

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЖИДКОСТИ С ГАЗОВЫМИ ПУЗЫРЬКАМИ

А. П. Гурьев, Н. Г. Семенова

Цель работы — экспериментальное исследование концентрационной зависимости поглощения ультразвуковых волн в жидкости с пузырьками газа.

Метод акустических течений [1] использует линейную связь между локальной скоростью установившегося акустического течения U_x , коэффициентом поглощения звука α и локальной интенсивностью волны I_x :

$$U_x = k\alpha I_x = \alpha I_x r_0^2 / 2\eta c_0.$$

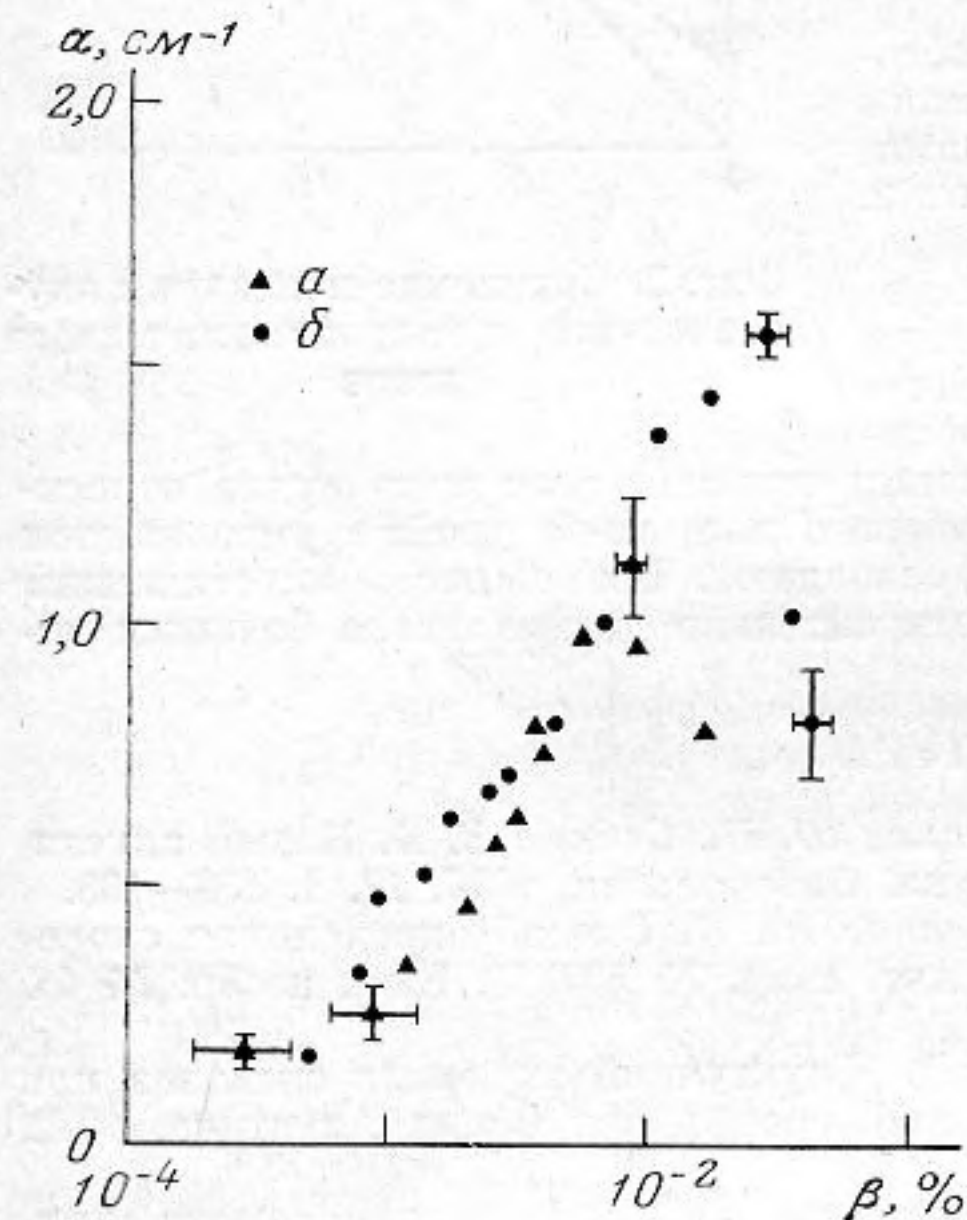
Коэффициент пропорциональности k зависит от условий распространения звуковой волны и граничных условий. Значение k для плоской бегущей звуковой волны в боль-

шом (по сравнению с длиной волны) прямоугольном сосуде определяет окончательный вид выражения. Здесь r_0 — радиус излучателя, η , c_0 — вязкость и скорость звука в среде.

Согласно нашим исследованиям, для правильного определения коэффициента поглощения звука в среде методом акустических течений необходимо: 1) проводить измерения скорости течения на акустической оси излучателя и в конце его ближней зоны; 2) реализовать установившийся и ламинарный режим акустического течения; 3) создать в сосуде поле плоской бегущей волны; принять меры и проконтролировать их эффективность по устранению отраженных волн.

Метод акустических течений не накладывает ограничений на механизм и величину коэффициента поглощения в среде. Точность метода определяется только точностью измерения указанных выше величин.

В наших экспериментах в одной точке поля независимо определялись скорость установившегося акустического течения (с помощью визуализирующих частиц) и интенсивность звука (дисковым отражающим радиометром). Общепринятым импульсным методом измерялась скорость звука в среде. Из этих результатов с помощью формулы для скорости звука в двухфазной среде [2] вычислялась объемная концентра-



Концентрационная зависимость коэффициента поглощения звука в глицерине с пузырьками воздуха: a — метод акустических потоков, b — импульсный метод

ция газа в жидкости β . Значения сдвиговой вязкости брались из таблиц для соответствующей сплошной жидкости.

Определение коэффициента поглощения звука проводилось в глицерине с пузырьками воздуха. Распределение пузырьков по размерам было близким к нормальному. Максимальное число пузырьков имело размер 10 мкм.

Результаты измерения поглощения звука в глицерине с пузырьками воздуха при концентрациях газа в диапазоне $3 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-2}\%$ представлены на фигуре. Обе концентрационные зависимости поглощения обнаружили максимум поглощения при объемной концентрации газа порядка $10^{-2} - 10^{-1}\%$. При малых концентрациях обе кривые практически совпадают и стремятся к значению поглощения в сплошном глицерине, измеренному на рабочей частоте 82 кГц и равному $0,15 \text{ см}^{-1}$. При больших концентрациях результаты, полученные разными методами, согласуются только в качественном ходе кривой.

Из фигуры видно, что коэффициент поглощения пористого глицерина в исследованном диапазоне концентрации более чем на порядок превышает значение его для сплошного глицерина на той же частоте. Этот факт позволяет предположить, что с введением в жидкость газовых пузырей, даже размерами много меньше резонансных, появился дополнительный механизм потерь акустической энергии, который

и вызвал увеличение диссипативного параметра. Из сопоставления приведенных здесь концентрационных зависимостей коэффициента поглощения для пористого глицерина с опубликованными в [3] для трансформаторного масла и солевого раствора с пузырьками газа на тех же частотах видно, что качественно и количественно результаты практически совпадают. Следовательно, поглощение звука, вызванное пузырями и намного превосходящее поглощение в сплошной жидкости, выравнивает различие, обусловленное природой жидкостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарембо Л. К., Красильников В. А. Введение в нелинейную акустику, М., «Наука», 1966.
2. Ляхов Г. М., Покровский Г. И. Взрывные волны в грунтах, М., Гостехиздат, 1962.
3. Кольцова И. С., Крынский Л. О., Михайлов И. Г., Покровская И. Е. Ультразвуковая спектроскопия двухфазных систем. В сб.: Материалы III Всесоюзной конференции по вопросу ультразвуковой спектроскопии, Вильнюс, 1976, Каунас, 1976, 111-114.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова, физический факультет
Научно-исследовательский физический
институт

Поступила
17 апреля 1978 г.
После исправления
9 октября 1978 г.

УДК 534.6.08

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКА С ПОМОЩЬЮ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ

Т. С. Квятковская, Ф. Ф. Легуша, Е. В. Прохорова, Б. А. Финагин

Попытки использовать жидкие кристаллы для визуализации ультразвуковых полей привели к созданию жидкокристаллических детекторов [1, 2]. Работы по оптимизации свойств таких детекторов и их испытания показали, что они обладают рядом недостатков. Так, незащищенный от воздуха слой жидкого кристалла изменяет свои свойства и за 1-3 суток после изготовления становится практически непригодным для дальнейшего использования; цвет каждого участка жидкого кристалла зависит от его толщины; слой жидкого кристалла имеет низкую механическую прочность.

Для устранения указанных недостатков было решено использовать в качестве визуализирующего элемента детектора жидкокристаллическую пленку. Пленка эта имеет два наружных слоя из поливинилового спирта и внутренний слой из смеси поливинилового спирта с холестерическим жидким кристаллом. Наличие защитных слоев позволяет стабилизировать параметры реагирующего слоя на срок до 6 месяцев и более. Пленка обладает хорошей однородностью по толщине и высокой механической прочностью. В детекторе жидкокристаллическая пленка накладывается на слой поглотителя вместо жидкого кристалла. Контакт между пленкой и поглотителем осуществляется посредством какой-либо нейтральной жидкости.

Для исследования свойств такого детектора были изготовлены образцы с различной толщиной поглотителя, в качестве которого применялось органическое стекло с плотностью $\rho = 1189 \text{ кг/м}^3$ и скоростью звука $c = 2820 \text{ м/сек}$. Жидкокристаллическая пленка толщиной 150 мкм реагировала в температурном интервале от $25,5^\circ$ до $30,5^\circ \text{ С}$. Контакт между поглотителем и пленкой обеспечивался с помощью технического вазелинового масла, толщина слоя которого составляла 40-60 мкм. Во время испытаний поглотитель помещался на поверхность сосуда с водой, на дне которого находился ультразвуковой излучатель с рабочей частотой 940 кГц. Интенсивность ультразвука оценивалась при помощи калиброванного сферического гидрофона диаметром 1,5 мм, который располагался в центре визуализируемого ультразвукового пучка. Поглотитель при этом оказывался в дальнем поле излучателя.

Температура воды t_1 и воздуха t измерялась при помощи ртутных термометров с ценой делений $0,1^\circ \text{ С}$. Температура воздуха t была постоянной и равной $24,2^\circ \text{ С}$, а значения t_1 указаны в таблице. Температура поверхности поглотителя t_n оценивалась визуально по изменению цвета пленки в малой области на оси ультразвукового пучка. Для этой цели интенсивность ультразвука изменялась небольшими скачками по 10-20 вт/м^2 . По прошествии 5-7 сек после каждого изменения интенсивности устанавливался какой-либо определенный цвет пленки и в дальнейшем в течение 3-5 мин он уже не изменялся (можно считать, что при этом устанавли-