихо: -18 LUFS - более спокойный уровень, больший динамический запас и меньшая вероятность работы лимитера.
- Нормально: -16 LUFS - сбалансированный компромисс и удобная отправная точка для личной библиотеки.
- Громко: -14 LUFS - более выразительное звучание, близкое к цели Spotify «Нормально», но чаще требующее ограничения.
- Пользовательский - позволяет напрямую ввести другую цель LUFS.

Это практические варианты, а не универсальный стандарт.

Целевая громкость

Целевая громкость - это требуемая интегральная громкость всего трека в LUFS. Менее отрицательное значение даёт более громкий файл: -14 LUFS громче, чем -16 LUFS. Разница 2 LU примерно соответствует разнице уровня 2 дБ до возможного ограничения пиков.

Ориентиры: -18 LUFS для более спокойного и динамичного результата; -16 LUFS для общего баланса; -14 LUFS для более громкого результата в стиле стриминга. Платформы могут затем применять собственную нормализацию воспроизведения.

Сама цель не выравнивает внутреннюю динамику трека. Если максимальный true peak не позволяет достичь цели без перегрузки, результат может остаться немного ниже.

Максимальный true peak

Максимальный true peak - это предел, а не уровень, которого нужно достичь. Он ограничивает в dBTP самые высокие пики восстановленной формы сигнала, включая межсэмповые, чтобы снизить риск перегрузки после кодирования или транскодирования.

- -1,0 dBTP - распространённый предел поставки с самым высоким выходным пиком.
- -1,5 dBTP - значение по умолчанию и осторожный компромисс для MP3.
- -2,0 dBTP - дополнительный запас, полезный при повторном кодировании или высокой целевой громкости.
- 0 dBTP - запас отсутствует; для MP3 не рекомендуется.

Более отрицательное значение безопаснее, но может не позволить очень динамичным трекам точно достичь цели LUFS.

Предел True Peak действует для всех форматов при нормализации. Примеры MP3 также поясняют меры предосторожности для M4A/AAC, OGG/Vorbis и Opus. Дополнительный внутренний запас 1 дБ из приложения относится только к динамической обработке выходных MP3.

Настройки - Аудио / Параметры

Основные возможности

Качество аудио

Задаёт компромисс между качеством и размером для сжатых форматов. Чем меньше число, тем выше качество и битрейт. Эта настройка не меняет цель LUFS и максимальный True Peak.

- 0 - максимальное качество, рекомендуется для сохранения деталей.
- 1-2 - очень высокое качество.
- 3-4 - хороший баланс качества и размера.
- 5-9 - меньшие файлы с большими потерями.

FLAC остаётся форматом без потерь при любом значении. WAV и AIFF игнорируют настройку и сохраняют совместимые с источником частоту и разрядность PCM. Для MP3, M4A, OGG и Opus малое значение может потребовать битрейт выше исходного и увеличить файл. Большее значение обычно уменьшает размер, но не гарантирует одинаковое число байтов, поскольку эти кодеки часто используют VBR. Повторное кодирование формата с потерями не восстанавливает уже утраченную информацию.

Параллельные процессы

Определяет, сколько файлов можно обрабатывать одновременно.

- «Авто» начинает максимум с 4 задач. Если измерение CPU доступно, оно проверяется каждую секунду: ниже 70% добавляется одна задача, выше 92% одна задача убирается.
- «Авто» никогда не превышает обнаруженное число логических процессоров и имеет абсолютный предел 16 задач.
- Если измерение CPU недоступно, «Авто» сразу использует обнаруженный предел без динамической регулировки.
- Числовое значение задаёт максимальное число одновременных задач; это не целевая загрузка CPU.

Большее число задач может ускорить крупную партию, но увеличивает нагрузку, нагрев и активность диска. Нажимайте - до появления «Авто».

Перезаписывать существующие файлы

Разрешает заменить MP3, уже существующий в папке назначения. Исходные файлы никогда не перезаписываются.

Возобновить после прерывания

Ранее завершённые с теми же настройками файлы распознаются и не обрабатываются повторно.

Автоматический контроль качества

Контроль качества охватывает все поддерживаемые форматы. M4A, OGG и Opus также проверяются, но не используют циклы коррекции для динамического MP3 или FLAC/WAV/AIFF. В режиме ReplayGain проверяются сохранность сигнала и теги, а не физическая нормализация аудио.

При контроле качества динамический MP3 может быть пересчитан до трёх раз. FLAC/WAV/AIFF допускают до двух исправлений. Каждая попытка измеряется повторно, сохраняется лучший результат.

Без QC соответствие не объявляется и исправляющий повтор не запускается. Нормализованный выход всё равно измеряется для журнала и CSV. Режим анализа не создаёт выход и не выполняет выходной QC.

Создать отчёт CSV

Создаёт только CSV с измерениями, временем и предупреждениями; диагностический JSON не добавляется.

Запускать после перетаскивания или вставки

Автоматически запускает обработку после перетаскивания или вставки, если папка назначения уже выбрана.

Не перекодировать уже соответствующие файлы

Файл в пределах $\pm 0,10$ LU от цели и ниже лимита True Peak копируется без перекодирования.

Что происходит во время обработки

LUFScale автоматически использует полный исторический замер - единственный метод, проверенный на эталонном наборе.



Параллельные процессы

Определяет, сколько файлов можно обрабатывать одновременно.

- «Авто» начинает максимум с 4 задач. Если измерение CPU доступно, оно проверяется каждую секунду: ниже 70% добавляется одна задача, выше 92% одна задача убирается.
- «Авто» никогда не превышает обнаруженное число логических процессоров и имеет абсолютный предел 16 задач.
- Если измерение CPU недоступно, «Авто» сразу использует обнаруженный предел без динамической регулировки.
- Числовое значение задаёт максимальное число одновременных задач; это не целевая загрузка CPU.

Большее число задач может ускорить крупную партию, но увеличивает нагрузку, нагрев и активность диска. Нажимайте - до появления «Авто».

Общая загрузка CPU компьютера Мас, обновляемая каждую секунду во время обработки.

Анализировать

При каждом запуске анализ заново полностью измеряет каждый источник через FFmpeg. График «До» и прогресс обновляются по файлам; выхода и его QC нет.

Возобновить после прерывания

Ранее завершённые с теми же настройками файлы распознаются и не обрабатываются повторно.

Автоматический контроль качества

Контроль качества охватывает все поддерживаемые форматы. M4A, OGG и Opus также проверяются, но не используют циклы коррекции для динамического MP3 или FLAC/WAV/AIFF. В режиме ReplayGain проверяются сохранность сигнала и теги, а не физическая нормализация аудио.

При контроле качества динамический MP3 может быть пересчитан до трёх раз. FLAC/WAV/AIFF допускают до двух исправлений. Каждая попытка измеряется повторно, сохраняется лучший результат.

Без QC соответствие не объявляется и исправляющий повтор не запускается. Нормализованный выход всё равно измеряется для журнала и CSV. Режим анализа не создаёт выход и не выполняет выходной QC.

Изменение громкости

Каждый файл добавляет точку справа. «До» всегда показывает измеренный источник. При нормализации «После» показывает реально повторно измеренный результат. Для ReplayGain второй пунктирный график оценивает воспроизведение: громкость источника плюс записанный Track Gain. Знак ≈ и пометка о совместимом плеере означают, что это не физическое измерение выходного файла. Несовместимый плеер сохраняет исходный уровень; совместимый может изменить результат настройкой предусиления или защитой от клиппинга. Оба графика сохраняют общую фиксированную шкалу ± 6 LU. У режима анализа нет выхода «После».

Только анализ

При анализе график «До», журнал и индикатор выполнения обновляются после каждого файла; «После» остаётся неподвижным.

Что происходит во время обработки

LUFScale автоматически использует полный исторический замер - единственный метод, проверенный на эталонном наборе.

Журнал обработки

Каждая строка относится к файлу или общему этапу обработки.

- Успешная строка начинается с имени файла; УСПЕШНО больше не повторяется.
- СООТВЕТСТВУЕТ, ВОЗОБНОВЛЕНО, ПРОПУЩЕНО, ОТМЕНЕНО и ОШИБКА остаются, когда дают полезную информацию.
- Уровни показывают вход -> повторно измеренный выход, затем возможный результат контроля качества.
- Предупреждения и Ошибки открывают отдельные списки с именем, путём и подробностями. Они доступны во время паузы или после обработки; каждый список можно сохранить.

Цвета: зелёный = успех; оранжевый = предупреждение; красный = незавершённый файл; сине-фиолетовый = возобновление; серый = информация, пропуск или отмена.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ QC - громкость означает, что повторно измеренный выход отличается от ожидаемого более чем на $\pm 0,60$ LU. Более отрицательное значение тише, менее отрицательное - громче. Отклонение - абсолютная разность: -14,69 вместо -14,00 даёт 0,69 LU. Файл всё равно создан; это не ошибка преобразования. Если звучание устраивает, действие не обязательно. Для строгой цели изучите детали и CSV, затем проверьте цель и предел True Peak перед повтором. Одно сообщение не доказывает, вызвано ли отклонение пределом, кодировщиком или пределом коррекции.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ QC - пик означает превышение выбранного предела истинного пика более чем на 0,25 дБ. Файл всё равно создан. При повторяющемся предупреждении задайте более низкую цель LUFS или более осторожный предел, например -2,0 dBTP, и повторите обработку.

Накопленное время суммирует работу всех параллельных задач. Общее время - фактически прошедшая длительность.

В режиме ReplayGain журнал показывает неизменную физическую громкость, усиление, записанное в метаданные, и заданную цель. При включённом контроле качества сообщение «аудио не изменено, теги проверены» означает сравнение громкости и пика с источником и повторное чтение тегов; оно не означает, что файл физически измеряется на целевом уровне.

Общее расчётное время: вычисление...

Общее расчётное время: 12 мин - завершение около 14:30. «12 мин» - расчётная общая длительность, а «14:30» - ожидаемое время окончания. После полуночи перед временем автоматически добавляется число дней, например «2 д. 14:30».

Цветовые обозначения журнала обработки

УСПЕШНО	Обработка завершена без обнаруженных отклонений.
СООТВЕТСТВУЕТ	Аудио скопировано без изменений: источник уже соответствовал цели и пределу пика.
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ	Выходной файл создан, но одно измерение вышло за допустимый предел.
ОТМЕНЕНО	Обработка остановлена пользователем; это не ошибка.
ОШИБКА	Не удалось завершить обработку указанного файла.

Рекомендуемые настройки и ориентиры

Предустановка	Целевая громкость	Максимальный true peak	Качество аудио
Музыкальная библиотека - рекомендуется	-16 LUFS	-1.5 dBTP	0
Более громкий стриминг	-14 LUFS	-1 dBTP	0
Динамичная музыка	-18 LUFS	-2 dBTP	0

Эти наборы являются практическими вариантами приложения, а не универсальными стандартами.

Три полезные проверки

Обработка не запускается

Убедитесь, что выбран хотя бы один совместимый аудиоисточник и другая папка назначения.

FFmpeg не найден

Снова запустите сборщик приложения или установите FFmpeg, затем перезапустите программу.

Предупреждения о пиках

Выберите более отрицательный предел истинного пика или более низкую целевую громкость, затем обработайте файл снова.

Официальные технические источники

Фильтры FFmpeg - loudnorm / ebur128:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-filters.html>

Кодеки FFmpeg - libmp3lame и аудиокодеры:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-codecs.html>

ITU-R BS.1770-5 (11/2023), программная громкость и истинный пик:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1770-5-202311-I/en>

EBU R 128 v5.0 (21/11/2023):
<https://tech.ebu.ch/publications/r128>

Исходная спецификация ReplayGain:
https://wiki.hydrogenaudio.org/index.php?title=Original_ReplayGain_specification

Техническое приложение

Исходные файлы никогда не перемещаются и не изменяются.

Операция

Нормализация обрабатывает каждый файл отдельно и повторно измеряет выход. ReplayGain не меняет сэмплы. Анализ создаёт измерения и при необходимости CSV, но не аудио.

При включённом контроле качества ReplayGain повторно измеряет итоговый файл, чтобы подтвердить неизменность физической громкости и пика, затем проверяет теги Trask. Успех подтверждает сохранность аудио и наличие тегов, а не физическое достижение цели.

Без QC соответствие не объявляется и исправляющий повтор не запускается. Нормализованный выход всё равно измеряется для журнала и CSV. Режим анализа не создаёт выход и не выполняет выходной QC.

ITU-R BS.1770

FFmpeg loudnorm измеряет интегральную громкость L , диапазон LRA, порог и истинный пик TP по ITU-R BS.1770.

Эталонный анализ

LUFScale автоматически использует полный исторический замер - единственный метод, проверенный на эталонном наборе.

Обработка по файлам

Для каждого файла отдельно рассчитываются измерение и усиление к цели LUFs с учётом True Peak.

Только MP3: динамическая обработка

Для MP3, не подходящего для линейного пути, внутренняя цель истинного пика снижается на 1,00 дБ, но не ниже -9 dBTP. Заданная цель остаётся ориентиром пользователя и QC.

Качество аудио

MP3 использует LAME, M4A - AAC FFmpeg, OGG - Vorbis, Opus - libopus. FLAC остаётся без потерь; WAV/AIFF сохраняют совместимый с источником PCM.

Не перекодировать уже соответствующие файлы

Файл в пределах $\pm 0,10$ LU от цели и ниже лимита True Peak копируется без перекодирования.

Автоматический контроль качества

Контроль качества охватывает все поддерживаемые форматы. M4A, OGG и Opus также проверяются, но не используют циклы коррекции для динамического MP3 или FLAC/WAV/AIFF. В режиме ReplayGain проверяются сохранность сигнала и теги, а не физическая нормализация аудио.

При контроле качества динамический MP3 может быть пересчитан до трёх раз. FLAC/WAV/AIFF допускают до двух исправлений. Каждая попытка измеряется повторно, сохраняется лучший результат.

Параллельные процессы

Задачи FFmpeg выполняются параллельно. Накопленное время суммирует работу, а не реальную длительность. Кэш и возобновление проверяют источник, настройки и выход; режим анализа намеренно игнорирует кэш.

Сборка для Mac с Apple Silicon и Mac Intel

Пути указаны от корня распакованного пакета:

Mac с Apple Silicon (arm64) - В macOS 12 или новее запустите:

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

Созданные файлы:

```
dist/LUFScale.app
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip.sha256
```

Mac Intel (x86_64) - На Mac Intel запустите:

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

Если macOS устанавливает инструменты Xcode, не закрывайте Terminal: сборщик продолжит работу автоматически.

Созданные файлы:

```
dist/LUFScale.app
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip.sha256
```

.app (автономное приложение для локального тестирования или использования)
.zip (архив для публикации или передачи с приложением, исходниками, лицензиями и уведомлениями)
.sha256 (отпечаток SHA-256 файла .zip)

Техническое приложение - расчёты и формулы

L = LUFS, TP = dBTP, G = dB

ITU-R BS.1770

$$z_i = (1/T_g) \int x_i^2(t) dt$$
$$L_K = -0.691 + 10 \log_{10}(\sum G_i z_i)$$

Энергии каналов с K-взвешиванием объединяются для расчёта интегральной громкости.

ITU-R BS.1770 - Пороговый отбор

$$T_g = 400 \text{ ms}; \text{overlap} = 75 \%$$
$$\Gamma_a = -70 \text{ LKFS}; \Gamma_r = \Gamma_{\text{loud}} - 10 \text{ LU}$$

Абсолютный и относительный пороги выбирают блоки для интегрального измерения.

Обработка по файлам

$$G_{\text{file}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$

Для каждого файла отдельно рассчитываются измерение и усиление к цели LUFS с учётом True Peak.

Оценка без выхода

$$G_{\text{est}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$TP_{\text{est}} = \min(TP_{\text{input}} + G_{\text{est}}, TP_{\text{limit}})$$

Анализ может оценить результат, но не создаёт аудио и контроль качества выхода.

Не перекодировать уже соответствующие файлы

$$|L_{\text{in}} - T| \leq 0.10 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{in}} \leq TP_{\text{max}}$$

Файл в пределах ± 0.10 LU от цели и ниже лимита True Peak копируется без перекодирования.

Изменение громкости

$$\Delta = L - T$$
$$R_{\text{display}} = [-6, +6] \text{ LU}; \tau_{\text{QC}} = \pm 0.60 \text{ LU}$$

«До» показывает физическую громкость. Для ReplayGain второй график оценивает воспроизведение по записанному усилению.

Автоматический контроль качества

$$|L_{\text{out}} - L_{\text{expected}}| > 0.60 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{out}} > TP_{\text{limit}} + 0.25 \text{ dB}$$

Контроль качества охватывает все поддерживаемые форматы. M4A, OGG и Opus также проверяются, но не используют циклы коррекции для динамического MP3 или FLAC/WAV/AIFF. В режиме ReplayGain проверяются сохранность сигнала и теги, а не физическая нормализация аудио.

При контроле качества динамический MP3 может быть пересчитан до трёх раз. FLAC/WAV/AIFF допускают до двух исправлений. Каждая попытка измеряется повторно, сохраняется лучший результат.

Без QC соответствие не объявляется и исправляющий повтор не запускается. Нормализованный выход всё равно измеряется для журнала и CSV. Режим анализа не создаёт выход и не выполняет выходной QC.

ReplayGain - без перекодирования

$$G_{\text{tag}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$P_{\text{peak}} = 10^{TP/20}$$

ReplayGain вычисляет усиление и пишет REPLAYGAIN_TRACK_GAIN/PEAK. Поток копируется без перекодирования (-c:a copy); теги применяет только совместимый проигрыватель. Физические LUFS и True Peak не меняются.

ReplayGain полезен для обратимого выравнивания громкости при воспроизведении без перекодирования, если библиотека используется в совместимом проигрывателе. Для файла, физически измеряемого на цели в любом проигрывателе, выберите Нормализацию.

Техническое приложение - Автоматический контроль качества

L_t = цель LUFS; TP_{req} = заданный предел; TP_g = запас 0,05 дБ

Применимость к форматам

Измерения и пороги относятся к поддерживаемым форматам. Формулы внутренней цели и коррекции с пометкой «Только MP3» описывают динамический цикл MP3. Пределы отдельно указывают FLAC/WAV/AIFF и не распространяются на M4A, OGG или Opus.

Допуск линейного пути

$$\begin{aligned}G &= L_t - I \\TP_{pred} &= TP_{in} + G \\m_{TP} &= TP_{req} - TP_{pred} \geq 0.05 \\m_{LRA} &= LRA_t - LRA_{in} \geq 0.05\end{aligned}$$

Линейный режим применяется, только если расчётные запасы по истинному пику и LRA не меньше 0,05 каждый.

MP3 - Начальный внутренний истинный пик

$$\begin{aligned}TP_{safe} &= TP_{req} - 1.00 \text{ dB} \\TP_{int,0} &= \max(-9 \text{ dBTP}, TP_{safe})\end{aligned}$$

Для динамического MP3 внутренняя цель начинается на 1,00 дБ ниже заданного предела, но не ниже -9 dBTP.

Строгое соответствие

$$\begin{aligned}|L_{out} - L_t| &\leq 0.50 \text{ LU} \\TP_{out} &\leq TP_{req}\end{aligned}$$

Выход строго соответствует цели при отклонении не более $\pm 0,50$ LU и истинном пике не выше заданного предела.

MP3 - Коррекция пика

$$\begin{aligned}TP_g &= 0.05 \text{ dB} \\e_{TP} &= TP_{out} - (TP_{req} - TP_g) \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} - e_{TP}\end{aligned}$$

Если пик выше предела, следующая внутренняя цель снижается на величину превышения плюс запас 0,05 дБ.

MP3 - Коррекция низкой громкости

$$\begin{aligned}r &= \min[(L_t - 0.45) - L_{out}, \\&\quad (TP_{req} - 0.05) - TP_{out}] \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} + r\end{aligned}$$

При низкой громкости внутренняя цель повышается к $L_t - 0,45$ LU в пределах запаса по пику; шаг менее 0,01 дБ не выполняется.

Лучшая попытка

$$\begin{aligned}p &= \max(0, TP_{out} - TP_{req}) \\e_L &= \max(0, |L_{out} - L_t| - 0.50) \\d_L &= |L_{out} - L_t| \\score &= (p > 0, e_L > 0, p, e_L, d_L)\end{aligned}$$

Среди доступных попыток оценка отдаёт приоритет пределу пика, допуску громкости и абсолютному отклонению от цели. Это относится к коррекциям динамического MP3 и FLAC/WAV/AIFF.

Техническое приложение - Автоматический контроль качества

L_t = цель LUFS; TP_{req} = заданный предел; TP_g = запас 0,05 дБ

Пределы коррекции

$$N_{MP3} \leq 3; N_{lossless} \leq 2$$

Для динамического MP3 допускается до трёх повторов; для FLAC, WAV и AIFF - две коррекции. Цикл может завершиться раньше.

Предупреждение QC и цель повтора

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_{out} - L_t \\ QC_{alert} &\Leftrightarrow |\Delta L| > 0.60 \vee TP_{out} > TP_{req} + 0.25 \\ strict_{OK} &\Leftrightarrow |\Delta L| \leq 0.50 \wedge TP_{out} \leq TP_{req} \\ retry_{MP3} &\Leftrightarrow \neg strict_{OK} \wedge |TP_{int,n+1} - TP_{int,n}| \geq 0.01\end{aligned}$$

QC предупреждает при $\pm 0,60$ LU и $+0,25$ дБ; повтор стремится к строгим пределам с шагом не менее 0,01 дБ.