

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

О ПОГЛОЩЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ В ЖИДКОСТЯХ

Р. Т. Байер, В. Нарасиман

В ряде работ [1—5] исследовалось поглощение ультразвуковых волн конечной амплитуды в жидкостях и газах.

Теория распространения волн конечной амплитуды в газах рассматривалась впервые в 1931 г. Фэем [1]. Согласно этой теории, которая применима как к газам, так и к жидкостям, коэффициент поглощения α увеличивается при увеличении акустического давления. Это явление обусловлено сдвигом энергии звука на высшие гармоники из-за нелинейности среды и нелинейности точного уравнения движения. Приближенный анализ* показывает, что увеличение α/ν^2 , где ν —частота звука, прямо пропорционально акустическому давлению P_e и обратно пропорционально частоте ν .

Зависимость α/ν^2 от акустического давления была определена экспериментально в ряде опытов [2—5]. Вообще, их результаты указывают на медленное увеличение α с акустическим давлением P_e при небольшом давлении и быстрое линейное увеличение при большем давлении. Недавно мы [6] показали, что увеличение α/ν^2 в воде приблизительно линейно зависит от P_e/ν при больших значениях P_e/ν . На графике приведены результаты этих измерений. Измерения производились в частотном диапазоне от 3,8 до 8,7 мГц.

Результаты работы [5] для воды на частоте 1,5 мГц тоже нанесены на график. Видно, что эти данные согласуются хорошо с кривой, проведенной по данным работы [6].

Добавочную проверку можно получить из анализа Фокса и Уоллеса [2]. Они получили уравнение

$$\frac{\alpha}{\nu^2} = \frac{\alpha_0}{\nu^2} + 10 \frac{B}{A} \frac{\pi \delta_k^{(1)}}{\rho_0 C_0^3} \frac{P_e}{\nu}, \tag{1}$$

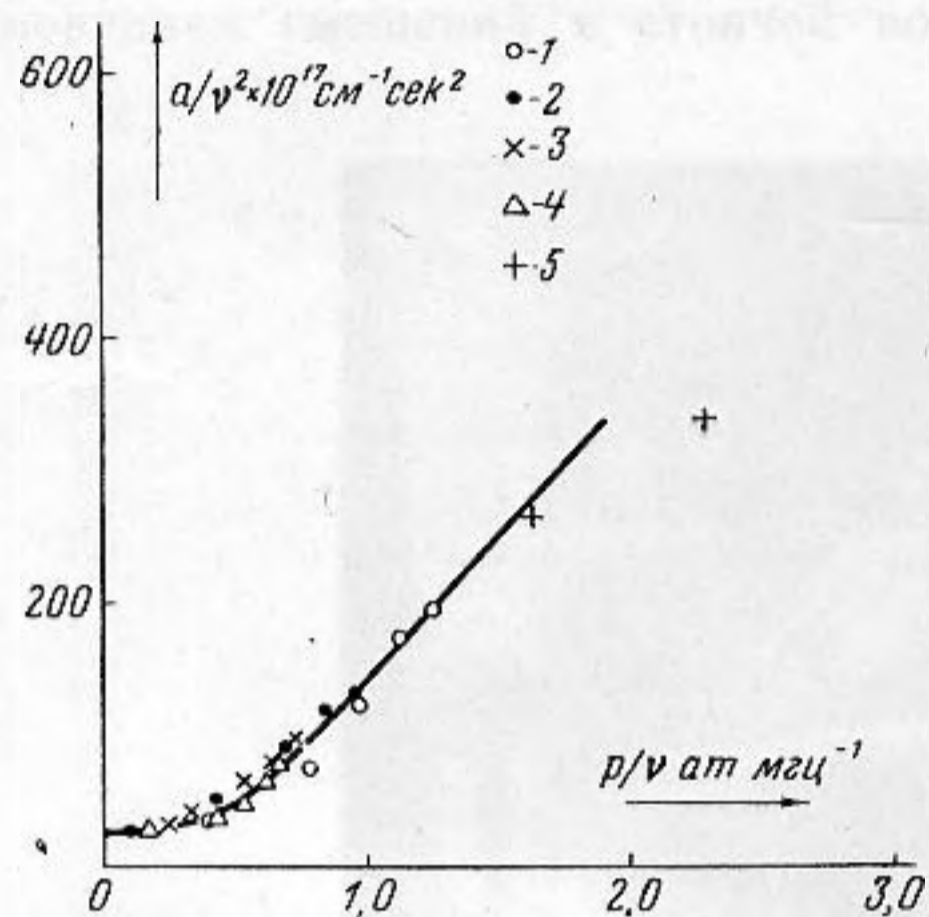
где $\delta_k^{(1)}$ — фактор, определяющий передачу энергии основной частоты гармоникам; α , α_0 — коэффициенты поглощения при конечных и малых амплитудах, соответственно. Величины B и A есть определяемые эмпирически коэффициенты в квадратном уравнении состояния жидкости:

$$P = P_0 + A \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) + \frac{B}{2} \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right)^2, \tag{2}$$

где ρ_0 — средняя плотность, P_0 — гидростатическое давление.

Используя значение $\delta_k^{(1)} = 0,023$ и $B/A = 7$ (для воды) из [2], получим наклон кривой для зависимости α/ν^2 от P_e/ν . Наклон равен $1,5 \cdot 10^{-15}$ сек см⁻¹ мГц⁻¹ атм⁻¹, а наклон кривой на графике равен $2 \cdot 10^{-15}$ сек см⁻¹ мГц⁻¹ атм⁻¹. Учитывая приближе-

* Этот анализ произведен несколько лет тому назад в неопубликованной работе Р. Б. Линдсея.



1—3,85 мГц, 2—5,85 мГц, 3—6,8 мГц,
4—8,74 мГц, 5—1,5 мГц по данным
работы [5]

ния в выводе (1) (и ненадежность значения отношения B/A), совпадение следует считать превосходным. Неудивительно, конечно, что (1) отличается от поведения экспериментальной кривой для малых значений p_e/ν , так как влияние приближений наиболее критично в этой области. Отметим также, что экспериментальное значение α зависит от места измерения (по лучу); приводимые численные значения принадлежат максимальному значению α^* .

Было бы полезно проверить это уравнение для других жидкостей. К сожалению, существующие данные недостаточны или недостаточно точны, чтобы позволить количественную проверку.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. D. Fay. Plane sound waves of finite amplitude. J. Acoust. Soc. America, 1931, 3, 2, 222—241.
2. F. E. Fox, W. A. Wallace. Absorption of finite amplitude sound waves. J. Acoust. Soc. America, 1954, 26, 6, 994—1006.
3. D. M. Towle, R. B. Lindsay. Absorption and velocity of ultrasonic waves of finite amplitude in liquids. J. Acoust. Soc. America, 1955, 27, 3, 530—533.
4. V. Narasimhan, R. T. Beyer. Attenuation of ultrasonic waves of finite amplitude in liquids. J. Acoust. Soc. America, 1956, 28, 6, 1233—1236.
5. Л. К. Зарембо, В. А. Красильников, В. В. Шкловская — Корди. О поглощении ультразвуковых волн конечной амплитуды в жидкостях. Докл. АН СССР, 1956, 109, 4, 731—734.
6. R. T. Beyer, V. Narasimhan. Note on finite amplitude waves in liquids. J. Acoust. Soc. America, 1957, 29, 4, 532.

Физический Департамент
Брауновского университета,
Провиденс, США

Поступило в редакцию
16 ноября 1957 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНО-ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В КРИТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ МЕТИЛАЦЕТАТА

Б. И. Кальянов, В. Ф. Ноздрев

В настоящее время рядом работ установлено, что прохождение производной $\partial\alpha/\partial T$ (α — коэффициент поглощения) в критической точке через острый максимум является общим свойством вещества. Однако в литературе имеется лишь одна работа [1], где для этилацетата исследуется частотная зависимость коэффициента поглощения α в критической области. Мы продолжили исследование частотной зависимости α в критической области вещества, выбрав в качестве объекта метилацетат, для которого в интервале -40 — $+40^\circ$ установлена [2] резко выраженная частотная зависимость α . Исследование метилацетата ($T_K = 233,7^\circ$) проведено для 9 частот в интервале 5—14 мгц.

Для измерения коэффициента поглощения α нами использована импульсная методика [3], согласно которой на разных расстояниях l_1 и l_2 от кварцевой пластинки устанавливаются два отражателя. При возбуждении ее в импульсном режиме на экране осциллографа появляются импульсы, соответствующие l_1 и l_2 . Расчет ведется по обычной формуле $\alpha = \Delta A / 17,35 (l_2 - l_1)$, где ΔA — затухание в децибеллах.

При температурах, на 10 — 20° ниже критической, импульс, соответствующий дальнему отражению, в силу большого поглощения исчезает и дальше используется методика одного фиксированного расстояния.

Необходимая формула для расчета искомого поглощения α_2 имеет вид (1, 2, 3):

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \frac{\Delta A}{20l \cdot \lg e} + \frac{1}{l \cdot \lg e} \left(\lg \frac{k_2}{k_1} + \lg \frac{\epsilon_2 \cdot h_2}{\epsilon_1 \cdot h_1} + \lg \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} \right),$$

где ρc — волновое сопротивление среды, $\epsilon = 4,58$, $h = 14,3 \cdot 10^4$ — диэлектрическая постоянная и пьезоэлектрическая константа деформации

$$\left(\frac{\Delta h}{\Delta t} = -4,3 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{град}} \right).$$

Эта формула позволяет рассчитывать коэффициент α_2 при t_2 по опорному значению α_1 при t_1 , которое уже известно.

* Авторы благодарны В. А. Красильникову, который указал на этот факт при обсуждении.