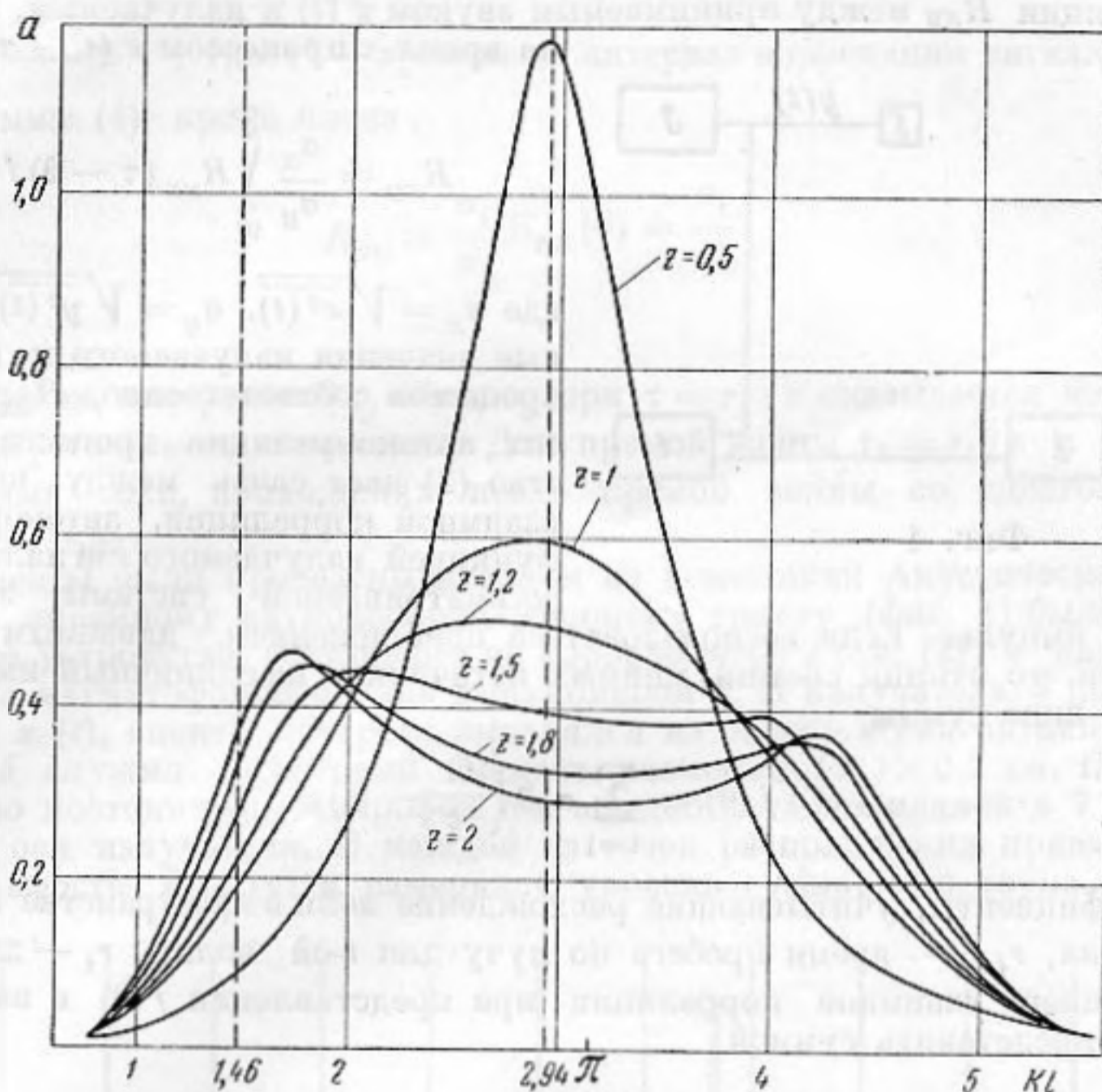


В качестве примера на фиг. 3 показана зависимость от нагрузки частоты, соответствующей  $a_{\max}$  для плоского идеального излучателя из керамики титаната бария.

Характер изменения частотной зависимости активной составляющей электрической проводимости для излучателя из керамики титаната бария или из любого другого пьезоматериала с таким же коэффициентом электромеханической связи ( $\beta = 0,148$ ) при работе в различных средах с большим  $\rho_{II} c_{II}$  представлен на фиг. 4.



Фиг. 4

Приведенный расчет указывает на значительное влияние активной нагрузки на изменение резонансных частот плоского идеального излучателя по сравнению с резонансными частотами при работе излучателя без нагрузки с акустической стороны. Результаты расчета могут оказаться полезными при расчете режима работы пьезоэлектрика в твердую среду, например, при решении вопросов дефектоскопии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Андреев. Расчет пьезоэлектрического передатчика. Сб. тр. Всесоюз. заочн. энергетич. института, 1951.
2. А. А. Аняева. Расчет поршневого пьезоэлектрического излучателя без учета внутренних потерь. Отчет Акустического института АН СССР, 1954.

Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
29 мая 1957 г.

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ОТНОШЕНИЯ

С. Г. Гершман, Е. Ф. Орлов

При рассмотрении некоторых архитектурно-акустических свойств помещений, например, диффузности звукового поля, качества воспроизведения звука, а также при энергетическом расчете звукового поля вводится понятие акустического отношения [1]. В данной заметке дается описание метода непосредственного измерения акустического отношения в помещении и приводятся некоторые полученные экспериментальные результаты.

Пусть в закрытом помещении работает линейный тракт звукопередачи, излучающий звуковой сигнал  $x(t)$ . На основании принципа суперпозиции для линейной си-

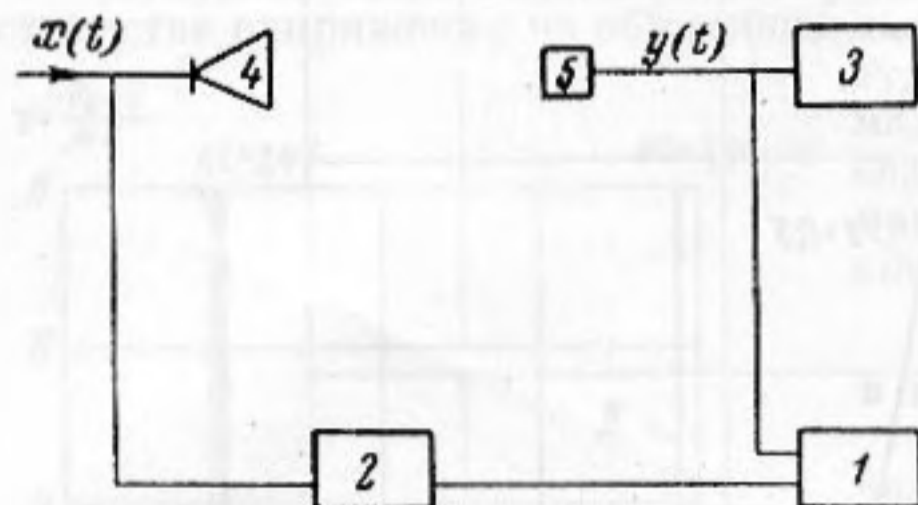
стемы можно сказать, что процесс  $y(t)$ , принимаемый в некоторой точке помещения, описывается выражением

$$y(t) = \int_0^{\infty} x(t - \theta) f(\theta) d\theta, \quad (1)$$

где  $f(\theta)$  — отклик системы на  $\delta$ -импульс. Можно показать, что коэффициент взаимной корреляции  $R_{xy}$  между принимаемым звуком  $y(t)$  и излучаемым, задержанным на время  $\tau$  процессом  $x(t - \tau)$ , равен

$$R_{xy} = \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \int_0^{\infty} R_{xx}(\tau - \theta) f(\theta) d\theta, \quad (2)$$

где  $\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2(t)}}$ ,  $\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2(t)}}$  — эффективные значения излучаемого и принимаемого процессов соответственно,  $R_{xx}$  — коэффициент автокорреляции процесса  $x(t)$ . Равенство (2) дает связь между коэффициентом взаимной корреляции, автокорреляционной функцией излучаемого сигнала и откликом рассматриваемой системы звукопередачи

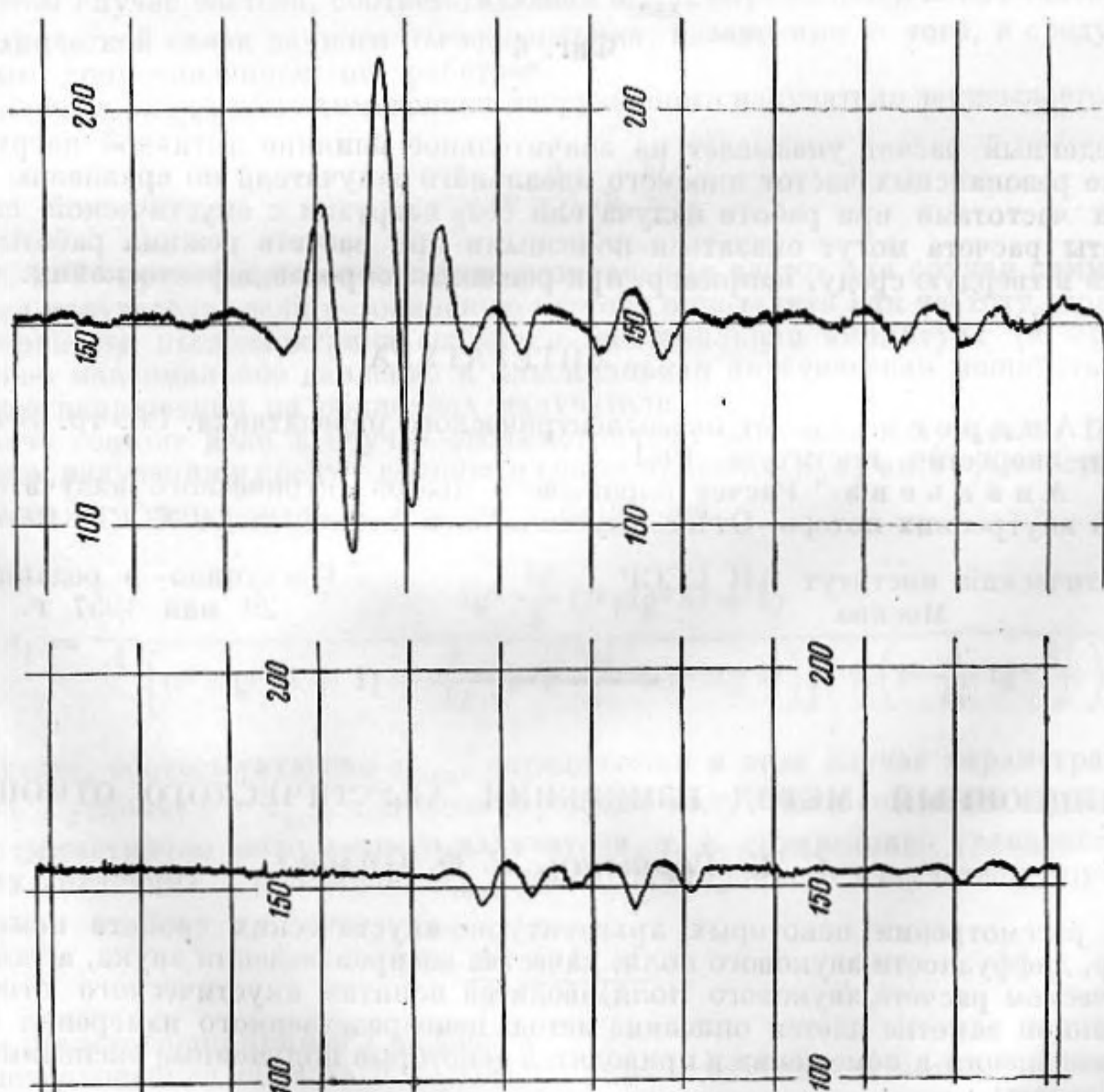


Фиг. 1

на единичный импульс. Если воспользоваться приближением, даваемым геометрической акустикой, то отклик системы мнимых источников на единичный импульс можно представить в виде суммы

$$f(\theta) = \sum_{i=1} \alpha_i \delta\left(\frac{r_i}{c} - \theta\right), \quad (3)$$

где  $\alpha_i$  — коэффициенты, учитывающие расхождение волн в пространстве и поглощение при отражениях,  $r_i/c$  — время пробега по лучу для  $i$ -ой волны,  $r_i$  — длина пути по лучу. Коэффициент взаимной корреляции при представлении  $f(\theta)$  в виде суммы (3) можно также представить суммой



Фиг. 2а



$$R_{xy} = \sum_{i=1} \frac{\sigma_i}{\sigma_y} R_{xx} \left( \tau - \frac{r_i}{c} \right) = \frac{\sigma_i}{\sigma_y} \sum_{i=1} R_{xx} \left( \tau - \frac{r_i}{c} \right), \quad (4)$$

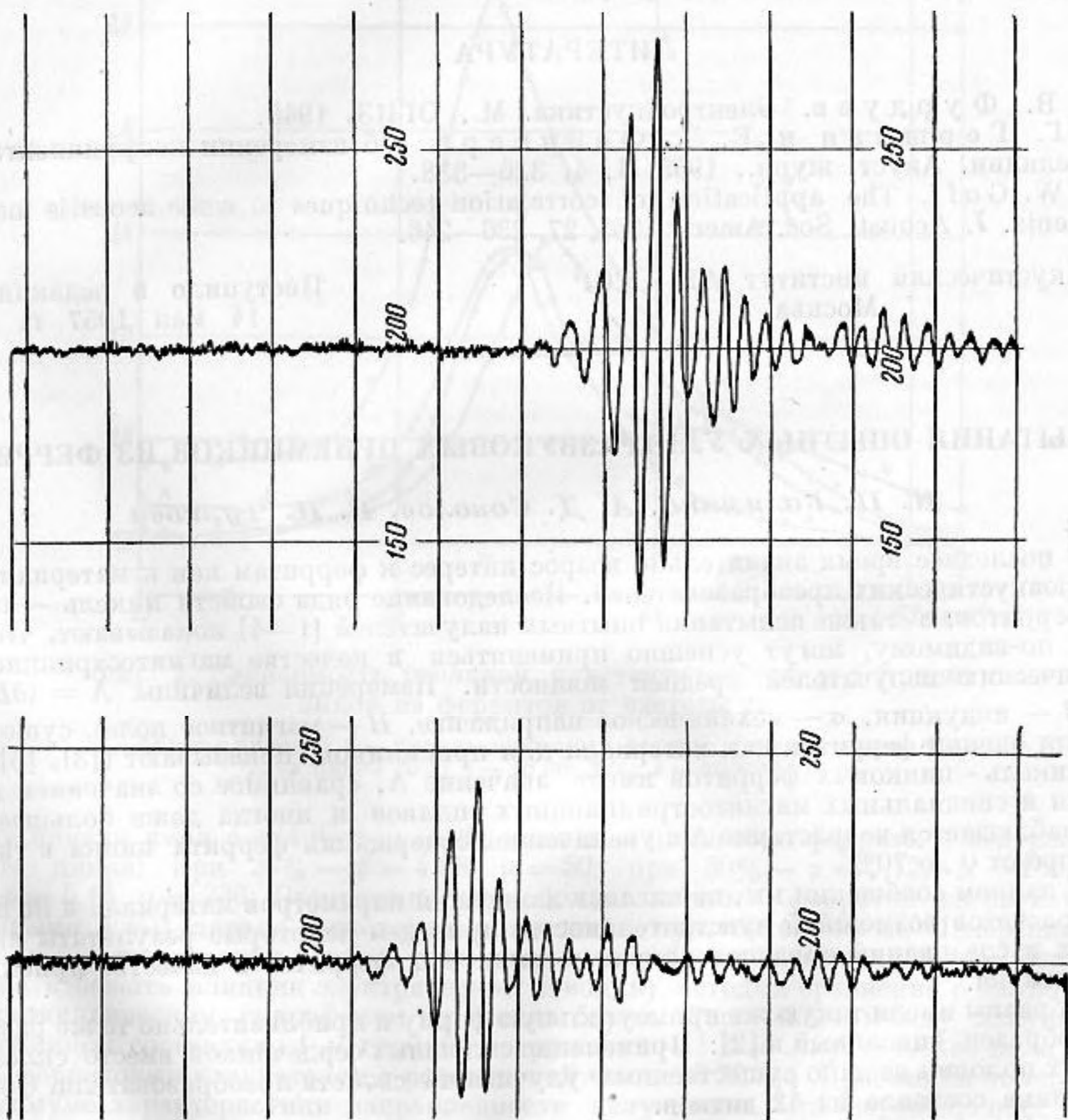
где  $\sigma_i = \alpha_i \sigma_x$  — эффективное значение для  $i$ -ой волны. Из равенства (4) видно, что если положить  $\tau = r_i / c$  и выбрать характер сигнала так, чтобы выполнялось неравенство  $\frac{r_{i+1} - r_i}{c} > \tau^*$ , где  $\tau^*$  — временной интервал корреляции сигнала  $x(t)$ , то все слагаемые суммы (4), кроме члена

$$R_{xy} = \frac{\sigma_i}{\sigma_y} R_{xx}(0) = \frac{\sigma_i}{\sigma_y} \quad (5)$$

будут равны нулю.

Таким образом, измерение  $R_{xy} = \sigma_i / \sigma_y$  при  $\tau = r_i / c$  оказывается непосредственно измерением акустического отношения. Для прямой волны  $\tau_1 = r_1 / c$  и  $R_{xy_1} = \sigma_1 / \sigma_y$ . Для отраженных волн, приходящих после прямой волны со сдвигом по времени  $\tau_i > \tau_1$ ,  $R_{xy_i} < R_{xy_1}$ .

Эксперименты были проведены в одном из помещений Акустического института АН СССР. К линейному звуковоспроизводящему тракту (фиг. 1) было подключено измерительное устройство, состоявшее из коррелометра 1 (см. [2]) с задерживающим устройством 2 магнитофонного типа и шумомером 3. К излучателю 4 подводился шумовой сигнал  $x(t)$ , спектр которого выделялся из белого шума октавным фильтром. Приемником 5 служил сегнетовый элемент размером  $1 \times 1 \times 0,2$  см. Положение излучателя было постоянным. Микрофон поочередно устанавливался в 7 точках помещения вдоль оси излучателя. В каждой из точек расположения приемника записывалась зависимость  $R_{xy}(\tau)$  и измерялся уровень суммарного звука в помещении



Фиг. 26



т. е.  $20 \lg \sigma_y$ . Образцы записей  $R_{yx}(\tau)$ , полученных на выходе коррелометра, приведены на фиг. 2. Записи 2, а сделаны при шуме с полосой 1200—2400 гц; (верхняя запись — микрофон вблизи от излучателя

(на расстоянии  $r_1=2$  м), нижняя — микрофон в точке, удаленной от излучателя на расстояние  $r_1=8$  м. Аналогичные записи на фиг. 2, б отвечают частотной полосе шума 3200—6400 гц. На фиг. 3 результаты измерений для частотной полосы шума 1200—2400 гц представлены в виде графиков. По оси абсцисс отложено расстояние от излучателя в м; 1 дает зависимость  $\sigma_1/\sigma_y$ , т. е. акустического отношения прямой волны от расстояния между излучателем и приемником, измеренную коррелометром; 2 — уровень шума в помещении, измеренный шумомером; 3 — спадение прямого звука, найденное по формуле

$$20 \lg \sigma_1 = 20 \lg R + 20 \lg \sigma_y.$$

Первое слагаемое в правой части этого равенства измеряется коррелометром, второе — шумомером.

Здесь же дана расчетная кривая 4 квадратичного спадения прямого звука.

Наконец 5 дает зависимость от расстояния энергии диффузного звука.

Разработанный метод может успешно использоваться при исследовании акустических свойств помещений. См. также [3].

Авторы выражают благодарность Е. Л. Фейнбергу, и В. С. Григорьеву за обсуждение полученных результатов, Н. С. Антонову и В. М. Шаталову за участие в проведении измерений и обработку результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Фурдеев. Электроакустика. М., ОГИЗ, 1948.
2. С. Г. Гершман и Е. Л. Фейнберг. Об измерении коэффициента корреляции. Акуст. журн., 1955, 1, 4, 326—338.
3. K. W. Goff. The application of correlation techniques to some acoustic measurements. J. Acoust. Soc. Amer., 1955, 27, 236—246.

Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
14 мая 1957 г.

## ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРИЕМНИКОВ ИЗ ФЕРРИТОВ

И. П. Голямина, А. Д. Соколов, В. И. Чулкова

В последнее время значительно возрос интерес к ферритам как к материалу для электроакустических преобразователей. Исследование ряда свойств никель — цинковых ферритов, а также испытания опытных излучателей [1—4] показывают, что ферриты, по-видимому, могут успешно применяться в качестве магнитострикционных акустических излучателей средней мощности. Измерения величины  $\Lambda = (\partial B / \partial \sigma)_H$  (где  $B$  — индукция,  $\sigma$  — механическое напряжение,  $H$  — магнитное поле), существенной для оценки ферритов как материала для приемников, показывают ([3], [5]), что ряд никель — цинковых ферритов имеет значение  $\Lambda$ , сравнимое со значением  $\Lambda$  для никеля и специальных магнитострикционных сплавов и иногда даже большее; при этом наблюдается возрастание  $\Lambda$  с увеличением содержания феррита цинка в твердом растворе от 0 до 70%.

В данном сообщении мы, не касаясь измерений параметров материала и не производя расчетов возможной чувствительности, приведем некоторые результаты акустических исследований образцов никель — цинковых ферритов в качестве приемников ультразвука.

Образцы имели такую же прямоугольную форму и приблизительно те же размеры, что и образец, описанный в [2]. Применение сплошных сердечников вместо склеенных из двух половин не дало существенных улучшений свойств преобразователя. Обмотка приемника состояла из 42 витков.

На фиг. 1 приведена частотная зависимость чувствительности в режиме холостого хода вблизи основного резонанса для четырех приемников из никель — цинковых фер-