

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

534.13

**ПРОСТАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ СТОЯЧЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ В ЖИДКОСТИ**

Идея предлагаемого демонстрационного опыта не нова. Более 30 лет назад Зельнер и Бонди<sup>1</sup> использовали для демонстрации стоячей ультразвуковой волны в жидкости наполненные эмульсией толуола в воде стеклянные трубки, которые погружались своим зашпаянным концом в масляный фонтан над ультразвуковым излучателем. Краткие сведения о результатах аналогичных работ можно найти, например, в монографии Бергмана<sup>2</sup>. В настоящей заметке описан простой вариант этих незаслуженно забытых опытов.

Для возбуждения ультразвуковой волны в жидкости мы используем магнито-стрикционный излучатель, конструкция которого изображена на рис. 1. Вибратор

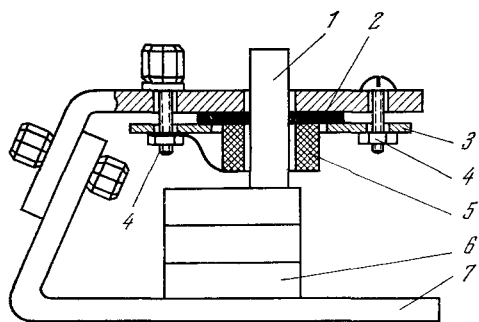


Рис. 1.

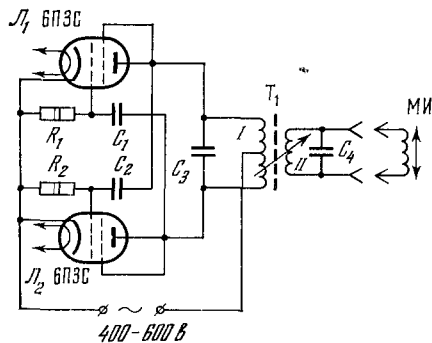


Рис. 2.

излучателя 1 диаметром 8 мм и длиной 15—20 мм вырезан из ферритового стержня марки М-400 НН, используемого в магнитных антеннах карманных приемников. Вибратор закреплен за его середину в просверленном в резиновом диске 2 отверстия диаметром 6 мм. Диаметр резинового диска 20—30 мм, а толщина его 2—3 мм. Такой диск удобно вырезать из подходящей по диаметру резиновой пробки. Диск 2 с помощью вырезанной из тонкого текстолита шайбы 3 и четырех болтов с гайками 4 (два из них одновременно являются клеммами, к которым подключены концы обмотки возбуждения) крепится к стойке 7. Подмагничивание вибратора осуществляется стопой из трех — пяти кольцевых керамических магнитов 6, верхний из которых касается нижнего торца вибратора. Обмотка возбуждения 5 излучателя бескаркасная; внутренний диаметр ее равен 9—10 мм. Закреплена она так, чтобы ферритовый вибратор не касался ее. Обмотка возбуждения содержит 15—20 витков провода ПЭЛ 1,0.

Ультразвуковой генератор (рис. 2), к выходу которого подключается обмотка возбуждения магнито-стрикционного излучателя МИ, собран по двухтактной схеме с емкостной обратной связью на двух лампах типа 6ПЗС, включенных триодами. Питание генератора осуществляется переменным током от повышающего трансформатора, дающего напряжение в пределах 400—600 в. Высокочастотный трансформатор  $T_1$  намотан на выполненном из изоляционного материала плоском каркасе длиной 60 мм

и сечением окна  $4 \times 22 \text{ мм}^2$ . Первичная обмотка I трансформатора содержит две секции по 100 витков в каждой; намотанная поверх первичной вторичная обмотка II содержит 20 витков. Обе обмотки выполнены проводом ПЭЛ 1,0. Внутри каркаса трансформатора свободно вставляется настроечный плоский ферритовый сердечник (от магнитных антенн) размером  $3 \times 20 \times 100 \text{ мм}^3$ . Перемещением этого сердечника осуществляется регулировка частоты генерируемых прибором колебаний (в пределах от 100 до 190 кГц). Данные остальных элементов схемы генератора следующие:  $R_1 = R_2 = 30 \text{ ком}$ ,  $C_1 = C_2 = C_3 = 1000 \text{ пф}$ ,  $C_4 = 0,04 \text{ мкф}$ .

Демонстрацию стоячей волны в жидкости проводят следующим образом. На торец вибратора наносят каплю воды и перемещением настроечного ферритового сердечника высокочастотного трансформатора  $T_1$  настраивают генератор так, чтобы вибратор возбуждался на его основной собственной частоте. При этом капля воды вслучивается, сильно колеблется и с ее поверхности зачастую вылетают брызги на высоту 10—20 см.

Слегка уменьшают интенсивность ультразвуковых колебаний, чтобы предотвратить излом ненагруженного ферритового вибратора, и выключают анодное напряжение генератора.

В заранее приготовленном до опыта высоком стакане воды со слоем крахмала на его дне (крахмал берут из расчета 0,2—0,4 г на 10 мл воды) сильно взбалтывают крахмал

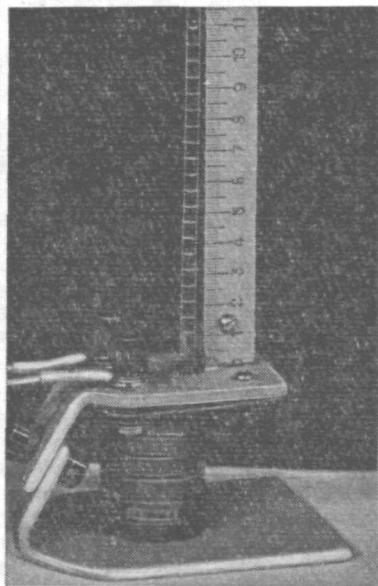


Рис. 3.

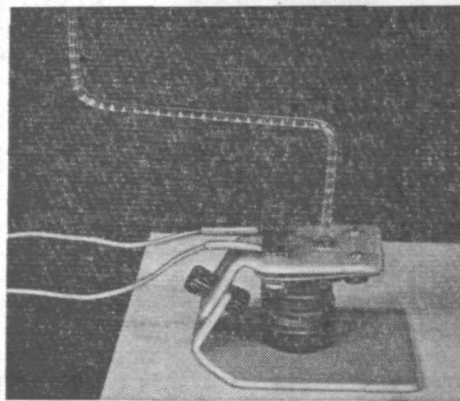


Рис. 4.

так, чтобы получилась однородная суспензия белого цвета. Стеклообразную трубку длиной 20—30 см и внутренним диаметром 3—6 мм погружают в стакан, и, закрыв верхнее отверстие ее пальцем или небольшой пробкой, переносят трубку вместе со столбом жидкости в ней на верхний торец вибратора. При этом вода смачивает торец вибратора, осуществляя тем самым необходимый акустический контакт между вибратором и столбом жидкости в трубке. Включают анодное напряжение и при необходимости слегка подстраивают генератор. Через несколько секунд частицы крахмала собираются в пучностях смещений стоячей волны. Непрерывную демонстрацию явления не следует производить более нескольких минут, так как это может привести к перегреву обмоток высокочастотного трансформатора. При использовании стеклянных трубок с внутренним диаметром порядка 3 мм стоячую волну можно демонстрировать на столбе жидкости длиной до 1 м (набирать в длинную трубку суспензию крахмала в воде нужно резиновой грушей, надетой на верхний конец трубки).

Следует отметить, что при использовании рекомендуемого в заметке магнито-стрикционного излучателя с вибратором длиной 15—20 мм никакая регулировка высоты столба жидкости в трубке для получения в ней интенсивной стоячей волны не нужна. Это существенно облегчает демонстрацию явления (вибратор длиной 30—40 мм не позволяет получить устойчивую картину распределения крахмала по пучностям именно в силу необходимости достаточно точно подбирать высоту столба жидкости). Во время демонстрации следует обратить внимание аудитории на интенсивно происходящий процесс коагуляции частиц крахмала. Если снабдить излучатель линейкой или штангенциркулем (рис. 3), то можно измерить длину ультразвуковой волны, а вместе с ней и скорость звука в используемой для опыта суспензии. Напри-

мер, длины волн в трубках внутренним диаметром 3 и 6 мм при использовании в излучателе ферритового вибратора длиной 20 мм оказались равными соответственно  $\lambda_1 = 10,2$  мм и  $\lambda_2 = 9,4$  мм. Основная собственная частота вибратора согласно непосредственным измерениям составляет 130 кГц. Таким образом, для скорости звука в трубках указанного диаметра получаем значения  $c_1 = 1320$  м/сек и  $c_2 = 1220$  м/сек (волноводный эффект).

Демонстрацию стоячей ультразвуковой волны можно провести и в изогнутых трубках (рис. 4).

*В. В. Майер*

Педагогический институт г. Глазова,  
Удмуртская АССР

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 К. S ö l l n e r, C. B o n d y, Trans. Farad. Soc. **32**, 616 (1936).
  - 2 Л. Б е р г м а н, Ультразвук и его применение в науке и технике, М., ИЛ, 1957.
-