

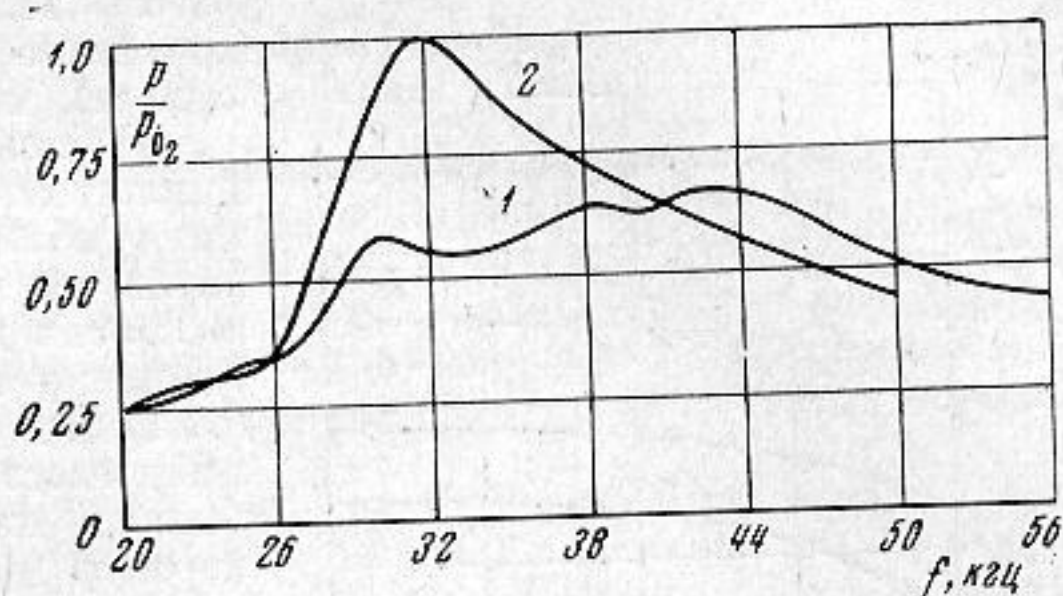
латуни (толщина стенки 0,5 мм). Толщина слоя глицерина изменялась путем применения кожухов различных диаметров.

Эксперимент качественно хорошо подтвердил основные закономерности влияния переходного слоя на частотную характеристику цилиндрического преобразователя.

Наибольшая полоса пропускания имела место при отношении радиусов переходного слоя, равном

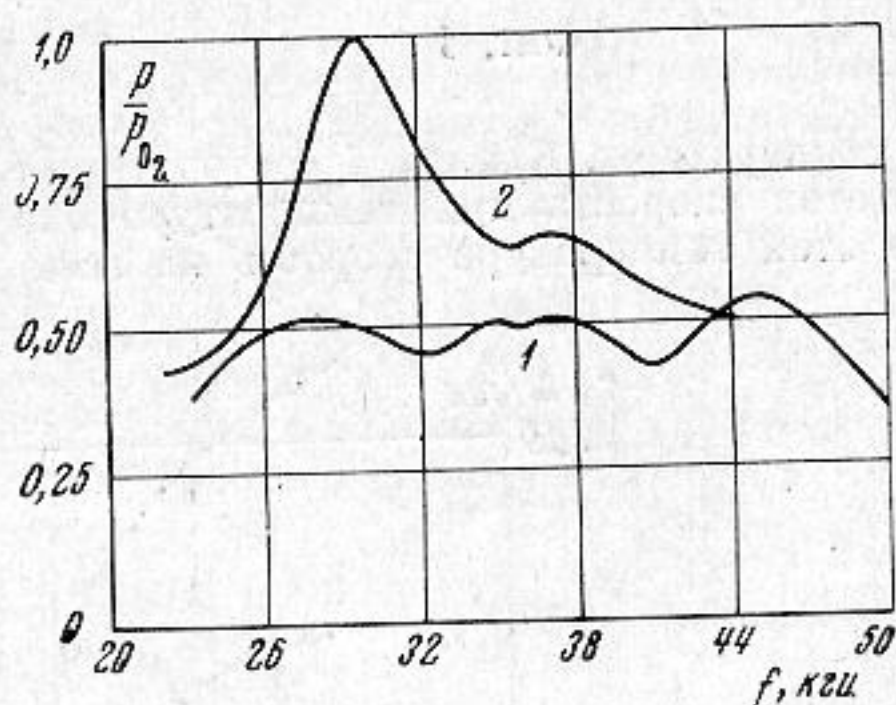
$$\beta = \frac{c}{b} = 1,54, \text{ что соответствова-$$

ло толщине слоя  $\sim 0,32\lambda$ , где  $\lambda$  — длина волны. Экспериментально найденное оптимальное значение параметра  $\beta$  достаточно хорошо согласуется с расчетным ( $\beta_{расч} = 1,60$ ). На фиг. 1 представлены экспериментальные частотные характеристики звукового давления для макета с переходным слоем из глицерина при  $\beta = 1,54$  (кривая 1) и для того же макета без переходного слоя (кривая 2). Нормировочное значение  $p_{02}$  соответствует значению звукового давления на резонансе для макета без переходного слоя. Из приведенных кривых видно, что переходный слой из глицерина увеличивает относительную полосу пропускания преобразователя с 32 до 61%.



Фиг. 1

Второй макет был выполнен аналогично. Примененные пьезокерамические кольца имели размеры:  $a = 24$ ,  $b = 30$ ,  $h = 25$  мм. Параметр  $a$  для этого макета равнялся 1,25, в связи с чем был применен переходный слой из плексигласа. Для обеспечения акустического контакта между плексигласом и пьезокерамикой создавалась тонкая прослойка ( $\sim 0,5$  мм) из глицерина. Оптимальная величина  $\beta$  для этого макета оказалась равной 1,7, что соответствовало толщине переходного слоя  $\sim 0,23\lambda$ . На фиг. 2 представлены экспериментальные частотные характеристики для макета с переходным слоем из плексигласа при  $\beta = 1,7$  (кривая 1) и для того же макета без переходного слоя (кривая 2). Видно, что переходный слой из плексигласа в данном случае увеличивает относительную полосу пропускания с 23 до 72%.



Фиг. 2

Ленинградский электротехнический институт  
им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступило в редакцию  
14 сентября 1968 г.

УДК 534.22

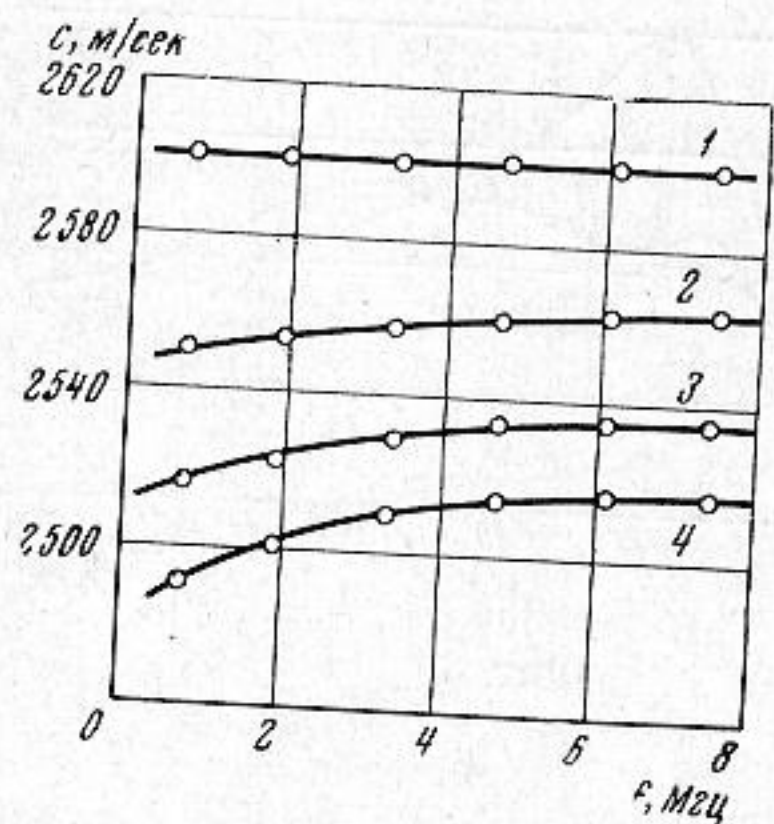
## СКОРОСТЬ ЗВУКА В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ ВБЛИЗИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ

Н. А. Добромыслов, Н. И. Кошкин

Акустические методы, используемые для исследования области плавления молекулярных кристаллов, значительно расширяют объем информации о структурных изменениях, происходящих при фазовых переходах. На основе измерений скорости звука можно определить величину модулей упругости, а также исследовать изменение межмолекулярных взаимодействий. С этой целью нами были проведены измерения скорости распространения ультразвуковых волн на частотах 0,7; 1,9; 3,3; 6,1 и 7,5 Мгц в монокристалле бензола в направлении роста, поликристаллических образцах бензола, нафталина, циклогексана, параксилола, дифенила и н-трикозана ( $C_{23}H_{48}$ ) вблизи температуры плавления. Величина зерен поликристаллов изменялась от 6 до 0,5 мм.

Для измерения был использован метод, описанный в работе [1]. Максимальная ошибка измерений в монокристалле составляла 0,1%, в поликристаллических образцах — 0,2 ÷ 0,3%. Размеры образцов удовлетворяли условию  $D/\lambda > 4$ ,  $l/\lambda > 2$ , где  $D$  — диаметр образца,  $\lambda$  — длина ультразвуковой волны,  $l$  — толщина образца. Измеренная скорость звука в таких образцах равна скорости в безграничной среде.

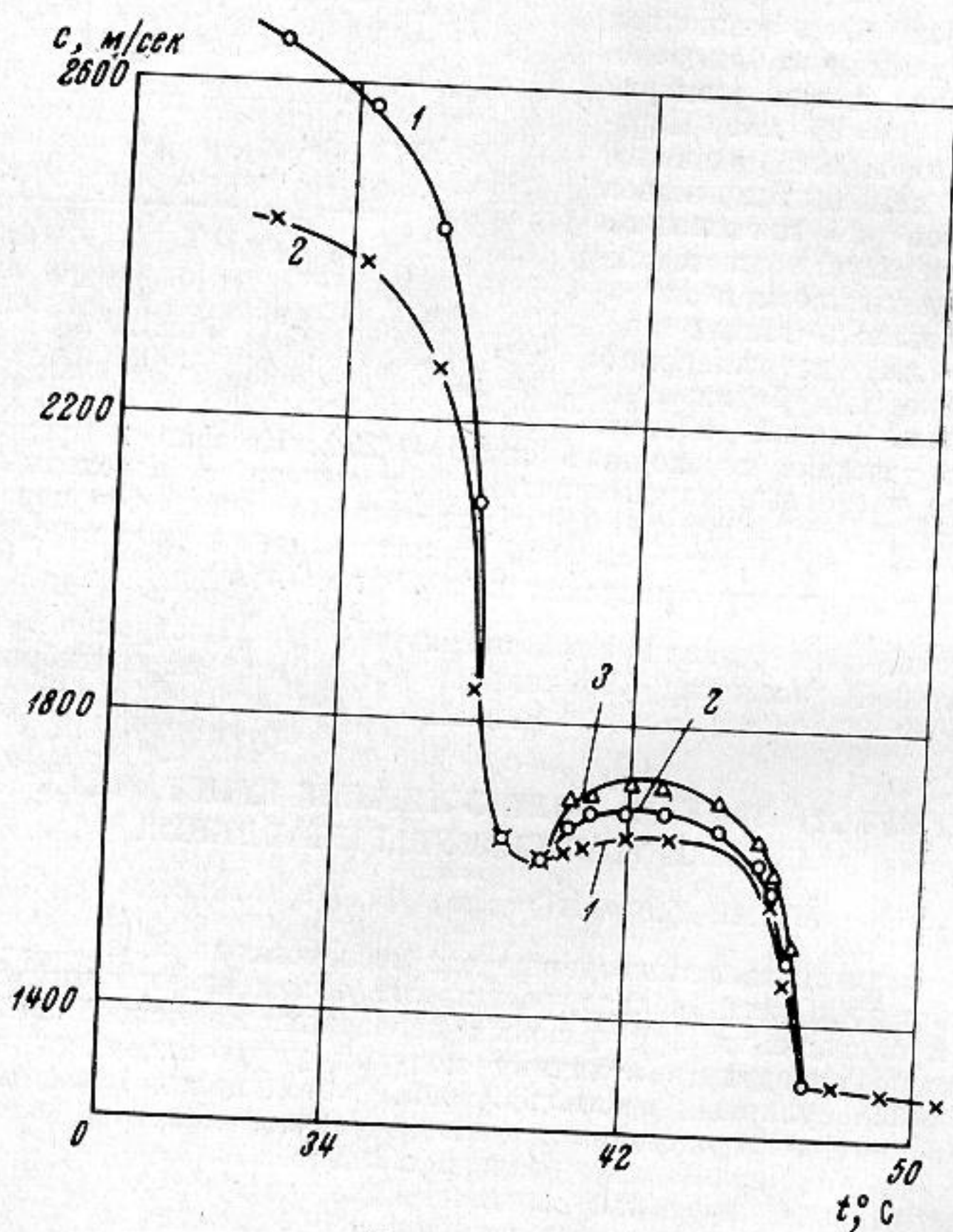
На фиг. 1 показаны результаты измерений скорости звука в монокристалле бензола. Кривая 1 соответствует температуре  $-3^{\circ}$ , 2 —  $+3,5^{\circ}$ , 3 —  $+4,9^{\circ}$ , 4 —  $+5,3^{\circ}$ . При температуре  $-3,0^{\circ}$  скорость не зависит от частоты; при температуре  $5,3^{\circ}$  скорость на частоте  $7,4 \text{ Мгц}$  больше, чем скорость на частоте  $0,7 \text{ Мгц}$ , на  $25 \text{ м/сек}$ . Таким образом, вблизи температуры плавления в монокристалле бензола наблюдается частотная зависимость скорости.



Фиг. 1

В поликристаллических образцах бензола, циклогексана, параксилола, нафталина и дифенила вблизи температуры плавления скорость звука на частоте  $7,4 \text{ Мгц}$  превышает на  $50-200 \text{ м/сек}$  величину скорости на частоте  $0,7 \text{ Мгц}$ . Различие в скоростях увеличивается при приближении к температуре плавления. Частотная зависимость скорости звука в монокристаллах бензола наблюдается в узком интервале температур ( $2-5^{\circ}$ ), непосредственно примыкающем к температуре плавления. В поликристаллических образцах интервал температур, где наблюдается частотная зависимость, значительно больше и может достигать значения  $20-50^{\circ}$ . Максимальное значение скорости звука в мелкозернистых структурах меньше, чем в крупнозернистых образцах.

На фиг. 2 показаны результаты измерения скорости звука в н-трикозане в зависимости от температуры. Кривая 1 соответствует частоте  $0,7$ , 2 —  $1,9$ , 3 —  $4,7 \text{ Мгц}$ . На всех частотах скорость при температуре около  $39,5^{\circ}$  проходит через минимум, причем при этой температуре скорость на всех использованных частотах имеет одно и то же значение.



Фиг. 2

Заметим, что в работе [2] было обнаружено прохождение скорости сдвиговых волн в  $\text{C}_{23}\text{H}_{48}$  через минимум вблизи той же температуры  $39,5^{\circ}$ . Частотную зависимость скорости звука можно объяснить на основе реологической модели стандартного тела [3]. Для монокристаллов бензола, как показывает

расчет на ЭВМ, эта модель упрощается и соответствует телу Максвелла. Частотная зависимость скорости в этом случае выражается соотношением

$$\left(\frac{c_{\infty}}{c}\right)^2 = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{1 + \omega^2 \tau^2}{\omega^2 \tau^2} \right)^{1/2} \right],$$

где  $c_{\infty}$  — максимальное значение скорости,  $\tau$  — время релаксации,  $\omega$  — циклическая частота. Для монокристалла бензола при  $t = 5,3^{\circ}$   $c_{\infty} = 2516$  м/сек,  $\tau = 7,5 \cdot 10^{-6}$  сек.

Прохождение скорости звука в н-трикозане через минимум при температуре  $39,5^{\circ}$  обусловлено тем фактором, что при этой температуре происходит переход от одной модификации к другой. Во второй модификации группы  $C_2H_4$  совершают повороты вокруг ближайшей связи C—C. К такому заключению приходят и авторы работы [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Кошкин, Н. А. Добромыелов. Измерение скорости ультразвука в молекулярных поликристаллах вблизи температуры плавления. Сб. «Применен. ультраакуст. к исслед. вещества». МОПИ, 1967, 22, 23—28.
2. W. Pechhold, W. Dollhopf, A. Engel. Untersuchungen der Rotationsumwandlung reiner Paraffine und Paraffinmischungen mit Hilfe der komplexen Schubmoduls. Acustica, 1966, 17, 2, 60—72.
3. Г. Кольский. Волны напряжений в твердых телах. М., ИЛ., 1955, стр. 114.

Московский областной педагогический институт  
им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию  
30 октября 1967 г.

УДК 534.232

### О КОЭФФИЦИЕНТЕ ПЕРЕДАЧИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

*В. В. Залесский*

Рассмотрим с энергетической точки зрения эффективность возбуждения или регистрации звуковых волн в некотором акустическом объекте с помощью пьезоэлектрического преобразователя, подключенного к электронному блоку, работающему в режиме излучения генератором, а в режиме приема — усилителем. Обобщенно под источником энергии мы понимаем электронный блок в режиме излучения или акустический объект в режиме приема, под потребителем энергии — акустический объект в режиме излучения, электронный блок в режиме приема. Полная мощность представляет собой модуль произведения напряжения и тока или силы и скорости, в зависимости от природы процесса. При непосредственном подключении к источнику энергии нагрузки, одинаковой с ним физической природы и имеющей сопротивление, равное выходному сопротивлению источника, в нагрузку поступает максимальная полная мощность источника.

Отношение максимальной полной мощности, поступающей к потребителю энергии через пьезопреобразователь, является функцией рабочего коэффициента передачи преобразователя  $L_p$ . Обычно мерой коэффициента передач служит его уровень в децибеллах  $a = 10 \lg L_p$ .

Примем режим излучения за «прямое» направление передачи энергии и введем матрицу передачи преобразователя [1]:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$$

Обозначим сопротивление акустического объекта через  $Z_a$ , сопротивление электронного блока со стороны преобразователя через  $Z_b$ . Используя теорию электрических цепей [2], представим коэффициент передачи пьезопреобразователя следующим образом:

$$L_p = \frac{1}{4} \left| A \sqrt{\frac{Z_a}{Z_b}} + D \sqrt{\frac{Z_b}{Z_a}} + \frac{B}{\sqrt{Z_a Z_b}} + C \sqrt{Z_a Z_b} \right|^2,$$

где вертикальные линии обозначают модуль величины. Для обратимых систем определитель матрицы передачи равен единице и вид функции затухания не зависит от направления передачи энергии.