**Что такое ультразвук и чем он полезен**

Если какое-либо тело колеблется в упругой среде быстрее, чем среда успевает обтекать его, то своим движением оно то сжимает, то разрежает среду. Слои повышенного и пониженного давления разбегаются во все стороны от колеблющегося тела и образуют звуковую волну. Если колебания тела, создающего волну следуют друг за другом не реже, чем 16 раз в секунду не чаще, чем 20 тысяч раз в секунду, то человеческое ухо слышит их.

Частоты 16 Гц- 20 кГц, которые способен воспринимать слуховой аппарат человека принято называть звуковыми или акустическими, например писк комара ≈10 кГц. Но воздух, глубины морей и земные недра наполнены звуками, лежащими вне этого диапазона – инфра и ультразвуками. В природе ультразвук встречается в качестве компонента многих естественных шумов, в шуме ветра, водопада, дождя, морской гальки, перекатываемой прибоем, в грозовых разрядах. Многие млекопитающие, например кошки и собаки, обладают способностью восприятия ультразвука, частотой до 100 кГц, а локационные способности летучих мышей, ночных насекомых и морских животных всем хорошо известны. Существование таких звуков было обнаружено с развитием акустики только в конце XIX века. Тогда же начались первые исследования УЗ, но основы его применения были заложены только в первой трети XX-века.

Ультразвуковые волны (неслышимый звук) по своей природе не отличаются от волн слышимого диапазона и подчиняются тем же физическим законам. Но

**у** **ультразвука есть специфические особенности**, которые определили его широкое применение в науке и технике. Вот основные из них:

♦ Малая длина волны. Для самого низкого УЗ диапазона длина волны не превышает в большинстве сред нескольких сантиметров. Малая длина волны обуславливает лучевой характер распространения УЗ волн. Вблизи излучателя УЗ распространяется в виде пучков, по размеру близких к размеру излучателя. Попадая на неоднородности в среде, УЗ пучок ведёт себя, как световой луч испытывая отражение, преломление, рассеяние, что позволяет в оптически непрозрачных средах формировать звуковые изображения, используя чисто оптические эффекты (фокусировку, дифракцию и др.)

♦Малый период колебаний, что позволяет излучать ультразвук в виде импульсов и осуществлять в среде точную временную селекцию распространяющихся сигналов.

♦ Возможность получения высоких значений интенсивности колебаний при малой амплитуде, т.к. энергия колебаний пропорциональна квадрату частоты. Это позволяет создавать УЗ пучки и поля с высоким уровнем энергии, не требуя при этом крупногабаритной аппаратуры.

♦ В ультразвуковом поле развиваются значительные акустические течения, поэтому воздействие ультразвука на среду порождает специфические физические, химические, биологические и медицинские эффекты, такие как кавитация, капиллярный эффект, диспергирование, эмульгирование, дегазация, обеззараживание, локальный нагрев и многие другие.

**История ультразвука**

Внимание к акустике было вызвано потребностями морского флота ведущих держав - Англии и Франции, т.к. акустический – единственный вид сигнала, способный далеко распространяться в воде. В 1826 году французский учёный Колладон определил скорость звука в воде. Эксперимент Колладона считается рождением современной гидроакустики. Удар в подводный колокол в Женевском озере происходил с одновременным поджогом пороха. Вспышка от пороха наблюдалась Колладоном на расстоянии 10 миль. Он также слышал звук колокола при помощи подводной слуховой трубы. Измеряя временной интервал между этими двумя событиями, Колладон вычислил скорость звука - 1435 м/сек. Разница с современными вычислениями только 3 м/сек.

В 1838 году, в США, звук впервые применили для определения профиля морского дна . Источником звука, как и в опыте Колладона, был колокол, звучащий под водой, а приёмником большие слуховые трубы, опускавшиеся за борт. Результаты опыта были неутешительными – звук колокола, также как и подрыв в воде пороховых патронов, давал слишком слабое эхо, почти не слышное среди других звуков моря. Надо было уходить в область более высоких частот, позволяющих создавать направленные звуковые пучки.

Первый генератор ультразвука сделал в 1883 году англичанин Гальтон. Ультразвук создавался подобно звуку высокого тона на острие ножа, когда на него попадает поток воздуха. Роль такого острия в свистке Гальтона играл цилиндр с острыми краями. Воздух (или другой газ), выходящий под давлением через кольцевое сопло, диаметром таким же, как и кромка цилиндра, набегал на неё и возникали высокочастотные колебания. Продувая свисток водородом, удалось получить колебания до 170 кГц.

В 1880 году Пьер и Жак Кюри сделали решающее для ультразвуковой техники открытие. Братья Кюри заметили, что при оказании давления на кристаллы кварца генерируется электрический заряд, прямо пропорциональный прикладываемой к кристаллу силе. Это явление было названо **"пьезоэлектричество"** от греческого слова, означающего "нажать". Кроме того, они продемонстрировали обратный пьезоэлектрический эффект, который проявлялся тогда, когда быстро изменяющийся электрический потенциал применялся к кристаллу, вызывая его вибрацию. Отныне появилась техническая возможность изготовления малогабаритных излучателей и приёмников ультразвука.

Гибель «Титаника» от столкновения с айсбергом, необходимость борьбы с новым оружием - подводными лодками требовали быстрого развития ультразвуковой гидроакустики. В 1914 году, французский физик Поль Ланжевен совместно с русским учёным, жившим в Швейцарии - Константином Шиловским впервые разработали гидролокатор, состоящий из излучателя ультразвука и гидрофона - приёмника УЗ колебаний, основанный на пьезоэффекте. Гидролокатор Ланжевена – Шиловского, был первым ультразвуковым устройством, применявшимся на практике. Также в начале века российский ученый С.Я.Соколов разработал основы ультразвуковой дефектоскопии в промышленности. В 1937 году немецкий врач-Упсихиатр Карл Дуссик, вместе с братом Фридрихом, физиком, впервые применили ультразвук для обнаружения опухолей головного мозга, но результаты полученные ими оказались недостоверными. В медицинской диагностике ультразвук начал применяться только с 50-х годов XX-го века в США.

**Получение ультразвука**

Излучатели ультразвука можно разделить на две большие группы.

1)     Колебания возбуждаются или препятствиями на пути струи газа или жидкости, или прерыванием струи газа или жидкости. Используются ограниченно, в основном используются для получения мощного УЗ в газовой среде.

2)     Колебания возбуждаются преобразованием в механические заданных колебаний тока или напряжения. В большинстве ультразвуковых устройств используются излучатели этой группы: пьезоэлектрические и магнитострикционные преобразователи.

Кроме пьезоэлектрических, для получения мощного ультразвукового пучка используются также магнитострикционные преобразователи. **Магнитострикция** - это изменение размеров тел при изменении их магнитного состояния. Сердечник из магнитострикционного материала, помещённый в проводящую обмотку меняет свою длину в соответствии с формой токового сигнала, проходящего по обмотке. Данное явление, открытое в 1842 г. Джоулем, свойственно ферромагнетикам и ферритам. Наиболее употребительные магнитострикционные материалы это сплавы на основе никеля, кобальта, железа и алюминия. Наибольшая интенсивность излучения у сплава перминдюр (49%Co, 2%V, остальное Fe), который используется для мощных излучателей, в частности в **АПУ «Акустик-Т».**

**Применение ультразвука**

Многообразные применения ультразвука можно условно разделить на три направления:

1)     получение информации посредством ультразвука

2)     воздействие на вещество

3)     обработка и передача сигналов

Области применения ультразвука Частота в кГц

**1 10 100 103 104 105 106  107**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Получение**  **информации**  **о веществе** | **Исследование**  **состава и св-в веществ** | **газы** |  |  |  |  |  |  |  |
| **жидкости** |  |  |  |  |  |  |  |
| **тв.тела** |  |  |  |  |  |  |  |
| **Гидролокация** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **УЗ дефектоскопия** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Контроль уровней и разм.** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Медицинская диагностика** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Воздействие**  **на вещество** | **Коагуляция аэрозолей** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Воздействие на горение** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Очистка** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Химические процессы** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Эмульгирование** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Диспергирование** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Распыление** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Кристаллизация** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Металлизация, пайка** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Механическая обработка** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Сварка** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Пластич. деформирование** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Терапия** | |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **Хирургия** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Обработка**  **сигналов и**  **управление ими** | **Линии задержки** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Фильтры** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Акустоэлектронные преоб.** | |  |  |  |  |  |  |  |
| **Акустооптические устр-ва** | |  |  |  |  |  |  |  |

Зависимость скорости распространения и затухания акустических волн от свойств вещества и процессов в них происходящих, используется для:

**- контроля протекания химических реакций, фазовых переходов, полимеризации и др.**

**- определения прочностных характеристик и состава материалов,**

**- определения наличия примесей,**

**- определения скорости течения жидкости и газа,**

Точность определения состава веществ и наличия примесей высока и составляет доли процента.

Большая группа методов основана на отражении и рассеянии УЗ волн на границах между средами. Эти методы позволяют проводить определять локацию инородных тел и используются в таких сферах как:

-        **гидролокация,**

-        **неразрушающий контроль и дефектоскопия,**

-        **медицинская диагностика,**

-        **определения уровней жидкостей и сыпучих тел в закрытых ёмкостях,**

-        **определения размеров изделий,**

-        **визуализация звуковых полей – звуковидение и акустическая голография.**

Воздействие ультразвука на вещество, приводящее к необратимым изменениям в нём, широко используется в промышленности. При этом механизмы воздействия различны для разных сред. В газах основным фактором являются акустические течения ускоряющие процессы **тепломассообмена.** Причём эффективность УЗ перемешивания значительно выше обычного гидродинамического, т.к. пограничный слой имеет меньшую толщину. Это используется в следющих процессах:

-        **ультразвуковая сушка,**

-        **горение в ультразвуковом поле,**

-        **коагуляция аэрозолей,**

В жидкостях основную роль играет **кавитация.** На кавитации основаны следующие технологические процессы:

-        **ультразвуковая очистка,**

-        **металлизация и пайка,**

-        **так называемый звукокапиллярный эффект - проникновение жидкостей в мельчайшие поры и трещины. Применяется для пропитки пористых материалов и любой обработки твёрдых тел в жидкостях.**

-        **диспергирование твёрдых тел в жидкостях,**

-        **дегазация (деаэрирование) жидкостей,**

-        **кристаллизация,**

-        **интенсификация электрохимических процессов,**

-        **получение аэрозолей.**

-        **уничтожения микроорганизмов и стерилизация инструментов в медицине.**

**Механическая обработка** твёрдых тел с применением ультразвука основана на следующих эффектах: **уменьшение трения** между поверхностями при УЗ колебаниях одной из них, **снижение предела текучести** или пластическая деформация под действием УЗ. Ударное воздействие инструмента с УЗ частотой на металлы вызывает из **упрочнение и снижение остаточных напряжений.** Комбинированноевоздействие статического сжатия и ультразвуковых колебаний используется в **ультразвуковой сварке.**

Действия ультразвука на биологические объекты вызывает разнообразные эффекты и реакции в тканях организма, что широко используется в **ультразвуковой терапии и хирургии.** При повышении пороговой интенсивности УЗ, соответствующей возникновению кавитации, происходит разрушение бактерий и вирусов и стерилизация лекарственных веществ.

УЗ устройства применяются для преобразования и аналоговой обработки эл.сигналов и для управления световыми сигналами в оптике и оптоэлектронике. Малая скорость ультразвука используется в **линиях задержки**. Управление оптическими сигналами основывается на **дифракции света на ультразвуке.** Один из видов такой дифракции – т.н.**брегговская дифракция** зависит от длины волны ультразвука. Акустооптические устройства позволяют выделить из широкого спектра светового излучения узкий частотный интервал, т.е. осуществлять **фильтрацию света**.

Ультразвук чрезвычайно интересная вещь и возможности его практического применения не поддаются никакому исчислению. И хотя наше предприятие специализируется на ультразвуковых противонакипных устройствах, мы любим ультразвук во всех его проявлениях и будем рады обсудить любые идеи, с ним связанные.

Литература.

1.     «Ультразвук» Энциклопедия под ред. И.П.Голяминой, М. 1979.

2.     материалы сайта http://www.dfa.ru