

## ТЕЛЕВИДЕНИЕ

УДК 621.397.611: 006.354

## ЗВУКОВОЕ ВЕЩАНИЕ И ЗВУКОВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ТЕЛЕВИДЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

В. В. Бутенко, генеральный директор ФГУП НИИР, д. т. н.; info@niir.ru

М. А. Хазанова, ведущий научный сотрудник ФГУП НИИР

**Ключевые слова:** звуковое вещание, звуковое сопровождение телевидения, звуковые сигналы, каналы звукового вещания, основные параметры.

Организация звукового вещания (ЗВ) в каждой стране сугубо индивидуальна. В РФ организация ЗВ определяется большой территориальной протяженностью, административно-хозяйственным устройством страны, наличием субъектов федерации различного уровня (республик, краев, областей).

Программы ЗВ передаются по территории РФ по каналам и трактам, организованным в спутниковых, волоконно-оптических, кабельных и радиорелейных системах передачи, до входа антенны передатчика или абонентской розетки. Передача программ ЗВ по эфиру называется радиовещанием.

Определение звукового сопровождения телевидения (ТВ) приводится в [1—4]. В [4] даются два названия одного и того же понятия: звуковое сопровождение и звук. В статье будет использоваться термин *звуковое сопровождение ТВ*.

**Основные параметры.** Исходными сигналами ЗВ и звукового сопровождения ТВ являются аналоговые звуковые сигналы. Поэтому параметры и соответствующие нормативные данные для сигналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ, а также для каналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ на основе [1—3] являются идентичными. К числу основных параметров, определяющих свойства этих сигналов, относятся ширина спектра, динамический диапазон и мощность. Лучшее звучание достигается при наибольшем соответствии этих параметров при передаче звуковых сигналов на передающем и приемном концах каналов и трактов ЗВ и звукового сопровождения ТВ.

В качестве примеров на рис. 1 и 2 показаны осциллограммы частотного спектра мужской и женской речи соответственно. Поскольку амплитуда аналоговых звуковых

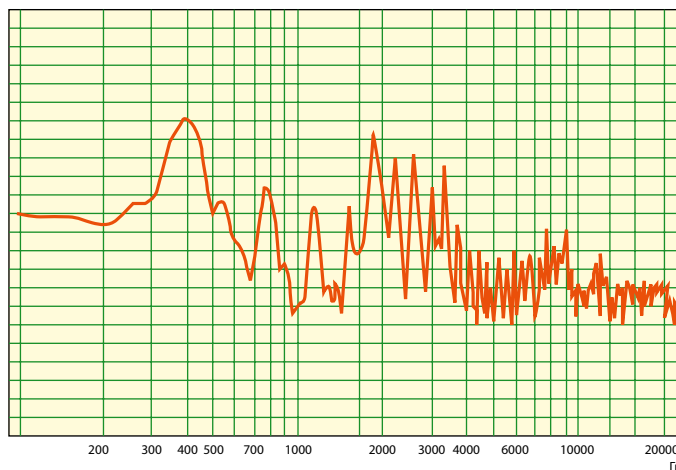


Рис. 2

сигналов меняется в очень широких пределах, то мощность и напряжение этих сигналов обычно определяются уровнями, выраженными в логарифмических единицах — децибелах.

Приняты уровни двух видов: относительные и абсолютные. Относительные уровни мощности  $N_p$  и напряжения  $N_u$ :

$$N_p = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) \text{ и } N_u = 20 \log \left( \frac{U}{U_0} \right), \quad (1)$$

где  $P_0$  и  $U_0$  — мощность и напряжение, соответствующие нулевому уровню. За нулевой уровень принимается значение, которому соответствует мощность синусоидального сигнала, равная 1 мВт, на сопротивление  $R = 600$  Ом, т. е.

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R} \text{ или } P_0 = \frac{J_0^2}{R}. \quad (2)$$

Полученные из этих соотношений уровни напряжения и мощности равны соответственно:  $U_0 = 0,775$  В и  $J_0 = 1,29$  мА.

С помощью уровней определяется динамический диапазон  $D$  сигналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ:

$$D = N_{\max} - N_{\min}, \quad (3)$$

где  $N_{\max}$  и  $N_{\min}$  — это максимальные и минимальные уровни звуковых сигналов. Обычно при передаче звуковых сигналов за максимальный принимается уровень, вероятность превышения которого составляет 0,98, т. е. 98 % времени, а за минимальный — уровень, вероятность превышения которого составляет 0,02 или 2 % времени проведения измерений. Минимальный уровень должен превышать уровень шума на 6—10 дБ.

При этом, если максимальный уровень звуковых сигналов однозначно определен, то точно вычислить минимальный уровень сигнала нельзя, так как шумы могут составить

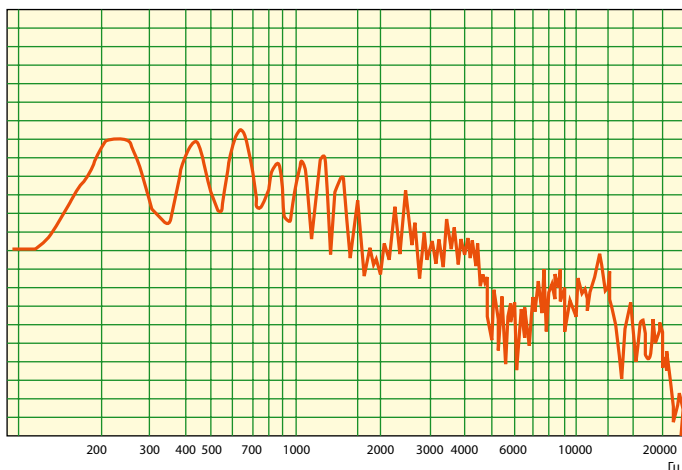


Рис. 1

часть самого сигнала, например, шум дождя, шум морского прибора, звук шагов и т.п. Поэтому точно определить динамический диапазон звуковых сигналов нельзя.

Динамический диапазон передаваемых сигналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ меньше исходных звуковых сигналов. Это объясняется ограниченным динамическим диапазоном каналов ЗВ, по которым передаются данные сигналы, передающей и приемной аппаратурой, а также невозможностью восприятия звучания звуковых сигналов, имеющих большой динамический диапазон, например, симфонического оркестра в квартирных условиях.

Ограничение динамического диапазона осуществляется вручную — звукорежиссером и специальными устройствами — авторегуляторами. Ограничение динамического диапазона звуковых сигналов авторегуляторами в определенной степени адекватно увеличению мощности передатчиков. В табл. 2 приведены в качестве примера динамические диапазоны некоторых видов аналоговых сигналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ.

Таблица 1

Вид сигнала	Динамический диапазон, дБ
Речь диктора	25—35
Художественное чтение	40—50
Небольшие вокально-инструментальные ансамбли	45—55
Симфонический оркестр	65—75

Одним из основных параметров сигналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ является относительная средняя мощность (ОСМ) звуковых сигналов:

$$P_{\text{ОСМ}} = \frac{P}{P_{\text{НОМ}}}, \quad (4)$$

где

$$P = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt \quad (5)$$

— среднее значение мощности в период времени  $t = t_2 - t_1$ ;  $P_{\text{НОМ}}$  — мощность синусоидального сигнала с амплитудой, равной нормированному напряжению звукового сигнала. Для этих сигналов вводятся следующие понятия: уровень долговременной средней мощности и уровень максимальной среднeminутной мощности [5].

Уровень долговременной средней мощности — это отношение мощности сигнала ЗВ, усредненного за все время передачи программ ЗВ в течение суток, к мощности синусоидального сигнала нормированного максимального уровня в децибелах. Уровень среднeminутной мощности — это величина, равная отношению мощности сигнала ЗВ или звукового сопровождения ТВ, усредненной за одну минуту, к мощности синусоидального сигнала нормированного максимального уровня, выраженного в децибелах.

Уровень максимальной среднeminутной мощности — это уровень среднeminутной мощности, превышенной во время передачи программ ЗВ (звукового сопровождения ТВ). Значения уровней долговременной средней мощности и среднeminутной мощности приведены в табл. 2. Для сравнения: мощность телефонного сигнала с полосой частот 300—3400 Гц составляет 30 мкВт, т.е. мощность сигнала ЗВ примерно в 23 и 38 раз больше.

В настоящее время широкое распространение получила передача звуковых сигналов, преобразован-

Таблица 2

Наименование параметра	Нормы для сигналов передач ЗВ	
	внутрироссийского	внешнего
Уровень долговременной средней мощности, дБ, не более	-10,5*	-8,5**
Уровень максимальной среднeminутной мощности, дБ, не более	-6,0	-5,0
*При максимальном уровне в точке нулевого относительного уровня 9 дБ соответствуют мощности 710 мкВт		
**При максимальном уровне в точке нулевого относительного уровня 9 дБ соответствует мощности 1130 мкВт		

ных в цифровую форму. В этих случаях осуществляются аналогово-цифровое (АЦП) и цифро-аналоговое преобразование (ЦАП) исходных аналоговых звуковых сигналов.

В основе всех преобразований лежит теорема Котельникова [6], смысл которой заключается в том, что любая функция с ограниченным спектром полностью определяется своими значениями, выраженными через интервалы времени

$$\Delta t = \frac{1}{2T_{\text{гр}}},$$

где  $T_{\text{гр}}$  — граничная частота спектра функции. Звуковые сигналы описываются функцией с ограниченным спектром. При этом осуществляется передача звуковых сигналов в дискретной (импульсной) форме, для которых значительно расширяется спектр передаваемых сигналов. Поэтому при ЦАП для увеличения количества каналов при передаче сигналов используется метод сжатия [7].

Сжатие — это фактически устранение из спектра исходного аналогового сигнала ряда частотных составляющих. Для обоснования закономерности этого метода вводятся понятия статической или психоакустической избыточности частот в исходном аналоговом сигнале. В природе такой избыточности не существует.

При АЦП и ЦАП аналоговый звуковой сигнал подвергается многократным преобразованиям: дискретизации, неравномерному квантованию, кодированию, компрессии мгновенного или почти мгновенного действия, устранению из спектра сигнала ряда частотных составляющих. В результате многократных преобразований формируется синтетический звуковой сигнал, спектральный состав которого и огибающая сигнала отличаются от исходного аналогового сигнала.

При цифровом преобразовании аналоговых сигналов ЗВ в цифровую форму используется серия международных стандартов MPEG: 1 ISO/IEC 11172-3, 2 ISO/IEC 13818-3, 3 ISO/IEC 13818-7, 4 ISO/IEC 14496-3.

В этих стандартах для кодирования звуковых сигналов рекомендуются определенные значения частот дискретизации, позволяющие получить скорости цифрового сигнала от 256 до 32 и 16 кбит/с. Последнее значение равно скорости передачи звуковой речи в телефонных каналах.

Объективных параметров или параметров, определяющих допустимую степень отличия, в настоящее время еще не разработано. Все способы прослушивания экспертами передаваемых звуковых сигналов, оценивающими влияние устранения избыточности, носят ограниченный субъективный характер и не обладают статистической достоверностью, которая выражается в получении определенных зако-

Таблица 3

Тип тракта первичного распределения	Полоса передаваемых частот, Гц	Неравномерность АЧХ		Коэффициент гармоник		Защищенность от взвешенного шума, дБ, не менее * и **	Защищенность от внятной переходной помехи, дБ, не менее	Отклонение выходного уровня от номинального значения, дБ
		в полосе частот, Гц	дБ	на частоте, Гц	%, не более			
С магистральным КЗВ с цифровым сжатием	40—15000	40—125	от +1,25 до -2,6	до 125	2,4	47	74	от +2,5 до -2,5
		10000—15000	от +1,25 до -2,6	свыше 125	1,15			
		125—10000	от +1,25 до -1,25					
С магистральным аналоговым КЗВ	40—15000	40—50;	от +1,45 до -3,4	до 125	4,3	47	74	от +2,5 до -2,5
		10000—15000	от +1,45 до -2,7	свыше 125	2,3			
		50—125	от +1,45 до -3,4					
	50—10000	50—100;	от +2,3 до -4,8	до 125	4,3	45	70	от +3,0 до -3,0
		8500—10000	от +2,3 до -2,3	свыше 125	2,3			
100—200;	от +2,3 до -2,9							
200—8500	от +2,3 до -2,9							
С магистральным КЗВ	50—7000	50—1000	от +1,7 до -2,3	до 125	3,2	49	74	от +2,5 до -2,5
		6400—7000	от +1,7 до -3,3	свыше 125	2,0			
		100—6400	от +1,7 до -1,7					
С внутризонавым КЗВ	40—15000	40—125	от +1,3 до -2,6	до 125	2,4	47	74	от +2,0 до -2,0
		125—10000	от +1,3 до -1,3	свыше 125	1,2			
		10000—15000	от +1,3 до -2,6					
	50—10000	50—100;	от +1,3 до -2,1	до 125	3,1	46	70	от +3,0 до -3,0
		8500—10000	от +1,3 до -1,3	свыше 125	1,7			
		200—600	от +1,3 до -1,5					
6600—8500	от +1,3 до -1,5							
50—7000	50—100	от +1,6 до -2,5	до 125	2,7	51	74	от +2,0 до -2,0	
	100—6400	от +1,6 до -1,6	свыше 125	1,4				
	6400—7000	от +1,6 до -2,5						

\* Нормы на значения защищенности от взвешенного шума должны выполняться при измерении псофометром в соответствии с [10]

\*\* Для трактов КЗВ, образованных в разнорелейных системах передачи, нормы на значения защищенности от взвешенного шума должны выполняться в течение 80 % времени 30-дневного интервала. Для 1 и 0,1 % времени 30-дневного интервала защищенность может быть ниже на 4 и 12 дБ соответственно.

нов статистики. Кроме того, методы прослушивания не могут использоваться в условиях эксплуатации.

**Системы передачи сигналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ.** Сигналы передаются по соответствующим каналам и трактам. Термин «тракт» был введен в 1965 г. в [8], поскольку существовало и существует множество терминов, включающих слово канал. К ним относится канал ЗВ (КЗВ), электрический канал ЗВ, междугородный канал ЗВ (МКЗВ) и т. п. По своему назначению тракты делятся на три вида: формирования, первичного и вторичного распределения программ ЗВ.

Тракт формирования программ ЗВ и звукового сопровождения ТВ — это канал, представляющий комплекс технических аппаратных, в которых создаются данные программы. Тракты первичного распределения — это цифровые и аналоговые каналы, соединительные линии (СЛ) и аппаратные, по которым по территории РФ передаются программы ЗВ и звукового сопровождения ТВ. Тракты вторичного распределения программ ЗВ и звукового сопровождения ТВ — это передатчики и системы проводного вещания. На рис. 3 и 4 представлены структуры некоторых типовых трактов первичного распределения.

В состав трактов первичного распределения входят МКЗВ, включающие междугородные вещательные аппаратные (МВА) СЛ. Последние являются каналами ограниченной протяженности. Основное звено МКЗВ — это ка-

налы ЗВ и звукового сопровождения ТВ, организованные в спутниковых, волоконно-оптических, кабельных и радиорелейных системах передачи. На рис. 3 и 4 ТФП — это тракт формирования программ, СПВ — станция проводимого вещания, ТП — тракт передатчика.

Каналы ЗВ и звукового сопровождения ТВ бывают двух типов: магистральные и внутризонавые. Номинальная (эталонная) цепь магистрального канала имеет протяженность

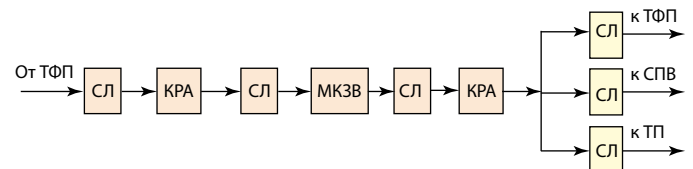


Рис. 3

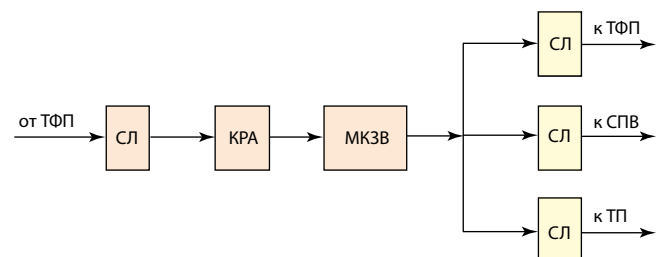


Рис. 4

2500 км: для аналоговых каналов — два переприема по звуковой частоте, делящей канал на три участка примерно равной длины; для цифровых каналов со сжатием — без переприемов. Номинальная цепь внутризонального канала имеет протяженность, равную примерно одной трети магистрального канала.

Соединительные линии, которые входят в состав МКЗВ, и те, которые представлены на рис. 3 и 4 — это каналы ЗВ или звукового сопровождения ТВ, организованные каналобразующей аппаратурой цифровой или аналоговой. Максимальная длина СЛ не превышает длину внутризонального канала. В состав трактов первичного распределения также входят коммутационные распределительные аппаратные (КРА). Подробнее структуры трактов первичного распределения описаны и представлены в [1, 2 и 4].

**Параметры качества каналов ЗВ.** Для характеристики каналов и трактов ЗВ и звукового сопровождения ТВ разработаны и на основе большого объема субъективных статистических экспертиз введены параметры, позволяющие дать объективную оценку свойств каналов и трактов. Эти параметры названы параметрами качества.

К числу таких параметров относятся: полоса передаваемых частот, неравномерность амплитудно-частотной характеристики, коэффициент гармоник, защищенность от взвешенного шума, защищенность максимального сигнала от внятной переходной помехи, разность фаз между каналами, образующими стереопару, разность уровней на выходах каналов, образующих стереопару, и др. Эти параметры были разработаны для аналоговых каналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ. Дополнительно для цифровых каналов вводятся параметры: защищенность от продуктов внутриволновой перекрестной модуляции второго и третьего порядка и защищенность от продуктов внеполосной перекрестной модуляции первого и второго порядка. К сожалению, для цифровых каналов ЗВ и звукового сопровождения ТВ нет других параметров качества, определенных международными рекомендациями.

Перечисленные параметры определяются с помощью измерительных сигналов или без них. В последнем случае, например, для измерения уровня шума. В табл. 4 приведены примеры норм на параметры качества для трактов первичного распределения ЗВ и звукового сопровождения ТВ аналоговыми и цифровыми магистральными и внутризональными каналами ЗВ. Подробнее нормативные данные для всех каналов, трактов, СЛ и аппаратных приведены в [1—3], для трактов вторичного распределения — в [3, 4, 9 и 10]. В случае сложных структурных схем каналов и трактов ЗВ применяются законы суммирования норм на параметры качества [1—3].

Первоначально было принято в зависимости от полосы частот делить каналы ЗВ на классы: высший, первый и т. д. От названия «классы» в международных Рекомендациях 80-х гг. прошлого столетия отказались в связи с введением стандартных полос частот: 50 Гц — 7 кГц и 30 Гц — 15 кГц. Канал 50 Гц — 10 кГц был признан неперспективным. Однако в настоящее время в РФ в некоторых видах каналобразующей аппаратуры ЗВ этот канал еще встречается.

В ЗВ большое значение имеют вопросы терминологии. Любое неточное определение и применение термина приведет к неверному толкованию организационной структуры каналов ЗВ, неправильному использованию нормативных данных на параметры каналов и трактов. Следствием может быть нарушение бесперебойной работы всей сети ЗВ [2].

**В заключение** следует отметить, что в Федеральном государственном унитарном предприятии НИИР (ФГУП НИИР) были разработаны нормативные документы в области ЗВ и звукового сопровождения ТВ. В качестве примера можно привести межгосударственный стандарт [3] и утвержденные приказом министра связи нормы на параметры качества каналов, организованных разнорелейными и спутниковыми системами передачи.

Начиная с 2007 г., в области ЗВ авторами этой статьи разработаны национальные стандарты РФ [1] и [11], утвержденные и введенные в действие приказом руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52742—2007. Каналы и тракты звукового вещания. Типовые структуры. Основные параметры качества. Методы измерений.
2. Бутенко В. В., Хазанова М. А. Комментарий к ГОСТ Р 52742—2007. Каналы и тракты звукового вещания. Типовые структуры. Основные параметры качества. Методы измерений.
3. ГОСТ 11515—91. Каналы и тракты звукового вещания. Основные параметры качества. Методы измерений.
4. ГОСТ 21879—88. Телевидение вещательное. Термины и определения.
5. ГОСТ Р 22260—76. Сигналы передач внутрисоюзного и внешнего вещания, передаваемые в междугородные каналы звукового вещания. Основные параметры. Методы контроля.
6. Харкевич А. А. Основы радиотехники. — М.: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1963.
7. Попов О. Б., Рихтер С. Б. Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007.
8. ГОСТ 11515—65. Тракты радиовещательные классы. Основные качественные показатели.
9. ГОСТ Р 51741—2001. Передатчики радиовещательные стационарные диапазона ОВ4. Основные параметры, технические требования и методы измерений.
10. ГОСТ Р 51742—2001. Передатчики радиовещательные стационарные с амплитудой модуляций диапазона низких, средних и высоких частот. Основные параметры, технические требования и методы измерений.
11. Рекомендации МСЭ — РВ9468—4. Измерение напряжения шума звуковой частоты в звуковом радиовещании.
12. ГОСТ Р 53425—2009. Соединительные линии и аппаратные в цифровых и аналоговых трактах звукового вещания. Технические характеристики. Параметры качества. Методы измерений.

Получено после доработки 22.06.10