

## Введение

Звуковое вещание (ЗВ) и телевидение (ТВ) стали неотъемлемой частью жизни общества, важным средством политического, эстетического и нравственного воздействия на население.

Одним из главных преимуществ ЗВ является первичность слухового восприятия перед визуальным как средства доставки смысловой информации, а тем, кто утверждает, что 90% информации человек получает с помощью зрения, предлагаем посмотреть последние известия без звука. Просмотр ТВ передач предполагает прекращение всякой полезной деятельности, в отличие от ЗВ, при прослушивании программ которого возможно продолжение работы. В ряде случаев такое прослушивание просто необходимо, например, передачи для водителей знакомят их с дорожной обстановкой и помогают не заснуть. Специально подобранные музыкальные программы позволяют увеличить производительность труда на конвейере на 5–7%, увеличить удои коров на 20%, яйценоскость кур на 10–15%, урожайность зерновых на 30%.

Комплексное воздействие гармонического ряда частот является катализатором для выработки ряда необходимых организму гормонов. Так называемая «плотная», физиологическая музыка (металл, рок и т.д.) действует угнетающе как на человека, так и на растения и животных, но способствует выработке организмом человека эндоморфинов (внутренних наркотиков). Все дальнейшее — как при приеме обычных наркотиков: привыкание, необходимость увеличения громкости и дозы. При прослушивании такой музыки 4–5 месяцев через головные телефоны происходит необратимое снижение слуха в области высоких частот, а через 3 месяца — снижение коэффициента умственного развития IQ на 20–30 пунктов (при среднем их количестве 130–140).

Возможности РВ в деле формирования единомыслия были по достоинству оценены В.И. Лениным, писавшим, что вся страна должна слушать газету и декреты, читаемые в Москве. Рупор, непрерывно воспроизводящий звуковой сигнал, стал неотъемлемой частью пейзажа любой деревни, а так как большая часть современного населения городов — горожане первых поколений, то потребность в непрерывном прослушивании, при максимальной громкости, радиопрограмм у многих заложена генетически и, по-видимому, необходима для функционирования организма.

Под вещанием подразумевается циркулярная передача необходимой обществу информации неограниченному количеству территориально рассредоточенных пользователей. Исторически термин «звучко-

вое вещание» часто подменяется бытовым термином «радиовещание», хотя доставка программ слушателю происходит по радио, интернет и проводным (кабельным) каналам.

Радиовещание по-прежнему, несмотря на популярность телевидения, остается основным источником информации для миллионов людей, ежедневно включающих свои радиоприемники. В стране существуют общероссийское, региональное и местное вещание с государственными, муниципальными и частными формами собственности. Однако объединяет всех российских радиовещателей то, что подавляющее большинство из них не являются владельцами радиопередающих средств с соответствующими вещательными частотами, а арендуют их.

С появлением коммерческого радиовещания в крупных российских городах большую популярность приобрели частоты верхней части метрового диапазона волн, выделенные для вещания 88–108 МГц (или в обиходе ФМ).

Во всех крупных городах нашей страны практически исчерпан имеющийся частотный ресурс для развития этого вида радиовещания. Идет острая конкурентная борьба за слушателя, успех которой во многом определяется подготовкой и аудиопроекторной обработкой программ. Популярность различных информационно развлекательных радиостанций резко отличается и это при удручающей схожести звукового материала, используемого при формировании программ, 10% новостей и 90% музыкального наполнителя, причем, как показал анализ, это примерно 100 одних и тех же произведений, следующих в разном порядке. Следовательно, именно обработка сигнала в трактах формирования и передачи во многом определяет популярность радиостанции, стоимость рекламы и доходы сотрудников.

Основные пути увеличения числа распределяемых программ радиовещания:

- увеличение числа диапазонов для звукового вещания;
- применение новых видов модуляции;
- необходима демилитаризация частотного спектра (в этом направлении организациями, отвечающими в России за распределение и использование частотного спектра, ведется работа по снижению ограничений на использование частот для телевизионного и звукового радиовещания);
- необходим переход к европейской системе T-DAB многопрограммного цифрового радиовещания, для чего в РФ выделен диапазон 215–240 МГц, и к цифровому радиовещанию DRM в диапазонах ниже 30 МГц.

# Глава 1

## Звуковой вещательный сигнал: описание и основные свойства

### 1.1. Распределения мгновенных значений

Звуковым вещательным сигналом  $s(t)$  называют колебание, в основном соответствующее речи, музыке или их сочетанию. ЗВС считают *случайным процессом*, характеризующие который акустические или электрические величины непрерывно изменяются во времени (рис. 1.1).

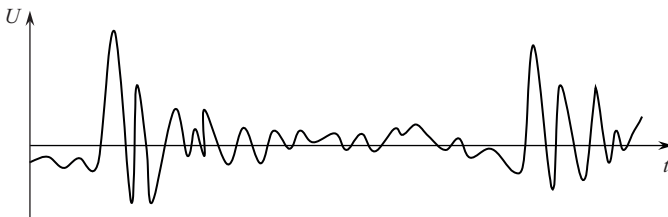


Рис. 1.1. Осциллограмма ЗС

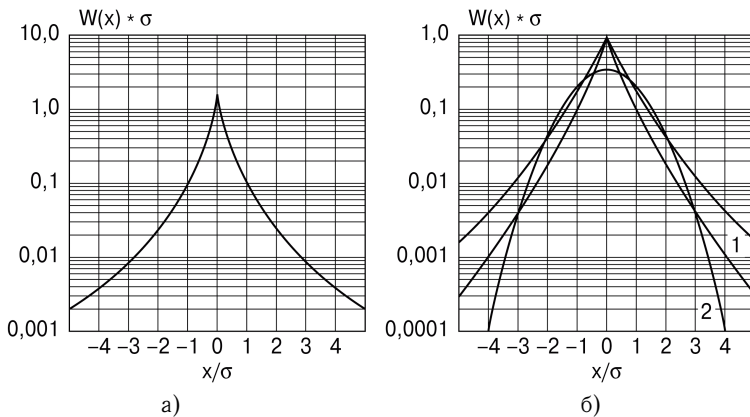
Как случайный процесс, звуковой вещательный сигнал характеризуется законом распределения его мгновенных значений, заданным плотностью вероятности  $W(x)$  или функцией распределения  $F(x)$ .

Для получения распределений анализ проводят на достаточном продолжительных отрывках. Минимальное время наблюдения  $T_0$ , дальнейшее увеличение которого не приводит к изменению распределения, называется *интервалом стационарности*.

Для речи  $T_0 = 2...3$  мин, а для музыки — от 5 мин до нескольких часов — в зависимости от характера произведения. На рис. 1.2 приведены типичные экспериментальные результаты, полученные для речевого (а) и музыкальных (б) ЗВС [1]. Здесь по оси ординат отложено произведение  $W(x) \times \sigma$ , где  $\sigma$  — среднеквадратическое отклонение (СКО); по оси абсцисс — отношение его мгновенных значений  $x$  к  $\sigma$ . Характер кривых на рис. 1.2,б указывает на зависимость распределений от типа звучаний: область 1 — вокал, эстрадная и симфоническая музыка, кривая 2 — хор с оркестром, джазовая музыка.

### 1.2. Уровень ЗВС

Уровень ЗВС характеризует сигнал в определенный текущий момент времени и представляет собой выраженное в децибелах выпрямленное и усредненное за некоторый предшествующий промежуток



**Рис. 1.2.** Распределение плотности вероятности мгновенных значений речевого (а) и музыкального (б) ЗВС

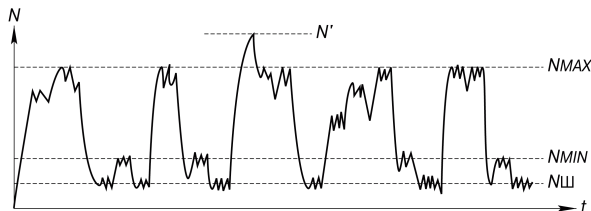
времени  $\tau$  напряжение вещательного сигнала, отнесенное к некоторой условной величине  $U_0$ :

$$N(t, \tau) = \frac{20 \lg u(t, \tau)}{U_0}. \quad (1.1)$$

Здесь  $U_0$  — среднеквадратическое значение сигнала, принятое за начало отсчета уровней; ему приписывается уровень 0 дБ. Международными рекомендациями установлены нулевые уровни:

- **электрические:** для напряжения — 0,775 В (напряжение на нагрузке 600 Ом, на которой выделяется мощность 1 мВт); для мощности — 1 мВт;
- **акустические:** для звукового давления —  $2 \cdot 10^{-5}$  Па (это минимальное звуковое давление, соответствующее порогу слышимости в области максимальной чувствительности уха 1...4 кГц); для интенсивности звука —  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.

График функции  $N(t, \tau)$  называется *уровнеграммой* сигнала  $s(t)$ . Вид уровнеграммы (рис. 1.3) зависит от условий ее измерения, от временных характеристик анализатора. Форма уровнеграммы зависит и от вида детектирования.



**Рис. 1.3.** Пример уровнеграммы ЗВС

Закон распределения уровней выражается плотностью  $W(N)$  или функцией вероятности  $F(N)$ . Он весьма стабилен (особенно для больших  $\tau$ ) и почти не зависит от характера звуковой программы на длительностях не менее интервала стационарности. Уровнеграммы для оценки состояния звукового тракта при передаче по нему ЗВС измеряют при  $\tau = 10...20$  мс, а для оценки громкости  $\tau$  выбирают около 200 мс. На рис. 1.4,а приведены три функции распределения уровней музыкальных программ (за 0 дБ принята медиана распределений), а на рис. 1.4,б — для речевого сигнала [2, 3].

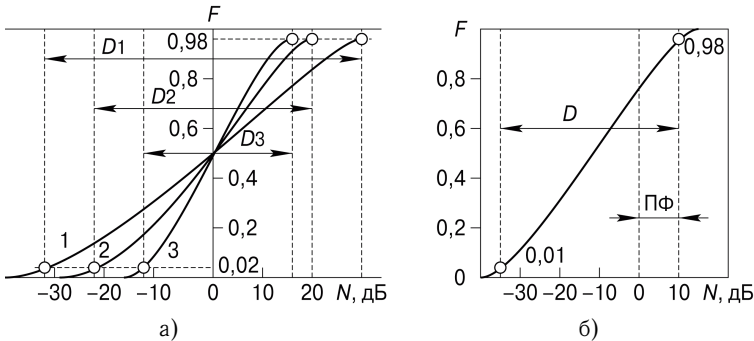


Рис. 1.4. Функции распределения уровней музыкальных программ (а) и речевого сигнала (б)

Пределы изменения уровня определяют *динамический диапазон* ( $D_c$ ) уровней сигнала. При теоретическом определении динамического диапазона уровней сигнала вводят понятия *квазимаксимального* и *квазимиимального* уровня: вероятность превышения квазимаксимального значения достаточно мала (0,01...0,02), а квазимиимального — достаточно велика и составляет 0,98...0,99. *Динамический диапазон* уровней определяется разностью квазимаксимального и квазимиимального уровней. Разность между квазимаксимальным и усредненным за длительный промежуток времени уровнями называют *пик-фактором*:  $\text{Пф} = N_{\text{кв.макс}} - N_{\text{ср}}$ . Для музыкальных сигналов он может достигать 20...28 дБ, а для речи — в среднем 12 дБ.

Для ЗВС результаты измерений уровней будут устойчивы, ес-

Таблица 1.1. Динамический диапазон уровней звуковых сигналов (в дБ)

Речь диктора	25...35
Разговорная речь	35...40
Эстрадная музыка	35...40
Актёрская речь (худ. чтение)	35...45
Малые ансамбли, хор	45...55
Симфоническая музыка	65...75

ли время наблюдения достаточно велико и средняя мощность сигнала постоянна. Минимальное время усреднения, при котором средняя мощность не зависит от момента начала измерения, приблизительно равно интервалу стационарности сигнала  $T_0$ .

### 1.3. Частотный диапазон

В табл. 1.2 приведены сведения о частотных диапазонах некоторых источников [3].

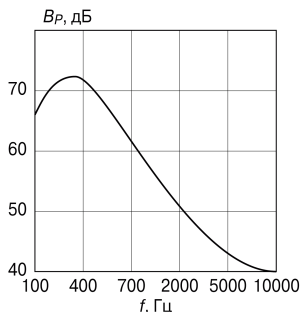
**Таблица 1.2.** Частотные диапазоны некоторых источников звука

Источник звука	Граничные частоты	
	нижняя, Гц	верхняя, кГц
Мужской голос	100	7
Женский голос	200	9
Рояль	30	5
Скрипка	200	3
Шум шагов	100	10
Аплодисменты	150	15

На практике *спектральные характеристики* ЗВС чаще всего используются в виде его *энергетического спектра*, а именно — усредненной на интервале времени  $\tau$  *спектральной плотности мощности*  $S^2$  (среднего квадрата напряжения фильтрованного сигнала), отнесенной к полосе пропускания фильтра  $\Delta f$ , Гц ( $B^2/Гц$ )

$$G(f_0, t, \tau) = \frac{2}{\Delta f \tau} \int_{f_0 - \Delta f/2}^{f_0 + \Delta f/2} |S(f, t, \tau)|^2 df. \quad (1.2)$$

Это не что иное, как средний (по полосе пропускания фильтра) квадрат модуля мгновенного амплитудного спектра во временном окне  $\tau$ , то есть результат двух усреднений: *по частоте* спектральным окном  $\Delta f$  и *по времени* временным окном  $\tau$ . У однородной звуковой программы при  $\tau \geq T_0$  величина  $G$  не зависит от времени. Спек-



**Рис. 1.5.** Спектральная плотность мощности русской речи