

волн и направив ультразвук точно на соответствующие зоны возбуждения, получить отчетливую картину звукового поля внутри оболочки (фиг. 3). Особенности процесса, описанного выше, могут быть полностью объяснены теоретически. Визуализация возбуждения оболочек ультразвуком позволяет, таким образом, обнаружить интересные особенности явления, которое может иметь значение в различных областях акустики.

Кафедра акустики Московского  
государственного университета

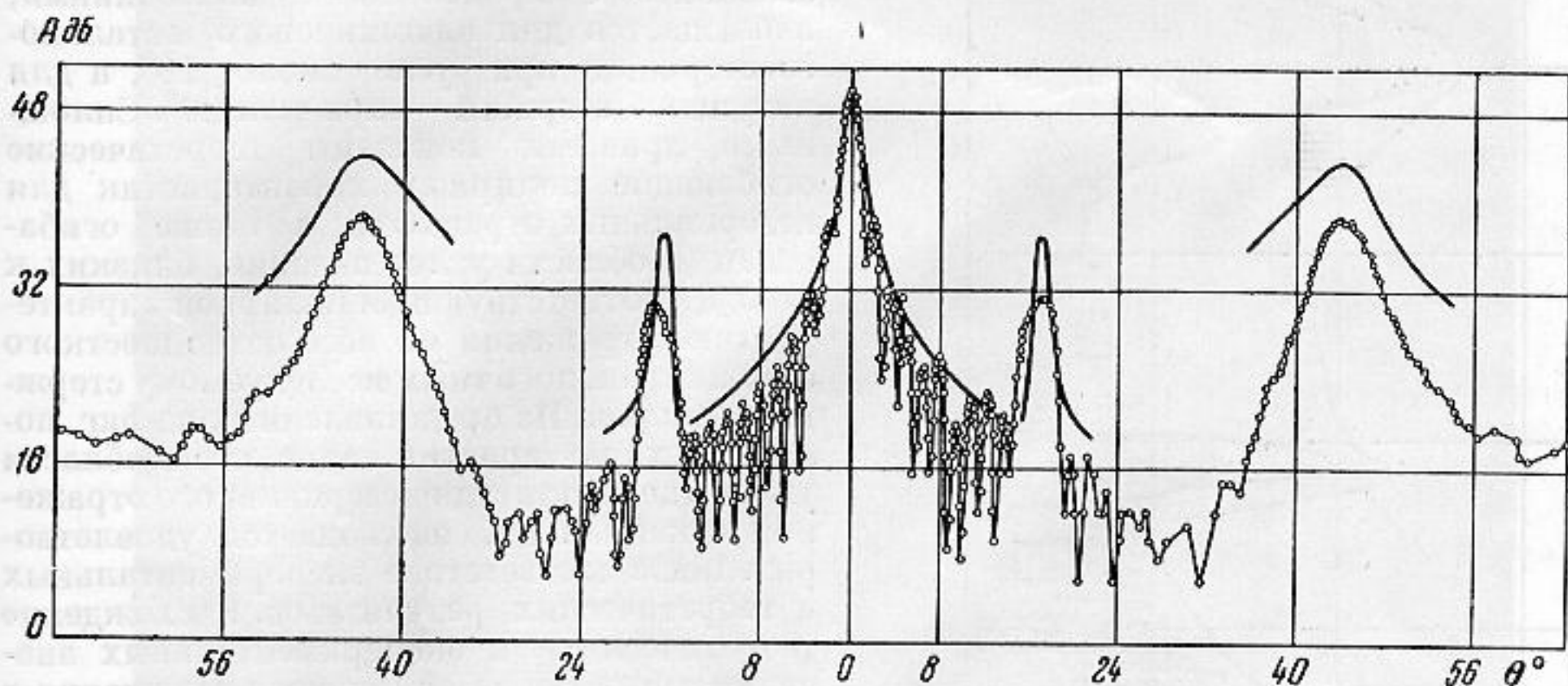
Поступило в редакцию  
14 февраля 1958 г.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЗЕРКАЛЬНОГО ОТРАЖЕНИЯ ЗВУКА ТОНКИМИ ОГРАНИЧЕННЫМИ СТЕРЖНЯМИ В ВОДЕ

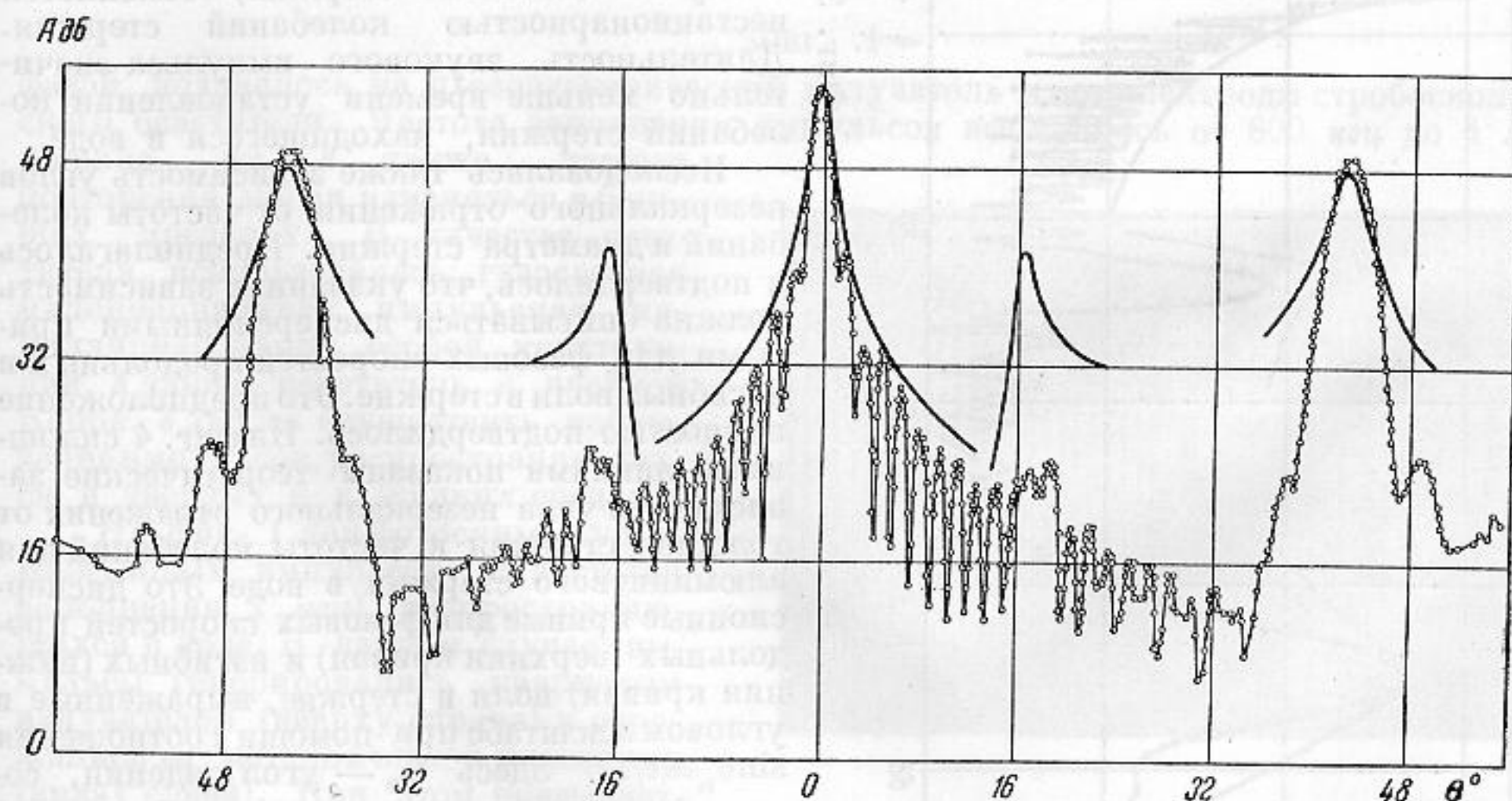
*Л. М. Дяшев, С. Н. Рудаков*

В настоящей заметке приводятся результаты экспериментального исследования незеркального отражения звука тонкими ограниченными стержнями из алюминия, стали и латуни в воде и сравнение экспериментальных данных с результатами теоретических расчетов, сделанных на основании [1].

Измерения незеркального отражения звука от стержней проводились на установке, состоящей из наполненной водой ванны с поглощающими звук стенками; генератора ультразвуковых импульсов, имеющих прямоугольную огибающую, вибратора с кварцевой пластинкой X-среза (вибратор осуществлял как передачу, так и прием импульсов),

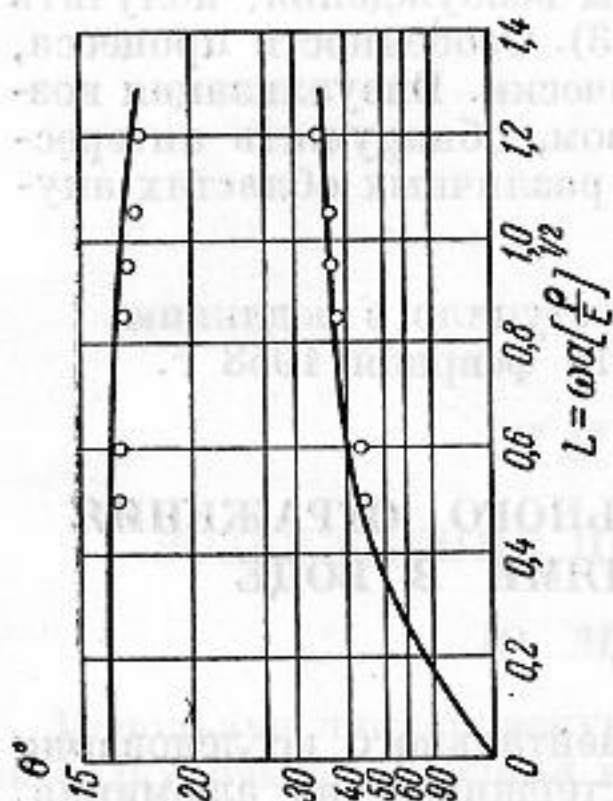


Фиг. 1

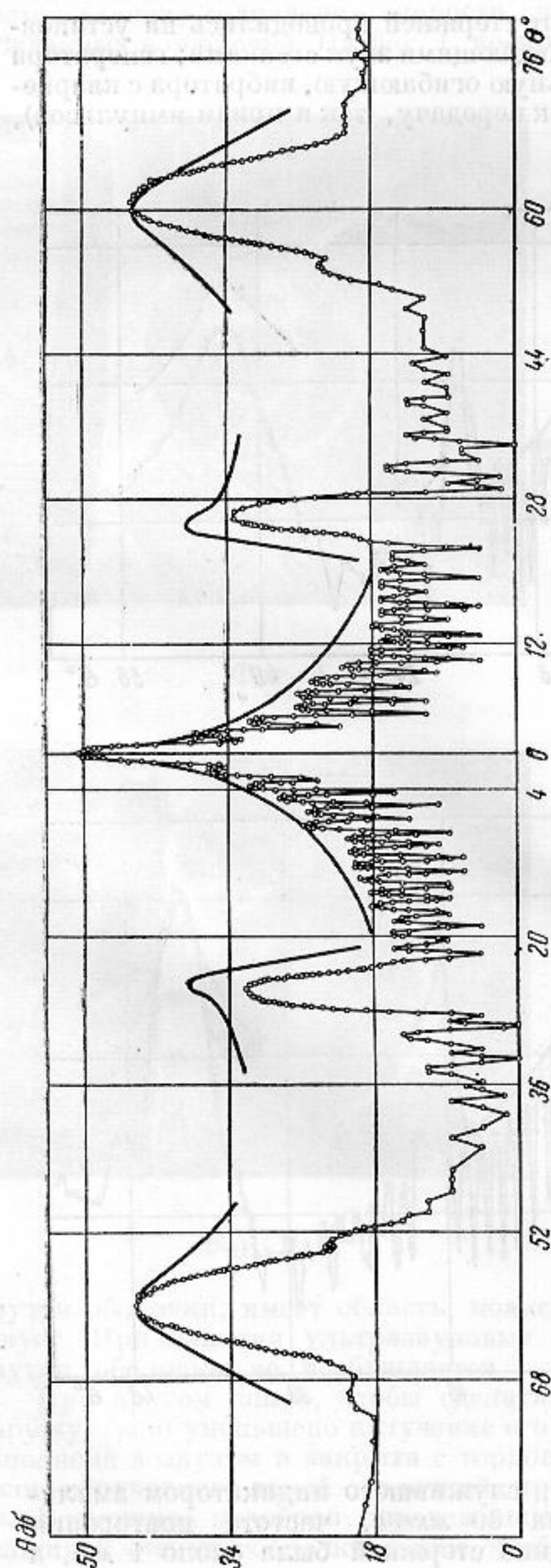


Фиг. 2

приемного усилителя и импульсного осциллоскопа, служившего индикатором амплитуд эхо — сигналов. Длительность импульсов была 30 мксек, частота повторения импульсов 50 гц, частота заполнения 1 мгц. Толщина стержней была около 1 мм, а



Фиг. 4



Фиг. 3

длина 30 мм. Стержни крепились при помощи тонких нитей на вращающейся прямоугольной раме, находящейся на расстоянии 150 см от вибратора и снабженной лимбом для отсчета угла поворота. Точность отсчета угла была не хуже  $0,2^\circ$ , а относительная ошибка измерений амплитуды отражения не превышала 10%.

Полярные характеристики отражения нескольких медных, стальных и алюминиевых стержней, снятые в направлении, противоположном направлению падающей волны, показаны на фиг. 1, 2 и 3. По вертикальной оси отложена амплитуда отражения в децибелах по отношению к некоторому стандартному уровню, по горизонтальной оси — значение угла падения в градусах. Незеркальное отражение, связанное с изгибными колебаниями, для алюминиевого стержня диаметром 0,95 мм видно при угле  $44^\circ$  (фиг. 1), для медного стержня диаметром 0,9 мм при угле  $60^\circ$  (фиг. 3), для стального стержня толщиной 0,95 мм при угле  $43^\circ$  (фиг. 2). Незеркальное отражение, связанное с продольными колебаниями, наблюдается для алюминиевого и стального стержней при угле около  $18^\circ$ , а для латунного стержня — при угле  $26^\circ$ . Сплошными кривыми показаны теоретические огибающие полярных характеристик для незеркальных отражений, а также огибающая (в области углов падения, близких к  $\theta=0^\circ$ ), соответствующая полярной характеристике отражения от абсолютно жесткого стержня, аналогичных исследуемому стержню размеров. Из представленных на фиг. полярных характеристик видно, что в области углов, где амплитуда незеркального отражения максимальна, наблюдается удовлетворительное соответствие экспериментальных и теоретических результатов. Расхождение теоретических и экспериментальных значений амплитуд незеркального отражения в ряде случаев (это в особенности наблюдается в случае стального стержня) объясняется нестационарностью колебаний стержня. Длительность звукового импульса значительно меньше времени установления колебаний стержня, находящегося в воде.

Исследовалась также зависимость углов незеркального отражения от частоты колебаний и диаметра стержня. Предполагалось и подтвердилось, что указанная зависимость должна описываться дисперсионными кривыми для фазовых скоростей продольных и изгибных волн в стержне. Это предположение полностью подтвердилось. На фиг. 4 сплошными линиями показаны теоретические зависимости угла незеркального отражения от толщины стержня и частоты колебаний для алюминиевого стержня в воде. Это дисперсионные кривые для фазовых скоростей продольных (верхняя кривая) и изгибных (нижняя кривая) волн в стержне, выраженные в угловом масштабе при помощи соотношения  $\sin\theta_n = c/c_1$ . Здесь  $\theta_n$  — угол падения, соответствующий максимуму незеркального отражения,  $c$  — скорость звука в жидкости,  $c_1$  — фазовая скорость изгибных или продольных волн в стержне. Кружочками указаны полученные экспериментальные значения углов незеркального отражения.

Как видим, и в этом случае наблюдается удовлетворительное соответствие экспериментальных и теоретических данных.

Таким образом, следует считать окончательно установленным, что незеркальное отражение звука тонким ограниченным стержнем обусловлено изгибными и продольными колебаниями стержня и экспериментально наблюдаемое явление в указанных случаях удовлетворительно описывается теорией [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Л я м ш е в. Рассеяние звука тонким органическим стержнем. Акуст. ж., 1958, 4, 1, 51—58.

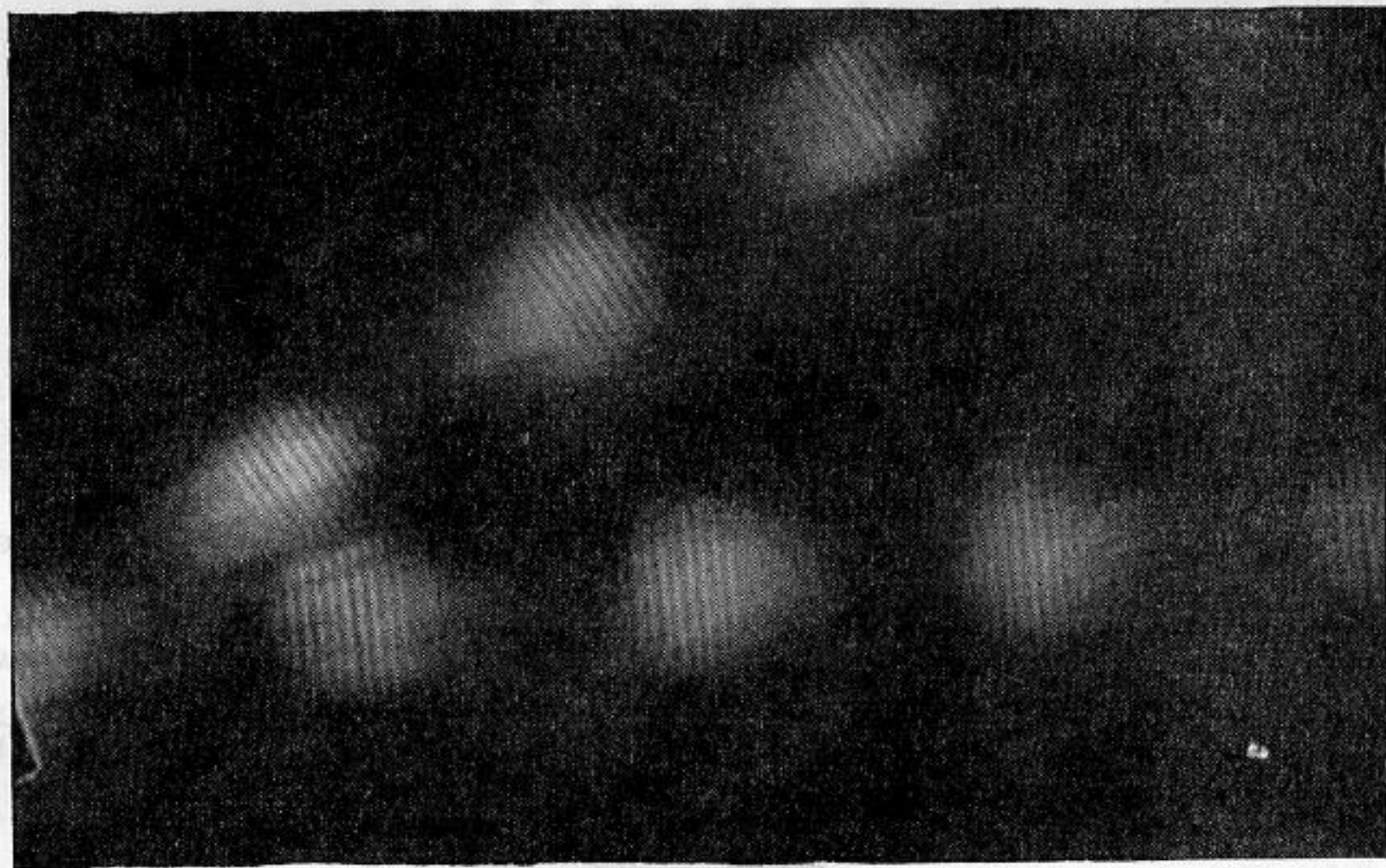
Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
26 марта 1958 г.

### ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ

*В. И. Макаров*

Для визуализации ультразвуковых импульсов использовалась теплеровская установка с менисковыми объективами диаметром 230 мм. Электрическое напряжение от специального генератора, формировавшего импульсы с одной и той же начальной

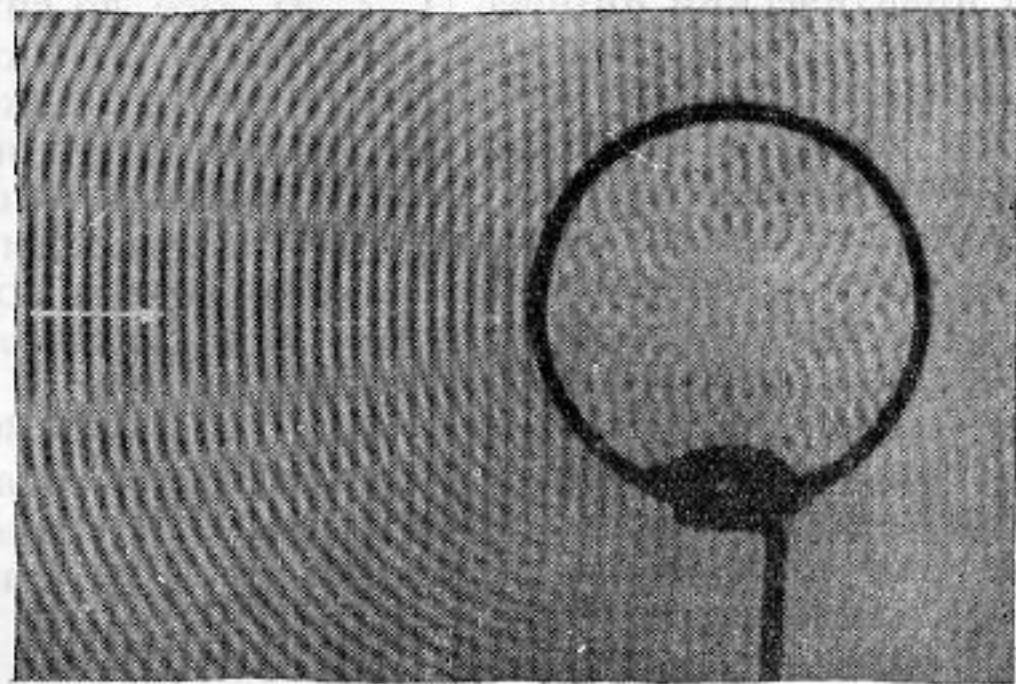


Фиг. 1

фазой, подавалось на пьезоэлектрический излучатель и на электроды-стробоскопического осветителя. Частота заполнения импульсов выбиралась от 800 кгц до 4 мгц; ширина их, а также частота повторения, могли изменяться в больших пределах. В качестве осветителя использовалась газосветная малоинерционная импульсная капиллярная лампа особой конструкции, а также осветитель с ячейкой Керра. Удалось осуществить наблюдение импульсов, распространяющихся в твердых и в жидких средах.

На фиг. 1 дан фотоснимок ультразвуковых импульсов (с частотой заполнения 1 мгц), распространяющихся в воде. В данном случае импульсы генерировались кварцевым излучателем (вверху справа) и отражались от металлической пластинки (внизу слева). При этом оказывается возможным детально исследовать каждый импульс.

На фиг. 2 приведена фотография цилиндрической оболочки (вид с торца), помещенной в головную часть импульса, распространяющегося в направлении, указанном стрелкой (конца импульса на фотографии не видно). При облучении оболочки



Фиг. 2