



В ПОМОЩЬ РАДИО ЛЮБИТЕЛЮ

R 407
R 259

Н. И. ДОЗОРОВ

З В У К
И
ЭЛЕКТРОАКУСТИКА

РАДИОИЗДАТ · 1938

Н. П. ДОЗОРОВ

R 407
R 254



Звуковые волны

28-23004

Звуковыми волнами мы называем колебания частиц воздуха, вызываемые какими-либо звучащими (вибрирующими) источниками, как-то: камертоном, струной, трубой, колоколом, барабаном, громкоговорителем и т. д. Эти колебания уплотняют и разрежают воздух вокруг источника и распространяются от него в форме концентрических (шаровых) волн. Для того, чтобы дать читателю представление о величине звукового давления, укажем что, например, при обычном разговоре можно считать, что давление изменяется на одну миллионную долю от величины атмосферного давления. При самых сильных шумах, как гром, орудийные выстрелы и т. п., это давление доходит до 0,01 от атмосферного давления. Если мы вспомним, что величина нормального атмосферного давления составляет примерно 1 кг/см^2 , то для силы указанных выше звуков получим величины 1 мг и 10 г на 1 см^2 .

Многочисленными опытами доказано, что звук в безвоздушном пространстве не распространяется. В материальных телах он распространяется с различными скоростями, зависящими помимо материала также и от температуры. В приведенной ниже таблице приведены скорости распространения звука для различных тел при температурах, показанных в таблице.

ТАБЛИЦА 1

Вещество или среда, в которой распространяется звук	Скорость звука в м/сек
Воздух при 0°C и нормальном давлен.	331,4
Вода дистил. при 13°C	1 440
Водород при 0°C и при 760 мм давлен.	1 280
Кислород при 0°C и при 760 мм давлен.	315
Углекислота при 0°C и при 760 мм давлен.	270
Парафин при 6°C	1 522
Парафин при 35°C	250
Сталь	5 000
Ясеновое дерево вдоль волокон	4 670
Ясеновое дерево поперек волокон	1 260

Звуковые волны, аналогично световым, можно фокусировать и преломлять при помощи линз и призм, изготовленных из коллодия и наполненных углекислым газом или другим газом, отличающимся от воздуха скоростью распространения звука. Преломление звука часто происходит на границах слоев воздуха разных температур или плотностей. Ветер оказывает значительное действие на скорость звуковых волн в воздухе: он „относит“ звук и искажает форму волны. Акустические (звуковые) волны могут отражаться от всевозможных экранов, зеркал, стен и т. д. Английский физик Тиндаль наглядно демонстрировал явление отражения звука с помощью двух параболических зеркал: в фокусе первого, подвешенного на потолке, он помещал обычные карманные часы, а в фокусе второго, расположенного на полу, — воронку с трубкой, через которую можно было явственно слышать тиканье часов. При удалении зеркал хода часов не было слышно. Явление эхо всем хорошо известно.

Самая сильная звуковая волна, известная в истории человечества, наблюдалась в 1883 году во время вулканического взрыва на острове Кракатоа; тогда она обошла весь земной шар 7 раз и была зафиксирована многочисленными обсерваториями.

Из всех звуков, воспроизводимых искусственно, наиболее громкими являются звуки, сопровождающие стрельбу из орудий или взрывы. В 1901 году в Англии был проведен орудийный салют множеством военных судов. На расстоянии 100 км звук от выстрелов был настолько силен, что в домах хлопали окна. Самая дальняя слышимость салюта была зафиксирована в 201 км.

Современная техника позволяет строить сверхмощные громкоговорители, которые слышны на много километров.

Всякие звуки мы привыкли различать по их частоте (высота тона) и по их громкости. Экспериментально доказано, что звуки с разными частотами распространяются с одинаковой скоростью. Частота звуковых волн (колебаний) измеряется в герцах ($1 \text{ м} = 1$ колебание в сек.). Время одного полного колебания называется периодом этого колебания. Если в 1 сек. происходит 10 колебаний, то, очевидно, частота будет 10 м, а период — 0,1 сек. Обозначая частоту буквой f и период — T , будем всегда иметь соотношение: $f = 1/T$.

В течение 1 периода, двигаясь со скоростью v , звуковые колебания пройдут путь, равный 1 длине волны, которую обычно обозначают через λ . Таким образом $\lambda = vT$, или $\lambda = \frac{v}{f}$.

Если источник звука движется к нам со скоростью v_0 , то мы слышим не истинную частоту звука f , а повышенную $f \left(1 + \frac{v_0}{v}\right)$; при удалении источника наоборот частота звука будет понижена и равна $f \left(1 - \frac{v_0}{v}\right)$.

Это явление, названное принципом Доплера, легко проверить, проезжая по железной дороге и слушая гудок приближающегося встречного поезда до встречи и после встречи.

Звуковые колебания в целях удобства их изучения принято разделять на сложные и простые — синусоидальные. При помощи математического приема, известного под названием разложения в ряд Фурье, можно каждое сложное колебание разложить на сумму простых си-

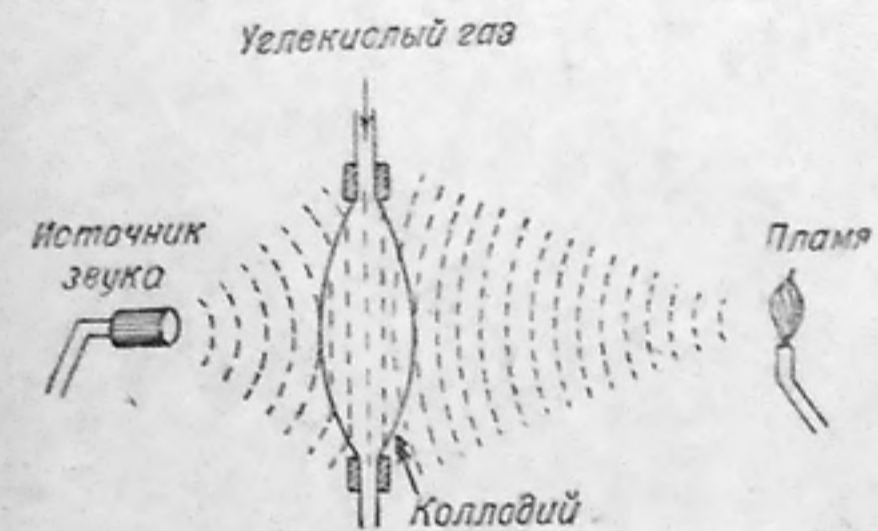


Рис. 1.

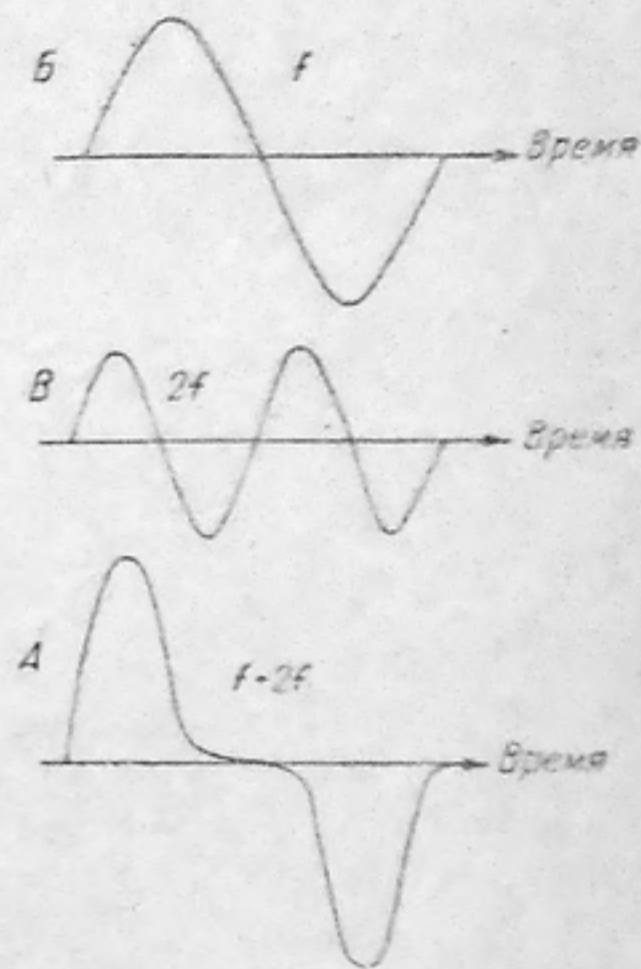


Рис. 2.

нусоидальных колебаний. На рис. 2 показан пример сложного колебания, составленного из двух простых синусоидальных колебаний f и $2f$. Низшая частота f сложного колебания называется основной частотой, в более высокие $2f$, $3f$ и т. д. — гармониками или обертонами от основного колебания.

Величина или амплитуда звуковых колебаний измеряется в барах, причем один бар равняется давлению с силой в 1 дину на кв. см площади (дина — около 0,001 г).

Человеческое ухо

На рис. 3 представлен разрез человеческого уха, которое улавливает звуковые колебания и преобразовывает их в нервные токи, передаваемые мозгу. Мы видим, что весь механизм уха разделяется на 3 области: внешнее ухо (раковина и ушное отверстие), среднее ухо (барабанная перепонка и передаточные косточки) и внутреннее ухо (полукружные каналы, улитка и слуховой нерв). Полость среднего уха при помощи так называемой Евстахиевой трубы соединяется с полостью носоглотки и уравнивает давление по обе стороны барабанной перепонки. Наличие этого соединения объясняет, почему при сильных звуках

(например, при орудийной стрельбе) нельзя затыкать ушей, так как тогда перепонка будет испытывать одностороннее давление и может лопнуть. Наоборот, при слишком громких шумах следует при свободных ушах широко открывать рот для того, чтобы давление по обе стороны перепонки быстрее уравнивалось и тогда опасность повреждения перепонки будет значительно меньше.

Звук, проходя через полость внешнего уха, достигает барабанной перепонки и колеблет ее: перепонка передает эти колебания системе косточек (молоточек, наковальня и стремя) и далее — в полукружные каналы, заполненные жидкостью, и улитку, содержащую множество нервных волокон, соединенных с главным слуховым нервом.

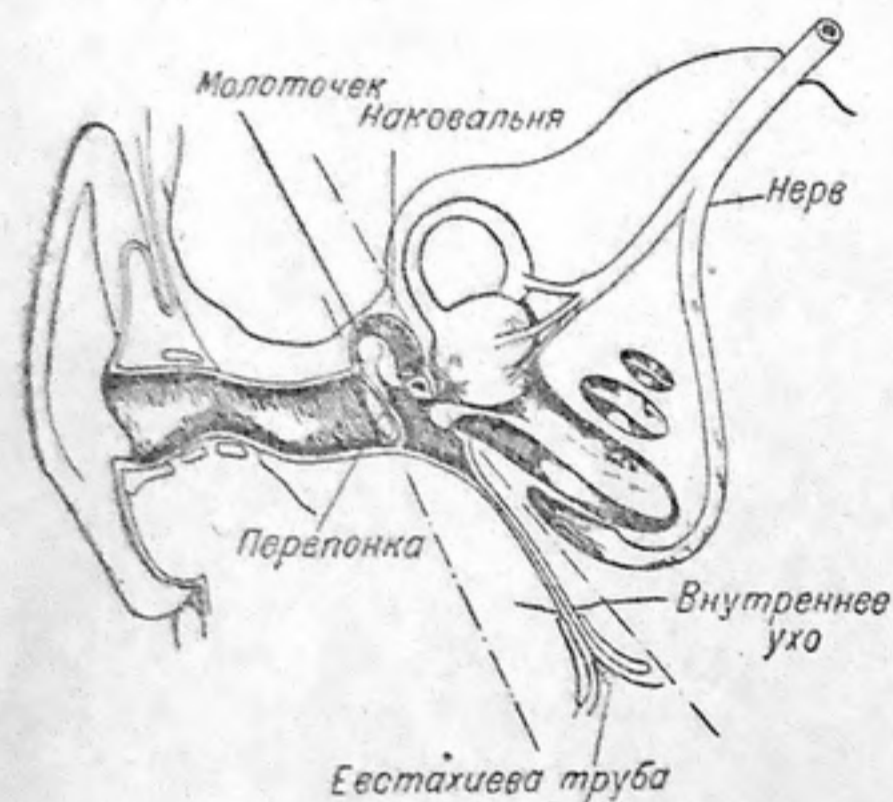


Рис. 3.

Согласно гипотезе Гельмгольца каждое нервное волокно органа Корти (заключенного в улитку) настроено на определенной звуковой тон и любой сложный звук разлагается этим органом на простые составные звуки и тогда уже передается мозгу.

На рис. 4 изображена характеристика человеческого уха. Нижняя кривая показывает амплитуды и частоты слабейших звуков, которые могут различаться, и поэтому эта кривая называется „порогом слышимости“. Верхняя кривая показывает такие амплитуды (при тех же частотах), которые уже вызывают болевое ощущение и слышимость за этим пределом прекращается. Эта вторая кривая называется „порогом болевого ощущения“. Пунктирными линиями показаны такие области слуха, которые (еще точно не установлено) неизвестно, являются ли они слышимыми для большинства людей или нет.

Человеческое ухо может различать частоты звуков примерно от 50 *м* и до 20 000 *м* или до 20 *к* и давлениях от 0,0002 бара до 3 000 бар. Частоты ниже 50 *м* также могут различаться нами благодаря наличию гармоник в звуках; основные же частоты считаются неслышимыми.

Область слышимости, заключенная между двумя кривыми, не остается постоянной. Она несколько различна для разных людей и кроме того сильно зависит от возраста. С повышением возраста эта область уменьшается как по частотам, так и по амплитудам.

Музыкальные звуки

В музыке простые (с синусоидальной формой волны) звуки называются чистыми тонами, а звуки с примесью гармоник — окрашенными (конечно, здесь слово „окраска“ понимается в смысле наличия какого-то тембра). В музыке используется весь диапазон слышимых частот от 32 *м* и до 16 *к*, включая и гармоники от основных частот.

Существует несколько частотных шкал для музыкальных нот. Мы даем в нижеприводимой таблице две шкалы — физическую и применяемую практически в современной музыкальной практике.

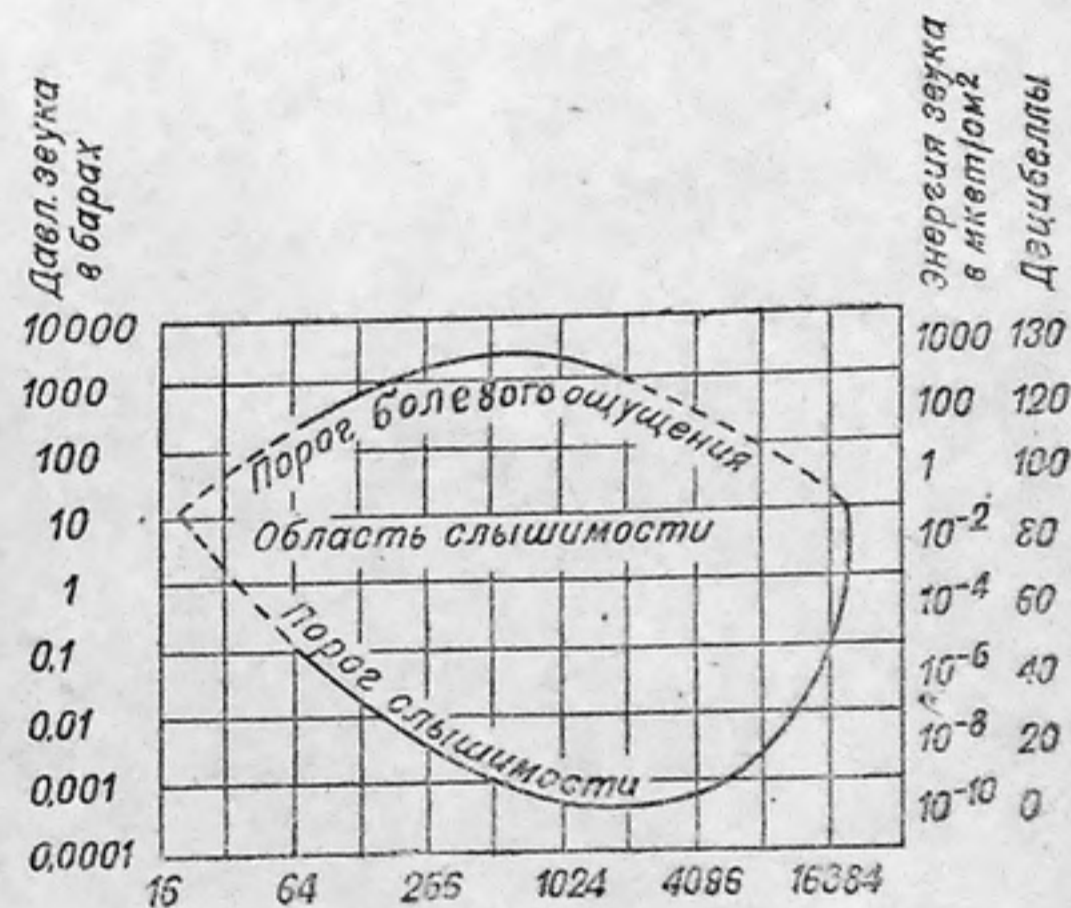


Рис. 4.

Остальные тона идут вверх с удвоением и вниз с делением вдвое частоты на каждой октаве; для читателя, знакомого с клавиатурой рояля, не представит никакого труда установить частоту любой ноты, в приведенных шкалах.

Созвучия нескольких музыкальных тонов дают либо приятное, либо неприятное ощущение: первые созвучия называются консонансами, вторые — диссонансами. Если мы проанализируем частотные соотношения этих созвучий, то увидим, что при консонансах имеют место отношения близких кратностей для частот, входящих в данное созвучие. Так например, аккорд, октава дает отношение частот 1:2, квинта — 2:3, кварта — 3:4, большая терция — 4:5 и малая терция — 5:6.

Однако, природа ощущений здесь зависит не от кратностей, а от появления биений (порядка 30—32 *м*), которые и обуславливают ощущение диссонанса.

ТАБЛИЦА 2

Название ноты (тон)	Частота в физической шкале	Частота в практической шкале
До (основ.)	256	262
До диез	270	277
Ре	288	294
Ми бемоль	303,7	311
Ми	320	330
Фа	341,3	349
Фа диез	360	370
Соль	384	392
Соль диез	405	415
Ля	426,7	440
Си бемоль	455,1	466
Си	480	494

Для того, чтобы читатель получил представление о содержании частот в речи и различных звуках, мы приводим в таблице 3 частоты для разных источников:

ТАБЛИЦА 3

Источники звука	Нижний предел частот	Верхний предел для основ. частоты	Верхний предел обертонов
Тимпан	50	—	3 000
Барабан	60	—	2 500
Альт	40	240	10 000
Виолончель	60	680	10 000
Рояль	32	4100	7 500
Скрипка	200	3070	16 000
Трампон	80	480	10 000
Саксофон-бас	60	—	9 000
Кларнет	170	1540	10 000
Саксофон-сопрано	260	—	12 000
Гобой	260	1540	16 000
Флейта	260	2300	8 000
Пикколо	500	4600	10 000
Мужская речь	100	700	8 000
Женская речь	170	1200	10 000
Шум шагов	80	—	15 000
Шум аплодисментов	100	—	15 000
Звон ключей	700	—	15 000

Комплект электроакустической аппаратуры

Если акустические волны падают на микрофон, то в цепи последнего возникают электрические токи. Эти токи имеют те же частоты, которыми обладали волны, падавшие на микрофон. Токи микрофона можно подать на усилитель и далее по проволоке (или по радио) к месту приема, т. е. к громкоговори-телю. На рис. 5 приведена схема воспроизведения звука, в которой участвуют микрофон, микшер, три усилителя и громкоговоритель. Такие установки применяются в больших аудиториях с целью усиления речи оратора и т. п. Все устройства, связанные с воспроизведением звука, входят в область электроакустики.

Обозначения *дб* (децибелы уровня) будут объяснены в дальнейшем.

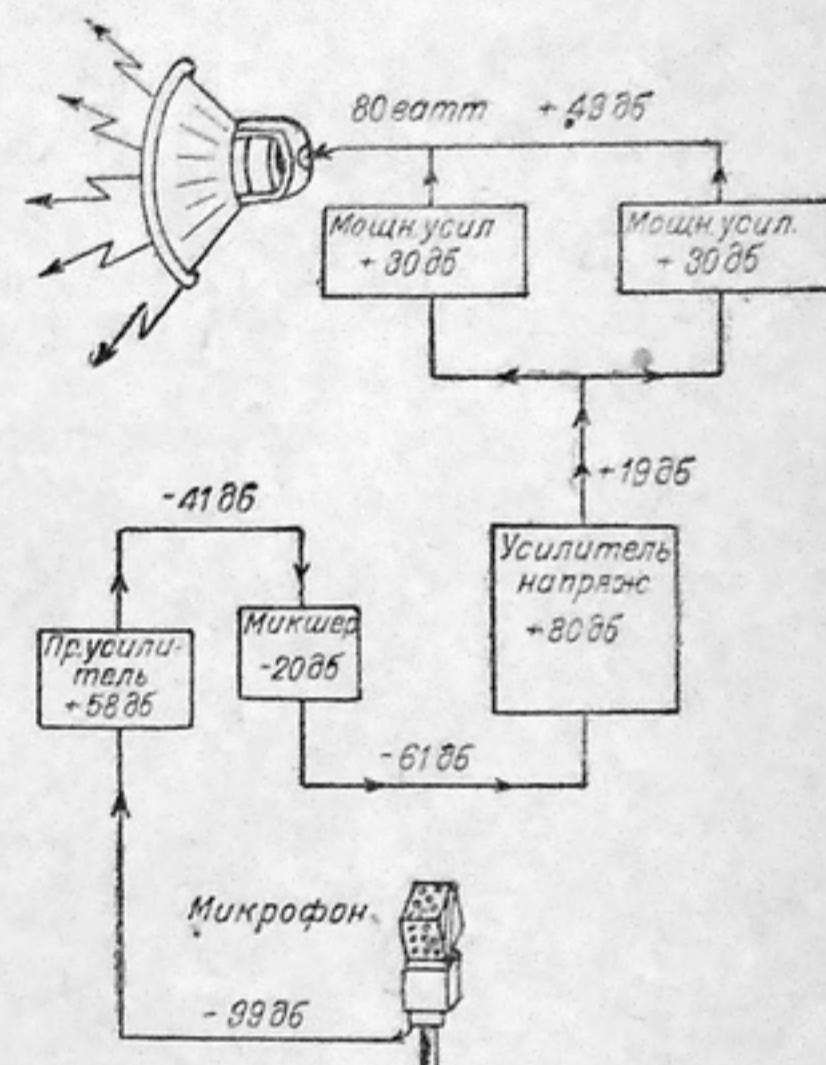


Рис. 5.

Запись звука

Существуют различные способы записи звука. Наиболее распространенный из них состоит в том, что звук записывается сначала на восковую пластинку при помощи резца, вибрирующего под воздействием усиленных токов микрофона (рис. 6).

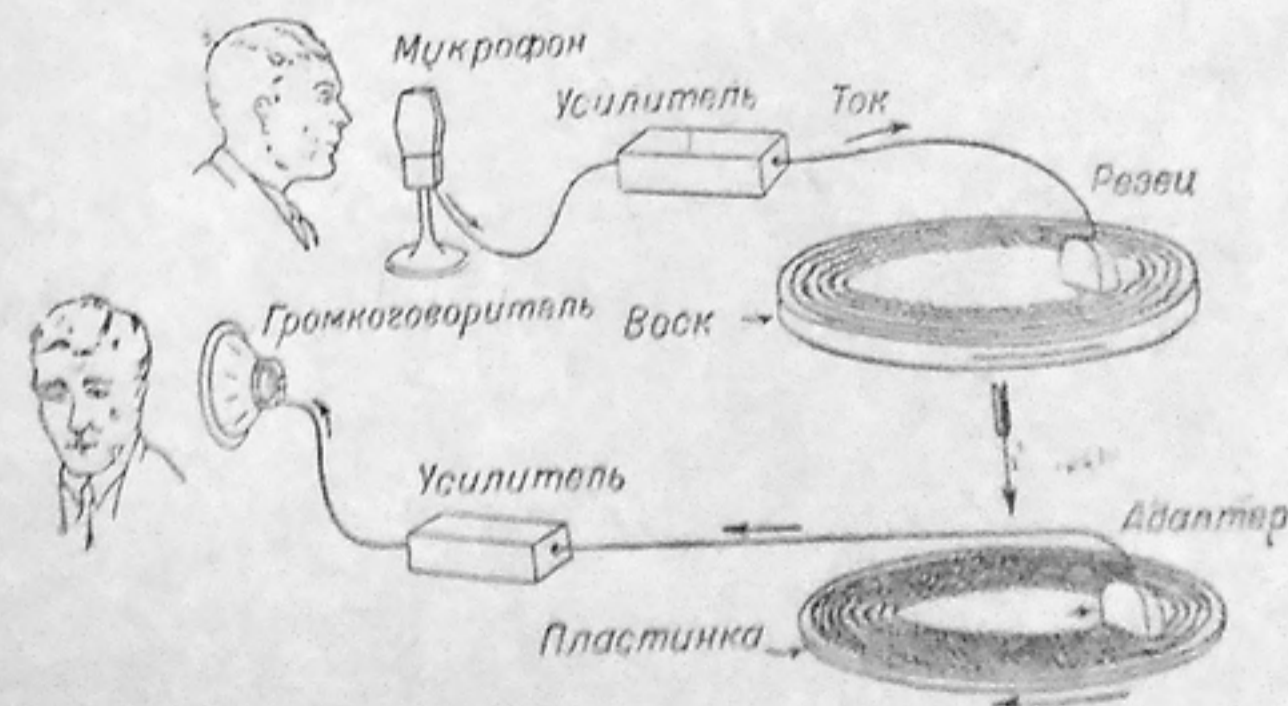


Рис. 6.

Далее с записанной восковой пластинки снимаются копии электролитическим путем и изготавливаются матрицы, при помощи которых уже штампуются из пластмассы обычные патефонные пластинки (рис. 7). При проигрывании пластинки на электропатефоне

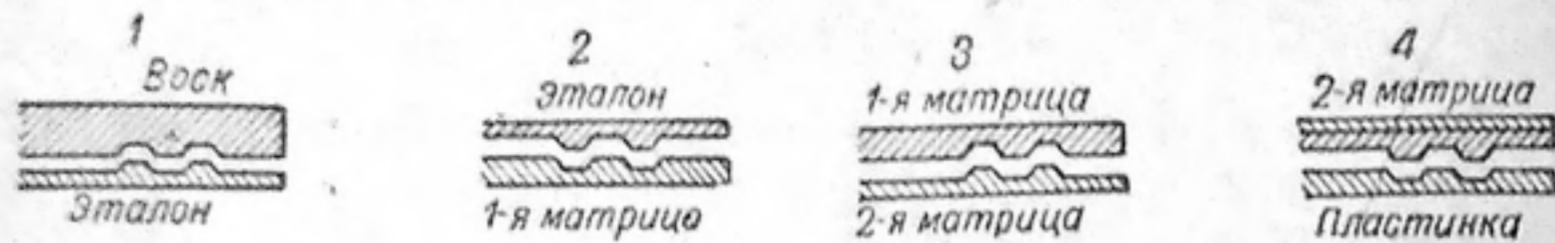


Рис. 7.

(рис. 8) происходит обратный процесс; колебания иглы адаптера превращаются в электрический ток, который усиливается и подводится к громкоговорителю. Звук можно записывать также на

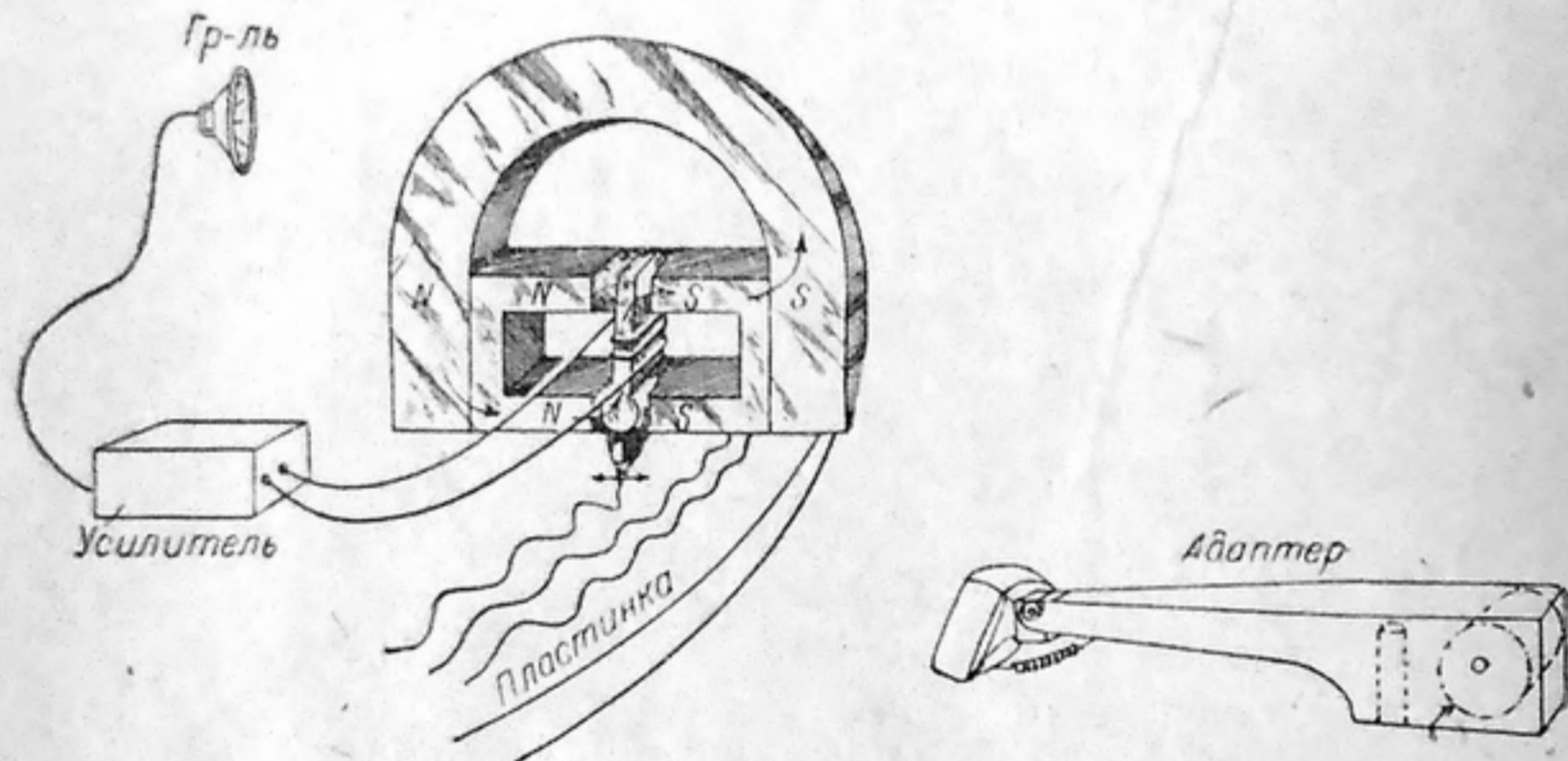


Рис. 8.

пленку, как это делается при съемке звуковых фильмов. Здесь обычно, вместо резца, под воздействием звуковых токов колеблется маленькое треугольное зеркальце и свет от него через

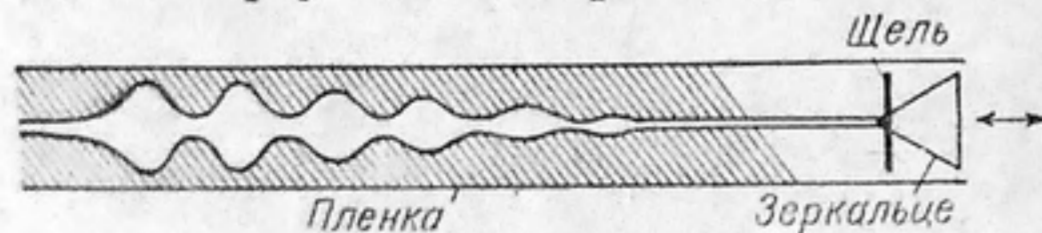


Рис. 9.

щель падает на движущуюся пленку. В результате на пленке образуется так называемая „звуковая дорожка“. Для того, чтобы получить обратно звук от пленки необходим фотоэлемент, на который падает свет от лампы, проходящий через пленку и через аналогичную щель. Пример такой звуковой дорожки показан на рис. 9.

Децибелы

В акустике и электроакустике применяются особые единицы, называемые децибелами (одна десятая бела). Для того, чтобы понять эту единицу, подсчитаем во сколько раз звуковая мощность на пределе болевого ощущения больше порога слышимости.

Из рис. 4 это отношение будет примерно равным $\frac{1000}{10^{-10}}$ или десяти тысячам миллиардов раз. Если мы захотим установить такую шкалу, в которой не фигурировали бы такие огромные числа, то неизбежно приходим к шкале логарифмической, каковой и является шкала децибелов. Такая шкала децибелов очень удобна для определения уровней силы звука или электрической мощности. Акустическая шкала децибелов принимает за нуль предел слышимости для частоты 1000 *м* или силу звука в 10^{-10} *мвт* на кв. сантиметр. Электрическая шкала децибелов окончательно еще не установлена; чаще всего за нуль принимается мощность в один милливатт. Уровень в децибелах при этом будет равен $10 \log \frac{P}{P_0}$, где P_0 — нулевое значение, а P — искомая величина.

Частотные искажения

Известный американский исследователь Флетчер наглядными опытами показал, что для слушателей с развитым музыкальным слухом необходимо давать все частоты от 40 до 15 000 *м* для

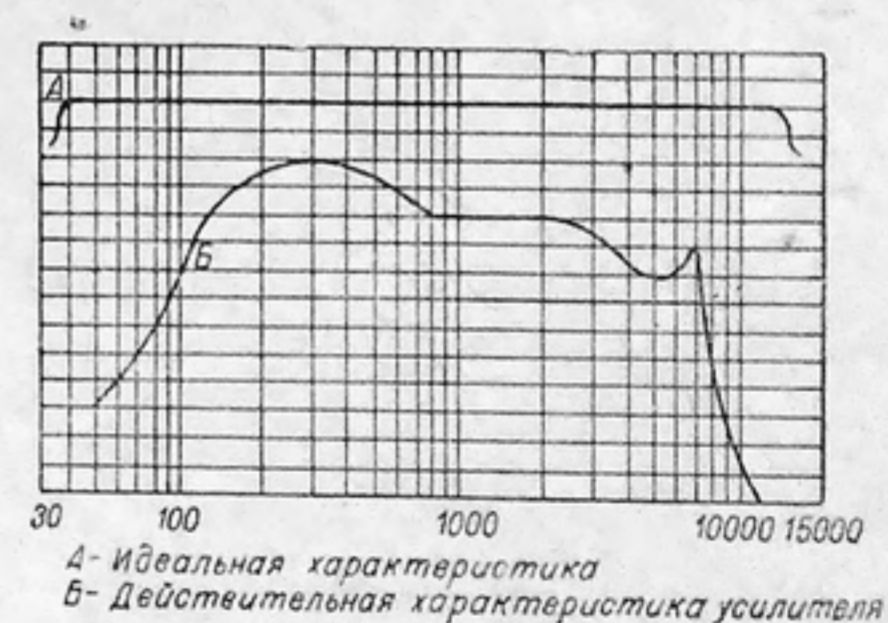


Рис. 10.

того, чтобы воспроизведение речи, музыки и других звуков было вполне натуральным. Для этого необходимо, чтобы частотная характеристика всех приборов (микрофонов, усилителей и т. д.) имела вид прямой А (рис. 10). Однако, большинство существующих электроакустических приборов обладают худшими характе-

ристиками, как показано на рис. 10 и, следовательно, вносят искажение звуков. Даже лучшие современные американские аппараты звукового кино воспроизводят частоты лишь от 50 до 10 000 *м.* Широко известный радиолюбителям радиоприемник СИ-235, например, пропускает без больших искажений частоты лишь в пределах 100—2 500 *м.* Естественно, что радиослушатель получает весьма искаженное воспроизведение речи и музыки.

Компрессия диапазона громкости

Кроме частотных существуют и другие виды искажения. Слушатель, сидя в зале и слушая натуральный концерт хорошего оркестра, получает звуки, меняющиеся по громкости на 60—70 *дб*, при этом мощность звуков увеличивается в несколько миллионов раз при переходе от пианиссимо к фортиссимо. Электрические устройства обычно суживают этот размах громкости до 20—25 *дб* и дают всего лишь примерно 100-кратное отношение мощности наиболее громких звуков к наиболее слабым. Этот вид искажения мы называем компрессией (сжатие) диапазона громкостей. Обратный процесс расширения искусственно сжатого диапазона выполняется так называемым экспандером, представляющим собой 2—3-ламповое устройство, добавляемое к усилителю. Весьма эффективное действие производит передача грампластинок через адаптер и мощный усилитель с экспандером.

Современная техника позволяет построить такую систему, которая будет передавать все звуки без заметных искажений. Такая система несколько раз выполнялась (с большими затратами времени и средств) практически. Слушатели этих демонстраций не были в состоянии отличить натуральный звук от звука, воспроизведенного электромеханически. На этих демонстрациях (Флетчера, Стоковского) система громкоговорителей позволяла различать „месторасположение“ источника звука (движение артиста на сцене, расположение отдельных инструментов, т. е. то, что называется „акустической перспективой“).

Акустика помещений

Современные аудитории, музыкальные залы и т. п. помещения требуют тщательного проектирования и устройства в отношении акустики. Неправильная планировка и отделка зал влечет за собой изменение реверберации, т. е. длительности эхо от стен и внутренних предметов. Не касаясь вопросов акустической теории, связанной с проектированием больших зал, мы укажем, что для каждой величины помещения (в кубических метрах) существует предельное значение периода реверберации, после которого слышимость в зале портится. Так для помещения в 75 *м³* период

реверберации должен быть 0,93 сек. для 150 *м³*—1,02 сек. для 1 000 *м³*—1,25 сек. для 10 000 *м³*—1,70 сек. и для 25 000 *м³*—1,92 сек. По формуле Сэбина период реверберации выражается как:

$$T_r = \frac{KV}{p},$$

где *K*—коэффициент, зависящий от формы помещения,
V—его объем в *м³*,

p—поглощение внутренних стен, потолка и т. п., выраженное в акустических единицах.

Для увеличения *p* применяют специальные формы кресел, обивку стен материалами с высокими коэффициентами поглощения и добиваются, чтобы полученный таким образом период реверберации не превосходил приведенных выше величин.

„Чуткое ухо“

В сказках барона Мюнхгаузена описан человек с таким чутким ухом, что он мог слышать как растет трава. Выражаясь акустическим языком,—этот человек обладал весьма низким порогом слышимости. Напомним, что пределом для слышимых звуков нормального уха является звуковое давление порядка 0,0002 дин на кв. сантиметр, или, выражая это в долях атмосферного давления, получим две десятиллиардных доли атмосферы.

Значит мюнхгаузенский слухач мог различать гораздо более слабые звуки, которых мы—нормальные люди—различать не можем.

Вероятно, многие читатели позавидуют такому слуху. Однако, иметь слух в миллион раз более чуткий не является большим счастьем. Такой человек был бы принужден слышать массу различных шумов (и, прежде всего, шум крови в своих собственных кровеносных сосудах) и он ни минуты не имел бы покоя. Надо признать, что природа поступила мудро, ограничив слух человека и животных определенными пределами и, снабдив его „логарифмической“ чувствительностью к силам звуков.

Уровень шумов

Звуковые колебания присутствуют везде и всегда. Исследования показывают, что в любой аудитории, заполненной самыми спокойными зрителями (или даже без зрителей вообще) уровень шумов достигает 15—20 *дб*. В концертах эта цифра соответствует „пианиссимо“. В современных городах уровень неизбежных шумов сильно возрастает, а в некоторых местах Лондона и Нью-Йорка (поблизости от воздушной дороги) он доходит почти до 100 *дб*, т. е. вплотную приближается к пределу болевого ощущения. Жизнь в таком шуме доводит людей до сумасшествия.

Приводим таблицу (4), показывающую уровень шумов в разных условиях.

ТАБЛИЦА 4

Источник звука	дБ	Микроватты на см ²
Порог слышимости	0	10 ⁻¹⁰
Разговор шепотом	10	10 ⁻⁹
Тихий сад	20	10 ⁻⁸
Спокойное учреждение	30	10 ⁻⁷
Среднее учреждение	40	10 ⁻⁶
Обычный разговор	50	10 ⁻⁵
Деловая улица	60	10 ⁻⁴
Обычный грузовик	70	0,001
Шумная улица	80	0,01
Воздушная дорога	90	0,1
Котельный цех	100	1,0
Мотор самолета	110	10,0
Орудийная канонада	120 и выше	100
Порог болевого ощущения уха	130	1 000

Микрофон

Для того, чтобы микрофон воспроизводил речь и музыку без искажений, он должен обладать хорошими характеристиками амплитудной и частотной, иметь требуемую чувствительность и большую устойчивость (независимо от условий погоды и т. п.).

Угольный микрофон содержит угольный порошок, на который давит металлическая мембрана, благодаря чему меняется электрическое сопротивление порошка. При включении в цепь микрофона постоянного напряжения в цепи появляется ток, пропорциональный по частоте и амплитуде звуковому давлению на мембране.

Постоянное напряжение на угольный микрофон не должно превосходить 8—12 в, так как между крупинками порошка могут возникнуть не-

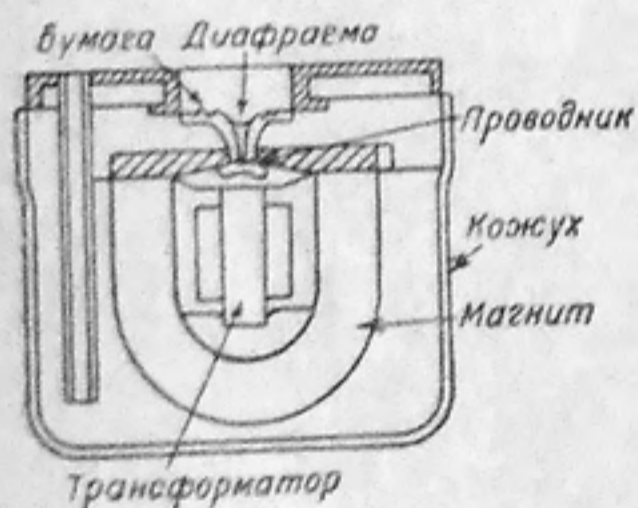


Рис. 11.

большие вольтовые дуги и зерна будут спекаться.

Смещение диафрагмы угольного микрофона не должно превосходить 0,0025 мм; при больших смещениях получается искажение.

Диафрагма современного угольного микрофона делается из дюралюминия толщиной в 0,05 мм. Чувствительность угольного

микрофона превосходит чувствительность остальных типов и составляет около — 35 дБ. Высокие частоты порядка 10 000 мц угольный микрофон не воспроизводит.

На рис. 11 изображен разрез индукторного микрофона.

Маленький алюминиевый проводник помещен в поле сильного магнита и прочно скреплен с алюминиевой диафрагмой, которая в свою очередь связана с V-образной бумажной мембраной, позволяющей проводнику двигаться в поле магнита. При вибрации проводника в нем индуктируется электроток. Чувствительность этого микрофона — 56 дБ, т. е. при подведении к мембране звукового давления в 10 бар, микрофон дает мощность около $\frac{1}{400}$ мвт. Этот микрофон воспроизводит все частоты от 40 до 10 000 мц. Существуют еще микрофоны ленточные, конденсаторные, пьезоэлектрические и др.

Усилители

Современные усилители звуковой частоты могут быть спроектированы по любому техническому требованию.

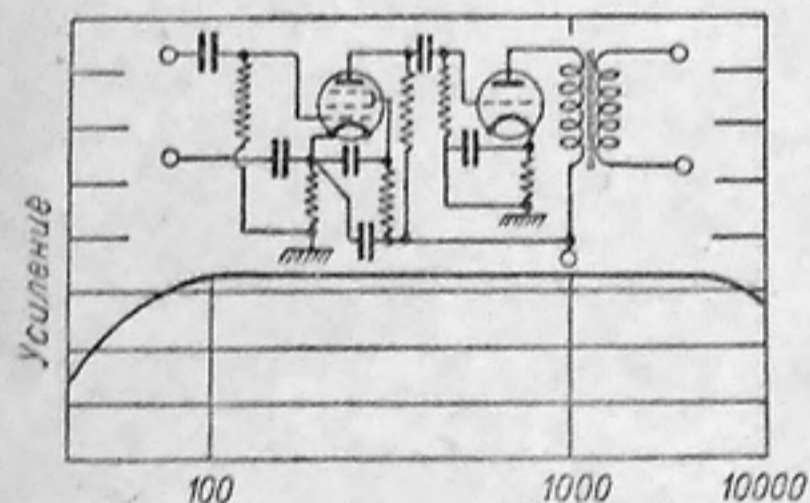


Рис. 12.

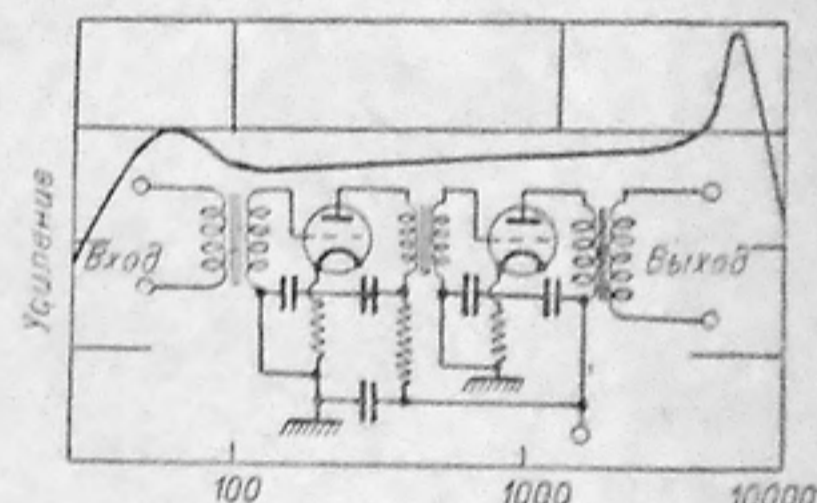


Рис. 13.

Обычно акустические усилители делятся на два вида: усилители напряжения и мощные усилители. С точки зрения схемы усилители могут иметь связь каскадов непосредственную (усиление постоянного тока) на сопротивлениях, дросселях и трансформаторах. На рис. 12 и 13 приведены характеристики и схемы типичных усилителей на сопротивлениях и трансформаторах. Они пропускают частоты от 20 до 10 000 мц и этот диапазон без особого труда может быть расширен.

С точки зрения режима работы ламп усилители делятся на два класса: класс А — усиление обеих полуволн на прямолинейном участке характеристики одной лампы. При этом среднее значение анодного тока лампы велико и такой режим применяется в усилителях напряжения, где затрата мощности небольшая. Коэффициент полезного действия усилителя в этих схемах

невелик, но зато искажения сводятся к минимуму. В мощных усилителях, где приходится экономить энергию, применяются пушпульные схемы и лампы работают в режиме класса В (см. рис. 14). Здесь среднее значение анодного тока обеих ламп относительно меньше, чем в режиме класса А, так как одна лампа

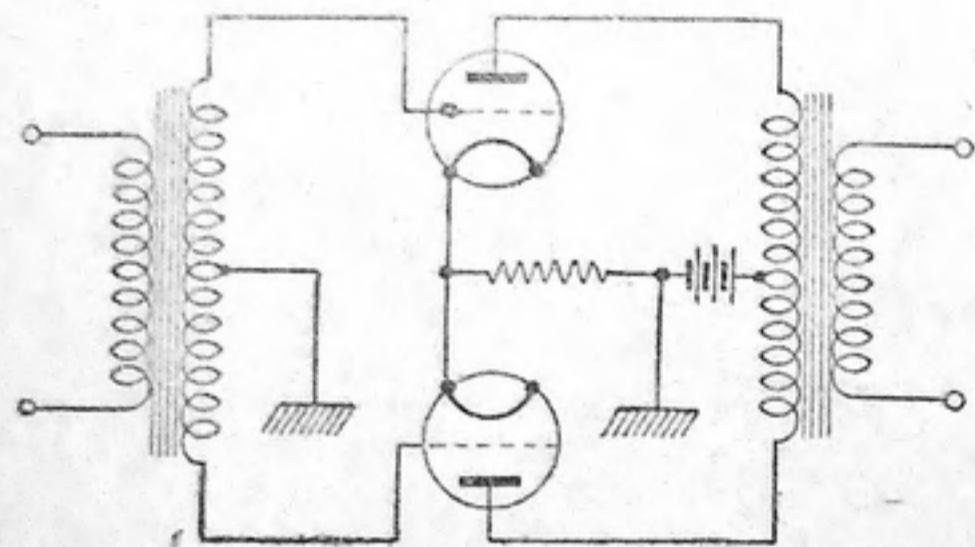


Рис. 14.

усиливает положительную полуволну сигнала, а другая — отрицательную. Постоянный анодный ток здесь гораздо меньше и к. п. д. значительно выше, но искажения также больше нежели в усилителе напряжения.

Громкоговорители

Громкоговоритель является последним звеном в электроакустических цепях. В зависимости от назначения установки применяется тот или иной тип громкоговорителя или же целая система разных громкоговорителей. Наибольшим применением пользуется электродинамический громкоговоритель

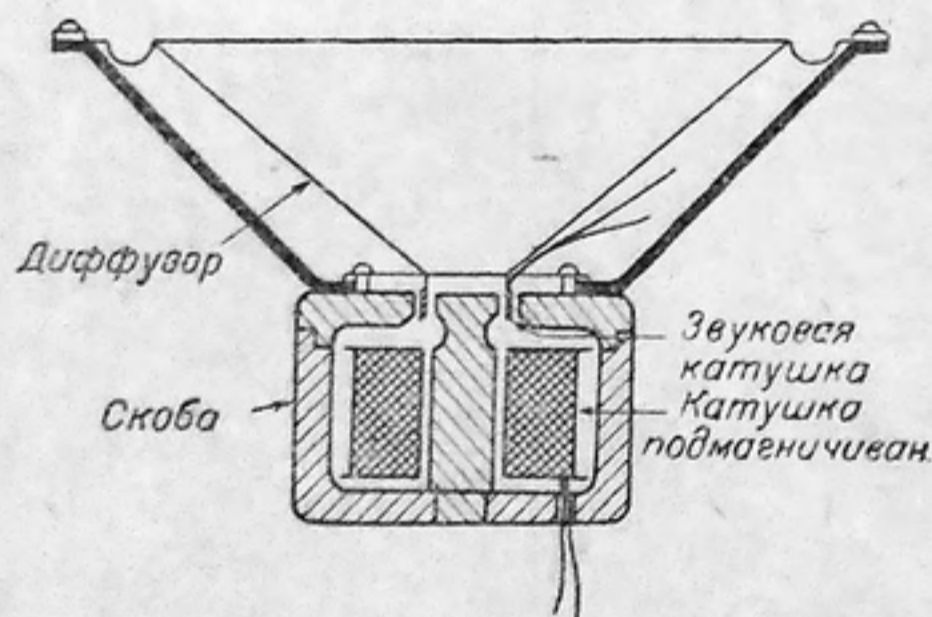


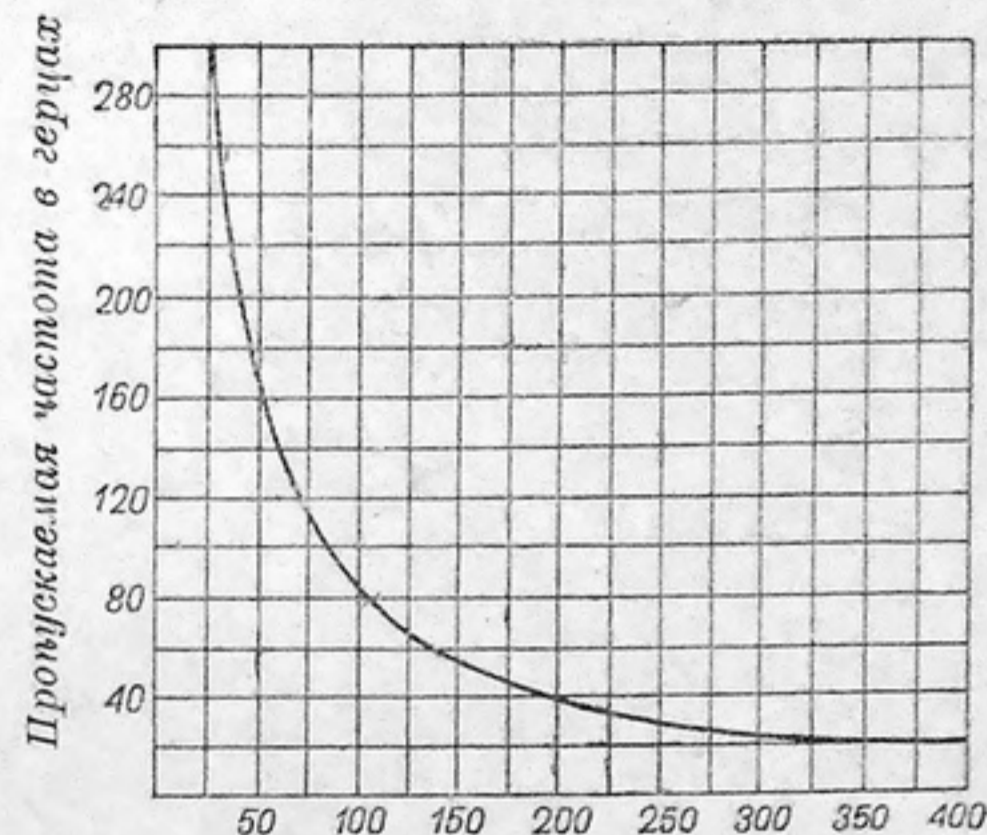
Рис. 15.

(всем известный динамик), устройство которого показано на рис. 15.

Обычно громкоговорители дают очень неодинаковое воспроизведение частот и их характеристики имеют вид зигзагообразных кривых. Громкоговоритель вносит большие искажения в воспроизведение нежели все предыдущие цепи.

Наличие низких частот в воспроизведении динамика определяется качеством отражательной доски, как это видно из кривой на рис. 16. Чем больше размеры доски, тем лучше воспроизведение „басов“. В больших залах, театрах и т. п. ставятся

сложные установки из нескольких громкоговорителей. Пример такой установки показан на рис. 17, причем верхние громкоговорители дают направленное воспроизведение высоких частот,



Размеры доски в сантиметрах

Рис. 16.

а нижние дают частоты, лежащие ниже 200 — 300 *и*. Характерно, что нижние частоты не требуют направленности в силу большой длины звуковых волн.

Другие применения акустики

Последнее десятилетие показало, что акустика и электроакустика получают все большие применения в самых разнообразных областях. Сюда относятся применения звуковых колебаний в военном деле, авиации, в морском флоте, в промышленности, медицине и т. д. Мы приведем несколько примеров таких применений.

Звукоуловитель. Во всех современных армиях зенитная артиллерия снабжается звукоуловителями. Звукоуловитель состоит из нескольких рупоров сложной формы, которые улавливают шум (от моторов самолета) и определяют направление, по которому могут ориентироваться зенитные батареи. Точность таких устройств достигает величины порядка нескольких минут, а это значит, что самолет, летящий на высоте в 1 км, обязательно будет расстрелян.

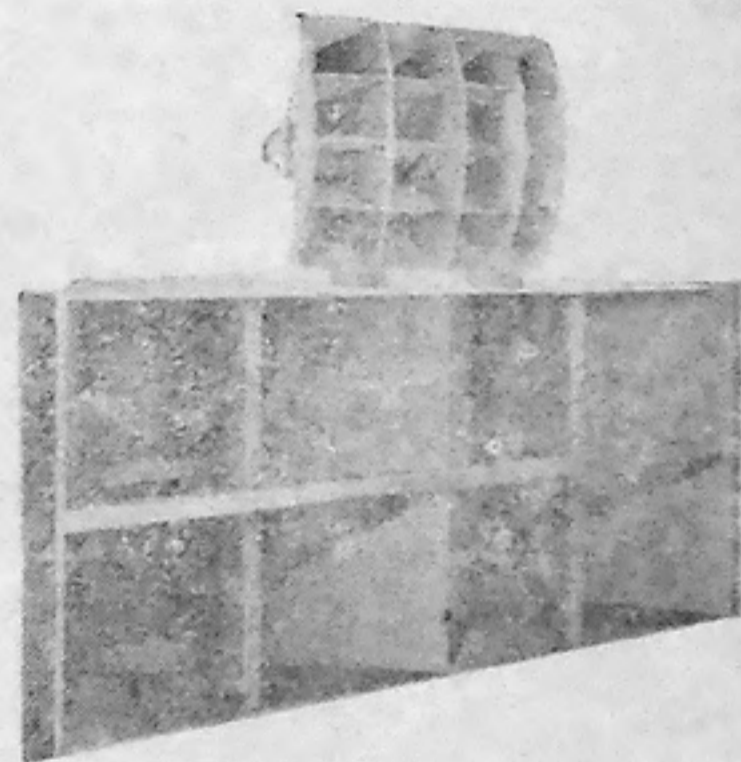


Рис. 17.

Эхолот. В морском деле акустика применяется для измерения глубин. Если послать звуковую волну в глубину моря (в воду) и отдельным прибором уловить волну, отраженную от морского дна, то мы легко можем вычислить глубину моря. Допустим, что прибор показал время 4 секунды между посылкой волны и ее обратным приходом; зная скорость распространения звука в морской воде, скажем 1300 м/сек, мы легко считаем, что за две секунды волна пройдет 2600 м, а это и покажет глубину моря в данном участке.

Такие приборы называются „эхолотами“ и они применяются не только для определения глубин морей и рек, но и для определения высоты с самолета.

Шумоуловители. Всякий корабль, идущий в море, распространяет вокруг себя шумы (работа двигателя, винтов и т. п.).

Эти шумы можно слышать на значительных расстояниях при помощи чувствительных электроакустических приемников, опущенных в воду. Таким путем можно установить присутствие подводных лодок, хотя бы они были погружены в воду. Эти приборы называются шумоуловителями и они ставятся на современных военных кораблях.

Дефектоскопы. Профессором Соколовым сконструирован в Ленинграде оригинальный прибор, который с помощью неслышимых ухом звуковых колебаний ультравысокой частоты исследует структуру металлов и находит внутренние трещины, раковины и т. п. Такие приборы очень полезны в машиностроении для испытания ответственных частей машин, как турбинные лопатки, судовые винты, валы и т. д.

Отв. редактор Г. Гинкин.

Техн. редактор М. Забелинский
Корректор Л. Баранова

Сдано в набор 23 марта 1938 г. Подписано к печати 13 мая 1938 г. Формат $\frac{3}{16}$ доли 60 × 92 см. Объем 1 печ. лист, 1,2 уч. авт. л., Тираж 15 000 экз.
Издат. № 17 Уполн. Главлита № Б-33756.

Школа ФЗУ ОГИЗа Москва, Хохловский пер., 7. Зак. 844.

М 6 0 6 0 3

Цена 25 коп.

С-4



Склад изданий:
Москва, Оружейный пер., 39.