

АКУСТИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ И КАВИТАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЖИДКОСТЯХ

Содиков Наим Очилович

Узбекистан, Самаркандский Государственный Медицинский Университет

Ураков Шокир Улашович

Узбекистан, Самаркандский Государственный медицинский университет

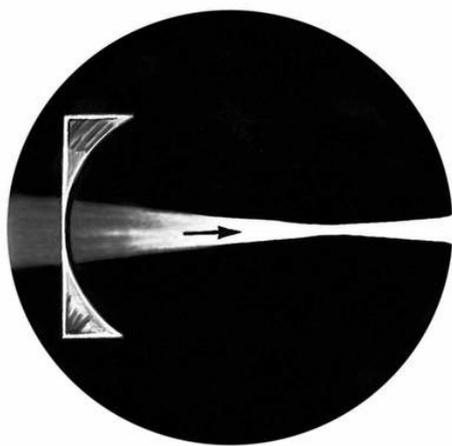
shokiruraqov74@mail.ru

***Аннотация:** По своей физической природе ультразвук представляет собой упругие волны и в этом он не отличается от звука. Частотная граница между звуковыми и ультразвуковыми волнами поэтому условна; она определяется субъективными свойствами человеческого слуха и соответствует усреднённой верхней границе слышимого звука. Однако благодаря более высоким частотам и, следовательно, малым длинам волн имеет место ряд особенностей распространения. Совокупность уплотнений и разрежений, сопровождающая распространение ультразвуковой волны, представляет собой своеобразную решётку, дифракцию световых волн на которой можно наблюдать в оптически прозрачных телах. Малая длина ультразвуковых волн является основой для того, чтобы рассматривать их распространение в ряде случаев методами геометрической акустики.*

***Ключевые слова:** Ультразвук, упругие волны, затухание, молекулярная акустика, релаксация, уплотнения, разрежений, фокусировка звука, скорость, частота, нелинейной акустики, кавитация, свистки и сирены, фаноны, квазичастицы.*

Актуальность: Ультразвук- это упругие колебания и волны с частотами приблизительно от 20 кГц и до 1 ГГц (10^9 Гц). Область частот от 10^9 до 10^{12-13} Гц принято называть гиперзвуком. Область частот ультразвука можно подразделить на три подобласти: Ультразвук низких частот ($1,5 \cdot 10^4$ — 10^5) Гц — УНЧ, Ультразвук средних частот (10^5 — 10^7) Гц — УСЧ и область высоких частот (10^7 — 10^9) Гц — УЗВЧ. Каждая из этих подобластей характеризуется своими специфическими особенностями генерации, приёма, распространения и применения. Физические свойства и особенности распространения ультразвука: по своей физической природе ультразвук представляет собой упругие волны и в этом он не отличается от звука. Частотная граница между звуковыми и ультразвуковыми волнами поэтому условна; она определяется субъективными свойствами человеческого слуха и соответствует усреднённой верхней границе слышимого звука. Однако благодаря более высоким частотам и, следовательно, малым длинам волн имеет место ряд особенностей распространения ультразвука. Так, для УЗВЧ длины волн в воздухе составляют ($3,4 \cdot 10^{-3}$ — $3,4 \cdot 10^{-5}$) см, в воде ($1,5 \cdot 10^{-2}$ — $1,5 \cdot 10^{-4}$) см и в стали ($5 \cdot 10^{-2}$ — $5 \cdot 10^{-4}$) см. ультразвук в газах и, в частности, в воздухе распространяется с большим затуханием. Жидкости и твёрдые тела (в особенности монокристаллы) представляют собой, как правило, хорошие проводники ультразвука, затухание в которых значительно меньше. Так, например, в воде затухание ультразвука при прочих равных условиях приблизительно в 1000 раз меньше, чем в воздухе. Поэтому области использования УСЧ и УЗВЧ относятся почти исключительно к жидкостям и твёрдым телам, а в воздухе и газах применяют только УНЧ. Ввиду малой длины волны ультразвука на характере его распространения сказывается молекулярная структура среды, поэтому, измеряя скорость ультразвука ϑ и коэффициент поглощения α , можно судить о молекулярных свойствах вещества. Этими вопросами занимается молекулярная акустика. Характерная особенность распространения ультразвука в газах и жидкостях — существование отчётливо

выраженных областей дисперсии, сопровождающейся резким возрастанием его поглощения. Коэффициент поглощения ультразвука в ряде жидкостей существенно превосходит рассчитанный по классической теории и не обнаруживает предсказанного этой теорией увеличения, пропорционального квадрату частоты. Все эти эффекты находят объяснение в релаксационной теории, которая описывает распространение ультразвука в любых средах и является теоретической базой современной молекулярной акустики, а основной экспериментальный метод — измерение зависимости скорости распространения и особенно ρ (плотность) от частоты и от внешних условий (температуры, давления и др.). Совокупность уплотнений и разрежений, сопровождающая распространение ультразвуковой волны, представляет собой своеобразную решётку, дифракцию световых волн на которой можно наблюдать в оптически прозрачных телах. Малая длина ультразвуковых волн является основой для того, чтобы рассматривать их распространение в ряде случаев методами *геометрической акустики*. Физически это приводит к лучевой картине распространения. Отсюда вытекают такие свойства ультразвука, как возможность геометрического отражения и преломления, а также *фокусировки звука* (рис. 1).



(рис.1)

Следующая важная особенность ультразвука, — возможность получения большой интенсивности даже при сравнительно небольших амплитудах колебаний, так как при данной амплитуде плотность потока энергии

пропорциональна квадрату частоты. Ультразвуковые волны большой интенсивности сопровождаются рядом эффектов, которые могут быть описаны лишь законами нелинейной акустики. Так, распространению ультразвуковых волн в газах и в жидкостях сопутствует движение среды, которое называют акустическим течением (*рис. 2*). Скорость акустического течения зависит от вязкости среды, интенсивности ультразвука и его частоты; вообще говоря, она мала и составляет доли % от скорости ультразвука.



(рис.2)

К числу важных нелинейных явлений, возникающих при распространении интенсивного ультразвука в жидкостях, относится акустическая кавитация — рост в ультразвуковом поле пузырьков из имеющихся субмикроскопических зародышей газа или пара в жидкостях до размеров в доли мм, которые начинают пульсировать с частотой ультразвука и захлопываются в положительной фазе давления. При захлопывании пузырьков газа возникают большие локальные давления порядка тысяч атмосфер, образуются сферические ударные волны. Возле пульсирующих пузырьков образуются акустические микропотоки. Явления в кавитационном поле приводят к ряду как полезных (получение эмульсий, очистка загрязнённых деталей и др.), так и вредных (эрозия излучателей ультразвука) явлений. Частоты

ультразвука, при которых используется ультразвуковая кавитация в технологических целях, лежат в области УНЧ. Интенсивность, соответствующая порогу кавитации, зависит от рода жидкости, частоты звука, температуры и других факторов. В воде на частоте 20 кГц она составляет около 0,3 Вт/см². На частотах диапазона УСЧ в ультразвуковом поле с интенсивностью от нескольких Вт/см² может возникнуть фонтанирование жидкости и распыление её с образованием весьма мелкодисперсного тумана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергман Л., Ультразвук, пер. с нем., М., 1956;
2. Красильников В. А., Звуковые и ультразвуковые волны в воздухе, воде и твердых телах, 3 изд., М., 1960;
3. Физическая акустика, под ред. У. Мэзона, пер. с англ., т. 1—7, М., 1966—74;
4. Методы неразрушающих испытаний, под ред. Р. Шарпа, пер. с англ., М., 1972; Ультразвуковое резание, М., 1962;
5. Ультразвуковая технология, под ред. Б. А. Аграната, М., 1974;
6. Сафаров Т.С., Ураков Ш.У. Системный подход компьютерной поддержки врачебной деятельности в клинических условиях. // Журнал «Техника и технология», М.: Компания спутник +, 2009, №3, с. 43-45.
7. Сафаров Т.С., Ураков Ш.У. Об одном методы расширения универсальности диагностических систем.// Ташкент, журнал «Проблемы информатики и энергетики», 2014, №5, с.88-94.
8. T.S.Safarov , Sh.U. Urakov, G.T.Safarova, R.A.Sobirov Methods and Models of a Multifunctional System Support for Decision Making for Differential Diagnosis of Diseases// International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE) ISSN: 2278–3091 [http://www.warse.org/IJATCSE/current/currentDetiles/?heading=Volume%209%20No.3%20\(2020\)](http://www.warse.org/IJATCSE/current/currentDetiles/?heading=Volume%209%20No.3%20(2020)) С.3350-3353. Июнь 2020 й. Индия.

9. ТС Сафаров, ШУ Ураков, РА Собиров [Автоматизированная система управления движением информационного потока в условиях единой информационной среды клиники](#)// Международная научно-техническая конференция «Перспективные информационные технологии». Сборник научных трудов, апрель, 2018, Самара.

10. Ш.У. Ураков Х.Н. Зайнидинов , И. Юсупов Применение вейвлетов Хаара в задачах цифровой обработки двумерных сигналов// Международный научный журнал «Автоматика и программная инженерия» (№2 (28), июнь) 2019 с.79-84