

Обратимся теперь к адмитанцу (2) при  $N \geq 1$ . В работе [1] была решена задача аппроксимации функции (3) при  $N = 1$ ; однако аппроксимация этой функции для  $N > 1$  невозможна ввиду условия  $\text{Re}g(\rho, \theta) \geq 0$  и соотношения (8), которое в этом случае принимает вид  $M(l, N) \geq -1$ , где  $g_l(\rho) = c_l \rho^{M(l, N)}$  при  $l = 1, \dots, N - 1$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Д. Малюжинец. Об одной обратной задаче теории дифракции. Докл. АН СССР, 1969, 184, 6, 1301—1303.
2. Ю. М. Сухаревский. О направленном действии экспоненциального рупора. Электросвязь, 1939, 4, 63—87.

Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
26 февраля 1971 г.

УДК 534.22.094.1

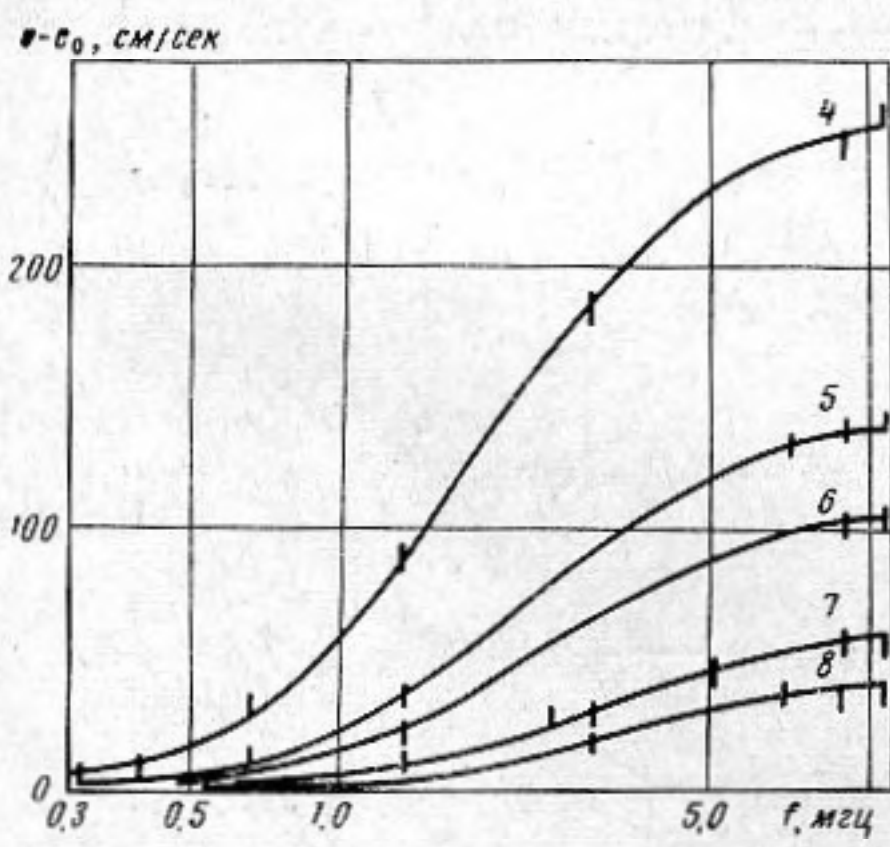
## ДИСПЕРСИЯ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА В РЯДЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Б. М. Буриндуков, В. С. Попов

Авторами работ [1—8] исследована дисперсия коэффициента поглощения ультразвуковых волн в первых членах ряда карбоновых кислот, а также дисперсия скорости ультразвука в уксусной и пропионовой кислотах. По предположениям и расчетам исследователей дисперсия в этих кислотах обусловлена реакцией димеризации, связанной с разрывом водородных связей между молекулами. Аналогия в строении и свойствах одноосновных карбоновых кислот позволяет предположить существование дисперсии скорости ультразвука и в других членах указанного гомологического ряда в диапазоне 0,1—10 Мгц [9]. Однако большое поглощение и малая величина дисперсии скорости ультразвуковых волн не позволяли до сих пор экспериментально исследовать ее.

Имея в своем распоряжении прецизионный метод измерения скорости ультразвука [10] мы смогли провести измерения дисперсии скорости в масляной, валериановой, капроновой, энантовой и каприловой кислотах марки «чда» в диапазоне частот 0,2—13 Мгц. При отклонениях температуры воды в ультратермостате на  $\pm 0,02^\circ$  от среднего значения изменения температуры исследуемой жидкости  $\Delta T$  оказывались менее  $\pm 0,005^\circ$ . Случайная ошибка отдельного измерения скорости, вызванная колебаниями температуры жидкости, ошибками измерения перемещения пьезопреобразователей  $\Delta x \leq \pm 0,5$  мм и ошибками измерения частоты  $\Delta f / f = 10^{-5}$ , составляла

$$\Delta c = \pm \left[ \left( \frac{\partial c}{\partial x} \Delta x \right)^2 + \left( \frac{\partial c}{\partial f} \Delta f \right)^2 + \left( \frac{\partial c}{\partial T} \Delta T \right)^2 \right]^{1/2} = \pm 3 \text{ см/сек.} \quad (1)$$



На частотах 3—0,1 Мгц появлялась дополнительная ошибка, связанная с явлениями дифракции при измерении скорости распространения звука. Дифракционная поправка  $\Delta c_d / c$  определялась экспериментально, аналогично [10, 11], и  $\Delta c_d$  вычиталась из измеренных значений скорости. Величина максимальной ошибки  $\Delta c_d$  составляла в интервалах частот 3—0,4; 0,4—0,25; 0,25—0,15 и 0,15—0,10 Мгц соответ-

Кислота	$t$ °C	$\frac{C_\infty - C_0}{\text{см/сек}}$	$f_m$ , Мгц	$C_0$ , м/сек
н-масляная	20,0	$259 \pm 10$	$1,87 \pm 0,10$	1195,8
н-валериановая	18,0	$145 \pm 8$	$2,31 \pm 0,12$	1236,4
н-капроновая	21,4	$109 \pm 7$	$2,52 \pm 0,12$	1264,8
н-энантовая	21,0	$65 \pm 7$	$3,36 \pm 0,16$	1292,8
н-каприловая	20,2	$44 \pm 7$	$3,06 \pm 0,22$	1318,8

ственно  $\pm 3, \pm 5, \pm 7, \pm 10$  см/сек. Экспериментальные данные приведены на фигуре, где цифры кривых соответствуют номеру кислоты в гомологическом ряду: 4 — масляная, 5 — валериановая, 6 — капроновая, 7 — энантовая, 8 — каприловая. Среднеквадратичные отклонения экспериментальных точек от кривых, описываемых уравнениями вида (2) [12], не превышают погрешностей измерений:

$$(c^2 - c_0^2)(f^2 + f_m^2) = (c_\infty^2 - c_0^2)f^2. \quad (2)$$

Здесь  $f_m$  — частота релаксации,  $c$  — скорость ультразвука на частоте  $f$ ,  $c_0, c_\infty$  — скорости ультразвука на частотах  $f \ll f_m$  и  $f \gg f_m$  соответственно. Коэффициенты корреляции между значениями  $f^2$  и  $(c^2 - c_0^2)$  составляют  $0,96 \div 0,99$ . Это позволяет считать, что дисперсия в каждой из жидкостей описывается уравнением с одним временем релаксации. Средневзвешенные значения частот релаксации и полных дисперсий скорости  $c_\infty - c_0$  приведены в таблице. Из приведенных данных видно, что частоты релаксации возрастают, а дисперсии скорости уменьшаются с увеличением числа атомов в молекуле кислоты. По-видимому, это связано с изменениями энергии межмолекулярных взаимодействий и энтропии при переходе к высшим членам ряда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Бажулин. Затухание ультраакустических волн в уксусной кислоте. Докл. АН СССР, 1936, 3, 6, 283—286.
2. J. Lamb, J. M. M. Pinkerton. The absorption and dispersion of ultrasonic waves in acetic acid. Proc. Roy. Soc., 1949, A-199, 114—130.
3. J. Lamb, D. H. A. Huddart. The absorption of ultrasonic waves in propionic acid. Proc. Roy. Soc., 1950, 46, 540—545.
4. S. Parthasarathy, M. Pancholy, A. F. Chaphgar. Ultrasonic absorption in some homologous series of organic liquids. Nuovo Sim., 1958, 10, 10, 111—131.
5. M. C. Moriametz, M. Moriametz, A. Moreaux. Determination de la vitesse de propagation et de l'absorption des ondes ultrasonores dans quelques acides carboxyliques purs. J. Chem. Phys., 1966, 63, 4, 615—620.
6. Б. Г. Шпаковский. Распространение ультразвуковых волн в жидкостях. Докл. АН СССР, 1938, 18, 3, 173—179.
7. A. Varone, G. Pisent, D. Sette. Dispersione della velocità di propagazione di ultrasuoni in acido propionico. Nuovo Cim., 1958, 7, 365.
8. E. Freedman. On the use of ultrasonic absorption for the determination of very rapid reaction rates at equilibrium application to the liquid phase association of carboxylic acids. J. Chem. Phys., 1953, 21, 1784—1790.
9. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики. М., «Наука», 1964.
10. К. М. Бурундуков, А. М. Лобанов. Способ прецизионного измерения дисперсии скорости ультразвука в жидкостях. Акуст. ж., 1970, 16, 2, 311—313.
11. К. Баршаускас, В. Илгунас, О. Кубилюнене. Измерение дисперсии скорости ультразвука в жидкостях интерферометрическим методом. Акуст. ж., 1964, 10, 1, 25—29.
12. Л. Бергман. Ультразвук и его применение в науке и технике. М., ИЛ, 1957, 301.

Тюменский педагогический институт

Поступило в редакцию  
23 июля 1970 г.

УДК 534.231.1

### О ЧИСТО ПРОДОЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЯХ В СИММЕТРИЧНЫХ ВОЛНАХ ЛЭМБА ВЫСШИХ ТИПОВ

Д. В. Жуков

В последние годы к волнам Лэмба проявляется определенный интерес. Было проведено обобщенное исследование этих волн рядом авторов [1, 2]. Наблюдается все возрастающее использование этих волн в науке и технике (дефектоскопия, ультразвуковые линии задержки и т. д.). В работах [1, 2] дано описание поведения симметричных ( $s_m$ ) и антисимметричных ( $a_m$ ) волн Лэмба при изменении произведения частоты ультразвуковых колебаний  $f$  на толщину пластины  $2h$ . В частности, на электронно-вычислительной машине были рассчитаны зависимости колебательных смещений (продольных и поперечных) от координаты  $z$ , имеющей направление перпендикулярное поверхности пластины. Оказалось, что для симметричных волн при определенных  $fh = (fh)_{0m}$  поперечные смещения равны нулю, а продольные — имеют постоянную величину и одинаковое направление во всей толщине пластины.

Произведем анализ величин  $(fh)_{0m}$ . Для этого найдем зависимость поперечных смещений в звукопроводе от параметра  $fh$ . При поперечных смещениях, равных нулю,  $fh = (fh)_{0m}$ . Выражение для поперечных смещений в звукопроводе  $W_s$  определим способом, изложенным в работе [1]:

$$W_s = \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{\partial \psi}{\partial x}, \quad (1)$$