

При длине трубы 8,5 м установка позволяла производить измерения в диапазоне частот от 35 до 400 гц. Абсолютная погрешность измерения коэффициента отражения составляла 2%.

Звукопоглощающие клинья вырезались на ленточной пиле из стошны пластин высотой 40 см, закрепленной в специальном шаблоне. Полученные таким образом клинья связывались в блоки по 3 клина с площадью основания  $40 \times 40 \text{ см}^2$ .

Измерения коэффициента поглощения производились при различных размерах полости между основанием клиньев и стенкой и при различных зазорах между клиньями. Было показано, что при заполнении полости между клиньями и стенкой плитам из стекловолокна поглощение звука значительно улучшается.

После испытания ряда образцов были выбраны размеры звукопоглощающего покрытия, показанные на фиг. 1. Это покрытие выполнено в виде клиньев длиной 90 см, закрепленных на расстоянии 20 см от стены. Полость между клиньями и стеной заполнена тремя слоями пластин из штапельного стекловолокна общей толщиной 16 см. Зазор между клиньями был выбран равным 6 мм. Звукопоглощающее покрытие такой конструкции позволяет обеспечить требуемое для хороших звукомерных камер поглощение (более чем 99% падающей звуковой энергии в широком диапазоне частот, начиная с 62 гц).

Измеренные для большого числа таких звукопоглощающих блоков значения коэффициента отражения звука по амплитуде для различных частот показаны на фиг. 2, 1. Разброс точек на графике характеризует изменения коэффициента отражения, возникающие вследствие неидентичности изготовления блоков.

Для иллюстрации эффекта, полученного в результате заполнения полости между клиньями и стеной звукопоглощающим материалом, на фиг. 2, 2 показаны также значения коэффициента отражения, измеренные в случае свободной полости. Для сравнения на фиг. 2, 3 показаны значения коэффициента отражения  $k$  по амплитуде, измеренные нами для образца звукопоглощающих покрытий, выпускаемых фирмой «Genest» в ФРГ для оборудования звукомерных камер по методу Э. Мейера. Эти покрытия выполнены в виде клиньев длиной 100 см, установленных на расстоянии 10 см от стены, и имеют такую же, как и описанные выше покрытия, суммарную толщину.

Сравнение коэффициентов поглощения, определенных для покрытий этого типа, со значениями, полученными для звукопоглощающих блоков, изготовленных из штапельного стекловолокна, показывает, что этот материал может быть с успехом использован при изготовлении звукопоглощающих покрытий для звукомерных камер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. А. В е л и ж а н и н а, С. Н. Р ж е в к и н. Исследование звукопоглощающих конструкций для звукомерной камеры Физического факультета МГУ. Акуст. ж., 1957, 3, 1, 23—28.
2. Технический отчет ИРПА № 194/50, 1950.
3. Э. М е й е р. Новая большая заглушенная камера. Acustica, 1953, 3, 410—420.
4. Г. Э п п р е х т, Г. К у р т ц е, А. Л а у б е р. Сооружение звукомерной камеры для акустических и электрических измерений. Akust. Beichefte, 1954, 2, 567—577.

Всесоюзный н.-и. институт  
физико-технических и радиотехнических  
измерений

Московская обл.

Поступило в редакцию  
31 января 1959 г.

#### ПО ПОВОДУ КРИТИКИ Ю. Б. СЕМЕННИКОВЫМ МОЕЙ РАБОТЫ «К ВОПРОСУ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ВИДИМОЕ»\*

*В. Г. Прохоров*

Семенниковым [1] сделано несколько замечаний по одному из разделов моей работы, касающемуся эквивалентной схемы и чувствительности электронно-акустического преобразователя (ЭАП). Эти замечания ошибочны. Чтобы в этом убедиться, достаточно отметить следующее.

1. В основу построения предлагаемой мною эквивалентной схемы ЭАП были положены физические процессы, происходящие в цепи: пьезоэлектрическая мишень — коллектор — сигнальная пластинка, где возникает полезный сигнал при воздействии на мишень электронного и ультразвукового пучков. Представление отдельного эле-

\* Акуст. ж. 1957, 3, 3, 254—261.

мента пьезомишени в виде эквивалентного генератора переменной электродвижущей силы  $v$  с внутренним (емкостным) сопротивлением  $z_i$ , а также замена промежутка мишень — коллектор эквивалентным диодом, обладающим внутренним сопротивлением  $R_{ik}$ , являются общепринятым и удобным методом при составлении подобных эквивалентных схем (3÷5). Утверждение Семенникова о неверности моей эквивалентной схемы и несоответствии ее принципу действия ЭАП основано на очевидном недоразумении: Семенников не понял или игнорирует тот факт, что эквивалентная схема составлена для переменных составляющих тока и напряжения (источники постоянного напряжения питания ЭАП в эквивалентной схеме опущены, как несущественные для дальнейшего анализа), которые соответствуют изменению пьезопотенциала на элементе мишени. Поэтому схема не ставит цели ответить на вопрос, за счет энергии какого источника постоянного напряжения питания электродов ЭАП создается напряжение на нагрузке (это подробно обсуждается в моей работе на стр. 257), но дает возможность определить величину переменной составляющей этого напряжения, которая и является полезным сигналом. Из принципа действия ЭАП следует, что никаким усилением ЭАП не обладает: напряжение сигнала на его выходе — на сопротивлении нагрузки всегда меньше напряжения на его входе — пьезомишени, что также видно из эквивалентной схемы.

2. Семенников указал, что мною неверно задана нагрузка для ЭАП, не разобравшись в том, что поскольку ЭАП генерирует амплитудно-модулированный высокочастотный (радио) сигнал, то в качестве сопротивления нагрузки мною используется колебательный контур, а через  $R_{\Pi}$  обозначено его эквивалентное сопротивление в относительно узкой полосе пропускания  $\Delta F$  вблизи резонансной частоты  $f$ . Само собой разумеется, что при этом общая паразитная емкость  $C_{\text{вых}}$  компенсируется индуктивностью контура. Практически отношение  $Q = f/\Delta F = 20$  и более. При использовании малых токов луча, которые обеспечивались в наших конструкциях ЭАП для получения необходимой разрешающей способности и качественного изображения на ультразвуковых частотах выше 4 мГц, собственными шумами ЭАП можно пренебречь по сравнению с шумами входной цепи и первой лампы усилителя. Тогда резонансный вход усилителя по сравнению с апериодическим дает выигрыш не только в чувствительности в  $Q$  раз, но и в отношении сигнал/помеха в  $\sqrt{R_{\text{ж}}/r_{\text{к}}}$  раз, где  $r_{\text{к}}$  — активное сопротивление контура, обеспечивающее  $\Delta F$ .

3. Затруднение, которое видит Семенников в отношении определения внутреннего сопротивления промежутка  $R_{ik}$ , легко разрешается, если обратиться к моей работе (стр. 259), где дважды сказано, что понимается под  $R_{ik}$  и дано его определение. Величина  $R_{ik}$  может быть также определена из вольтамперной характеристики промежутка — зависимости тока  $I_{\text{к}}$  на коллектор от разности потенциалов  $v_{\text{дк}}$  между поверхностью мишени и коллектором:  $R_{ik} = (\partial v_{\text{дк}}/\partial I_{\text{к}}) v_{\text{дк}} = v_p$ .

4. Семенников сделал также неправильное замечание в отношении формулы для расчета чувствительности холостого хода пьезопластины в режиме приема на резонансе  $v/p = 2n/\omega C W_{\text{ж}}$ , которая взята мною из работы [2]. Эта формула хорошо известна в литературе по акустике и справедливость ее не вызывает сомнения. Для уточнения отметим, что выражение для внутреннего сопротивления пьезопластины на частоте электромеханического резонанса было записано с приближением; более точное выражение имеет вид:  $Z_i = 1/\omega C \sqrt{1 + (4n^2/\omega C W_{\text{ж}} S)^2}$ .

Для пьезокварцевой пластины вторым членом под корнем из-за его малости можно пренебречь, для пластинки из титаната бария этот член должен учитываться. Что же касается чувствительности ЭАП с титанатобариевой мишенью, то заметное влияние этого члена наблюдается лишь при  $Z_i \geq R_{ik} + R_{\Pi}$ . Элементарный расчет показывает, что на частотах выше 4 мГц имеет место обратное неравенство и, следовательно, при определении чувствительности ЭАП не было допущено погрешностей.

В свете изложенного становится совершенно очевидной ошибочность замечаний Семенникова и вполне закономерным совпадением теоретических и экспериментальных данных моей работы, достаточно точно отражающей физические процессы в ЭАП.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Б. Семенников. Исследование электронно-акустического преобразователя. Акуст. ж., 1958, 4, 1, 73—84.
2. Л. Я. Гутин. Теория пьезоэлектрических вибраторов, применяемых в гидроакустике. Тр. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, Л., Судпромгиз, 1952.

Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина)

Поступило в редакцию  
4 мая 1959 г.