

УДК 681

## СООТНОШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЪЕКТИВНОГО И СУБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АУДИОСИГНАЛОВ

Бобрикович А.А., Гусев О.К.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Современная акустическая метрология, при всей совершенности и многогранности существующих методов измерений, по-прежнему не может дать абсолютно точную оценку качества звучания. Связано это с отсутствием четкой корреляции между объективными параметрами звукового тракта (измеряемыми инструментально) и субъективным восприятием (на слух) звукового сигнала. Например, объективные характеристики (полоса эффективно воспроизводимых частот, линейность АЧХ, уровень нелинейных искажений) практически всех проигрывателей компакт-дисков весьма высоки, однако на слух разница в звучании устройств разной ценовой категории весьма значительна. Поэтому наиболее достоверной в данном случае является субъективная оценка – результаты объективных измерений должны лишь дополнять результаты прослушиваний[2].

Основным нормативным документом на территории СНГ, определяющим качество звуковых сигналов, остается ГОСТ 11515-91, регламентирующий параметры качества каналов и трактов передачи вещательных программ. При этом методы измерений параметров качества предполагают использование не реального звукового сигнала, а набора стационарных гармонических колебаний звуковых частот.

Основным методом оценки качества передачи по таким каналам остаются субъективно-статистические испытания. Процедура весьма трудоемкая, длительная и дорогая, но при тщательном выполнении, обеспечивающая достаточно точную оценку. По существу, субъективная оценка качества звука является интегральной, поэтому методика оценки восприятия реального вещательного сигнала, близкая к его экспертной оценке слушателем, должна базироваться на анализе интегральных параметров сигнала, определяющих его восприятие[4].

Метод комплексного статистического контроля качества, в основу которого положен анализ статистических интегральных параметров звуковых сигналов, позволяет решить проблему, заключающуюся в невозможности проведения экспрессного и объективного контроля при разработке и производстве аудиоаппаратуры. Исследования с помощью специализированного программного обеспечения (*SpectraLab*) показали наличие четкой корреляции между изменениями статистических распределений объективных характеристик сигнала и экспертной (субъ-

ективной) оценкой этих изменений. В этом и заключается суть метода – это объективный контроль, но уже с привязкой к особенностям восприятия звука человеком[1].

При оценивании внесенных в сигнал изменений следует учитывать отсутствие соответствия между формой исходного и принятого сигнала, не воспринимаемое как искажение. Поэтому в качестве критерия оценки аудиосигнала используется его огибающая.

Методика объективной оценки качества передачи по вещательным каналам устанавливает использование следующих параметров:

- крутизна интервалов нарастания аудиосигнала;
- спад огибающей аудиосигнала.

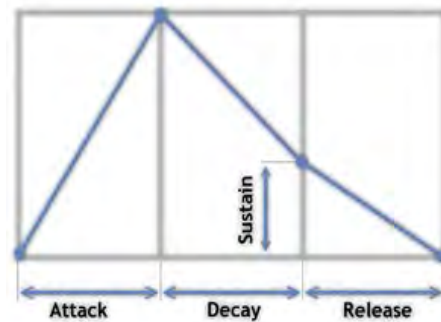


Рисунок 1 – *ADSR* – огибающая аудиосигнала; *Decay, D* – участок спада огибающей

Крутизна интервалов нарастания – это отношение разности максимального и минимального уровней квантования на интервале нарастания (спада) огибающей длительности нарастания (спада) огибающей.

Вышеперечисленные параметры – максимально информативны для оценки любых изменений в сигнале.

Алгоритм нахождения параметров формы аудиосигнала предполагает проведение следующих операций для исходного и обработанного сигналов:

- вычисление огибающей сигнала и её низкочастотная фильтрация;
- сегментация низкочастотной огибающей  $A_i$  на интервалы, соответствующие атакам и спадам сигнала;
- вычисление крутизны, огибающей  $S_a$  на этих интервалах;
- вычисление относительного изменения крутизны огибающей обработанного сигнала по сравнению с исходным сигналом;

– разбиение диапазона значений относительных изменений огибающей на  $N$  интервалов;

– подсчет статистических частот значений относительных изменений крутизны огибающей;

– вычисление интегрального абсолютного отклонения для распределения крутизны огибающей на интервалах нарастания и спада огибающей сигнала.

Крутизна огибающей на выбранных интервалах вычисляется как отношение интервала квантования к интервалу дискретизации:

$$S_a = (A_i + k - A_i) / k.$$

Относительное изменение крутизны огибающей вычисляется как отношение:

$$dS = (S_a - S_{at}) / S_a,$$

где  $S_{at}$  - крутизна сигнала, прошедшего обработку (крутизны соответствуют одному и тому же интервалу).

Влияние параметров формы аудиосигнала на субъективную оценку качества оказываются весьма значительными при проведении контроля качества и связаны с ясностью звучания.

Ясность звучания определяется по разборчивости речи, разделению голосов, детальности, передаче характера звукоизвлечения, передаче интонации. В качестве тестовых сигналов используются звучания симфонического оркестра, рояля, скрипки, медных духовых инструментов, певческих голосов, воспринимаемых с хорошо подготовленного в акустическом отношении пространства.

Исследованиями установлено, что ясность субъективно вызывает ощущение легкости прослушивания, когда все воспринимаемые человеком элементы музыкального сигнала не маскиру-

ются полностью. Это во многом определяется сохранением сигнала реверберации. Реверберация маскирует те звуковые детали, которые слушателем воспринимаются как избыточные, и выделяет наиболее важные элементы звучания[2].

В рамках исследуемого вопроса – контроля качества аудиосигналов, субъективный параметр – ясность, объективно определяется изменением параметров крутизны спада и крутизны нарастания на участках нестационарности сигнала.

Эстетические эталоны акустической обстановки определяются изменением огибающей сигнала в ходе передачи, что приводит к искажению спадов звуковых объектов, определяемых характером спадов реверберации в помещении, а соответственно может быть оценено статистическими характеристиками параметров аудиосигналов на интервалах нестационарности – с отрицательной крутизной изменения огибающей сигнала[3].

1. Бобрикович А.А. Гусев О.К. Воробей Р.И. Метод комплексного статистического контроля качества аудиоаппаратуры / Матер. 8-й междунар. науч.-технич. конфер. молод. учен. и студентов: Новые направления развития приборостроения. – Минск. – 2015. – С. 11.
2. Попов О. Б. Рихтер С. Г. Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания. – М.: Горячая линия-Телеком. – 2011. – 283 с.
3. Architectural acoustic: Databook / Elsevier Academic Press. – Marshall Long. – 2006. – 347 с.
4. Ковалгин Ю. А. Вологдин Э. И. «Аудиотехника» – М.: Горячая линия-Телеком. – 2013. – 698 с.

УДК 621.384.3: 616.073.65

## ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ИЗЛУЧАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ ТЕРМОГРАФАМИ С РАЗНЫМ СПЕКТРАЛЬНЫМ ДИАПАЗОНОМ

Бумай Ю.А.<sup>1</sup>, Куклицкая А.Г.<sup>1</sup>, Трофимов Ю.В.<sup>2</sup>, Цвирко В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»  
Минск, Республика Беларусь

Экспериментальные исследования тепловых режимов светоизлучающих диодов (СИД) проведены в рамках выполнения научно-исследовательской работы, направленной на разработку методик ускоренной деградации СИД. Разработка методик ускоренной деградации обусловлена необходимостью оценки качества СИД, включаемых в состав светодиодных излучателей,

чтобы гарантировать долговременную эксплуатацию последних с сохранением заданных спектральных и светотехнических характеристик [1].

Предложена методика ускоренной деградации СИД за счет перегрева излучающего кристалла из-за наличия на поверхности линзы слоя мелкодисперсных частиц. Проведены модельные эксперименты, в которых на поверхность линзы