

## ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

Ю. Б. Семенников

Ознакомившись с письмом в редакцию В. Г. Прохорова [1] по поводу критики его работы [2], считаю необходимым сделать некоторые замечания.

1. Использование для расчета предложенной В. Г. Прохоровым эквивалентной схемы ЭАП в том частном случае, когда величины нагрузки и тока луча малы, действительно позволяет получить правильное значение модуля коэффициента преобразования. Однако данная эквивалентная схема всегда даст неправильное соотношение между фазами возбуждающего и выходного напряжения, что дает существенную ошибку при расчете выходного напряжения ЭАП с учетом действия емкостной связи между пьезопластиной и коллектором.

2. В статье Прохорова нигде не было указано на то, что нагрузкой ЭАП является колебательный контур и только теперь автор вводит это уточнение. Аналогично этому при выводе формулы чувствительности ЭАП не оговаривалось, что она справедлива лишь при малых токах луча (т. е. в самом невыгодном для работы ЭАП режиме). Следовательно, все мои замечания по этому поводу были справедливыми.

3. В работе Прохорова действительно указано, что  $R_{ik} = (\partial V_d / \partial I_k) V_A = V_p$ . Но так как ни в работе, ни в письме в редакцию не приводится ни величина этого сопротивления, ни зависимость ее от условий работы и материала мишени, то до сих пор остается неясным, каким образом им были получены численные результаты чувствительности, так хорошо совпадающие с ранее опубликованными в работе [3] экспериментальными данными, относящимися к ЭАП с пьезоэлементом из титанита бария, работающему с большим током луча, т. е. в режиме, для которого по мнению самого же Прохорова его формула недействительна.

4. Утверждение Прохорова о том, что использованная им формула для расчета чувствительности точна вследствие своей общеизвестности, ошибочно. Эта формула является приближенной и даст значительные погрешности при применении к пьезоматериалам, обладающим большим коэффициентом электромеханической связи, на что мною и было ранее указано.

Таким образом, можно отметить, что критика статьи Прохорова принесла определенную пользу, так как наряду с указанием содержащихся в этой работе неточностей и ошибок позволила ее автору впоследствии найти границы применимости некоторых полученных ранее выражений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Прохоров. По поводу критики Ю. Б. Семенниковым моей работы «К вопросу преобразования ультразвукового изображения в видимое», Акуст. ж., 1959, 5, 3, 379—380
2. В. Г. Прохоров. К вопросу преобразования ультразвукового изображения в видимое. Акуст. ж., 1957, 3, 3, 254—261.
3. П. К. Ощепков, Л. Д. Розенберг, Ю. Б. Семенников. Электронно-акустический преобразователь для визуализации звуковых изображений. Акуст. ж., 1955, 1, 4, 348—351.

Акустический институт АН СССР  
Москва

Поступило в редакцию  
16 мая 1959 г.

## ОТВЕТ НА ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ А. А. ТУЖИЛИНА

А. А. Сенкевич

Появление письма А. А. Тужилина в редакцию [1] по поводу моей заметки [2] объясняется, по-видимому, невнимательным чтением рецензируемого текста. В [2] вовсе не рассматривалась задача о распространении звука от колеблющегося излучателя во втором акустическом приближении, а преследовалась цель показать дополнительный источник нелинейности, возникающий вследствие конечности амплитуды излучателя, который обычно не учитывается акустиком при приближенном решении уравнений гидродинамики при помощи разложения в ряд.

Для того чтобы показать, что влияние конечности амплитуды излучателя сказывается уже на членах второго порядка малости, мною приведен качественный расчет изменения формы волны вследствие только конечности амплитуды излучателя, а другие причины образования высших гармоник не учитывались. Поэтому сравнивать результаты моей заметки с точным гидродинамическим решением (как это делает А. А. Тужилин) более чем странно. Качественный расчет приведен еще и потому, что в известном точном решении Станюковича [3] часть нелинейности, происходящая от конечности амплитуды излучателя, вуалируется вследствие одновременного учета различных источников нелинейности. Влияние конечности амплитуды преобразователя, особенно на принимаемую волну, к сожалению, до сих пор не учитывается при интерпретации акустических явлений второго порядка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Т у ж и л и н. По поводу письма в редакцию А. А. Сенкевича «Влияние конечности амплитуды излучателя звука на форму волны». Акуст. ж., 1958, 4, 4, 371—372.
2. А. А. С е н к е в и ч. Влияние конечности амплитуды излучателя звука на форму волны. Акуст. ж., 4, 1, 102—103.
3. К. П. С т а н ю к о в и ч. Неустановившиеся движения сплошной среды. М.—Л., Гостехиздат, 1955.

Московский областной педагогический институт им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию  
9 февраля 1959 г.

## ОБ УЧЕТЕ ОТРАЖЕНИЯ НА ИЗЛУЧАТЕЛЕ В ТЕОРИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА

В. А. Соловьев

В. Илгунас и Э. Яронис в своей работе [1] утверждают, что известная теория интерферометра Хаббарда [2] ошибочна, так как отражение вторичных волн от поверхности излучателя считается в этой теории полным. Авторы считают, что коэффициент отражения на этой границе должен определяться удельными акустическими сопротивлениями жидкости и кварца. Исходя из этого, они видоизменяют расчет Хаббарда и получают следующее выражение для давления  $P$  на излучающую поверхность:

$$P = z \frac{1 - \gamma e^{2ikr}}{1 - \gamma \gamma_1 e^{2ikr}} V. \quad (1)$$

где  $V$  — колебательная скорость излучающей поверхности,  $r$  — длина жидкого столба,  $z$  — удельный акустический импеданс жидкости,  $k$  — волновое число,  $\gamma$  и  $\gamma_1$  — коэффициенты отражения на границах жидкость — рефлектор и жидкость — кварц. Из этой формулы вытекают некоторые необычные следствия, в частности, для случая тяжелых жидкостей ( $\gamma_1 = 0$  и  $\gamma_1 > 0$ ).

В действительности, приводимые Илгунасом и Яронисом соображения неверны. Хаббард получает уравнение, связывающее  $V$  и  $P$  следующим образом: величина  $V$  считается заданной, затем суммированием всех вторичных волн находится соответствующее этой величине  $V$  ультразвуковое поле в жидкости и давление  $P$  на излучатель. При таком расчете необходимо ввести предположение, что вторичные волны не изменяют скорости излучающей поверхности  $V$ , другими словами — отражаются от нее как от абсолютно жесткой границы ( $\gamma_1 = -1$ ). Если в формуле (1) положить  $\gamma_1 = -1$ , то она перейдет в соответствующее уравнение Хаббарда. Фактически вторичные волны, конечно, отражаются как от реальной границы, но при этом ее скорость изменяется. Поэтому мы должны либо подставить в (1) выражение для  $V$  через реальную (измененную) скорость, либо учесть добавочное давление, которое надо приложить к излучающей поверхности, чтобы поддерживать скорость равной  $V$ . Нетрудно убедиться, что такие расчеты дают тот же результат, что и предположение  $\gamma_1 = -1$ .

Необходимость в таком, может быть, не вполне очевидном, предположении отпадает, если принять другой, более логичный метод расчета, использованный, например, в [3] или [4]. Вместо суммирования парциальных волн следует рассмотреть общие решения волновых уравнений в излучателе, жидкости и рефлекторе и граничные условия на поверхностях раздела. Вычисления при этом оказываются более громоздкими и менее наглядными, но зато удается получить точное решение задачи, а не приближенное, как в работе Хаббарда; это позволяет, в частности, более тщательно проанализировать вводимые в дальнейшем приближения (ср. [5]).

Результат расчетов, проведенных таким методом после введения обычных приближений, совпадает с уравнением Хаббарда. Поскольку этот метод является вполне строгим, справедливость теории Хаббарда не вызывает сомнений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. V. I l g u n a s, E. J a r o n i s. Ultragarinio interferometro dviem skirtingais aspinzio paviršiais teorijos klausimu. Kauno Politech. Inst. Darbai, 1957, 6, 217—235.
2. C. H u b b a r d. The acoustic resonator interferometer. Phys. Rev., 1931, 38, 5, 1011—1019; 1934, 46, 6, 525.
3. W. P. M a s o n. Electromechanical transducers and wave filters. N. Y., 1948.
4. В. А. С о л о в ь е в, И. Г. М и х а й л о в. К теории составного пьезоэлектрического вибратора. Изв. АН СССР, сер. физ., 1956, 20, 2, 261—267.
5. В. А. С о л о в ь е в. К теории ультразвукового интерферометра. Акуст. ж., 1956, 2, 3, 286—290.

Ленинградский государственный университет

Поступило в редакцию  
13 февраля 1959 г.