**РЕФЕРАТ**

**Акустические приборы**

2009

**1. Звукоизлучатели**

А) Громкоговорители

а) Мембраны. По Г. Бухману особенно целесообразно применять бумажные мембраны, причем выбор материала для них позволяет влиять на жесткость и внутреннее затухание мембран. При прямых образующих и больших амплитудах колебаний возникает опасность возбуждения унтертонов, появляющихся вследствие изгибных колебаний. Можно избежать их появления, придавая мембране форму неразвертывагощейся поверхности ". Практика показала, что лучшая форма мембраны получается при параболической образующей ее конуса, если при этом кривизна максимальна в середине и снижается к краям. Это позволяет сделать весь громкоговоритель более плоским. Его частотная характеристика постоянна, в области высоких частот она не обнаруживает никакого возрастания, а направленность становится менее резкой.

Иногда с целью экономии места вместо круглых применяются мембраны эллиптической формы.

Для более точного воспроизведения переходных процессов рекомендуется вводить дополнительное затухание на краях мембраны, например, с помощью фетра, а еще лучше — наклеивая эластичный слой из искусственного пластика. Если этим материалом покрыть всю поверхность мембраны, то затухание распространяется и на высокие частоты. Того же эффекта можно добиться, если заклеить отверстия монтажного конуса громкоговорителя пористым материалом.

Более сильное затухание, как известно, достигается и при увеличении индукции магнитного поля в зазоре диффузора. Для ослабления слишком сильного резонанса на низких частотах можно применять также пористые центрирующие мембраны с соответствующим воздушным сопротивлением.

б) Направленное действие и расширение частотного спектра. Для получения равномерного распределения звука при высоких частотах на сердечник электромагнита жестко насаживают концентрически отдельный звукораспределяющий конус. Чтобы с одной установкой можно было получать излучение в области частот от 30 до 15000 гц, В. Бюрк предложил применять добавочный конус для воспроизведения высоких тонов; он делается из бумажного волокнистого вещества, имеет очень небольшой вес и укрепляется в середине конусной мембраны.

Верхняя граница обычных громкоговорителей лежит при частотах от 5 до 8 кгц; для высококачественных передач частот до 15000 гц предусматривают добавочные громкоговорители специально для высоких тонов. Работа этих приборов может быть основана на электродинамическом, электростатическом или пьезоэлектрическом принципах. Звуконаправленность таких излучателей в большинстве случаев сильно выражена, как это следует из отношения длины полны к размерам излучателя. Поэтому располагают несколько излучателей под различными углами или же поверхность излучателя делают выпуклой.

Электростатические излучатели с твердым диэлектриком неоднократно описывались. Колеблющейся мембраной служит полистироловая пленка толщиной около 10 лиг, покрытая тонким слоем серебра или алюминия. Поверхность второго электрода обрабатывается пескоструйным аппаратом, или жена ней наносятся концентрические бороздки. Преимуществом таких устройств является возможность легко приспосабливать их форму и размеры к любым обстоятельствам.

в) Применение группы из нескольких громкоговорителей. Для получения так называемого объемного звучания Харц и Кёстерс предложили пользоваться группами из нескольких громкоговорителей, что оправдало себя. Несколько громкоговорителей располагаются на поверхностях особой многогранной подставки и излучают во всех направлениях колебания с частотами выше 400 гц. Колебания с меньшими частотами излучаются особым низкочастотным громкоговорителем, расположенным горизонтально, так что его колебания также распространяются но всем направлениям.

В радиовещании ограничиваются несколькими громкоговорителями, излучающими вперед и в стороны. При монтаже громкоговорителей в закрытых футлярах необходимо принимать во внимание объемные резонансные явления. В данном случае их устраняют применением звукопоглощающих материалов. Необходимо делать стенки футляров возможно толще, выносить громкоговорители по возможности вперед и обеспечивать максимальную звукопроницаемость материи, закрывающей диффузоры.

При радиовещании в больших помещениях или на открытом пространстве несколько громкоговорителей устанавливают но прямой линии и получают направленное излучение. Чем ниже частоты, тем длиннее должна быть линия расположения громкоговорителей. Направленное излучение, получаемое таким приемом, схематически показано на рис. Сильное излучение имеет место в плоскости, перпендикулярной к плоскости расположения громкоговорителей, в двух других плоскостях оно значительно слабее. Нежелательное излучение в обратную сторону, возникающее иногда, можно уменьшить по Калуше, помещая за системой громкоговорителей задерживающие устройства из материалов с достаточным акустическим сопротивлением.

г) Устройство дек для громкоговорителей. Громкоговорители на деках следует устанавливать асимметрично. Для дек выбирается такой материал, который слабо резонирует, как, например, клееная фанера толщиной свыше 1 см. Размеры деки должны определяться самыми низкими частотами излучения.

д) Рупорные громкоговорители. Громкоговорители с рупором, сечение которого расширяется по экспоненциальному закону, работают, как известно, с коэффициентом полезного действия более высоким, чем при коническом рупоре.

Длину и сечение рупора следует выбирать, принимая во внимание нижнюю граничную частоту. При частоте 50 гц радиус рупора следует брать около 1 м, а длину около 4 ле. Если применяется складчатый рупор по Ольсону, то можно обходиться меньшим объемом.

Б) Термические излучатели звука

В качестве нормального излучателя звука оказался пригодным термофон. Его звуковое давление можно относительно просто рассчитать. Если пропускать переменный синусоидальный ток через термофон, то он начнет звучать с частотой, вдвое большей частоты тока. Чтобы устранить это явление, необходимо одновременно пропускать через термофон постоянный ток, сила которого больше силы переменного тока. По данным Бекеши для термофона можно пользоваться квадратичной характеристикой, если через него пропускать два высокочастотных тока с близкими частотами; возникающие при этом биения звуковой частоты имеют достаточно большие амплитуды. Этим методом пользуются, если необходимо получать медленные синусоидальные колебания давления. В термофоне применяются полоски золотой или платиновой фольги толщиной от 0,01 до 1 мк, площадью от 5 до 10 см2 или волластоновские нити толщиной 0,05—1 мк.

Для получения колебаний с частотой выше 1000 гц можно пользоваться поющей электрической дугой. В воздухе этим методом достигаются частоты до 2 мггц. Вследствие малых размеров источника звука имеет место широкое ненаправленное излучение. В ионофоне нагретый электрическим током раскаленный штифт испускает электроны, которые ускоряются посредством высокого напряжения, образуя в воздухе ионы. Если на ускоряющее напряжение накладывают переменное напряжение, то при этом образуются соответствующие звуковые волны.

В) звуковые линзы

По Коку и Хэрри звуковые колебания, в особенности ультразвуковые, можно собирать или рассеивать линзами особого вида. Линза состоит из жестяных пластин круглой формы, установленных под углом к фронту звуковой волны. Вследствие того, что волны вынуждены распространяться обходным путем I, создается разность хода. Если расстояние между пластинами . то

где I0 — толщина линзы ни — коэффициент преломления линзы.

а) Свистки как излучатели. Для излучения звука с частотами до 40 кгц в воздухе употребляют свисток Гальтона. Еще более высокочастотные звуки, до 120 кгц, можно получить с помощью газового генератора Гартмана с более высоким коэффициентом полезного действия. При работе с водородом достигают частот в 500 кгц. С этим генератором Эрт и Ханеман соединяли мембраны и облучали таким путем жидкости звуковым полем с мощностью 1 вт/см2.

Яновский и Польман описывают жидкостный свисток; он состоит из форсунки и укрепленной вблизи нее металлической пластинки с острым краем, на который падает струя жидкости, выбрасываемая форсункой. При правильном выборе скорости струи и расстояния до острого края пластинки возникают мощные резонансные колебания последней. Левавассер и Гавро описывают свисток для ультразвуковых колебаний в воздухе, который состоит из кольцевого лезвия и соответствующей цилиндрической полости.

б) Сирены. Для достижения больших мощностей звука в воздухе можно применять ультразвуковые сирены, которые работают с большим коэффициентом полезного действия. В зависимости от скорости вращения можно получить частоты от 1 до 200 кгц. Такие приборы применяют для коагуляции взвешенных частиц в воздухе.

в) Получение ультразвуковых колебаний в жидкостях. Для получения ультразвука в жидкостях применяют преимущественно магнитострикционные и пьезоэлектрические звуковые генераторы. Для первых генераторов пользуются стержнями или трубками из никеля или сплавов железа с никелем. Для того чтобы избежать потерь на вихревые токи, трубки или стержни разрезаются. По данным Пирса для этих целей подходит инвар, а также монель. Коэффициенты колебаний, определяемые выражением равняются: для закаленного никеля 252 400, мягкого никеля 235 300; инвара 209 500, монеля 210 800, цекаса 234 900. Неферромагнитные вещества можно также применять в качестве вибратора, если их покрыть тонким слоем магнитострикционного материала. Нечувствительные к температуре вибраторы можно изготовить, насаживая корпус из материала с температурным коэффициентом одного знака на сердечник с температурным коэффициентом противоположного знака. При этом уменьшают также потери на вихревые токи приемом, аналогичным тому, который имеет место в трансформаторах, где вводятся между стальными листами слои изоляции. Листы укладывают в пакеты, в которых делают продольные прорези для намагничивающей обмотки. Область частот такого вибратора лежит между 20H 200 кгц. Звук излучается перпендикулярно к конечным плоскостям;

направленность излучения будет тем острее, чем больше линейные размеры излучающей поверхности но сравнению с длиной волны. Очень остро направленное излучение можно получить, соединяя несколько излучателей в группы. Вводя элементы, изменяющие разность хода между, отдельными волнами, можно изменять в желаемом направлении характеристику направленности излучения. Кроме того, придавая излучающей поверхности определенную форму, можно заглушать боковые максимумы диаграммы направленности. Если желательно получить равномерное излучение во все стороны, можно с успехом применять круглый вибратор.

Для возбуждения звуковых волн в жидкости колеблющийся стержень закрепляют в узлах стоячей волны и заставляют его возбуждать колебания в жидкости. Для случаев, когда невозможно ввести вибратор внутрь жидкости, Тид предложил применять промежуточный вибратор в виде поршня, который изготовляют из упругого материала н закрепляют наконце пакета вибраторов. Конец этого поршня вводят в жидкость или в расплавленное вещество. Вибратор и поршень можно охлаждать циркулирующей жидкостью. Возбуждение звуковых волн в кислотах, щелочах, горячих жидкостях и расплавленных веществах возможно при температурах до 700°С.

Для того чтобы заставить вибратор колебаться на основной частоте, его необходимо подмагничивать с помощью постоянного тока; в противном случае он колеблется с двойной частотой. Чтобы уменьшить подмагничивание, применяют металлы с высокой остаточной индукцией; Камп применял сплав 2-Р-пермендур; можно также установить вблизи постоянный магнит.

Д) Пьезоэлектрический излучатель

Пьезоэлектрический эффект был обнаружен в кварце, турмалине, сегнетовой соли, фосфате аммония, сульфате лития и др., эти вещества нашли практическое применение. Пластинки, применяемые в качестве вибраторов, вырезаются из монокристаллов в определенном направлении. Например, кварцевые пластинки вырезаются в плоскости. Сегнетова соль вследствие ее недостаточной механической прочности лучше подходит для приемников ультразвука. Она сохраняет свою прочность только при влажности от 40 до 85%, а при температуре свыше 55°С разлагается. Сегнетова соль примерно в 10 рдз чувствительнее, чем фосфат аммония и в 150 раз чувствительнее кварца. Фосфат аммония выдерживает нагревание до 100°С и влажность от 0 до 93%.

Краткую сводку свойств пьезоэлектрических преобразователей недавно опубликовал Добелли.

При введении вибраторов в жидкость их затухание значительно Возрастает; в этом случае вибраторы можно применять также на частотах, отличных от резонансных. Применяя кварцевые пластинки, пользуются их поперечными колебаниями в области более высоких частот и продольными — в области низких частот. Для получения больших мощностей при продольных колебаниях Ланжевен склеивал вместе несколько кварцевых пластинок, заключал их между двумя стальными пластинками и возбуждал всю систему. Наклеивание кварца па металл и другие операции надо производить очень осторожно. Особое внимание следует обращать на устранение воздушных пузырей. Хорошо подходит для этих целей клей коэзан.

При возбуждении основных поперечных колебаний кварцевые пластинки можно применять только до частоты примерно 50 мггц; при больших частотах применяемые пластинки становятся слишком тонкими. Более высокие частоты получают путем возбуждения в пластинках гармоник высоких порядков.

Для фокусировки излучаемого звука поверхности пластинок можно отшлифовать в форме вогнутого зеркала. Для непрерывной работы в широкой области частот делают вибратор клинообразной формы. Таким приемом можно получать частоты в области от 1,4 до 5 мггц. Левин Филип достигали этого, наклеивая кварцевую пластинку на клинообразную латунную пластинку.

Закрепление кварца требует особой осторожности. Для подачи переменного напряжения в большинстве случаев обе поверхности пластинки делают матовыми, затем их покрывают металлическими слоями, проводящими ток. Последние можно получить, отлагая слои серебра или золота как химическим путем, так и испарением в пустоте или катодным распылением. Кварцевые пластинки обычно кладутся на прочную, ровную металлическую подложку, которая соединяется проводником с генератором напряжения. Для такой подложки особенно подходящим вследствие своей пластичности оказался свинец. Другие металлы менее удовлетворительны, так как в пластинках кварца при больших амплитудах колебаний и твердой подложке наблюдалось появление трещин. Подводить напряжение к металлизированной поверхности кварца можно при помощи металлического кольца, которое прижимается к ней пружиной. Прямоугольные пластинки можно закреплять также при помощи пружины, укрепленной с одной стороны. Другим видом закрепления служат рамки размеров немного больших, чем пластинка, и три-четыре винта, которые слегка надавливают на кварц. Концы винтов не должны быть твердыми, иначе кварц при сильном нажиме может треснуть. Удобно также на боковых поверхностях кварца сделать канавку, в которую входил бы немного заостренный винт. Удобны также кварцевые пластинки, края которых, симметрично сошлифованные на угол, входят в углубления металлических зажимов. Бец-Бардили предложил крепление, которое дает возможность несколько менять направление излучения. Кварц с его металлической подложкой эластично прижимается концентрическим винтом к раме такого же размера, через которую подводится напряжение. Все устройство крепится на пластине, которую можно поворачивать.

Свободные крепления без подложек вносят, конечно, меньше затухания. Для устранения обратного отражения звука рекомендуется ввести между вибратором и подложкой тонкий слой масла, которое должно быть свободно от пузырьков. Вибратор, работающий на продольных колебаниях, зажимают двумя винтами в его узловых плоскостях. По данным Грюццмахера звуковая энергия, излученная вверх, увеличивается приблизительно в четыре раза, если нижняя сторона кварцевой пластинки граничит с воздухом. На этой поверхности получается полное отражение, и отраженные звуковые волны проходят вверх через пластинку в такой фазе, что усиливают излучение, посылаемое в жидкость. Подобный эффект можно получить, если между подложкой и кварцем ввести слой масла толщиной, равной четверти длины звуковой волны в масле. Для такой оптимальной установки сконструированы приспособления, с помощью которых к кварцевой пластинке, находящейся в масляной ванне, можно приближать поршень с поверхностью, параллельной кварцу, причем расстояние между обеими поверхностями можно регулировать.

Для получения ультразвуковых волн в электропроводных жидкостях можно привести в соприкосновение с жидкостью только излучающие поверхности — через отверстие в резервуаре или, опустив в жидкость кварц в кожухе, имеющем соответствующее окно. Можно также воспользоваться излучением кварца в масло и ввести исследуемую жидкость в стеклянном сосуде в масляную ванну. При большой мощности излучения рекомендуется погружать кварц в трансформаторное масло и т.п. во избежание поверхностного пробоя между электродами на кварце. Пользуясь кварцем, подводимое к нему переменное напряжение надо вводить постепенно, чтобы сначала удалить имеющиеся между электродами газовые пузырьки. Если во время процесса дегазации, вследствие слишком высокого напряжения, возникают искры, то кварц разрушается; так как при длительной работе на большой мощности выделяется значительное количество тепла, то следует предусмотреть охлаждение излучателя, например, при помощи непрерывного охлаждения стенок сосуда.

Е) Электродинамические вибраторы

Генераторы ультразвуковых колебаний, работающие по электродинамическому принципу, описаны Гавро и Миане. Вибраторы, работающие в резонансе, состоят в этом случае из цилиндрических сплошных тел, излучающая поверхность которых имеет требуемую форму, в частности, например, для фокусировки — форму вогнутого зеркала.

Ж) Вибраторы Из искусственных материалов

В последнее время наряду с естественными кристаллами применяют и синтетические. Прежде всего находит применение титанат бария. Изменяя состав, можно получить образцы титаната бария, имеющие при комнатных температурах значительно меньшие температурные коэффициенты. Направление пьезоэлектрической оси таких вибраторов не зависит от величины и формы вибратора и определяется направлением поляризующего поля.

3) Пистонфон

Для исследования и калибровки низкочастотных приемников необходимы источники звука, которые позволяют медленно изменять давление. Особенно подходящим для этой цели является пистонфон. Его подвижная система присоединена к генератору низкой частоты. При очень низких частотах необходимо тщательно следить за герметичностью камеры, в которой изменяется давление. Это можно осуществить с помощью чувствительного манометра. Амплитуду колеблющегося поршня можно измерять при помощи микроскопа.

И) Электродинамические вибрационные столы

Для исследования колебаний применяют вибрационные столы, действующие в большинстве случаев по принципу динамического громкоговорителя. При этом диффузор заменяется легкой пластиной, на которую помещаются испытываемые предметы. Мюэ описывает подобный стол, амплитуда колебаний которого измеряется следующим образом. К крышке стола жестко крепится сердечник из мягкого железа, который может перемещаться в катушке. Катушка включена в мостовую схему. Мерой амплитуды колебаний является коэффициент модуляции.

Подобно вибрационным столам работают механические генераторы колебаний. Они дают возможность получать вибрации с частотами до 15000 гц.

Более мощные колебания низких частот получают, пользуясь мотором с приводом и эксцентриком, как это показано на рис. Вибрационный стол в этой установке совершает синусоидальные колебания в вертикальном направлении с частотами от 0,1 до 20 гц.

**2. Приемники звука**

А) Микрофоны

а) Конденсаторные микрофоны. Для превращения колебаний звука в соответствующие переменные электрические напряжения применяется большое число микрофонов различных типов, которые но принципу действия можно подразделить на электростатические, электродинамические и пьезоэлектрические. Как измерительные приборы до последнего времени чаще всего применяются конденсаторные микрофоны, поскольку при относительно простой конструкции они отличаются постоянством показаний, большой чувствительностью и точной передачей частот и амплитуд. Мембрана конденсаторного микрофона изготовляется чаще всего из алюминиевой фольга, предварительно подвергнутой искусственному старению; мембрана сильно натягивается, чтобы ее собственная частота была высокой. На расстоянии нескольких микрон от нее находится противоположный электрод, благодаря чему система оказывается сильно демпфированной. Для повышения эластичности второй электрод снабжается отверстиями, прорезями и т.п. Микрофоны такого тина изготовляются как приемники давления, приемники скорости, а также как комбинированные приемники давления и скорости. В качестве приемника давления микрофон имеет при низких частотах во всех направлениях равномерную чувствительность. При высоких частотах большая чувствительность имеет место в нормальном направлении — от звука, идущего спереди. Если с помощью приемника давления надо обеспечить ненаправленный прием также и при высоких частотах, то выбирают микрофон весьма малого размера.

б) Направленное действие. В качестве приемника градиента давления микрофон имеет диаграмму направленности в форме цифры, т.е. характеристику, состоящую из двух сфер, которые соприкасаются в плоскости мембраны. Он применяется для приема речи, а также для приема игры оркестра, потому что при этом исполнители размещаются в обеих областях высокой чувствительности. В этом приемнике не наблюдается зависимости частоты от угла, как это имеет место в приемниках давления. Нечувствительностью микрофона в плоскости мембраны пользуются для того, чтобы избежать помех, распространяющихся вблизи этой плоскости. При работе в одном помещении с громкоговорителем плоскость мембраны располагают в направлении на громкоговоритель и благодаря этому избегают акустической обратной связи.

Другой вид приемника этого типа обладает так называемой квадратичной характеристикой, т.е. микрофон обладает повышенной чувствительностью спереди и с боковых сторон, сзади же звук принимается значительно хуже. Этот микрофон удобен для исключения помех, приходящих сзади, для приема звука по определенному, направлению и для работы в одном помещении с громкоговорителями.

в) Схема включения. Конденсаторные микрофоны наиболее широко применяются в так называемых низкочастотных схемах, в которых на микрофон подается напряжение около 100 в через сопротивление в несколько десятков Мом. С нагрузочного сопротивления снимаются переменные напряжения, обусловленные звуковыми волнами. Для достижения качественной передачи независимо от частоты это сопротивление должно быть большим но сравнению с импедансом микрофона. С помощью отрицательной обратной связи за счет сопротивления в катодной цепи лампы усилителя, следующей за микрофоном, получается расширение полосы воспроизводимых частот в направлении нижнего регистра.

В первоначальной схеме микрофон включался в высокочастотный колебательный контур, который имел слабую связь с генератором. Частота контура выбиралась такой, чтобы рабочая точка лежала в середине боковой части резонансной кривой. При приеме микрофоном разговорной речи контур расстраивался, вследствие чего частотная модуляция превращалась в амплитудную. Этот метод может служить для измерения медленных колебаний давления вплоть до нулевой частоты. Об одной схеме такого типа, которая отличается низким уровнем шума, сообщает Заальберг фон Зельст.

Конденсаторный микрофон и первая усилительная лампа располагаются возможно ближе и для снижения уровня фона экранируются общим экраном. Подводка от первого усилителя ко второму, обычно длиной 1 м, также экранируется. Экранирование и правильное согласование выхода лампы с линией, для чего необходим трансформатор с сопротивлением около 200 ом, имеют большое значение. Целесообразно заземлить среднюю точку обмотки трансформатора.

Б) Электродинамические микрофоны

Электродинамические микрофоны из-за их незначительного внутреннего сопротивления можно непосредственно подключать к первой усилительной лампе при помощи длинного экранированного провода. Обычно в корпус микрофона вмонтирован трансформатор, который согласует малое сопротивление катушки микрофона с сопротивлением экранированной линии. Для получения гладкой частотной характеристики за мембраной микрофона делается несколько демпфирующих полостей с различными собственными частотами, которые соединяются друг с другом каналами. Этот микрофон имеет характеристику направленности, подобную характеристике конденсаторного микрофона давления. Выравненную частотную характеристику, имеет также ленточный микрофон, который работает как приемник скорости. На концах свободно подвешенной между полюсами сильною магнита и настроенной на низкую частоту алюминиевой полоски при приеме звука появляются переменные напряжения, которые с помощью трансформатора подводятся к сопротивлению в 200 ом. Для этого микрофона форма диаграммы направленности не зависит от частоты. Прием в плоскости полосок практически невозможен.

В) Кристаллические микрофоны

а) Пьезоэлектрические микрофоны для приема звуковых волн в воздухе в полосе частот слышимых звуков чаще всего изготавливаются из кристаллов сегнетовой соли. Из кристаллов вырезают полоски, которые работают на изгиб. Две такие нары полосок, разделенные дистанционной прокладкой, образуют двойную звуковую ячейку. Емкость такого микрофона равна примерно 1000 пф, так что его можно подключать длинным экранированным проводом ж высокоомному входу усилителя. Микрофон такого тина, особенно хороню оправдавший себя, предложил Ф. Масса: кристаллический микрофон с элементом из фосфата аммония небольшого размера, диаметром 3 мм, был соединен с измерителем звукового давлении и позволял проводить измерения в области частот от 50 гц до 250 гц. Не так давно стали применяться титанаты бария. Эти материалы более устойчивы против действия температуры и влажности, нежели сегнетова соль.

б) Направленное действие. В случаях, когда прием желательно осуществлять только по одному направлению, можно принять следующие меры: микрофон надо поместить в фокус вогнутого зеркала, тогда для всех звуков, длина волн которых мала по сравнению с размерами вогнутого зеркала, будет иметь место направленное действие. Для измерения так называемого направленного рассеяния в объемах при частоте около 2000 гц Р. Тиле использовал параболическое зеркало диаметром 1,2 м. Для той же цели микрофон можно подключать к экспоненциальному рупору. Была предложена еще одна замечательная установка, состоящая из большого числа параллельных, открытых спереди трубок различной длины, которые устанавливаются перед микрофоном. Вследствие интерференции они гасят звуковые волны, падающие со стороны;

Г) Работа на открытом воздухе

Конденсаторные и ленточные микрофоны очень чувствительны к низкочастотным колебаниям давления, которые вызываются ветром, а также к возникающим при ветре завихрениям на корпусе. Поэтому при работе на открытом воздухе эти микрофоны необходимо защищать. Для этого делают шарообразный каркас и обтягивают его звукопроницаемым материалом, например шелком и т.п.; этим можно предохранить микрофон от действия ветра. Однако этот способ защиты при больших скоростях ветра не всегда эффективен. В таких случаях целесообразно поместить микрофон в маленький шар-зонд, который осторожно наполняется воздухом и завязывается поверх подводящего кабеля.

Д) Исследование звукового поля

Для измерения звукового давления применяется диск Релея. Здесь приводятся некоторые указания Беранека относительно веса и размеров диска, полезные при их изготовлении; из покровного стекла: 0,05 г, радиус 0,63 см, толщина 0,016 см, из слюды: 0,006 г, радиус 0,497 см, толщина 0,003 см; из меди: радиус 0,581 см, толщина 0,02 см; из алюминия: радиус 0,5 см, толщина 0,0004 см. Шайба подвешивается на стеклянных или кварцевых нитях, иногда на проволоках из фосфористой бронзы.

Е) Измерение интенсивности ультразвука

Очень простой мерой мощности ультразвуковых колебаний может служить высота фонтанов жидкости, появляющихся над ее поверхностью при работе ультразвуковых генераторов. Для измерения звукового давления, пропорционального квадрату их амплитуды, служит звуковой радиометр. В простейшей форме он состоит из легкой шайбы, подвешенной к крутильным весам. В одном из приборов, работающем по этому принципу, па конце коромысла весов установлена шайба, а на ее поверхности расположено очень большое число маленьких конусов, с помощью которых удается избежать направленного отражения и образования стоячих волн. Движение шайбы под действием звуковых волн передается указателю, который перемещается по шкале, калиброванной в см2. Прибор наполняется водой и через нее приводится в соприкосновение с вибратором, мощность которого измеряется. Баумгарт предложил измеритель давления, который в качестве вращающейся поверхности имеет наполненный воздухом усеченный конус. Звуковые волны, падающие в направлении вершины конуса, отражаются и поглощаются стенками кожуха. Подходящим поглотителем является стеклянная вата. X. Оберет и П. Рикман разработали метод измерения звукового давления, при котором вибратор излучает звук в направлении книзу, в ванну с водой. Звук надает на поплавок с полой конической поверхностью, отражающей звук; благодаря этому поплавок автоматически центрируется па пути звуковых лучей. В нижней его части на стерженьке укреплена шкала, опущенная в тяжелую жидкость, которая предохраняет поплавок от погружения под воду. Если звук падает на поплавок сверху, то он опускается глубже, причем глубина погружения предварительно тарируется; для этого на поплавок кладут последовательно различные гирьки. Для предохранения от циркуляционных потоков между вибратором и отражателем устанавливается наклонно звукопроницаемая алюминиевая фольга.

В случае, когда ультразвук модулируется частотой сети переменного тока, его можно слышать с помощью соответствующего стетоскопа.

Ж) Тепловые действия ультразвука

Для обнаружения изменения ультразвука можно также с успехом использовать его тепловые действия и термоэлемент. Платиновая проволока толщиной в несколько микрон и длиной от 15 до 20 мм предварительно слабо нагревается в схеме мостика Уитстона. Ее присутствие в поле звука не нарушает распространения волн. Для измерения мощности служит аппарат, в котором маленькое вогнутое зеркало концентрирует падающий на него звук в своем фокусе; в этой точке устанавливаются спаи нескольких термопар. Груцмахер использовал тепловой эффект в одном устройстве. Один конец длинного, согнутого под прямым углом стеклянного стержня он ввел в звуковое поле. На другом конце этого стержня был укреплен стеклянный шар, внутренняя полость которого под действием ультразвука нагревалась; это показывал манометр, присоединенный к шару. Линдштрём показал, что для измерения мощности звука можно пользоваться обычным термометром, внося его ртутный шарик в звуковое поле.

Для демонстрационных опытов можно пользоваться чувствительным пламенем. Давление газа должно быть равно примерно 8 м2·. Копчик сопла должен иметь диаметр около 4 мм, но на расстоянии 2 мм от конца он должен конически сужаться до 1,6 мм. Действие ультразвука на биологические объекты см.

3) Ультразвуковые зонды

Для количественных измерений лучшим прибором является пьезоэлектрический приемник, даже по сравнению с конденсаторными микрофонами; в особенности пригодны пьезоэлектрические приборы с твердым диэлектриком, их чувствительность простирается до частот 100 кгц. По данным Кэди, изменяя расстояния между электродом и поверхностью кварца, можно в небольших пределах настраивать кварц на волну генератора звука. Кристаллы как приемники можно сделать очень маленькими, в этом случае - они вызывают лишь незначительное искажение звукового поля. В большинстве случаев целесообразно кристалл монтировать вместе с первой лампой в одном экранированном футляре.

Простые и эффективные ультразвуковые зонды сконструировал Коннельман. Как показано на рис., они состоят из куска шланга, через который протянута проволока, которая лишь немного одним концом погружается в жидкость. На другом ее конце закреплен пьезокристалл, который преобразует получаемые проволокой звуковые колебания в колебания электрического напряжения. Такой же зонд может работать с никелевой проволокой; в нем переменное напряжение получается в катушке. Чтобы получить приемник градиента давления, применяют две проволоки в одном шланге.

И) Ультразвуковой интерферометр

Бергман построил интерферометр с быстрым отсчетом показа-пий, воспользовавшись особым методом. В этом приборе, рефлектор быстро перемещается на заданное расстояние, а число рсп·=' ходящих нрп этом максимумов колебаний отсчитывается электронной декадной счетной лампой. К такому способу необходимо прибегать в тех случаях, когда по скорости распространения делают заключения об изменениях в исследуемой среде при химических реакциях, при быстром изменении температуры и т. п.

К) Поглощение ультразвука

Заслуживают внимания устройства, называемые резонансными поглотителями, которые применяются для поглощения звука в воде. Они заключают в себе воздушные полости, служащие поглощающими резонаторами. Для этого между слоем гладкой резины толщиной 4 мм и толстой железной пластиной прочно укрепляется прокладка с цилиндрическими полостями диаметрами от 5 до 2 мм. Коэффициент поглощения в интервале частот от 9 до 18 кгц равен 99%.

Для облицовки стен бассейнов, для акустических исследований применяются широкополосные поглотители из эластичных пористых материалов. Порам придают остроконечную форму, нем достигается плавный переход от акустического сопротивления воды к акустическому сопротивлению облицовочного слоя.

3. Инфразвук

А) Приемники инфразвука

Очень медленное изменение давления можно обнаружить и измерить с помощью конденсаторного микрофона. Для этого необходимо только следить за тем, чтобы воздух, находящийся в объеме между мембраной и противоположным электродом, не соединялся с наружным воздухом или соединялся с ним только.через очень узкий капилляр. Чтобы можпо было вести измерения до нулевой частоты, применяют схему с несущей частотой. Для наблюдения медленных колебаний типа сотрясений необходим приемник колебаний, распространяющихся в твердых телах, который обычно работает но электродинамическому принципу. С успехом используются также Пьезоэлектрические кристаллы, размер которых может быть очень малым. Так, В. Холле описывает одну предложенную X. Оберстом систему, в корпус которой вделан кристалл фосфата аммония, настроенный на 7,5 KBif и работающий на изгиб.

Современные измерители ускорения с элементами из титаната бария были описаны Брюэлем.

Для регистрации медленных колебаний, например деталей машин, пригодны тензометрические датчики. Провод или лента с большим сопротивлением наклеивается, как показано на рисунке, на бумажную полоску или фольгу из искусственного материала. При деформации полоски, всей плоскостью приклеенной к месту, где ведется измерение, происходит изменение сопротивления проволоки. Датчик включается в мостиковую схему, работающую на несущей частоте.

Б) Калибровка приемников

Для облегчения калибровки электромеханических преобразователей применяется следующий метод: на вибрационном столе рядом с испытываемым преобразователем помещается очень маленький контрольный датчик, обратным воздействием которого на стол, очень малым, можно пренебречь. Сигналами с контрольного датчика после усиления пользуются для управления силовой установкой, приводящей в движение вибрационный стол. Этим обеспечивается постоянство амплитуды колебаний стола в широком диапазоне частот. Можно, следовательно, при непрерывном изменении частоты непосредственно регистрировать постоянную передачи.

4. Помещения, свободные от эха

Если в свободном звуковом поле производятся точные исследования, при которых требуется получить постоянное звуковое давление или снять диаграмму направленности, то необходимо иметь помещения со стенами возможно более сильно поглощающими звук. Для этой цели оказалось целесообразным подвесить перпендикулярно к стенам на небольшом расстоянии друг от друга ватные полосы, а между ними и стеной проложить еще слой ваты. Из соображений пожарной безопасности вата должна быть огнестойкой. В помещении натягивается сетка для хождения, так как пол также должен быть звукопоглощающим. Целесообразно также туго натянуть сетку из стальной проволоки, на которую можно установить измерительные приборы. Более эффективными, чем ватные полосы, оказываются конусы из звукопоглощающих материалов, угол конусности которых выбирается так, чтобы падающие звуковые волны на противоположной стороне конуса снова отражались; постепенно при многократном отражении с большиши потерями волны заглушаются. Так как поглощение на поверхности особенно эффективно только при высоких частотах, тс\* позади конусов устанавливают дополнительно резонаторы, гасящие звук низких частот; таким путем достигается равномерное; поглощение во всей области слышимости.

5. Аудиометр

Определение порога слышимости на различных частотах для наблюдателя и исследуемого субъекта связано с рядом трудностей. Для их устранения Бекеши разработал аппарат, позволяющий исследуемому субъекту проверять самого себя. Интенсивность звучания тонов он регулирует кнопкой. Частота тонов медленно меняется, и наблюдатель все время находится на границе слышимости и неслышимости. Построенный по этому принципу прибор описан Кайзером. Мраз и Дистель изобрели аудиометр нового типа, в котором сила звука регулируется не механическим переключателем логарифмического ступенчатого потенциометра, а при помощи электронной схемы. Это сильно упрощает обращение C прибором и устраняет потрескивание при переключении.