



# Что такое ультразвук

- Если какое-либо тело колеблется в упругой среде (к примеру, в воде) быстрее, чем среда успевает обтекать его, оно своим движением то сжимает, то разрежает среду. Слои повышенного и пониженного давления разбегаются от колеблющегося тела во все стороны и образуют упругие колебания - звуковые волны. Если колебания тела, создающего волну, следуют друг за другом не реже, чем 16 раз в секунду (16 Гц) и не чаще, чем 18 тысяч раз в секунду (18 кГц), то человеческое ухо слышит такие колебания. Такие колебания называют **звуком**.



**Ультразвуком** принято называть упругие колебания (волны) частотой от 18 кГц до 1 ГГц . Снизу этот диапазон частот ограничен верхним пределом слышимости для человеческого уха.

- Верхняя граница определяется по длине волны, которая в принципе может распространяться в данной упругой среде (будь то газ, твердое тело или жидкость). Длина такой волны должна быть больше свободного пробега молекул газа или межмолекулярных расстояний в жидкостях и твёрдых телах. Как мы видим, ультразвуковые волны 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 формировать звуковые изображения в оптически непрозрачных средах, 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 энергии 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 эффекты: физические, химические, биологические и медицинские. Такие как кавитация, звукокапиллярный эффект, диспергирование, эмульгирование, дегазация, обеззараживание, локальный нагрев и многие другие.

- 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.

# Коротко об истории ультразвука

- Существование неслышимых звуков было обнаружено с развитием акустики в конце XIX века. Тогда же начались первые исследования ультразвука, но основы его применения были заложены только в первой трети XX -века.
- 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 с целью прокладки телеграфного кабеля. Источником звука, как и в опыте Колладона, был колокол, звучащий под водой, а приёмником большие слуховые трубы, опускавшиеся за борт корабля. Результаты опыта оказались неутешительными. Звук колокола (как, впрочем, 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 свисту на острие ножа, если на него дуть. 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 кромку, и возникали высокочастотные колебания. Продувая свисток водородом, удалось получить колебания до 170 кГц.

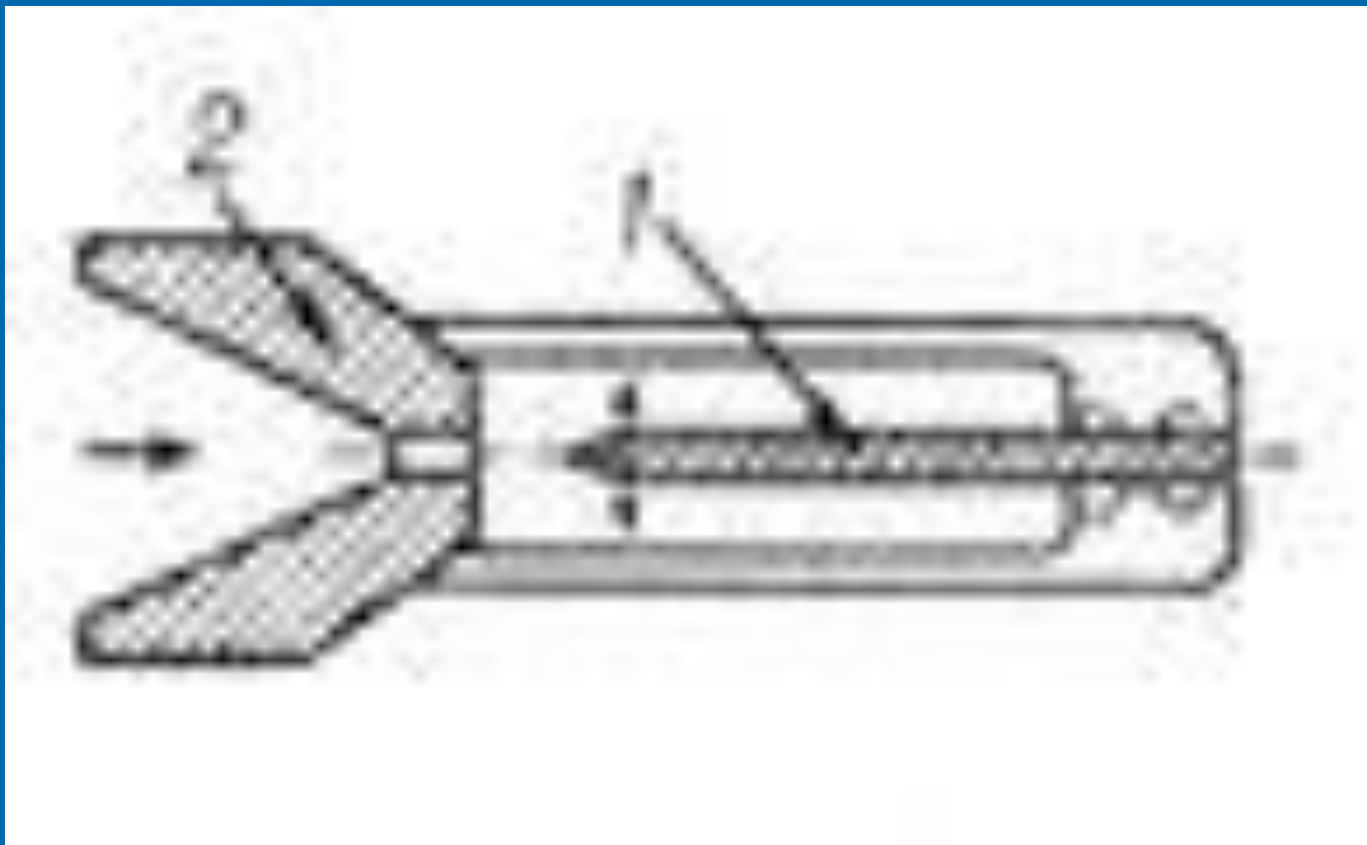


Схема жидкостного свистка: 1 — металлическая пластина; 2 — сопло.



Схема губного свистка: 1 — сопло; 2 — резонансная камера;  
3 — острый край резонатора.

- 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.

# Широкие возможности использования ультразвука

- Зависимость скорости распространения и затухания акустических волн от свойств вещества и процессов в них происходящих , используется в таких исследованиях:
- изучение молекулярных процессов в газах, жидкостях и полимерах,
- изучение строения кристаллов и других твёрдых тел,
- контроль протекания химических реакций, фазовых переходов, полимеризации и др.
- определение концентрации растворов,
- определение прочностных характеристик и состава материалов, определение наличия примесей .

- Большая группа методов измерения основана на отражении и рассеянии УЗ волн на границах между средами. Эти методы позволяют точно определять местонахождение инородных для среды 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.
  - определение скорости течения жидкости и газа
- Особо следует отметить широкие возможности ультразвука для очистки и мойки различных поверхностей и материалов.

# Ультразвук – волшебник и маг

## ЧИСТОТЫ

- Что такое упругие колебания среды (возьмём, к примеру, жидкость)? Это фактически колебания давления в её локальных участках (см. рис. 1). То есть, если взять какой-нибудь достаточно маленький объём жидкости, то получится, что в нём давление постоянно «скачет» то выше, то ниже нормального. Причём частота этих «скачков» совпадает с частотой порождающего их ультразвука. Физико-химические свойства жидкости сильно зависят от давления. В частности это относится к температуре кипения, которая тем ниже, чем ниже давление внутри жидкости. То есть, в принципе, можно заставить кипеть даже холодную воду. Вернёмся к нашим колебаниям. Если падение давления достаточно велико, то жидкость легко вскипает (при этом никакой нагрев не требуется!). Кипение идёт очень непродолжительное время (порядка половины периода колебаний) и на очень небольших участках (порядка половины длины волны). После чего падение давления сменяется ростом, и жидкость кипеть больше не может. Затем цикл повторяется.

- Теперь вспомним, что же такое кипение. Это переход жидкости в газообразное состояние по всему кипящему объёму. Практически же это проявляется как образование многочисленных пузырьков, состоящих из пара и газов, которые были растворены в жидкости (в первую очередь это воздух).
- Такие пузырьки в большом количестве образуются в участках низкого давления в ультразвуковом поле. Это явление получило название **кавитации** и является основным специфическим эффектом ультразвука в жидкой среде. Образующиеся пузырьки называют **кавитационными пузырьками** или **кавитационными полостями** .
- Когда давление вновь возрастает, пузырьки резко уменьшаются в размерах. Мелкие пузырьки вообще захлопываются, а крупные просто становятся мельче. Пузырьки первого вида называют **захлопывающимися** , а второго — **пульсирующими** .
- Захлопываясь, пузырёк порождает ударную волну, которая воздействует на находящиеся поблизости предметы. Когда таких пузырьков достаточно много, воздействие становится весьма сильным и даже разрушительным для некоторых веществ. Этот эффект имеет название **гидроабразивного разрушения** , и является основой технологии ультразвуковой очистки. Ведь загрязнения, как правило, менее стойки, чем очищаемая поверхность, и под действием ультразвука быстро разрушаются.
- Пульсирующие пузырьки также играют свою роль. С токами жидкости они проникают в зазоры и щели в плёнке загрязнения, а также между загрязнением и очищаемой поверхностью. Пульсируя, они расшатывают частицы загрязнения, тем самым способствуя его разрушению.



# Медузы и инфразвуки

- На краю "колокола" у медузы расположены примитивные глаза и органы равновесия - слуховые колбочки величиной с булавочную головку. Это и есть "уши" медузы. Однако "слышат" они не просто звуковые колебания, доступные и нашему уху, а инфразвуки с частотой 8 – 13 герц. Перед штормом усиливающийся ветер срывает гребни волн и захлестывает их. Каждое такое захлопывание воды на гребне волны порождает акустический удар, создаются инфразвуковые колебания, их-то и улавливает своим куполом медуза. Колокол медузы усиливает инфразвуковые колебания (как рупор) и передает на "слуховые колбочки". Шторм разыгрывается еще за сотни километров от берега, он придет в эти места примерно часов через 20, а медузы уже слышат его и уходят на глубину. Нужно отдать должное бионикам, которые создали электронный автоматический аппарат - предсказатель бурь, работа которого основана на принципе "инфра уха" медузы. Такой прибор может предупредить о готовящейся буре за 15 часов, а не за два, как обычный морской барометр.

