Раствор	Концентрация, *моль/л*	t°C	$\frac{c_\infty - c_0}{c_0}$, %	f_m, *мггц*	$(\alpha\lambda)_m$, *дб*
$Cu\ (C_2H_3O_2)_2 \cdot H_2O$	0,15	18,20	0,11	11,6	0,028
$Zn\ (C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$	0,20	24,10	0,30	6,7	0,108
»	0,15	24,10	0,26	7,6	0,069
»	0,10	24,10	0,18	10,4	0,049
»	0,05	24,10	0,09	10,4	0,025
»	0,03	24,10	0	—	—

ми из дисперсии значения $(\alpha\lambda)_m$ для растворов ацетата цинка количественно хорошо согласуются с данными, полученными авторами работ [4, 5] из измерений поглощения.

На фиг. 5 представлены графики экспериментально полученных зависимостей скорости от концентрации раствора ацетата цинка при температуре 24,10° и при различных значениях частоты, как параметра. Кривая *а* соответствует частоте 1,5607, *б* — 4,0000, *в* — 7,9972, *г* — 11,4146, *д* — 28,887 *мггц*. Приведенные результаты указывают на необходимость учета частоты при исследованиях концентрационной зависимости скорости ультразвука в растворах.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Бажулин. Поглощение ультраакустических волн в электролитах. Ж. эксп. и теор. физ., 1939, **9**, 1147—1150.
2. R. E. Barret, R. T. Beyer, F. L. McNamara. Ultrasonic absorption in acetate solutions. J. Acoust. Soc. America, 1954, **26**, 966—969.
3. M. Krishnamurthi, M. Suryanarayana. Ultrasonic propagation through aqueous solutions of acetates. J. Phys. Soc. Japan, 1960, **15**, 345—348.
4. О. Шакиров, Б. А. Белинский. Исследование частотной и температурной зависимости коэффициента поглощения ультразвука в водных растворах ацетатов. Сб. «Примен. ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1963, **18**, 125—132.
5. M. Pancholi, S. P. Singal. Ultrasonic studies in aqueous solutions of zinc acetate. Nuovo Cimento, 1963, **28**, 292—298.
6. К. Баршаускас, В. Илгунас, О. Кубилюнене. Измерение дисперсии скорости ультразвука в жидкостях интерферометрическим методом. Акуст. ж., 1964, **10**, 1, 30—34.
7. В. Илгунас, О. Кубилюнене, А. Япертас. Прецизионный интерферометр для измерения скорости ультразвука в жидкостях в диапазоне частот 1—12 *мггц*. Акуст. ж., 1964, **10**, 1, 41—46.

Каунасский политехнический институт

Поступило в редакцию 24 февраля 1965 г.

УДК 534.286:532

ИЗМЕРЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В ЖИДКОСТЯХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОМ

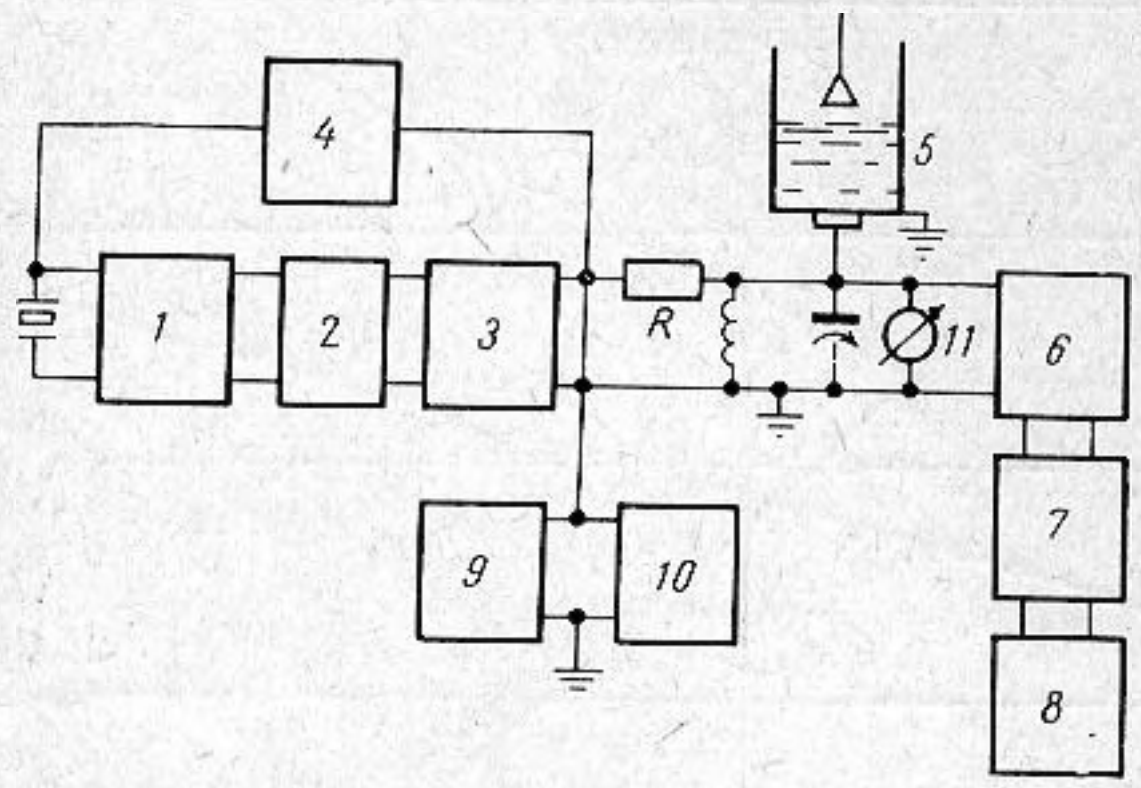
В. Илгунас, К. Паулаускас

Поглощение ультразвука в газах успешно измеряется с помощью интерферометра уже три десятилетия, но для измерений в сильно поглощающих жидкостях интерферометр пользуется меньшим успехом, а в слабо поглощающих — вовсе не применяется. Основной причиной затруднений при этих измерениях является недостаточная добротность механического устройства и электрических цепей интерферометра, что не позволяет получить большую чувствительность установки, а это необходимо для измерений поглощения ультразвука в жидкостях в среднем диапазоне частот.

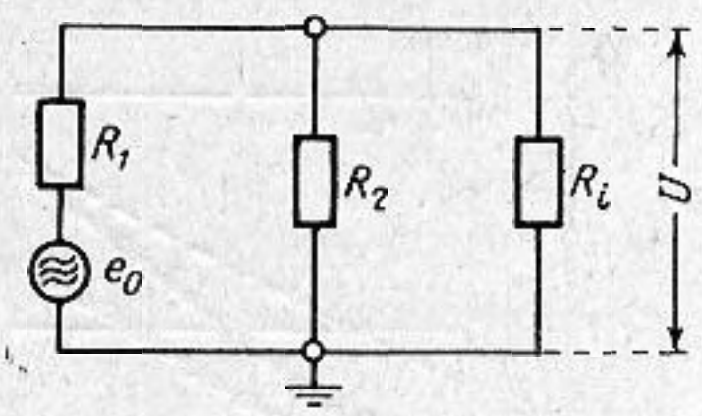
Нам удалось уменьшить упомянутые недостатки и соответственно увеличить чувствительность интерферометра благодаря применению новой электрической схемы питания и индикации, механическому креплению кристалла-излучателя и конструкции рефлектора. На этом основании был разработан новый способ измерения поглощения ультразвука в жидкостях для частот $1 \div 15$ *мггц*. Одновременно он позволяет определять скорость ультразвука в исследуемой жидкости и коэффициент отражения звуковых волн от рефлектора.

На фиг. 1 показана блок-схема измерительного устройства, где *1* — кварцевый генератор, *2* — широкополосный усилитель, *3* — высокочастотный усилитель мощности, *4* — цепь автоматической регулировки амплитуды, *5* — камера интерферометра, *6* — катодный детектор, *7* — усилитель постоянного тока, *8* — низкочастотный осциллограф, *9* — высокочастотный осциллограф, *10* — гетеродинный волномер, *11* — ламповый вольтметр.

Эквивалентная электрическая схема интерферометра вместе со столбиком исследуемой жидкости, когда колебательный контур настроен в резонанс с генератором, изображена на фиг. 2 [1]. Здесь R_1 — сумма выходного $R_{вых}$ и добавочного R сопротивлений генератора, R_2 — резонансное сопротивление колебательного контура, R_i — эквивалентное электрическое сопротивление столбика исследуемой жидкости резонансной длины при свободной обратной стороне излучателя.



Фиг. 1



Фиг. 2

Для данной эквивалентной схемы при достаточно большом значении сопротивления R, можно считать, что э.д.с. источника тока высокой частоты — величина постоянная. Тогда эквивалентные сопротивления столбика жидкости $R_{iм}$ и R_{im}, соответствующие максимумам и минимумам давлений у поверхности излучателя, можно выразить через максимальные U_M и минимальные U_m напряжения на излучателе. С другой стороны, эти сопротивления связаны с акустическими параметрами столбика жидкости, что дает возможность найти связь между акустическими и электрическими параметрами:

$$\ln \psi = 2\alpha l + C, \tag{1}$$

где α — искомый коэффициент поглощения ультразвука, l — расстояние рефлектора от излучающего кристалла, C — константа, зависящая от электрических параметров схемы, характеристического импеданца жидкости и коэффициента отражения звуковых волн от рефлектора,

$$\psi = U_\infty (U_M - U_m) / [(U_M - U_\infty)(U_\infty - U_m)]. \tag{2}$$

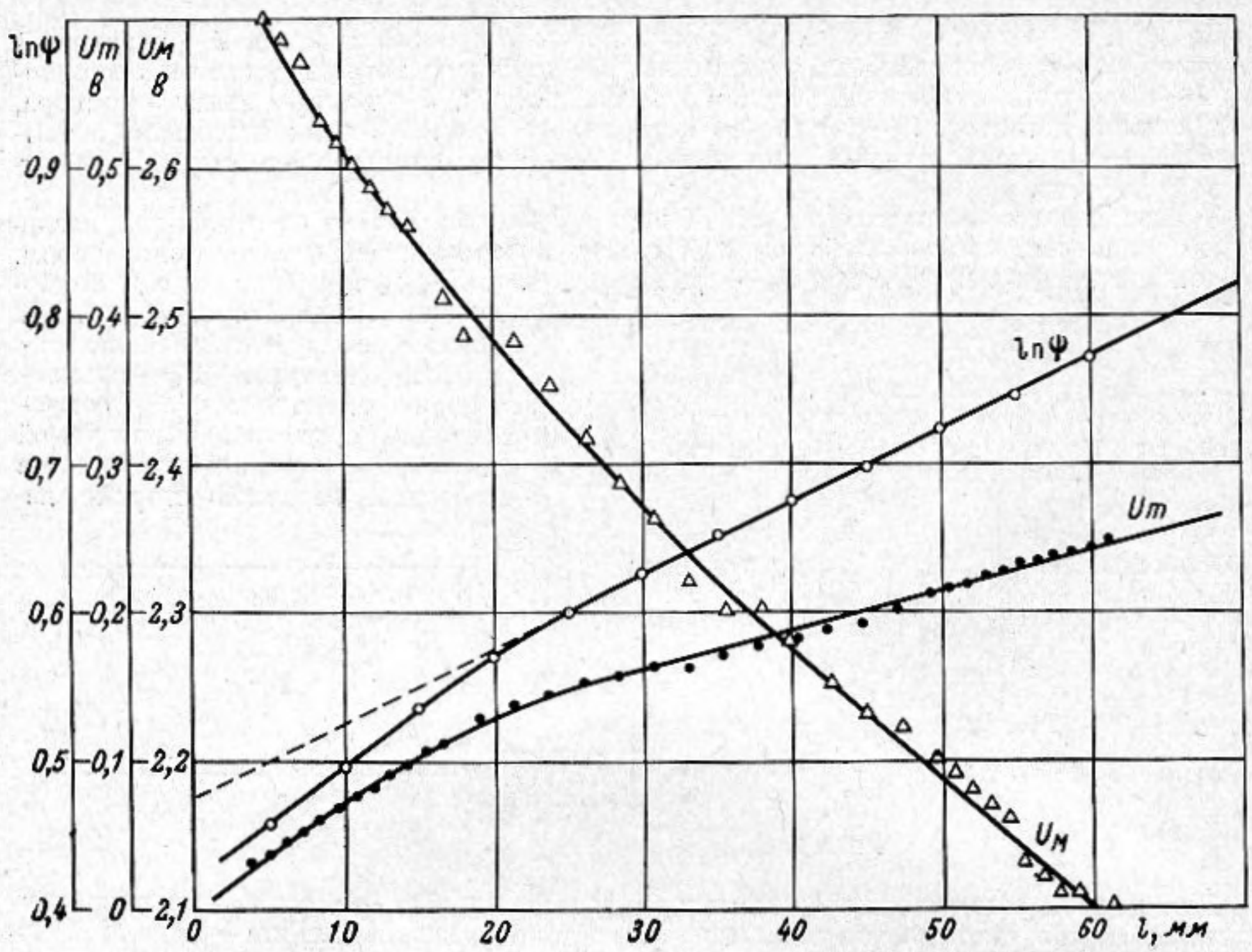
Здесь U_∞ — напряжение на кристалле при $l \to \infty$.

Для измерения поглощения применялся прецизионный интерферометр типа Пирса, снабженный устройством для регулирования параллельности между рефлектором и кристаллом, излучающим непосредственно в жидкость. Диаметр камеры интерферометра составлял 5 *см*.

Во время опытов, при последовательном передвижении рефлектора, ламповым вольтметром измерялись значения напряжений U_M и U_m в функции расстояния l. При самой большой длине акустического пути, при наклоне рефлектора или введении поглотителя определялось напряжение U_∞. На основании полученных сглаженных кривых по формуле (2) рассчитывались значения функции ψ. Коэффициент поглощения определялся из графика функции $\ln \psi$. На фиг. 3 приведены графики величин U_m, U_M и $\ln \psi$ для четыреххлористого углерода на частоте 1,999 *мггц*, при температуре 20,05°. В данном случае $U_\infty = 0{,}945$ *в*.

Из фиг. 3 видно, что при малых расстояниях l функция $\ln \psi = f(l)$ является нелинейной. Это получается из-за дифракции ультразвуковых волн, которая в ближней к кристаллу зоне создает очень искаженное ультразвуковое поле. В более удаленной зоне дифракция только увеличивает общий коэффициент поглощения ультразвука на величину $\Delta\alpha$. Истинное значение коэффициента поглощения определяется как разность измеренного значения α_s и дифракционной поправки $\Delta\alpha$, т. е. $\alpha = \alpha_s - \Delta\alpha$.

Дифракционная поправка определяется как и при использовании импульсного метода [2, 3]: $\Delta\alpha = A\lambda / a^2$, где a — радиус пьезоизлучателя, λ — длина звуковой волны в жидкости, A — эмпирическая константа. Мы определили, что для нашего интерферометра (случай приближенно стоячих волн) константа $A = 1.013$ *дб* $= 0.1167$ *неп* и в пределах ошибок измерения она не зависит от рода жидкости. Это хорошо согласуется с выводами работы [4]. Результаты наших измерений в разных жидкостях приведены в таблице.



Фиг. 3

Погрешность описанного метода измерения поглощения составляет около 10% при малых значениях потлощения ($\alpha_s \geqq 0{,}01$ 1/*см*) и около 2,5% для больших значений ($\alpha_s \leqq 5$ 1/*см*). Описанный метод обладает следующими преимуществами:

1) При достаточной чувствительности установки можно измерять даже малые значения поглощения, хотя такая возможность принципиально отрицалась некоторыми авторами [3].

2) Коэффициент поглощения определяется только по показаниям вольтметра и по известному относительному удалению рефлектора. Здесь нет необходимости определять или знать постоянные электрических цепей или интерферометра, что необходимо при других методах.

3) Настройка электрических цепей и юстировка интерферометра проверяется одновременным наблюдением кривой реакции на экране электронного осциллографа [1]. Это облегчает и ускоряет очень важный для качества измерений процесс настройки устройства.

Наименование жидкости	Температура	Частота, f	Радиус кристалла, a	α_s	α_s/f^2	$\Delta\alpha/f^2$	α/f^2
	°C	*мггц*	*см*	10^{-2}*см*$^{-2}$	10^{-11}*сек*^{2}/*см*		
Вода (дважды дистиллированная)	20,1	4,998	0,98	1,10	44,0	14,4	29,6
	21,0	9,126	0,9	2,18	26,2	2,8	23,4
Ацетон (Ч)	21,0	9,126	0,9	3,03	36,4	2,3	34,1
Спирт этиловый (96,4%)	19,2	1,999	1,25	0,68	170	114	56
	20,0	4,998	0,98	1,66	66,5	11,8	54,7
Скипидар	20,1	1,999	1,25	1,10	275	122	153
Четыреххлористый углерод (ЧДА)	20,0	1,999	1,5	2,48	621	61	560
	20,0	4,998	0,98	14,36	575,5	9	566
	20,1	9,126	0,9	47,90	575	2	573
Бензол (Ч)	20,0	1,999	1,25	4,46	1116	124	992
Уксусный ангидрид (ЧДА)	19,8	1,998	1,25	6,38	1597	120	1477
	20,1	4,998	0,98	11,87	475	12	463
Касторовое масло	20,05	1,998	1,25	29,69	7430	142	7288
	20,0	4,998	0,98	142,0	5684	15	5669
	20,0	9,126	0,9	380	4563	3	4560