

УДК: 534.231.2

Васильев Антон Сергеевич

Россия, Кемеровская область, город Прокопьевск

Данилин Владислав Константинович

Россия, Кемеровская область, город Прокопьевск

Студенты 1 курса, факультет очного обучения,

специальность «Открытые горные работы» группы

ГОН-181.2

Филиал КузГТУ имени Т.Ф.Горбачева в г.Прокопьевске Россия

Научный руководитель: Сигаева.В.В. Старший преподаватель

Аннотация: На физике звука основаны и все радиоэлектронные устройства, позволяющие обрабатывать звук: усилители, микшеры, эквалайзеры. Звук они рассматривают, как напряжение, ток. Меняя его частоту, фазу, амплитуду и другие характеристики, они воздействуют на звуковую волну, усиливая её звучание, меняя её тембр, интенсивность, тональность и другие характеристики

Ключевые слова: герц , спектор, частота, октава, волны

ФИЗИКА ЗВУКА

UDC:534.231.2

Vasiliev Anton Sergeevich

Russia, Kemerovo region, Prokopyevsk

Danilin Vladislav Konstantinovich

Russia, Kemerovo region, Prokopyevsk

1st year students, faculty of full-time education,

specialty "Open-pit mining" of the group Gon-181.2

Branch KuzGTU named after T. F. Gorbachev in the city of Prokopyevsk Russia

Supervisor: Sigaeva.V.V senior lecturer

Abstract: all electronic devices that allow processing sound: amplifiers, mixers, equalizers are based on the physics of sound. Sound they see as voltage, current. Changing its frequency, phase, amplitude and other characteristics, they affect the sound wave, enhancing its sound, changing its timbre, intensity, tone and other characteristics

Key words: Hertz, Spector, frequency, octave, waves

Physics of sound

В этой статье мы узнаем что такое «Физика звука» звук-это волновой колебательный процесс, происходящий в упругой среде и вызывающий слуховое ощущение. Источники звуковых волн - любое тело колеблющееся в упругой среде со звуковой частотой от 16 до 20000 Гц.

Физика звука

Вообще, звук - это волна. Но и свет - это волна, и рентгеновские лучи тоже. Что же их отличает? Правильно, частота!

Частота - число колебаний (в данном случае звуковых) в единицу времени. Если нас интересует количество колебаний в секунду, то имеет смысл измерять частоту в Герцах.

Герц - число колебаний в секунду. Например, в нашей с вами электросети течёт переменный ток с напряжением 220 вольт и частотой 50 Гц. Если волна имеет частоту от 16 до 20000 Гц (порог слышимости человеческого уха), то это звук. Или точнее, звуковая волна. Если такая волна достигнет нашего уха, мы услышим какой-нибудь звук - например, звук падающего стола. Или звук потревоженной струны гитары. Можно сказать, что мы живём в окружении звуковых волн. Трудно найти место, где их не было бы совсем. Даже в лесу будет шум деревьев, которые качает ветер, пение птиц, хруст валежника...

Волны с частотой ниже 16 Гц называют инфразвуком. Волны с частотой выше 20000 Гц - это ультразвук. Уши животных устроено иначе, чем наше, и некоторые животные различают звуки далеко за пределами нашего порога слышимости. Таким образом, иногда в цирке используется ультразвуковой свисток для подачи команд собаке - сколько раз нужно гавкнуть, когда ей показывают цифру 8.

Опыт показывает, что для органа слуха человека звуковыми являются только такие волны, в которых колебания происходят с частотами от 20 до 20000 Гц. Наинизший из слышимых человеком музыкальных звуков имеет частоту 16 колебаний в секунду. Он извлекается органом. Но применяется не часто - очень басовит. Разобрать и понять его трудно. Зато 27 колебаний в секунду - тон вполне ясный для уха, хоть тоже редкий. Услышать его можно, нажав крайнюю левую клавишу рояля. Абсолютный "нижний" рекорд мужского баса, поставленный в XVIII веке певцом Каспаром Феспером - 44 колебания в секунду. 80 Гц - обычная нижняя нота хорошего баса и многих инструментов. Удвоив число колебаний (повысив звук на октаву), приходим к тону, доступному виолончелям, альтам. Здесь отлично чувствуют себя и басы, и баритоны, и тенора, и женские контральто. А еще на октаву выше - мы попадаем в тот участок диапазона, где работают почти все голоса и музыкальные инструменты. В этом районе акустика закрепила всеобщий эталон высоты тона: 440 Гц ("ля" первой октавы). Вплоть до 1000-1200 Гц

звуковой диапазон полон музыкой. Эти звуки - самые слышные. Выше следуют менее населенные "этажи". Легко взбираются на них лишь скрипки, флейты, орган, рояль, арфа. И полновластными хозяйками выступают звонкие сопрано. Вершины женского голоса забрались еще дальше. В XVIII веке Моцарт восхищался певицей Лукрецией Аджуяри, которая брала "до" четвертой октавы - 2018 Гц!. Француженка Мадо Робен (умершая в 1960 году) пела полным голосом "ре" четвертой октавы - 2300 Гц. Еще несколько редких, нехоженных ступенек (доступных разве мастерам художественного свиста) - и музыкальный диапазон кончается. Звуки выше 2500-3000 колебаний в секунду в качестве самостоятельных музыкальных тонов не используются. Они слишком резки, пронзительны.

Существуют особые источники звука, испускающие единственную частоту, так называемый чистый тон. Это камертоны - простые устройства, представляющие собой изогнутые метааллические стержни на ножках. Чем больше размеры камертонов, тем ниже звук, который он испускает при ударе по нему. Их используют для настройки музыкальных инструментов, особенно струнных.

Как ещё различаются слышимые нами звуки - не только же по частоте! Кроме частоты широко используются такие понятия, как высота звука, тембр, громкость... Каждой из этих весьма субъективных оценок соответствует определённая физическая характеристика звуковой волны.

Начнём с того, что звук является не просто волной, которую, скажем, нам может выдать любой звуковой генератор. Как правило, звук представляет собой сложный сигнал, который является следствием наложения сразу нескольких волн с разными частотами. Этот набор называется акустическим спектром.

Спектр - это то, какие частоты в себя включает звук. Эти частоты различаются количеством герц (колебаний в секунду).

Если в каком-то звуке присутствуют колебания всех частот в определённом диапазоне, например от 10-100 Гц, то такой спектр называется сплошным. В природе таких звуков не бывает.

Если спектр звука состоит из колебаний всего нескольких частот (обертонов) из данного диапазона, то он называется линейчатым. Такой звук воспринимается с более-менее определённой высотой. Такой звук принято называть тональным. (Иногда про какую-нибудь неблагозвучную композицию музыканты говорят, что она атональна - корень этого слова кроется именно в физике).

Высота звука определяется наименьшей частотой спектра. Она называется

основной в данном спектре.

Окраску звука, его тембр, определяет интенсивность обертонов. Иными словами, мы отличаем ноту взятую на скрипке от ноты, взятой на фортепиано. Почему? Ведь каждая нота - это всего лишь какая-то фиксированная частота! Дело именно в обертонах - частотах, которые сопровождают основную частоту и располагаются близко к ней. Большое значение имеет также их интенсивность. Искусственно создавая (генерируя) частоты с определённым уровнем, можно в лабораторных условиях создать звук любого музыкального инструмента - начиная от флейты и заканчивая шотландской волынкой. На этом явлении основаны синтезаторы звука. Видите, как важно знать природу звука!

Кстати, что же такое интенсивность? Под интенсивностью понимают среднее по времени значение плотности энергии, которую несёт звуковая волна. Волна должна иметь некоторое минимальное значение интенсивности (порог слышимости), чтобы мы вообще смогли её услышать.

Порог слышимости тоже вещь глубоко субъективная и притом очень зависит от частоты звука. Наиболее восприимчиво человеческое ухо к низким частотам. Именно поэтому, когда у ваших соседей за стенкой громко играет музыка, вам, к несчастью, слышны только басы - так как они обладают наименьшей частотой.

Лучше всего мы слышим частоты от 20 Гц до 1-4 кГц. Хуже всего воспринимаются частоты в области 2 кГц. Порог слышимости измеряется в ваттах/метр квадратный. При интенсивности порядка 1-10 Вт/м² наступает порог болевого ощущения. Волна перестаёт восприниматься ухом, как звук. Замечали ли вы, что проведя весь вечер на дискотеке, сразу после её окончания вы какое-то время хуже слышали? Это как раз и есть болевой порог, а вернее его последствия. Порог болевого ощущения также зависит от частоты. Наибольший он в области 1-2 кГц, наименьший в области верхних частот.

Субъективно оцениваемая громкость звука возрастает медленнее, чем интенсивность звуковых волн. Если говорить математическим языком, то интенсивность нарастает в геометрической прогрессии, а громкость в арифметической, то есть линейно.

Самый слабый слышимый звук, дошедший до барабанной перепонки, приносит в 1с. энергию, равную примерно 10 -16 Дж, а самый громкий звук (реактивного ракетного двигателя в нескольких метрах от него)-около 10 -4 Дж. Следовательно, по мощности самый громкий звук примерно в тысячу миллиардов раз превосходит самый слабый. Но этого нельзя сказать о

громкости звука. О звуках вообще нельзя сказать, что один из них в два, в три, а тем более в миллионы или в миллиарды раз громче другого. О звуках различной громкости говорят, что один громче другого не во столько-то раз, а на столько-то единиц. Единица громкости называется децибелом (дБ). Например, громкость звука шороха листьев оценивается 10 дБ, человеческого шёпота-20 дБ, уличного шума-70 дБ. Шум громкостью 130 дБ ощущается кожей и вызывает ощущение боли. О громкости уличного шума, например, можно сказать, что она на 60 дБ больше громкости шороха листьев.

Как рассчитать уровень громкости? Например, усилитель усиливает звук в 10000 раз. Сколько это децибелл?

$$L=10 * \lg(I/I_0)$$

Это универсальная формула. Она является основной для усилительной техники - какой бы сигнал она не усиливала. L - громкость в децибеллах, I, I₀ - усиленное и номинальное значения интенсивности соответственно (вместо интенсивности можно поставить значения напряжения, тока, мощности и др). Если поменять местами числитель и знаменатель, то мы получим не усиление, а ослабление номинального сигнала. Для нашей задачи 10000 раз - это и будет отношение I/I₀. Отсюда:

$$L=10*\lg(10000)=40 \text{ дБ.}$$

Энергия, которую несут в себе звуковые волны очень мала. Если предположить, что стакан с водой полностью поглощает падающую на него энергию звуковой волны с уровнем громкости в 70 дБ, то для того, чтобы нагреть воды от комнатной температуры до кипения в этом стакане, потребуется порядка 200000 лет!

Сколько сил нужно потратить чтобы превратить простые колебания воздуха в чудесный звук! Мастера, изготавливающие музыкальные инструменты, вкладывают душу и весь опыт, накопленный годами, в свои творения. И мы можем только восхищаться как они превращают обыкновенные воздушные волны в прекрасную музыку!

Современная техника позволяет с большой точностью имитировать звучание настоящих музыкальных инструментов. Современные синтезаторы включают в себя свыше 100 различных "музыкальных инструментов": скрипку, орган, флейту, пианино, виолончель, гитару, гобой... Точность воспроизведения синтетического звука зависит от точности приборов задающих частоты основного звука и обертонов. В относительно дешёвых клавиатурах - детских, например, используются не все обертоны и к точности их предъявляются малые требования. Звуки получаются резкие, не живые.

Хорошие электронные рояли практически не отличаются по звучанию от настоящих, в то время, как стоимость их значительно ниже.

На физике звука основаны и все радиоэлектронные устройства, позволяющие обрабатывать звук: усилители, микшеры, эквалайзеры. Звук они рассматривают, как напряжение, ток. Меняя его частоту, фазу, амплитуду и другие характеристики, они воздействуют на звуковую волну, усиливая её звучание, меняя её тембр, интенсивность, тональность и другие характеристики. В настоящее время выпускается достаточно много звуковых плат, которые позволяют записывать звук на жёсткий диск компьютера и воздействовать на него программным способом. На рынке существует значительное количество разнообразных программ, многие из которых рассматриваются в данном пособии.

Разобравшись с физикой звука, вы станете лучше себе представлять его природу. У вас пропадёт суеверный ужас перед техникой. Вы почувствуете себя творцом. Эта книга поможет вам это сделать как можно скорее!

Использованный источник

1. Физика звука (Заглавие с экрана)

<http://www.cleper.ru/articles/description.php?n=29>