ультразвука в азоте при давлениях до 5000 *кГ/см*². Сб. «Примен. ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1961, 8, 63—77.
11. Л. Ф. Верещагин, Н. А. Юзефович, А. В. Человский. Измерение скорости ультразвука в некоторых газах в состоянии высокой плотности. Докл. АН СССР, 1962, 144, 6, 1272—1274.
12. А. А. Вассерман. Уравнение состояния для азота. Ж. физ. химии, 1964, 38, 10, 2386—2391.

Одесский институт инженеров
морского флота

Поступило в редакцию
21 сентября 1965 г.

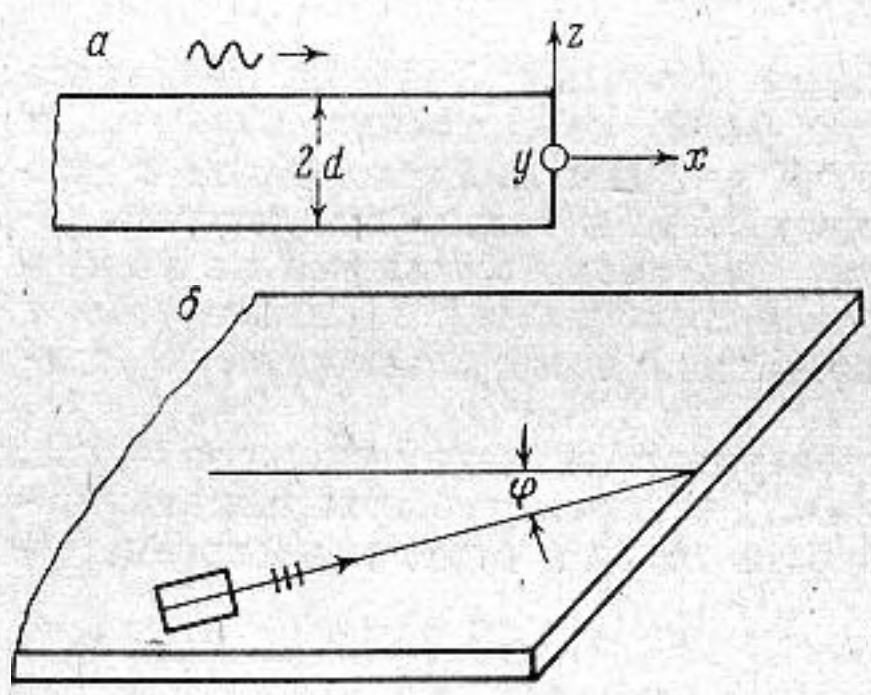
УДК 534.24

ОБ ОТРАЖЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН ЛЭМБА И РЭЛЕЯ НА ПРЯМОУГОЛЬНОМ СРЕЗЕ ПЛАСТИНКИ

И. А. Викторов

В связи с широким практическим применением в настоящее время ультразвуковых волн Лэмба и Рэлея [1] вопросы распространения этих волн в твердых образцах и, в частности, отражение их от торцового среза пластинки, в которой они распространяются, представляют большой интерес. Между тем, вопрос об отражении таких волн от среза пластинки совершенно не освещен в литературе.

В настоящей заметке описываются результаты первых опытов по изучению отражения ультразвуковых волн Лэмба четырех первых номеров (s_0, a_0, s_1, a_1) при нормальном падении волны на срез (см. фиг. 1, *а*, где ось x — направление распространения падающей волны, плоскость $x = 0$ — торцовый срез пластинки) и волн Рэлея при различных углах падения (см. фиг. 1, *б*, где φ — угол падения волны на срез). Опыты с волнами Лэмба проводились в импульсном режиме на установке, состоящей из генератора электрических импульсов прямоугольной формы с синусоидальным заполнением частотой $1 \div 3$ *Мгц*, усилителя и индикатора (осциллоскоп ИО-4). Длительность импульсов составляла 5 или 10 *мксек*. Волны распространялись в полосках толщиной $1 \div 5$ *мм*, сделанных из дюраля Д-16. Торцовые поверхности, от которых наблюдалось отражение, были срезаны строго под прямыми углами к боковым граням. При исследовании распространения волн Рэлея вместо полосок использовался лист дюраля Д-16 размером $1000 \times 1000 \times 8$ *мм* (о структуре рэлеевской волны в слое конечной толщины см. работу [1]). Опыты проводились на частоте 3 *Мгц*. Возбуждение и прием ультразвуковых волн Лэмба и Рэлея осуществлялись методом «клина» [2]. Для определения коэффициентов отражения волн Лэмба и Рэлея от среза применялся метод, описанный в работе [3].

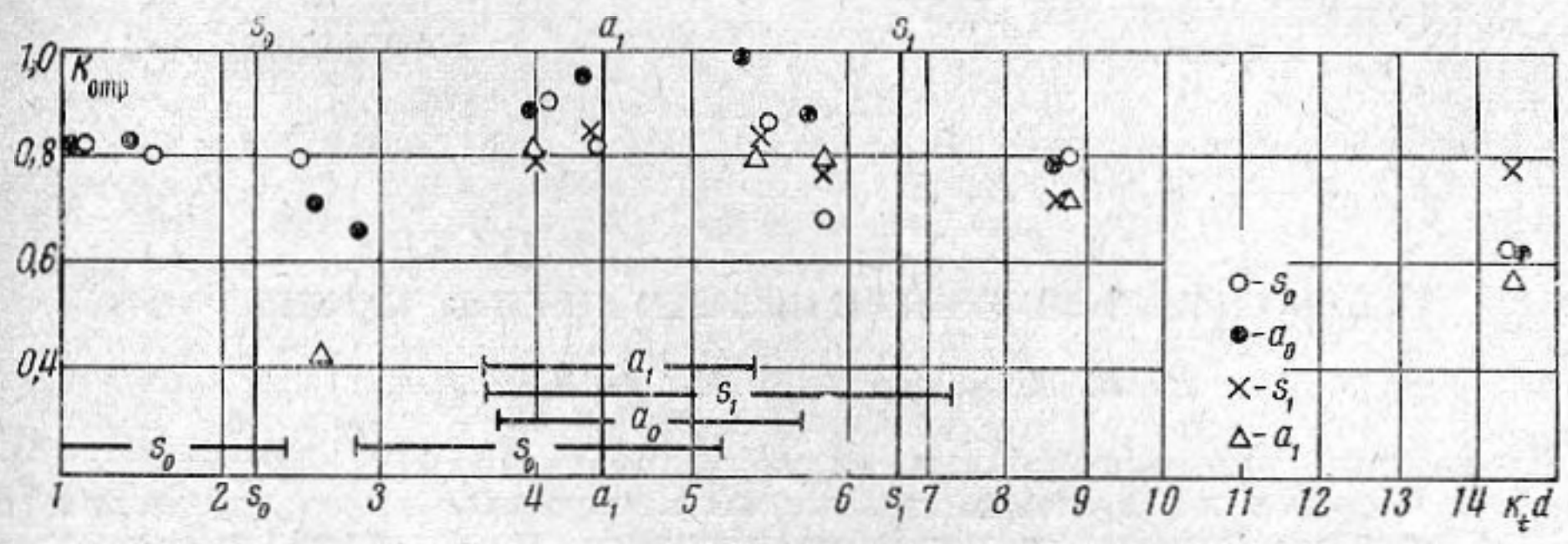


Фиг. 1

На фиг. 2 и 3 приведены результаты измерений. По осям ординат на обеих фигурах отложены коэффициенты отражения (по амплитуде) волн Лэмба и Рэлея соответственно. По оси абсцисс на фиг. 2 — $k_t d$ ($k_t = \omega / c_t$ — волновое число поперечных волн в дюрали), на фиг. 3 — угол падения φ волны Рэлея на срез (см. фиг. 1, *б*). Решений задач об отражении волн Лэмба и Рэлея от среза пластинки, с которыми можно было бы сопоставить экспериментальные данные, в настоящее время не существует, поэтому мы ограничимся только обсуждением полученных результатов и объяснением поведения коэффициентов отражения при некоторых значениях $k_t d$.

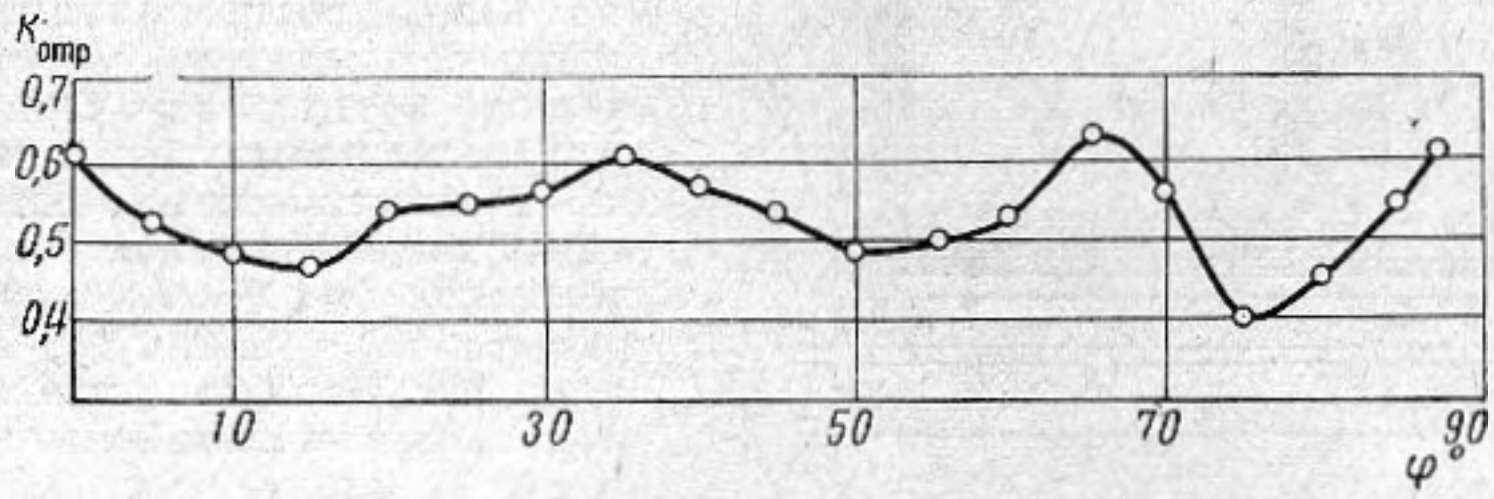
Как видно из фиг. 2, $K_{\text{отр}}$ существенно зависит от $k_t d$, причем в среднем коэффициент отражения довольно велик ($0{,}7 \div 0{,}8$). Во всех экспериментальных точках $K_{\text{отр}} < 1$, что свидетельствует о частичной трансформации волны Лэмба в волны других номеров при отражении на срезе. Трансформация объясняется невозможностью удовлетворить граничным условиям отсутствия напряжений σ_{xx} и σ_{zx} на поверхности среза (фиг. 1, *а*) совокупностью падающей и одной отраженной волн Лэмба. Исключение составляют некоторые «критические» значения $k_t d$, при которых одно из напряжений исчезает и соответственно $K_{\text{отр}}$ становится равным единице. Это происходит в следующих случаях: 1) для волн s_0 и a_0 при $k_t d \ll 1$, когда они представляют собой соответственно продольную и изгибную волны в тонкой пластинке;

2) для всех волн, кроме a_0, при тех значениях $k_t d$, для которых фазовая скорость волны $c = c_t\sqrt{2}$ (для волн s_0, s_1, a_1, эти значения отмечены на фиг. 2 вертикальными линиями). Экспериментальных точек $K_{отр}$ для этих значений $k_t d$, к сожалению, не имеется. При указанных $k_t d$ каждая из волн Лэмба представляет собой совокупность только двух поперечных волн, идущих под углом 90° друг к другу и под углом 45°



Фиг. 2

к граням пластинки [4]; 3) для всех волн Лэмба, кроме s_0 и a_0, при $k_t d \to \infty$ (практически $k_t d > 100$), когда движение в них становится чисто поперечным [1]. У волн s_0 и a_0, которые при $k_t d \to \infty$ переходят в волны Рэлея [1], коэффициент отражения стремится к значению $K_{отр}$ для волны Рэлея [3].



Фиг. 3

Естественно ожидать, что при тех значениях $k_t d$, когда одно из напряжений на срезе $x = 0$ (фиг. 1, *а*) существенно превосходит другое, коэффициенты отражения волн Лэмба будут иметь максимумы. В качестве характеристики напряжения на торце в целом для какой-либо волны мы выбрали величину $\int\limits_{-d}^{d} \sigma_{ix}^2 dz$ и рассчитали отношение $m = \int\limits_{-d}^{d} \sigma_{xx}^2 dz \Big/ \int\limits_{-d}^{d} \sigma_{zx}^2 dz$ для волн s_0, a_0, s_1, a_1 в дюралевом слое толщиной $k_t d = 0 \div 15$. Области значений $k_t d$, в которых $m > 10$ или $m < 0{,}1$ отмечены на фиг. 2 для каждой волны горизонтальными линиями. В этих областях, как следует из фиг. 2, коэффициент отражения действительно больше, чем при прочих $k_t d$ (исключая, конечно, отмеченные выше случаи $K_{отр} = 1$).

Обращаясь к фиг. 3, мы видим, что коэффициент отражения волны Рэлея от среза является слабо осциллирующей (около некоторого среднего значения) функцией угла падения волны на срез. При наклонном падении коэффициент отражения, как правило, меньше, чем при нормальном ($\varphi = 0$). Исключение составляют углы $\varphi = 35$, 65, 88°, при которых коэффициент отражения примерно такой же, как при нормальном падении. При углах 15, 50, 75° коэффициент отражения минимален.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Викторов. Ультразвуковые волны Лэмба. Обзор. Акуст. ж., 1965, 11, 1, 1—18.
2. И. А. Викторов, О. М. Зубова, Т. М. Каекина. Исследование возбуждения волн Лэмба методом «клина». Акуст. ж., 1964, 10, 4, 412—418.

3. И. А. Викторов. О влиянии дефектов поверхности на распространение рэлеевских волн. Сб. «Примен. ультразвук. колеб. для исслед. свойств, контроля качества и обработки металлов и сплавов». Киев, Изд-во АН УССР, 1960, 54—61.
4. W. P. Mason. Physical Acoustics, Academic Press, N. Y.— L., 1964, I, p. A. chapter II.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
16 декабря 1965

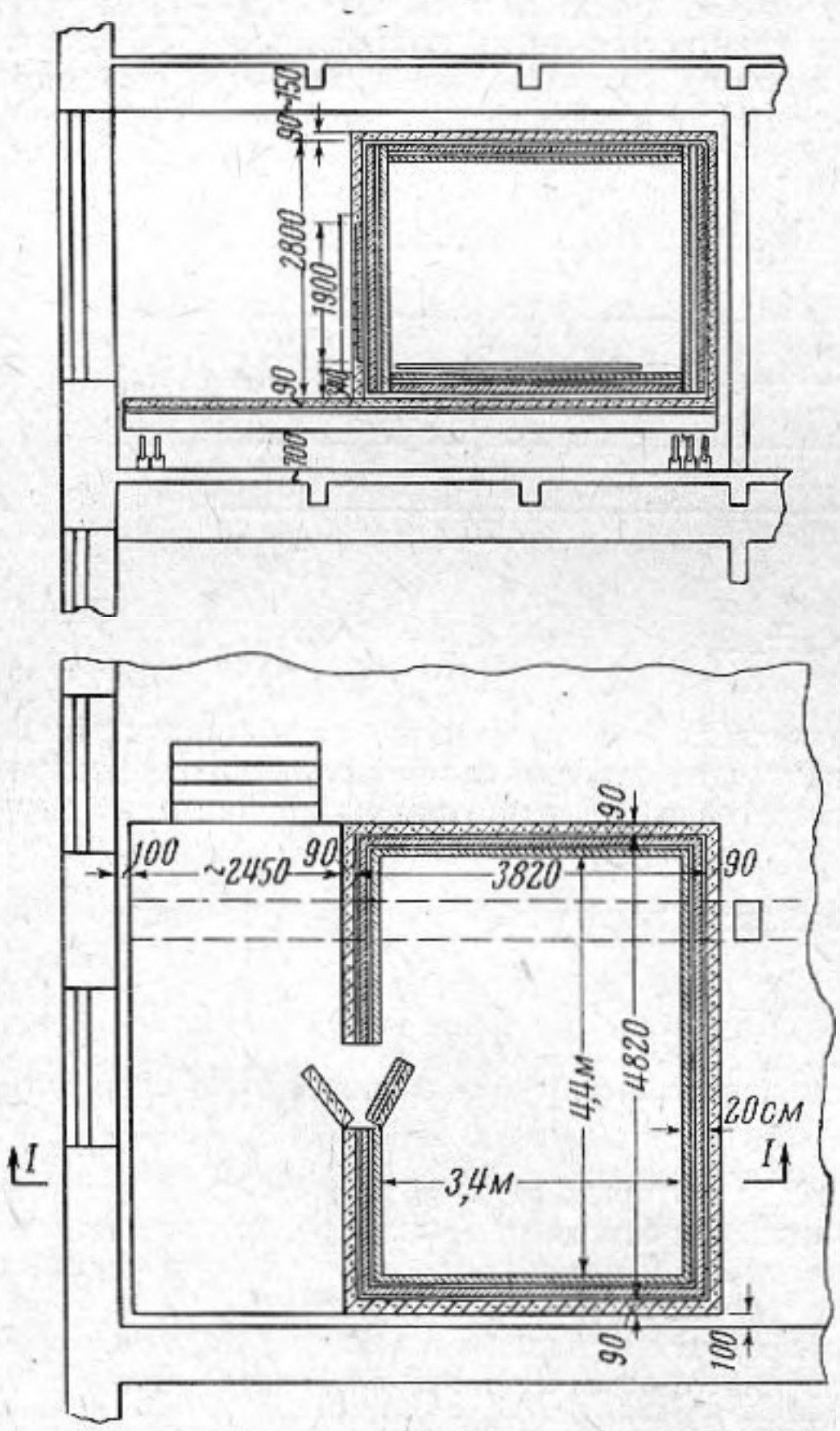
УДК 534.62

НЕБОЛЬШАЯ ЗВУКОМЕРНАЯ ЗАГЛУШЕННАЯ КАМЕРА

Р. В. Домбровский, М. А. Жданов

На фабрике щипковых музыкальных инструментов им. А. В. Луначарского построена и введена в эксплуатацию звукомерная заглушенная камера, предназначенная для проверки качества и настройки щипковых музыкальных инструментов, а также для проведения исследований в области музыкальной акустики *.

При расчете, проектировании, строительстве и исследовании камеры была проверена возможность создания небольших и дешевых звукомерных заглушенных камер для тех промышленных предприятий и лабораторий, где нет необходимости в проведении измерений в очень широком диапазоне частот с большой степенью точности.



Фиг. 1

Камера расположена на третьем этаже четырехэтажного производственного корпуса, где в первых этажах расположены механические цеха, и конструктивно выполнена в виде железобетонной коробки с толщиной стен 9 *см* и внутренними размерами $4{,}32 \times 3{,}82 \times 2{,}8$ $м^3$ (фиг. 1). Коробка установлена на монолитной железобетонной платформе с размерами $6{,}5 \times 5{,}0$ $м^2$, которая в свою очередь опирается по четырем углам при помощи трамвайных рессор на прогон и стены здания. Благодаря применению такой амортизации при значительном общем весе камеры достигнута хорошая виброизоляция при собственной частоте системы около 3 *гц*. Дополнительная развязка от структурных шумов обеспечивается при помощи прокладок из кордина между опорой и рессорами.

Звукопоглощающее покрытие внутренней поверхности камеры имеет слоистую структуру и выполнено в виде плоских щитов общей толщиной 20 *см*. Первый слой толщиной 2 *см* заполнен матами из штапельного стекловолокна, за ним следуют воздушный промежуток 8 *см*, слой фенольного войлока марки М-150 толщиной 4 *см* и воздушный промежуток 6 *см*. Штапельное стекловолокно и фенольный войлок уложены в деревянные рамы размером $2{,}0 \times 0{,}46$ $м^2$, обтянутые мешковиной. Рамы с набивкой собираются в двухслойные щиты. Величина заданного воздушного промежутка обеспечивается деревянными вкладышами. Собранные щиты устанавливаются на анкерных крюках на всех шести внутренних поверхностях камеры. Модуль нормального коэффициента отражения β_0 для такой конструкции не превышает 25%, начиная с частоты 250 *гц* (фиг. 2).

---

* Акустический проект камеры создан во Всесоюзном научно-исследовательском институте радиовещательного приема и акустики, Ленинград.