

# Работа со звуком

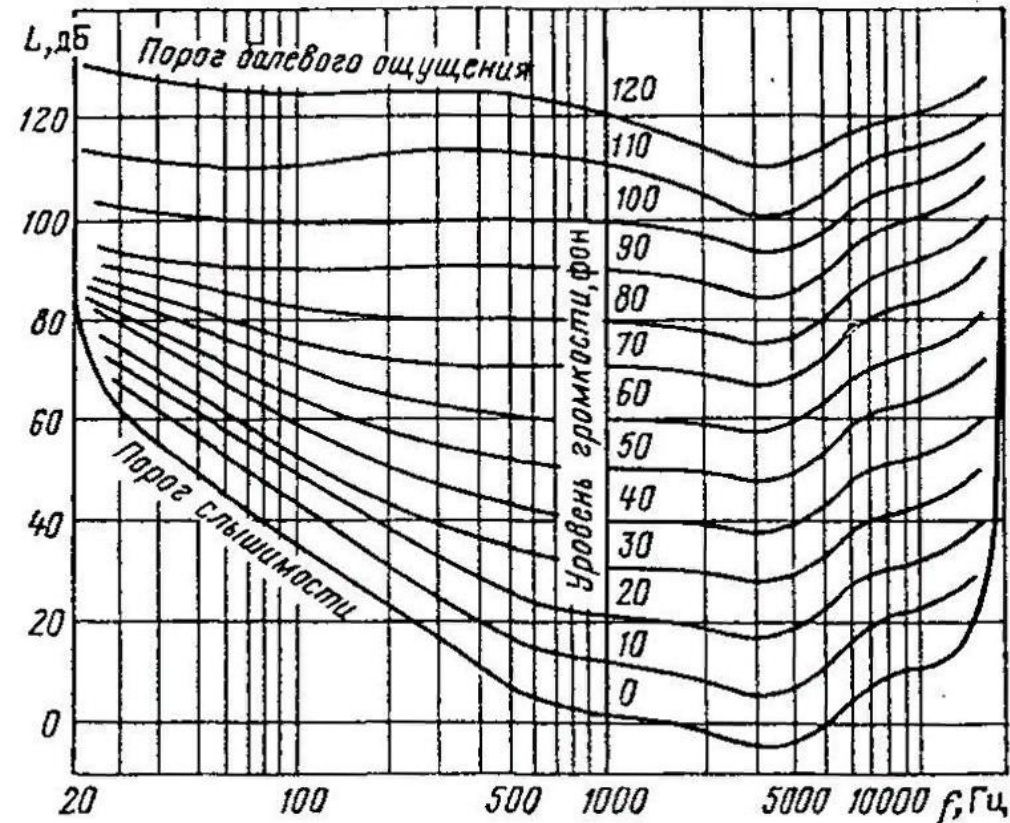
Your company name

# Восприятие по частоте

Диапазон частот, которые способен слышать человек, называется слуховым или звуковым диапазоном и находится в пределах от 20 Гц до 20 кГц; более высокие частоты называются ультразвуком, а более низкие инфразвуком.

Слышимую часть диапазона звуков разделяют на низкочастотные звуки – до 500 герц, среднечастотные – 500-10000 герц и высокочастотные – свыше 10000 герц.

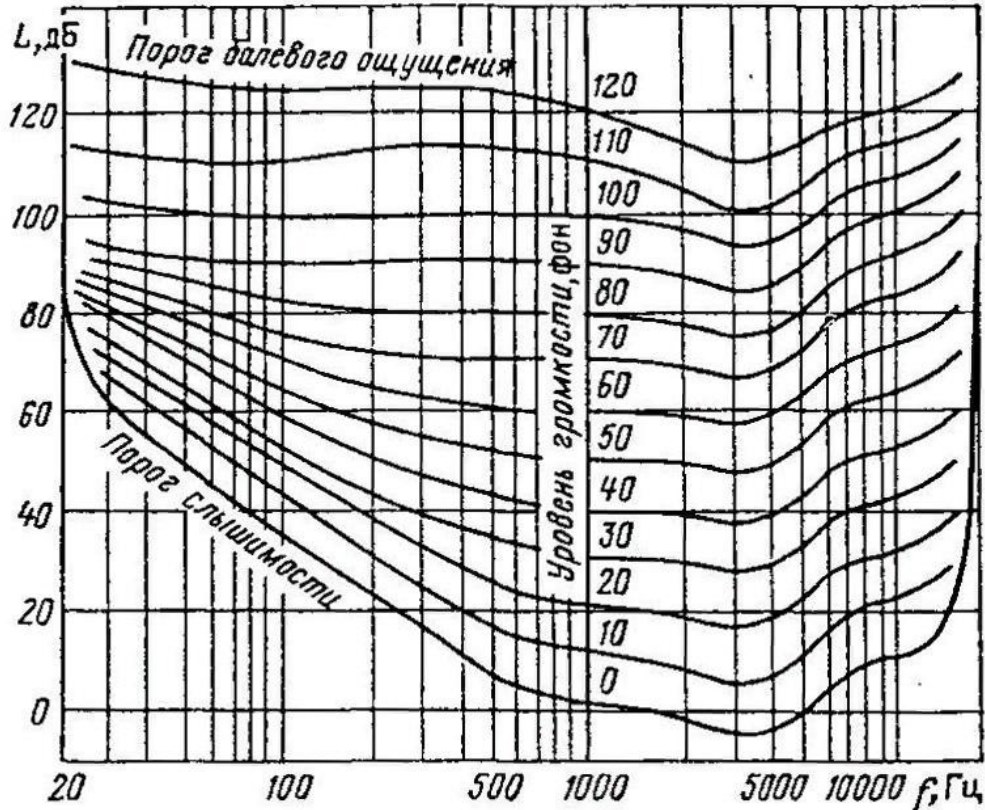
# Порог слышимости



Нижний порог слышимости определён как 0 дБ, что соответствует 20-ти микропаскалям на частоте 1 кГц, а определение верхнего предела слышимости, определяемый пределом растяжимости барабанной перепонки, относится к порогу дискомфорта. Минимальный порог, при котором звук остаётся слышен, зависит от частоты.

Наибольшая чувствительность находится в диапазоне от 1 кГц до 5 кГц, с возрастом чувствительность понижается в диапазоне выше 2 кГц.

# Уровень громкости



Уровень громкости звука – относительная величина. Она выражается в фонах и численно равна уровню звукового давления в децибелах, создаваемого синусоидальным тоном частотой 1 кГц такой же громкости, как и измеряемый звук.

Уровень звукового давления – измеренное по относительной шкале значение звукового давления, отнесённое к опорному давлению 20 мкПа, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц:

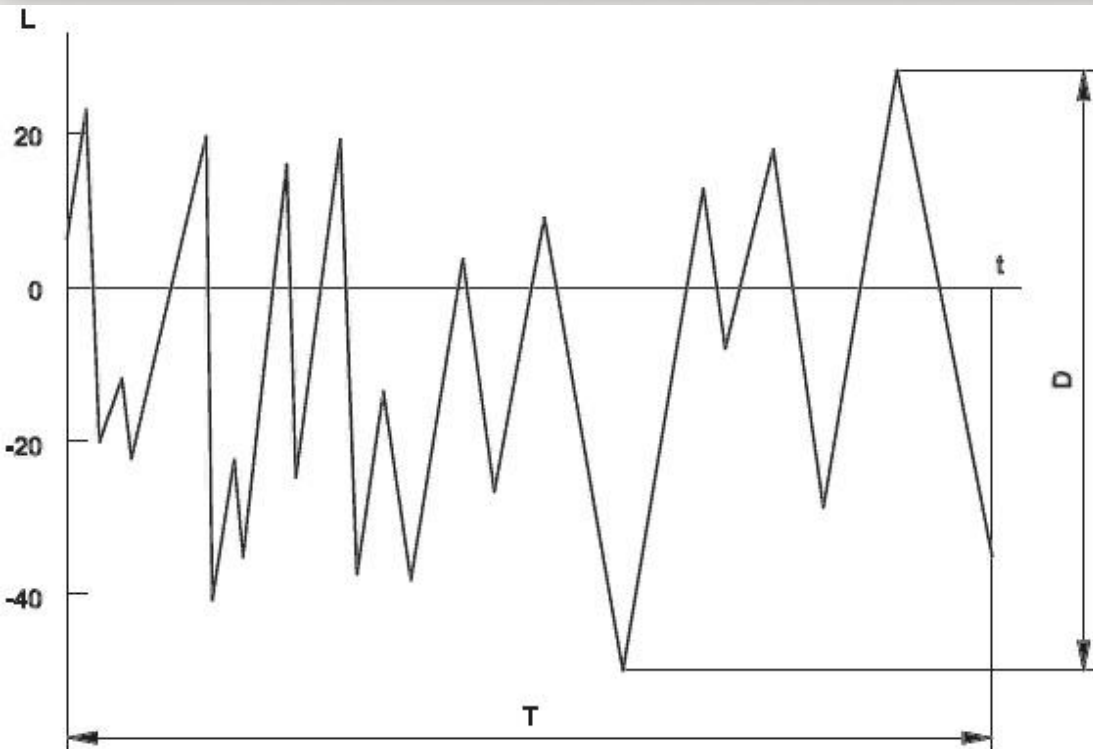
$$L_p = 20 \lg p/p_0$$



# Основные характеристики звуковых сигналов

Природные звуки, звуки речи, музыки, шумы и другие звучания акустического окружения человека обычно рассматриваются как случайные сигналы весьма нерегулярной формы. Свойства таких сигналов определяются их статистическими характеристиками, которые отображаются в виде распределения случайных величин по уровню, по частоте и по времени. Среди основных характеристик звука выделяют среднее значение уровня, динамический диапазон, спектр, частотный диапазон и корреляционные функции.

# Уровень сигнала и его динамический диапазон



Звуковое давление - это давление, возникающее в упругой среде при прохождении через неё звуковой волны. Иногда под уровнем звукового сигнала подразумевают мощность, интенсивность звука. Звуковое давление – силовая величина, а интенсивность звука, пропорциональная квадрату звукового давления, – энергетическая величина.

Динамический диапазон акустического сигнала характеризует диапазон изменения его уровней. Графически представленная зависимость уровня сигнала от времени называется уровнеграммой. Динамическим диапазоном называется разность квазимаксимального и квазимиимального уровней:  $L_{\text{макс}} - L_{\text{мин}}$ .

# Частотный диапазон звуковых сигналов

## Частотный диапазон музыкальных инструментов

- Рояль, фортепиано 27-4200 Гц
- Контрабас 40-300 Гц
- Электрическая бас-гитара 41-250 Гц
- Туба 45-320 Гц
- Валторны 60-740 Гц
- Фагот 60-630 Гц
- Виолончель 65-880 Гц
- Тромбон 80-500 Гц
- Акустическая гитара 82-1175 Гц
- Электрическая гитара 82-1570 Гц
- Альт 130-1240 Гц
- Кларнет 140-1980 Гц
- Труба 160-990 Гц
- Скрипки 210-2800 Гц
- Гобой 230-1480 Гц
- Флейта 240-2300 Гц
- Пикколо-флейта 560-2500 Гц

Акустический сигнал также имеет изменяющийся состав частотного спектра. Частотные спектры разделяются на сплошные, дискретные, низко- и высокочастотные. Каждому источнику звука присущи свои особенности состава спектра, которые делают индивидуальную окраску звука. Эту окраску называют тембром.

# Цифровое представление звуковых сигналов

Цифровой сигнал является формой представления аналогового сигнала. Прежде, акустический сигнал необходимо представить в аналоговой форме, и только после этого станет возможным перевести его в цифровое представление.

Процесс преобразования аналогового звукового сигнала в цифровой включает в себя несколько этапов:

- 1) аналоговый звуковой сигнал подается на аналоговый фильтр, который ограничивает полосу частот сигнала и устраняет помехи и шумы.
- 2) с помощью схемы выборки/хранения замеряются мгновенные значения амплитуды аналогового сигнала в определенные и постоянные моменты времени.
- 3) измеренные значения при дискретизации и квантовании регистрируются в виде набора нулей и единиц.
- 4) количество таких нулей и единиц или длина цифрового слова, доступных для записи одного дискретного замера, будет диктовать максимальную разрядность и разрешение.

Процесс представления аналоговых сигналов в цифровой форме – оцифровка – производится по средствам аналогово–цифровых преобразователей – АЦП. Сигнал, к которому применены дискретизация и квантование, называется цифровым.



# Дискретизация

*Дискретизация* - процесс превращения непрерывного сигнала в цифровой, путем измерения числовых значений амплитуды сигнала через равные интервалы времени.

В общем случае период времени от одной выборки до следующей может различаться для каждой пары соседних выборок, но обычно при обработке сигнала, выборки следуют через фиксированный и постоянный промежуток времени. Этот промежуток в таком случае называют *периодом дискретизации* или *интервалом выборок*. Величину обратную периоду дискретизации называют *частотой выборок* или *частотой дискретизации*.

# Квантование

*Квантование* – разбиение диапазона отсчётных значений сигнала на конечное число уровней и округление этих значений до одного из двух ближайших к ним уровней. При этом значение сигнала может округляться либо до ближайшего уровня, либо до меньшего или большего из ближайших уровней в зависимости от способа кодирования. В АЦП округление может производиться до ближайшего меньшего уровня.

# Кодирование

*Кодирование* - представление дискретных сигналов, передаваемых по цифровому каналу связи на расстояние по физическому каналу связи.

В зависимости от целей кодирования различают следующие его виды:

- Кодирование по образцу – используется всякий раз при вводе информации в компьютер для ее внутреннего представления.
- Криптографическое кодирование (шифрование) – используется при необходимости защиты информации от несанкционированного доступа.
- Эффективное или оптимальное кодирование – используется для устранения избыточности информации, т.е. для снижения ее объема.
- Помехозащитное кодирование – используется для обеспечения заданной достоверности в случае, когда на сигнал накладывается помеха.

# Цифро-аналоговое преобразование

Во время цифро-аналогового преобразования цифровой сигнал, состоящий из дискретных отсчетов преобразуется в непрерывный сигнал ступенчатого вида, состоящий из прилегающих друг к другу прямоугольных импульсов. Для сглаживания выходного сигнала на выходе цифро – аналогового преобразователя ставится аналоговый фильтр, который так и называется сглаживающим. Сглаживающий фильтр также, как и аналоговый, вносит дополнительные искажения в полезный сигнал.



# Сжатие звуковой информации

Сжатие аудиоданных представляет собой процесс уменьшения скорости цифрового потока за счет сокращения избыточности цифрового звукового сигнала. Различают статистическую и психоакустическую избыточность цифровых сигналов. Сокращение статистической избыточности базируется на учете свойств самих звуковых сигналов, а психоакустической – на учете свойств слухового восприятия. Методы сокращения статистической избыточности аудиоданных также называют сжатием без потерь, а методы сокращения психоакустической избыточности – сжатием с потерями.

Your company name

# Стандарты звуковых файлов

Цифровой аудиоформат — формат представления звуковых данных, используемый при цифровой звукозаписи, а также для дальнейшего хранения записанного материала на компьютере и других электронных носителях информации, так называемых звуковых носителях.

# Преимущества и недостатки



# Синтез звука и основы MIDI

*Синтез звука* - процесс генерации звука, представленного в виде дискретного сигнала.

Существуют следующие основные методы синтеза звука:

- Аддитивный.
- Разностный (Субтрактивный).
- Частотно-модуляционный (FM-синтез).
- Сэмплерный.
- Таблично-волновой.
- Метод физического моделирования.
- WaveGuide.

*MIDI (Musical Instrument Digital Interface* – цифровой интерфейс музыкальных инструментов) — стандарт цифровой звукозаписи на формат обмена данными между электронными музыкальными инструментами.

При записи MIDI-потока в файл (.mid, .rmi), он оформляется в один из трех стандартных форматов:

0 - обычный MIDI-поток

1 - несколько параллельных потоков (дорожек)

2 - несколько независимых последовательных потоков



# Аппаратные и программные средства обработки звука

К аппаратным средствам обработки звуковой информации относятся:

- модуль записи и воспроизведения звука;
- модуль синтезатора;
- модуль интерфейсов;
- модуль микшера;
- акустическая система.

Программные средства обработки звуковой информации включают в себя:

- музыкальные редакторы;
- синтезаторы звуков;
- системы автоматического распознавания речи;
- звуковые редакторы;
- голосовые навигаторы;
- программы диктовки;
- программы для улучшения качества фонограмм.

# Динамическая обработка звука

Динамический диапазон сигнала характеризует разницу между его максимальным и минимальным уровнями. Задача динамической обработки – преобразовать звуковой сигнал в корректный для электроакустики вид.

Динамическая обработка производится следующими типами устройств, представленных в виде электронных устройств или компьютерных программ:

- Компрессор – сжимает динамический диапазон обрабатываемого сигнала, понижая уровень звуков, превысивших установленный порог.
- Лимитер – сжимает динамический диапазон, но, в отличие от компрессора, не позволяет сигналу превышать определенный уровень.
- Гейт – противоположен лимитеру. Если лимитер отсекает самые громкие звуки, то гейт отсекает тихие. Гейт пропускает только те сигналы, уровень которых превосходит заданный порог, остальные отбрасывает. В основном предназначен для борьбы с шумами и паразитными сигналами.
- Экспандер – похож на гейт. Отличие состоит в том, что гейт не пропускает сигнал ниже порога, а экспандер понижает этот сигнал в заданном отношении.

# Частотная обработка звука

Частотная обработка проводится над спектром сигнала, она позволяет изменять уровень различных частот сигнала, насыщать сигнал новыми гармониками, а также удалять различные частоты. На основе частотных преобразований спектра реализуются различные фильтры и эквалайзеры.

- Первая группа - устройства, предназначенные для ручного, оперативного изменения АЧХ звукового тракта. Эти устройства носят самые различные названия - эквалайзеры, темброблоки, усилители-корректоры, фильтры присутствия, и т.д. Отличительная их черта - все вышеперечисленные элементы трактов не имеют заранее заданной АЧХ. Их характеристики устанавливаются в процессе работы, причем вносимое ими в АЧХ изменение может быть как отрицательным – “завал”, так и положительным – “подъем” каких-либо полос частот звукового диапазона.
- Вторая группа - предназначены только для ограничения диапазона звукового тракта, они не дают возможности осуществлять подъем или завал отдельных частот звукового спектра, и могут изменять АЧХ только на краях звукового диапазона. Эти устройства носят название обрезных фильтров.

# Создание специальных звуковых эффектов

*Звуковой эффект* — искусственно созданный или усиленный звук, или обработка звука, применяемый для подчеркивания художественного или иного содержания.

Типичными звуковыми эффектами, которые применяются при подготовке аудиоматериала являются:

- Вибрато;
- Фленжер;
- Фейзер;
- Реверберация;
- Дилэй (эхо);
- Дисторшн;
- Вокодер.