

## ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. Заборов, Г. С. Росин

Известно, что при частотах, достаточно удаленных от резонанса, механическое сопротивление образца материала, определенное без учета потерь, практически не отличается от значения сопротивления, полученного без пренебрежения потерями. Поэтому при измерениях динамических модулей упругости целесообразно использовать два метода: резонансный (в резонансных областях) и метод непосредственного измерения механического сопротивления образца, определенного без учета потерь  $\eta$  (в областях, удаленных от резонанса).

Предполагается, что колебания образца имеют волновой характер, т. е. имеют вид:

$$U = (Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x}) \exp j\omega t, \quad (1)$$

причем постоянная распространения  $\gamma = j \frac{\omega}{c} (1 - 1/2j\eta)$ , где  $c$  — скорость звука в материале.

Измерению подвергается образец, нагруженный массой  $M$ , что отвечает действительным условиям работы упругих материалов в конструкции. Тогда смещение  $x_1$  столика подвижной части прибора, на котором установлен образец, под действием вынуждающей силы  $Q$  определяется уравнением

$$m\ddot{x}_1 + k_1x_1 - S \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x=0} = Q \exp j\omega t, \quad (2)$$

где  $m$  — масса подвижной части прибора,  $k_1$  — жесткость подвески,  $S$  — комплексная динамическая жесткость образца, отнесенная к единице длины и равная произведению комплексного модуля упругости на площадь сечения образца. Решая систему уравнений (1) — (2) с учетом граничных условий  $x_1 = u$  при  $x = 0$  и  $S \partial u / \partial x = -M \partial^2 u / \partial t^2$  при  $x = l$ , получаем

$$x_1 = \frac{\operatorname{cth} \gamma l + a}{(k_1 - m\omega^2) [(1 + ab) \operatorname{cth} \gamma l + (a + b)]} Q \exp j\omega t, \quad (3)$$

$$a = \frac{M}{M_0} \gamma l, \quad b = \frac{S\gamma}{(k_1 - m\omega^2)}$$

Здесь  $M_0$  — масса образца.

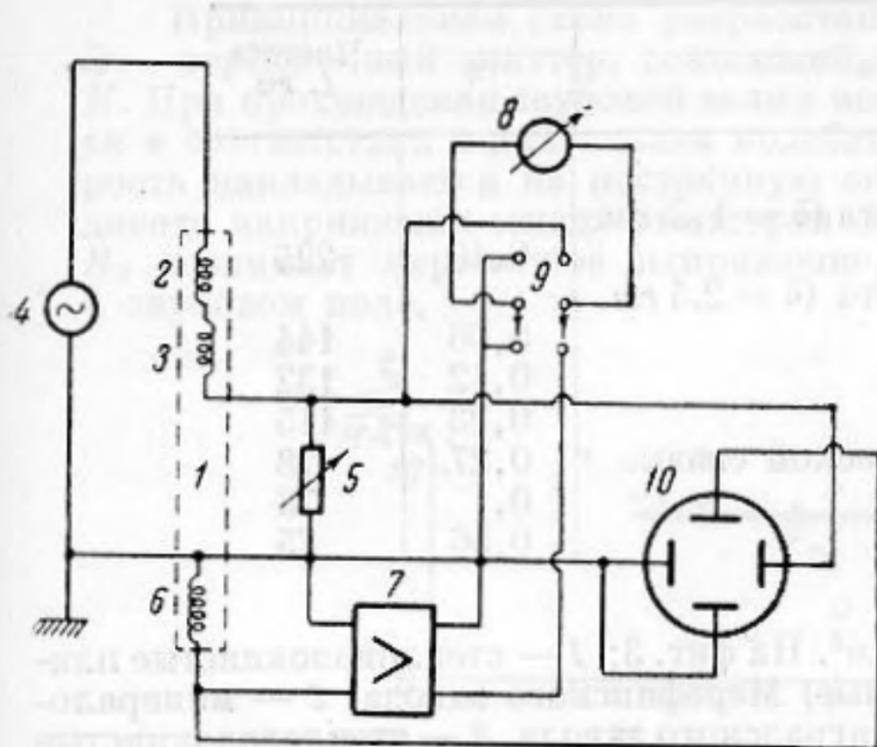
Случай, когда знаменатель равен нулю, соответствуют резонансным колебаниям системы; при равенстве нулю числителя имеем антирезонансные колебания. Таким образом получаются формулы для вычисления динамических модулей упругости образца. Поскольку колебательная система имеет бесконечное число степеней свободы, а следовательно, резонансных и антирезонансных частот, то из полученных трансцендентных уравнений можно вычислить целый ряд значений динамических модулей.

Механическое сопротивление образца, нагруженного массой  $M$ , в остальном частотном диапазоне при пренебрежении внутренним сопротивлением, как легко показать, равно

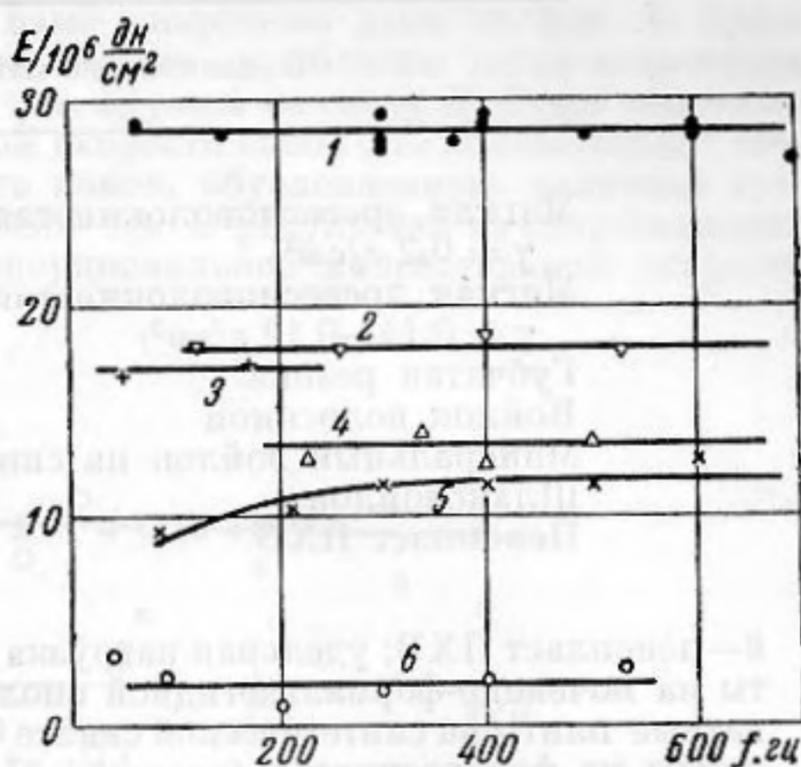
$$Z = \omega M_0 \frac{\frac{M_0}{\beta M} + \operatorname{ctg} \beta}{\frac{M_0}{M} \operatorname{ctg} \beta - \beta}, \quad \beta = \frac{\omega l}{c}$$

После нескольких предварительных экспериментов в качестве измерительного прибора был выбран изготавливаемый нашей промышленностью электродинамический виброметр ГМК-1. В результате мероприятий, имеющих целью уменьшение индуктивной связи между силовой и измерительной катушками, сигнал, наводимый из силовой катушки в измерительную, достигал около 1% от э.д.с. в измерительной катушке.

На фиг. 1 приведена электрическая схема установки. Электродинамический виброметр 1, имеющий силовую 2 и компенсационную 3 катушки, питается от звукового генератора 4. Последовательно с силовой и компенсационной катушкой включен безреактивный магазин сопротивлений 5. Измерительная катушка 6 электродинамического виброметра подключена к усилителю 7.

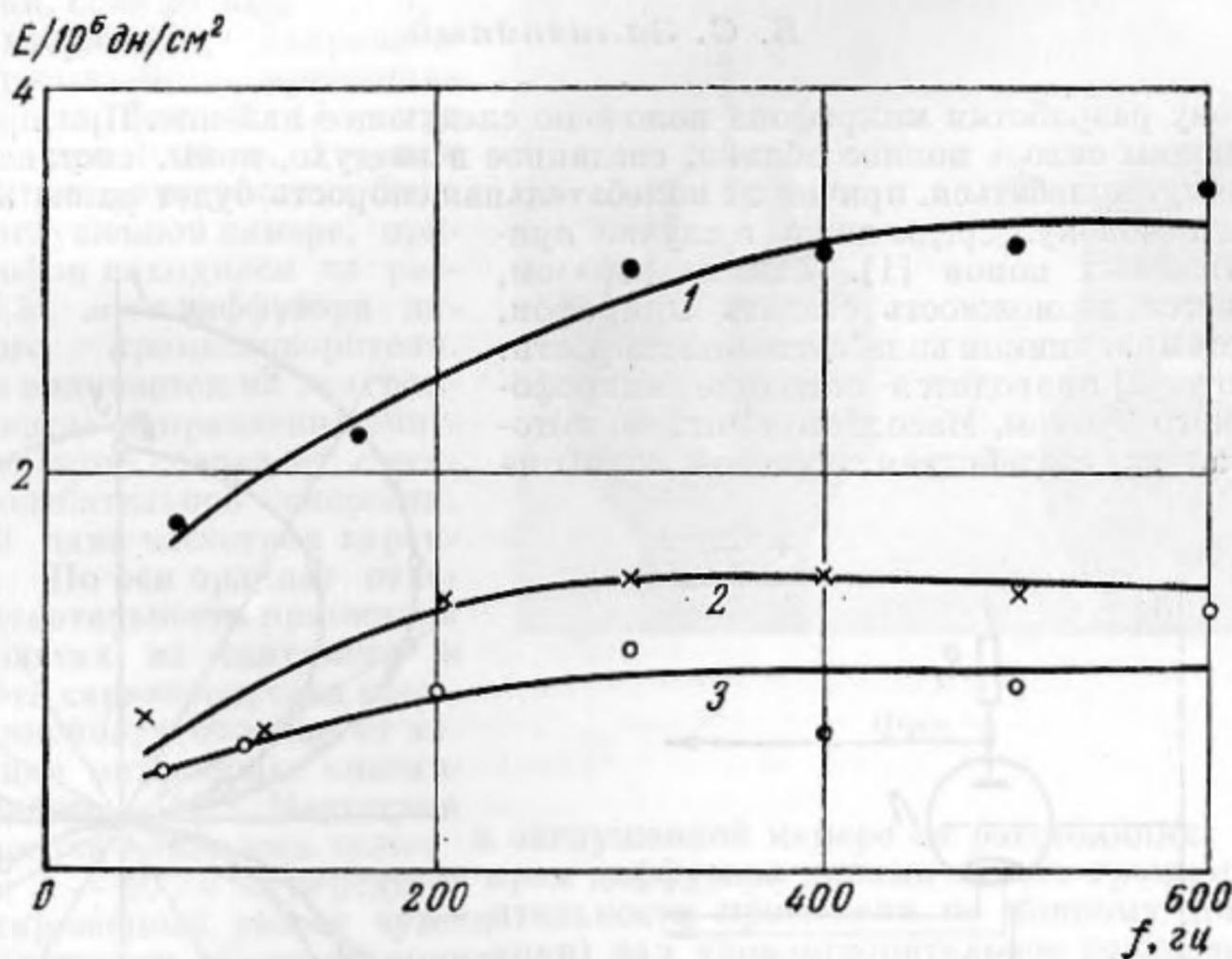


Фиг. 1



Фиг. 2

Механическое сопротивление, как известно, равно  $Z = Ki_0/\epsilon_{II} \exp j\varphi$ , где  $K$  — константа прибора. Ток  $i_0$ , протекающий через силовую катушку, находится по падению напряжения  $\epsilon_0$  на сопротивлении  $R_0$  магазина сопротивлений 5, а э. д. с.  $\epsilon_{II}$  измерительной катушки определяется по напряжению  $\bar{\epsilon}_{II}$ , получаемому с усилителя ( $\bar{\epsilon}_{II} = \epsilon_{II} n$ , где  $n$  коэффициент усиления). При измерениях сопротивление  $R_0$  подбирается таким образом, чтобы выполнялось условие  $\bar{\epsilon}_{II} = \epsilon_0$ . Равенство



Фиг. 3

напряжений устанавливается ламповым вольтметром 8 при помощи переключателя 9. Сдвиг фазы  $\varphi$  измеряется посредством электронно-лучевого осциллографа 10.

В областях, удаленных от резонанса, сдвиг фазы близок к  $90^\circ$ . При этом механическое сопротивление практически равно его реактивной составляющей  $Z_y = Kn/R_0$ .

На фиг. 2 и 3 приведены частотные характеристики динамических модулей упругости некоторых звукоизолирующих материалов при различных удельных нагрузках. На фиг. 2: 1 — губчатая резина,  $\gamma = 0,75 \text{ г/см}^3$ ; 2 — мягкая древесноволокнистая плита,  $\gamma = 0,2 \text{ г/см}^3$ ,  $\delta = 1,2 \text{ см}$ , удельная нагрузка  $30 \text{ г/см}^2$ ; 3 — мягкая древесноволокнистая плита,  $\gamma = 0,14 \text{ г/см}^3$ ,  $\delta = 2,4 \text{ см}$ , удельная нагрузка  $133 \text{ г/см}^2$ ; 4 — мягкая древесноволокнистая плита,  $\gamma = 0,2 \text{ г/см}^3$ ,  $\delta = 1,2 \text{ см}$ , удельная нагрузка  $5 \text{ г/см}^2$ ; 5 — мягкая древесноволокнистая плита,  $\gamma = 0,14 \text{ г/см}^3$ ,  $\delta = 2,4 \text{ см}$ , удельная нагрузка  $23 \text{ г/см}^2$ ;

Наименование материала	$\eta$	Частота $f$ , гц
Мягкая древесноволокнистая плита ( $\delta = 1,2$ см, $\gamma = 0,2$ г/см <sup>3</sup> )	0,10	225
Мягкая древесноволокнистая плита ( $\delta = 2,4$ см, $\gamma = 0,14-0,19$ г/см <sup>2</sup> )	0,06	144
Губчатая резина	0,12	132
Войлок волосной	0,23	115
Минеральный войлок на синтетической связке	0,27	78
Шлаковойлок	0,1	78
Пенопласт ПХВ	0,56	75

б—пенопласт ПХВ; удельная нагрузка 30 г/см<sup>2</sup>. На фиг. 3: 1 — стекловолокнистые плиты на мочевино-формальдегидной смоле (белые) Мерефинского завода, 2 — минераловатные плиты на синтетической связке Сталинградского завода, 3 — стекловолокнистые плиты на фенолоспиртах (розовые) Мерефинского завода. Измерения для этих трех образцов проводились при удельной нагрузке 20 г/см<sup>2</sup>. В таблице приведены значения коэффициентов потерь, определенные по остроте резонансной кривой.

Уральский филиал Академии  
строительства и архитектуры  
г. Челябинск

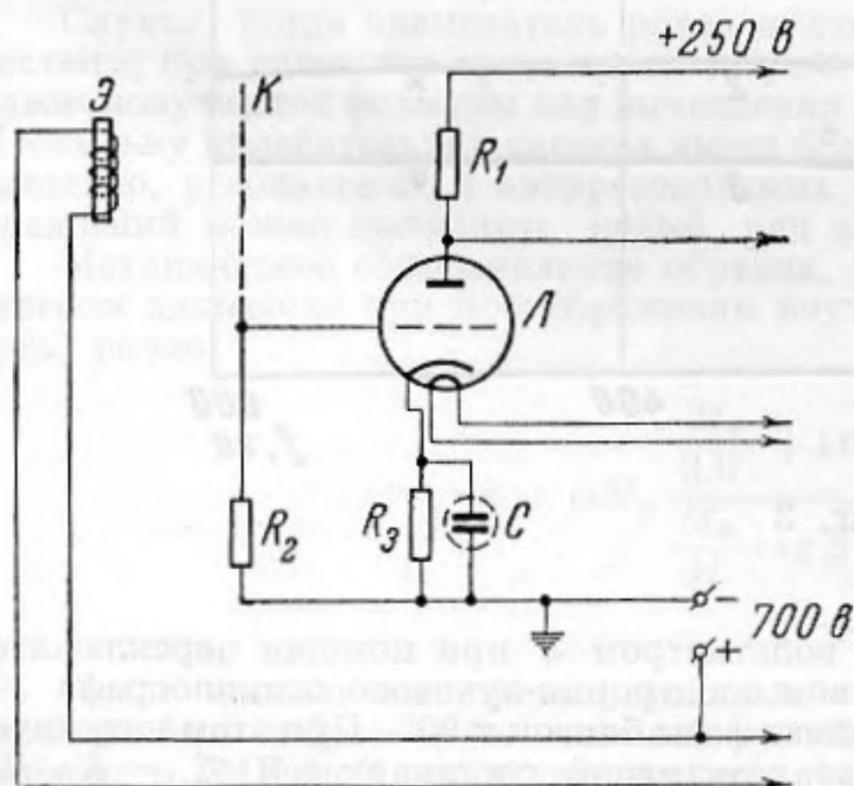
Поступила в редакцию  
8 января 1960 г.

## ШИРОКОПОЛОСНЫЙ МИКРОФОН КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ

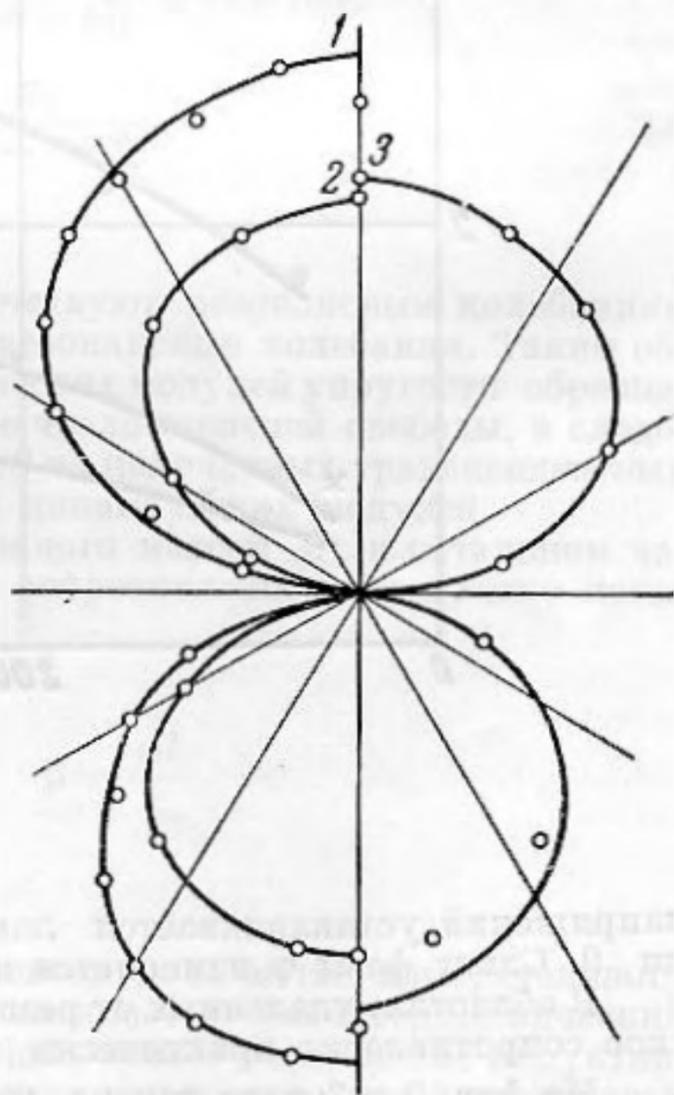
Б. С. Заливадный

В основу разработки микрофона положено следующее явление. При прохождении звуковой волны сквозь ионное облако, созданное в воздухе, ионы, составляющие это облако, начнут колебаться, причем их колебательная скорость будет равна колебательной скорости молекул среды даже в случае применения тяжелых ионов [1]. Таким образом, представляется возможность создать микрофон, являющийся приемником колебательной скорости.

В работе [2] приводится описание микрофона, созданного Фоггом, Масоллем и Энглем, который основан на воздействии звуковой волны на



Фиг. 1



Фиг. 2

поток ионов в воздухе. Однако описанные приемники не являлись чистыми приемниками колебательной скорости, так как рабочий орган находился в частично замкнутом объеме, а не в свободном поле.