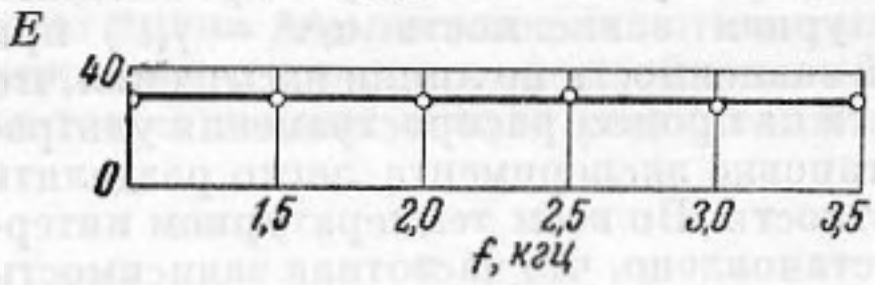
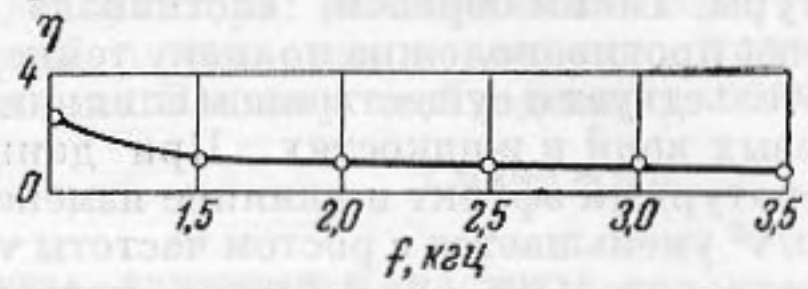
в виде маленького диска, сидящего на винте *4*. Благодаря этому можно регулировать давление на полоску каучука путем перемещения грузика по резьбе. Ось приемника 5, заостренная на концах, опиралась на подпятники, представляющие собой винты с углублением — кратером. Таким образом, приемник мог поворачиваться свободно, без трения. Провода от приемной пластинки к усилителю были очень тонкими (0,05 *мм*) и можно было пренебречь их упругостью и весом. Поэтому давление на образец было постоянным, определяясь лишь весом и длиной плеча приемника.



Фиг. 2



Фиг. 3

При помощи такого приемника измерялись скорость и затухание продольных бегущих звуковых волн в диапазоне 1—3,5 *кгц*, а затем по формулам Нолле вычислялись динамический модуль Юнга E и динамическая вязкость η.

На фиг. 2 и 3 приведены результаты измерений E и η для дивинил-стирольного каучука СКС-30А (невулканизованный, непластицированный). E приведено в мегадинах/*см*^{2}, η в килопуазах. Скорость звука измерялась с точностью 2% на низких частотах (1 *кгц*) и с точностью 5% на высоких частотах (3,5 *кгц*). Затухание измерялось с точностью 7%.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. W. Nolle. Acoustic definition of physical constants of rubber-like materials. J. Acoust. Soc. America, 1947, 19, 1, 194—201.
2. A. W. Nolle. Methods of measuring dinamic mechanical properties of rubber-like materials. J. Appl. Phys., 1948, 19, 8, 753—774.
3. В. П. Володин. Измерение механических динамических характеристик резин в звуковом диапазоне частот (диссертация). Ленингр. политехнич. ин-т, 1957.

Ярославский медицинский институт

Поступило в редакцию 12 марта 1959 г.

О РАБОТЕ СТЕРЖНЕВОГО КОНЦЕНТРАТОРА В НАРУЖНОМ РЕЖИМЕ

Л. О. Макаров

За последние годы опубликован ряд работ (например, [1—4]), посвященных рассмотрению различных типов стержневых ультразвуковых концентраторов, сравнению их между собой и построению методики их расчета. Однако во всех этих работах, включая и обстоятельное исследование Меркулова [4], не учитывается нагрузка, на которую работает концентратор, и вопрос сводится лишь к получению максимально возможного коэффициента усиления по смещению или, что то же, по колебательной скорости *. Однако почти всегда существует определенная активная нагрузка, которая определяется величиной полезной энергии, отдаваемой концентратором; именно эта нагрузка и соответствующий ей уровень бегущей волны в теле концентратора и являются мерой полезного эффекта.

Учитывая, что стержневой концентратор обладает определенными свойствами трансформатора с распределенными постоянными, представляет интерес рассмотрение коэффициентов, с которыми в концентраторах различных типов пересчитывается с выхода на вход сопротивление нагрузки. Можно показать, что, например, для экспоненциального (фиг. 1) и ступенчатого (фиг. 2) полуволновых концентраторов при одинаковой комплексной выходной нагрузке $\dot{Z}_н$ входное сопротивление будет у экспоненциального концентратора —

$$\dot{Z}_{вх} = N^2 \cdot \dot{Z}_н, \tag{1}$$

у ступенчатого концентратора —

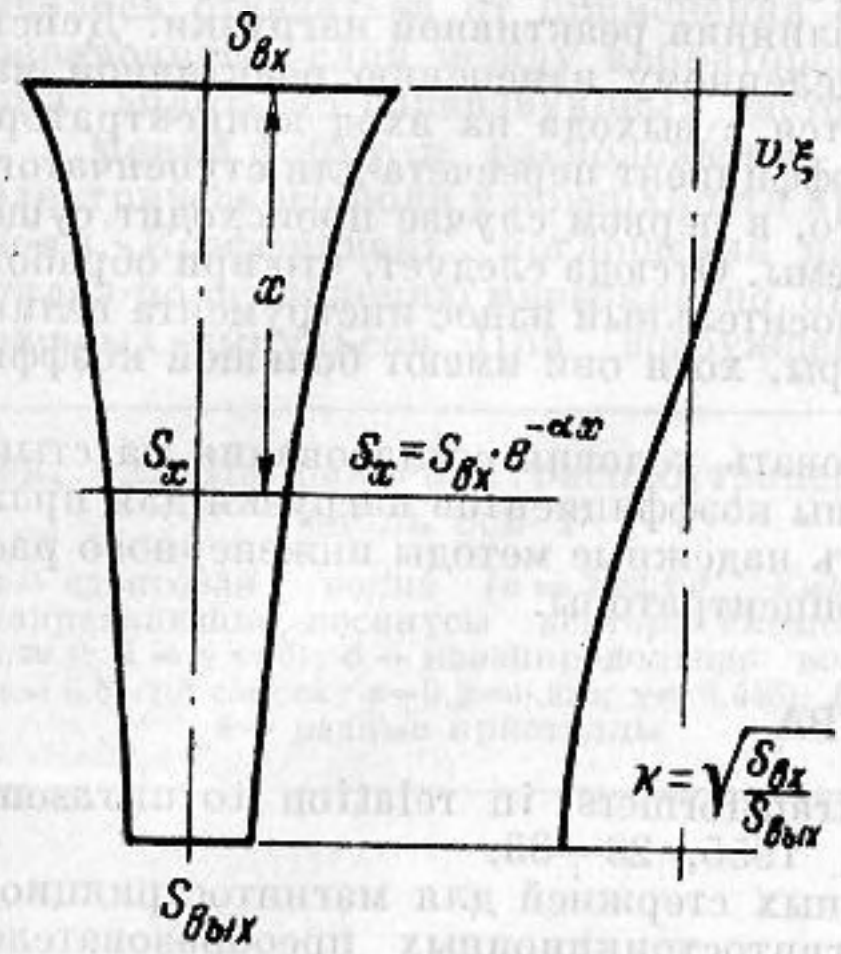
$$\dot{Z}_{вх} = N^4 \cdot \dot{Z}_н, \tag{2}$$

где $N = \sqrt{S_{вх}/S_{вых}}$ — величина, которую удобно называть коэффициентом площади. Приведенные выражения физически прозрачно описывают согласующие свой-

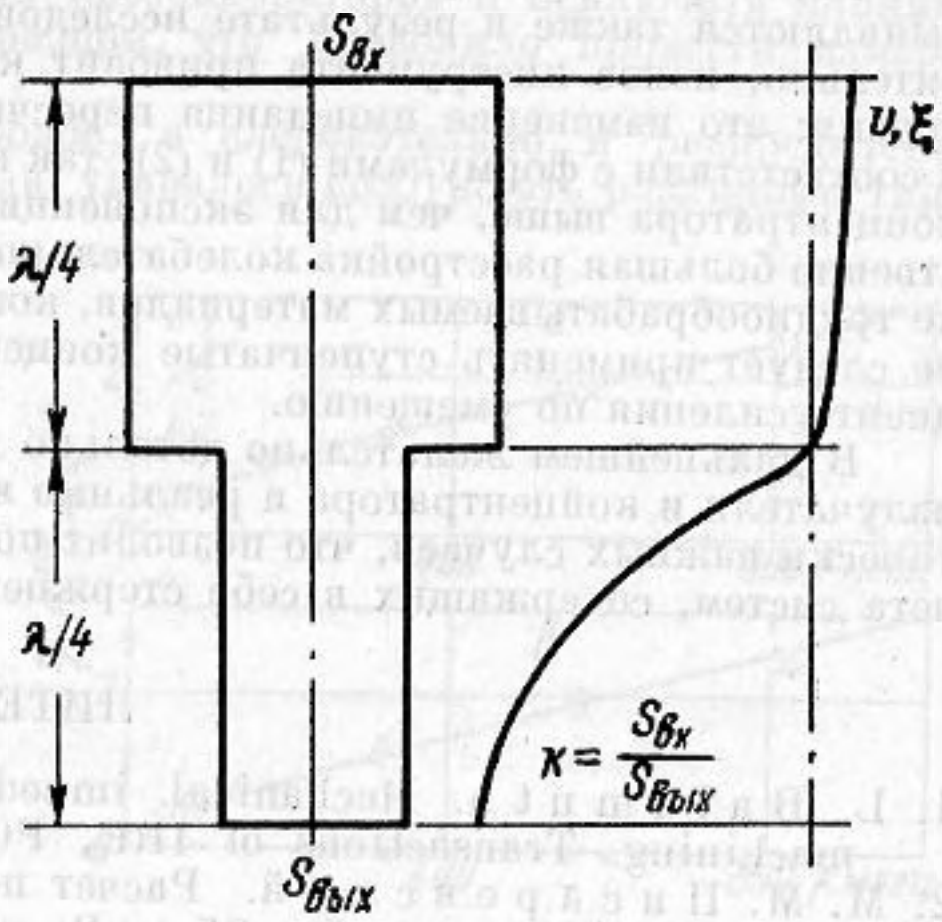
* Результатом такого подхода к задаче явилось применение в литературе неоправданно узкого, по нашему мнению, термина «трансформатор скорости».

ства концентраторов. Зная реальные сопротивления нагрузок и свойства соединения излучателя с концентратором, можно рассчитать согласование системы излучатель — концентратор — нагрузка.

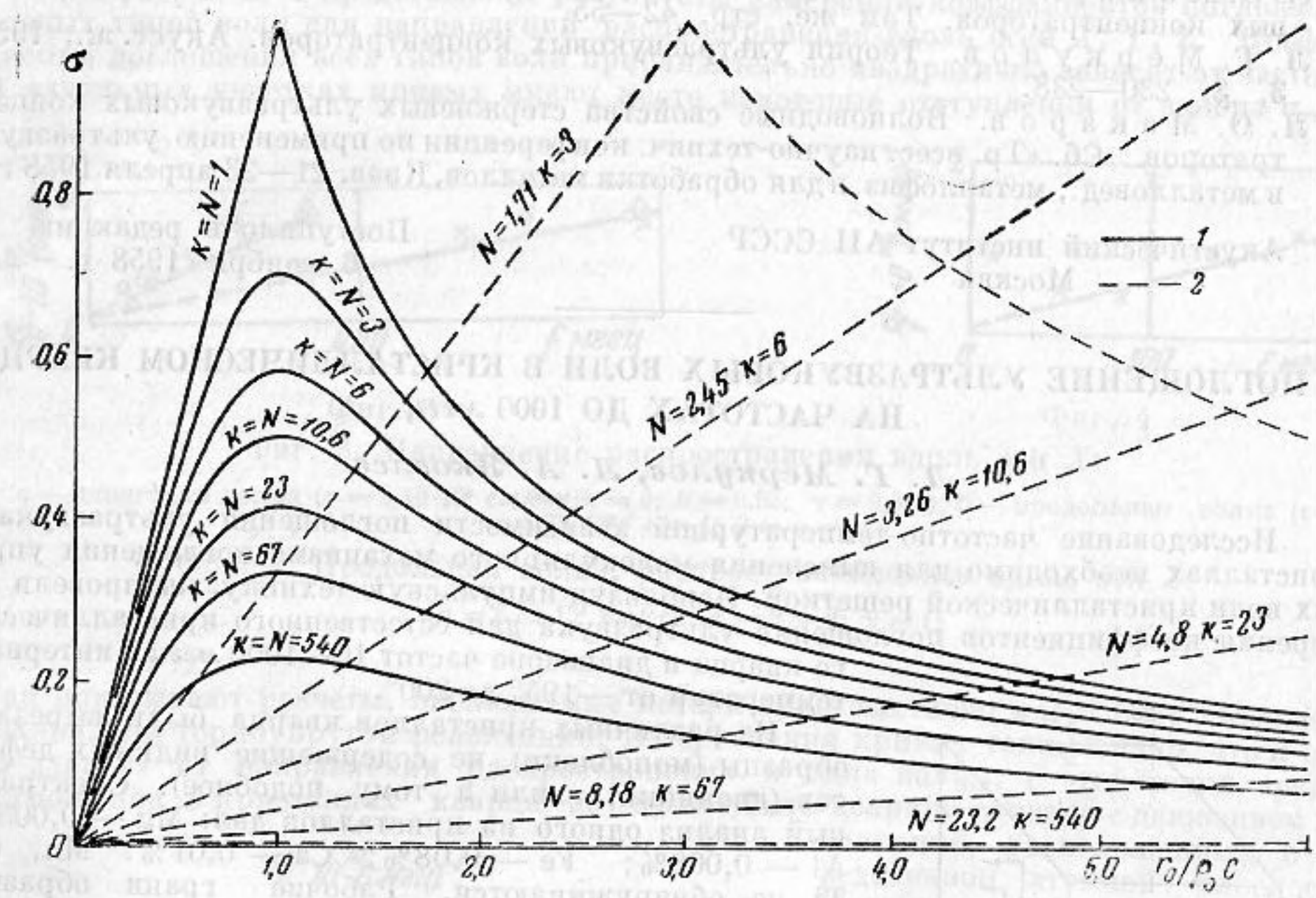
Нами произведен также теоретический расчет коэффициента бегущей волны



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3.

1 — экспоненциальный концентратор, *2* — ступенчатый концентратор

(к.б.в.) в указанных типах концентраторов. На фиг. 3 для краткости изложения приводится лишь семейство характеристик к.б.в., определяющегося как

$$\sigma = \frac{1 - (\text{коэффициент отражения})}{1 + (\text{коэффициент отражения})} \tag{3}$$

в функции от коэффициента нагрузки $r_0/\rho_0 c$ * при разных коэффициентах площади N, которым соответствуют некоторые коэффициенты усиления по смещению k.

Рассмотрение кривых фиг. 3 показывает, что в диапазоне коэффициентов нагрузки от 0 до 1,0 к.б.в. ступенчатого концентратора меньше, чем экспоненциального, при одинаковом N и даже при одинаковом k. Вместе с тем, при малом уровне бегущей волны становится, например, весьма критичным выбор точек прикрепления к концентра-

* Отношение удельного активного сопротивления нагрузки к волновому сопротивлению материала концентратора.

тору четвертьволновых опорных изоляторов («стаканов»). Так как при выполнении таких креплений всегда существуют некоторые погрешности, малость к.б.в. приводит к увеличению потерь на рассеяние через изолятор, что особенно важно в мощных станках, где эти потери велики по абсолютной величине.

Некоторые преимущества экспоненциального концентратора перед ступенчатым выявляются также в результате исследования влияния реактивной нагрузки. Действительно, износ инструмента приводит к определенному изменению реактивной нагрузки; это изменение импеданца пересчитывается с выхода на вход концентратора в соответствии с формулами (1) и (2); так как коэффициент пересчета для ступенчатого концентратора выше, чем для экспоненциального, в первом случае происходит существенно большая расстройка колебательной системы. Отсюда следует, что при обработке труднообрабатываемых материалов, когда относительный износ инструмента велик, не следует применять ступенчатые концентраторы, хотя они имеют большой коэффициент усиления по смещению.

В дальнейшем желательно детально исследовать условия согласования на стыке излучателя и концентратора и реальные величины коэффициентов нагрузки для практически важных случаев, что позволит построить надежные методы инженерного расчета систем, содержащих в себе стержневые концентраторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Balamuth. Mechanical impedance transformers in relation to ultrasonic machining. Transactions of IRE, PGUE-2, 1955, 23—33.
2. М. М. Писаревский. Расчет переходных стержней для магнитострикционных преобразователей. Сб. «Расчет магнитострикционных преобразователей (конспект)», изд. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, М., 1957, 29—41.
3. Л. О. Макаров. Методика расчета стержневых экспоненциальных ультразвуковых концентраторов. Там же, стр. 42—55.
4. Л. Г. Меркулов. Теория ультразвуковых концентраторов. Акуст. ж., 1957, 3, 3, 230—238.
5. Л. О. Макаров. Волноводные свойства стержневых ультразвуковых концентраторов. Сб. «Тр. всес. научно-технич. конференции по применению ультразвука в металловед., металлофиз. и для обработки металлов, Киев, 21—23 апреля 1958 г.».

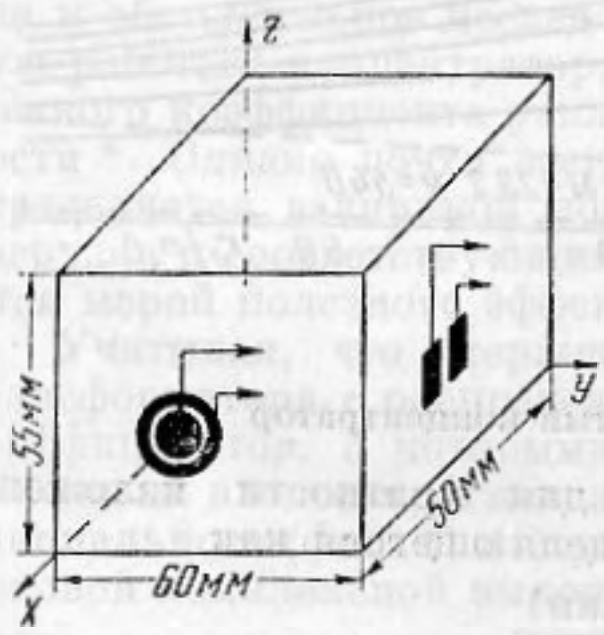
Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
6 ноября 1958 г.

ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КВАРЦЕ НА ЧАСТОТАХ ДО 1000 *мггц*

Л. Г. Меркулов, Л. А. Яковлев

Исследование частотно-температурной зависимости поглощения ультразвука в кристаллах необходимо для выяснения молекулярного механизма поглощения упругих волн кристаллической решеткой. Используя импульсную технику, мы провели измерения коэффициентов поглощения ультразвука для естественного кристаллического кварца в диапазоне частот 10—1000 *мггц* и интервале температур от —195° до 200°.



Фиг. 1

Из различных кристаллов кварца были вырезаны образцы (моноблоки), не содержащие видимых дефектов (двойники, свили и тому подобное). Спектральный анализ одного из кристаллов дал: Mg — 0,005%; Al — 0,008%; Fe — 0,08%; Ca — 0,01%; Mn, Cu, Ti не обнаруживаются. Рабочие грани образцов ориентировались по рентгенгониометру перпендикулярно осям X, Y, Z с точностью 3′. Поверхности кристаллов обрабатывались до оптического контакта с пробным стеклом, непараллельность противоположных граней не превышала 5″. Ввиду малости поглощения в кварце, незначительная непараллельность граней образца или неточность ориентировки приводят к неверным значениям коэффициента поглощения.

В наших исследованиях была применена новая методика возбуждения ультразвуковых волн. К электродам (с размерами 5 ÷ 10 *мм*), расположенным на поверхности кристалла, подводились импульсы от высокочастотного генератора. Сильное электрическое поле, созданное у поверхности, заставляло колебаться грань пьезокристалла (вблизи электродов) и возникшие звуковые импульсы распространялись в образец *.

---

* Данный способ возбуждения был впервые обнаружен в лаборатории электроакустики ЛЭТИ С. Я. Соколовым и Г. Е. Грачевым в 1948 г.