

Работа со звуком

Выполнили студенты ФИТУ 1-3:
Столбовой Г.А.
Чекалина В.Р.
Кручинин Д.И.
Михайленко В.А.

Your company name

Основные свойства слуха



Слух –
способность
биологических
организмов
воспринимать
звуки органами
слуха;

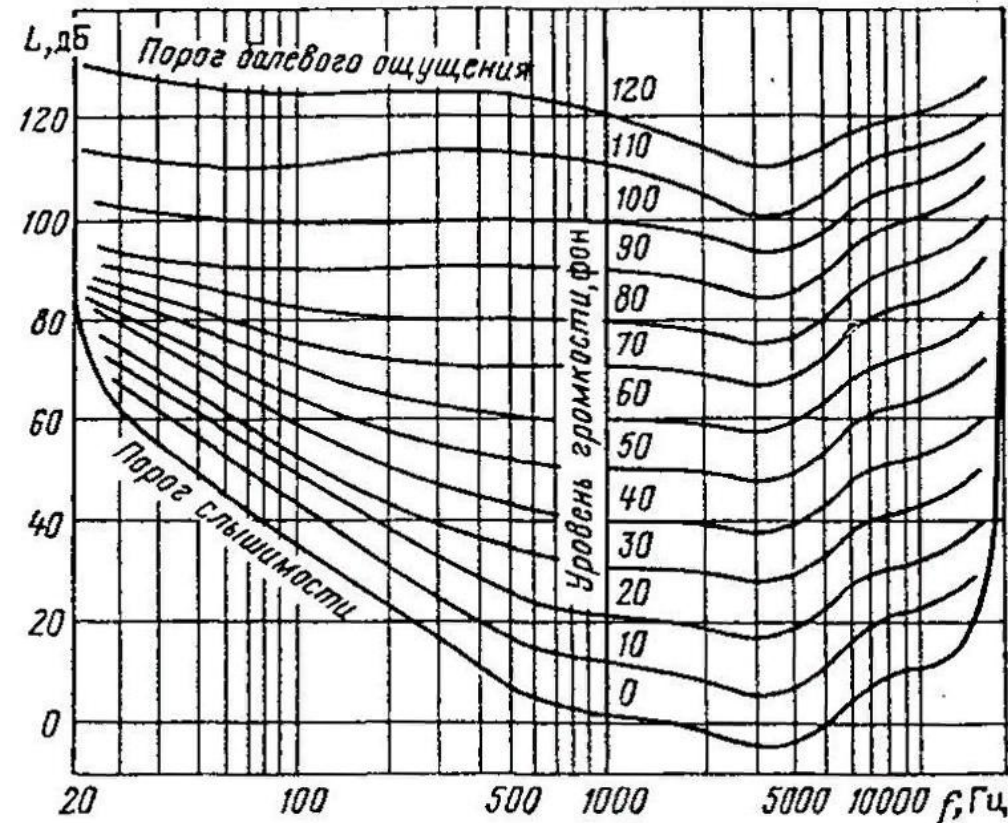
функция слухового аппарата, возбуждаемая
звуковыми колебаниями окружающей среды.

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.

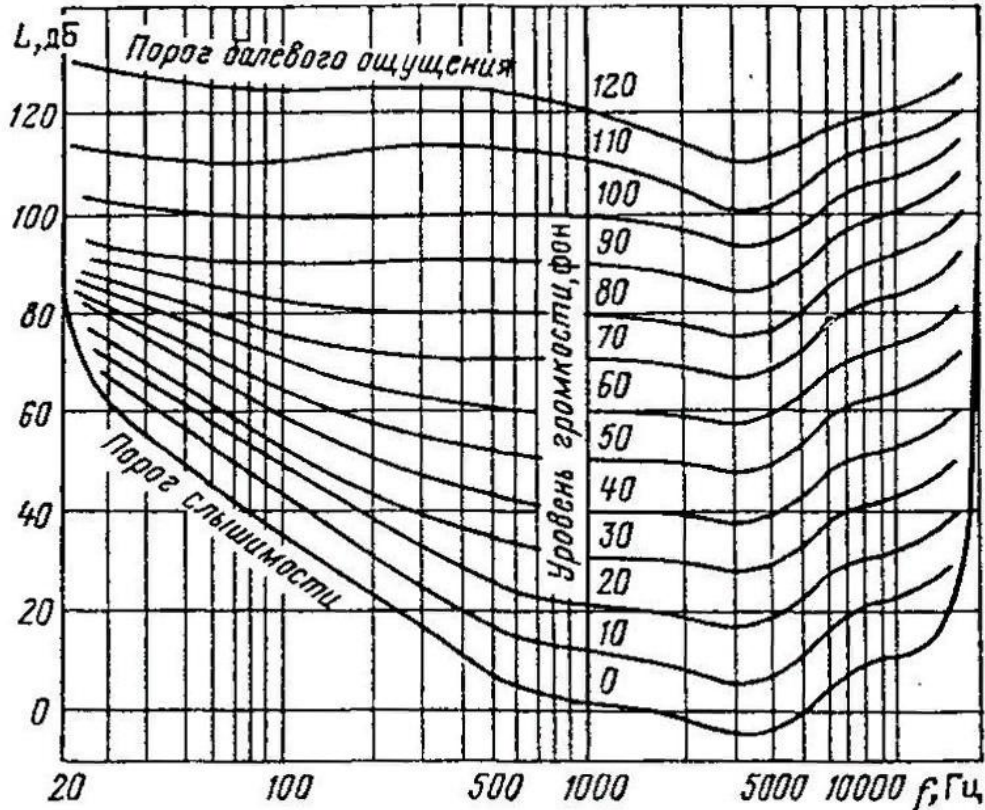
Порог слышимости



Нижний порог слышимости определен 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.

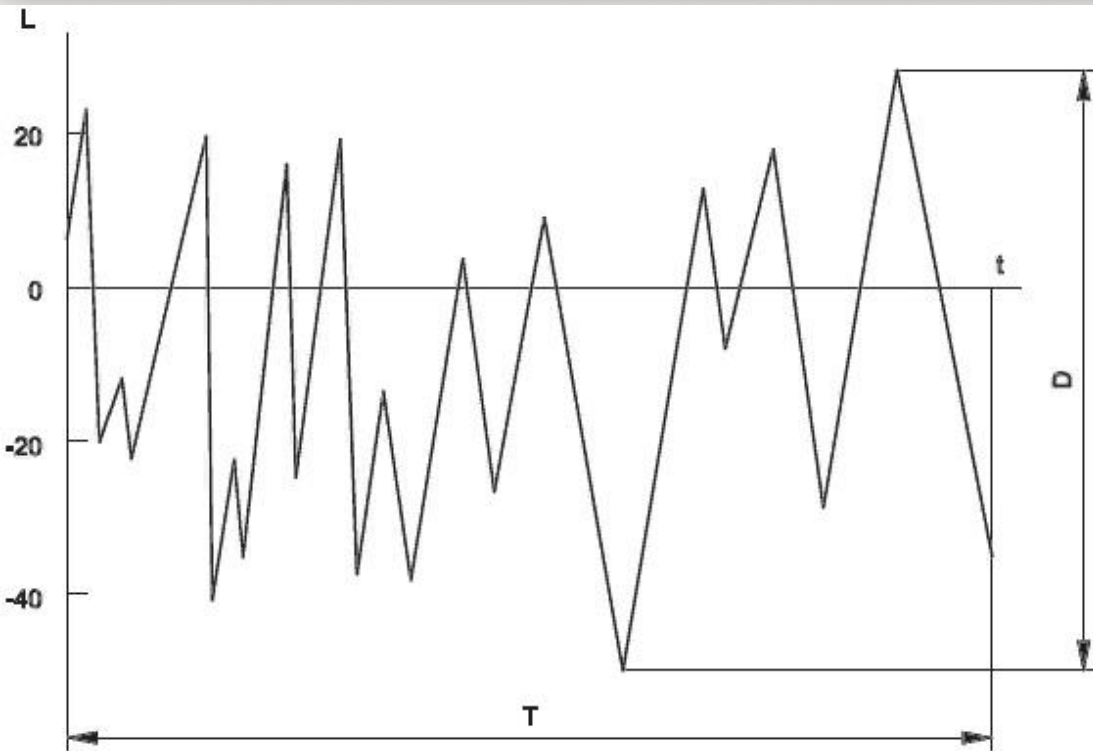
Уровень звукового давления – измеренное по относительной шкале значение звукового давления, отнесённое к опорному давлению 20 мкПа, соответствующему порогу слышимости синусоидальной звуковой волны частотой 1 кГц:

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

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 квазиминимального 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.

Стандарты MPEG

- MPEG-1 — группа стандартов цифрового сжатия аудио и видео, принятых MPEG (Moving Picture Experts Group — группой экспертов в области видео). Состоит из нескольких частей: синхронизация и мультиплексирование аудио и видео (MPEG-1 Program Stream), кодек для видео с прогрессивной разверткой, кодек для звука.
- MPEG-2 — название группы стандартов цифрового кодирования видео- и аудиосигналов, организации транспортных потоков видео и аудио информации, передачи сопутствующей информации.
- MPEG-3 разрабатывался группой MPEG как стандарт кодирования аудио и видео для Телевидения высокой четкости, имеющего скорость передачи данных в диапазоне от 20 до 40 Мбит/с.
- MPEG-4 — международный стандарт, используемый преимущественно для сжатия цифрового аудио и видео. Он появился в 1998 году и включает в себя группу стандартов сжатия аудио и видео и смежные технологии.
- MPEG-7, в отличие от предыдущих MPEG стандартов, предназначенных для кодирования, стандартизирует некоторые элементы, которые должны поддерживаться как можно большим количеством приложений.

Ogg Vorbis

Vorbis — свободный формат сжатия звука с потерями, официально появившийся летом 2002 года. По функциональности и качеству аналогичен таким кодекам, как AAC, AC3 и VQF, превосходящим MP3. Психоакустическая модель, используемая в Vorbis, по принципам действия близка к MP3 и подобным, однако математическая обработка и практическая реализация этой модели существенно отличаются, что позволило авторам объявить свой формат совершенно независимым от всех предшественников. Для хранения аудиоданных в формате Vorbis чаще всего применяется медиаконтейнер Ogg, такой файл обычно имеет расширение .ogg и называется двойным именем Ogg Vorbis. Однако Ogg Vorbis называют и сам кодек без контейнера, так как он является частью проекта Ogg.

WMA

Windows Media Audio — лицензируемый формат файла, разработанный компанией Microsoft для хранения и трансляции аудиоинформации. Номинально формат WMA характеризуется хорошей способностью сжатия, что позволяет ему превосходить формат MP3 и конкурировать по параметрам с форматами Ogg Vorbis и AAC. Большинство портативных аудиопроигрывателей поддерживает формат WMA наряду с MP3. Данный формат очень плохо поддерживается на альтернативных платформах вследствие его закрытости.

Qdesign AIF

Audio Interchange File Format — формат аудиофайлов, разработанный компанией Apple Computer в 1988 году на основе формата IFF компании Electronic Arts и чаще всего используемый в компьютерах Apple Macintosh. Звуковые данные в стандартном файле формата AIFF представляют собой несжатую импульсно-кодированную модуляцию. Также существует и сжатая версия формата AIFF, которую называют AIFC (иногда AIFF-C), в которой для сжатия могут быть использованы различные кодеки. AIFF, наряду с CDA и WAV, является одним из форматов, используемых в профессиональных аудио- и видеоприложениях, так как в отличие от более популярного формата MP3, звук в AIFF кодируется без потерь в качестве.

Your company name

Система улучшенного кодирования AAC

Advanced Audio Coding (AAC) — формат аудиофайла с потерями. Изначально создавался как преемник MP3 с улучшенным качеством кодирования. Формат AAC вышел в свет в 1997 году как новая, седьмая часть семейства MPEG-2. Существует также формат AAC, известный как MPEG-4 Часть 3. По своей эффективности AAC вдвое превосходит Уровень II и в 1,4 раза Уровень III стандарта MPEG-2. Высококачественное воспроизведение звука достигается уже при скорости цифрового потока 96 кбит/с.

Другие форматы

- MusePack — открытый формат для хранения цифрового звука. Musepack схож с форматами MP3, Vorbis, AAC, AC3, WMA, Opus, но не использует второе dct-преобразование повышающее эффективность на средних и низких битрейтах, отсутствие которого не мешает кодеку получить большее качество на битрейтах выше 180 кбит/с.
- PAC - Perceptive Audio Coding (перцептуальное аудио кодирование). Формат разрабатывается фирмой Celestial Technologies. Появилась, а затем исчезла пробная бета версия программы для работы с этим форматом. Это программа совмещала в себе енкодер, плеер, CD-риппер и каталогизатор дисков. Формат отличается хорошим качеством звука при низких битрейтах и высокой скоростью кодирования.
- Wav (Waveform Audio File Format) — формат файла-контейнера для хранения записи оцифрованного аудиопотока, подвид RIFF. Этот контейнер, как правило, используется для хранения несжатого звука в импульсно-кодовой модуляции. Однако контейнер не налагает каких-либо ограничений на используемый алгоритм кодирования.
- MOD — формат файлов, разработанный для создания, хранения и воспроизведения музыкальных композиций на ПК Amiga. Своё название получил от того, что стал первым форматом, хранящим свои фрагменты (например, семплы) в других файлах — принцип модульности. Файлы этого формата имеют, как правило, расширение .mod.
- RealAudio – стандарт на потоковое вещание и на формат медиафайлов, принадлежащий фирме «RealNetworksProductsandServices». Среди плюсов данного кодека — поддержка потокового вещания, очень быстрое декодирование.

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);
- Дистошн;
- Вокодер.

Спасибо за внимание.

Your company name