

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

УДК 681.883.67.001.24

**СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОГО
ДЕМПФИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
СОГЛАСУЮЩИХ СЛОЕВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ**

© 1998 г. С. И. Коновалов, А. Г. Кузьменко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
197376 Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 5

Поступила в редакцию 14.03.97 г.

Вопросам расширения полосы пропускания электроакустических преобразователей уделяется существенное внимание как в отечественной, так и в зарубежной литературе [1, 2], где рассмотрены многослойные ультразвуковые преобразователи и обсуждены их амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики. Известны такие способы расширения полосы пропускания электроакустических преобразователей, как механическое демпфирование и применение согласующих четвертьволновых слоев. Представляет интерес сравнение обоих способов расширения полосы пропускания с точки зрения излучения (приема) коротких импульсов. В настоящей работе рассматривается пьезокварцевая пластина, которая в первом случае с тыльной стороны нагружена на демпфер с удельным акустическим сопротивлением Z_d , а с другой стороны – на воду; во втором случае с тыльной стороны пластина свободна ($Z_d = 0$), а излучение в воду происходит через согласующий четвертьволновый слой с удельным акустическим сопротивлением Z_c . Методика расчета частотных характеристик преобразователей с демпфером или с согласующим слоем известна (см. напр. [3]). Расчет формы акустического импульса на излучателе или электрического импульса на приемнике в акустическом тракте может быть выполнен так же, как в предыдущей работе авторов [4].

На рис. 1 приведены амплитудно-частотные характеристики: 1 – пластины без слоя и без демпфера; 2 – пластины с согласующим слоем ($Z_c = 4.85 \times 10^6$ Па с/м); 3 – пластины с демпфером ($Z_d = 9 \times 10^6$ Па с/м). По оси абсцисс отложена безразмерная частота $\gamma = \omega/\omega_0$, где ω_0 – резонансная частота пластины, а по оси ординат – нормированные значения колебательной скорости $\xi(\gamma)$. Относительная полоса пропускания соответственно составляет: 7%, 53%, 51%. Таким образом, полосы пропускания для преобразователей с демпфером и со слоем практически одинаковы. Сравним теперь формы импульсов колебательной скорости на преобразователях при возбужде-

нии их электрическим импульсом в виде полуволны синусоидального напряжения с периодом T_0 , равным периоду собственных колебаний пластины. На рис. 2 приведены формы акустических импульсов на преобразователе в нормированном виде: а) без демпфера и слоя; б) с согласующим слоем; в) с демпфером. Оценим длительность акустических импульсов по снижению амплитуды до уровня 0.1 (на 20 дБ). Для пластины без слоя и демпфера, как видно из рис. 2а, длительность импульса τ_n превышает 15 полупериодов (составляет около 20 полупериодов). Для преобразователя с согласующим слоем $\tau_n \approx 9$ полупериодам. Для преобразователя с демпфером $\tau_n \approx 4.5$ полупериода. Таким образом, в случае механического демпфирования длительность акустического импульса примерно в два раза меньше, чем при использовании согласующего слоя, несмотря на то, что отно-

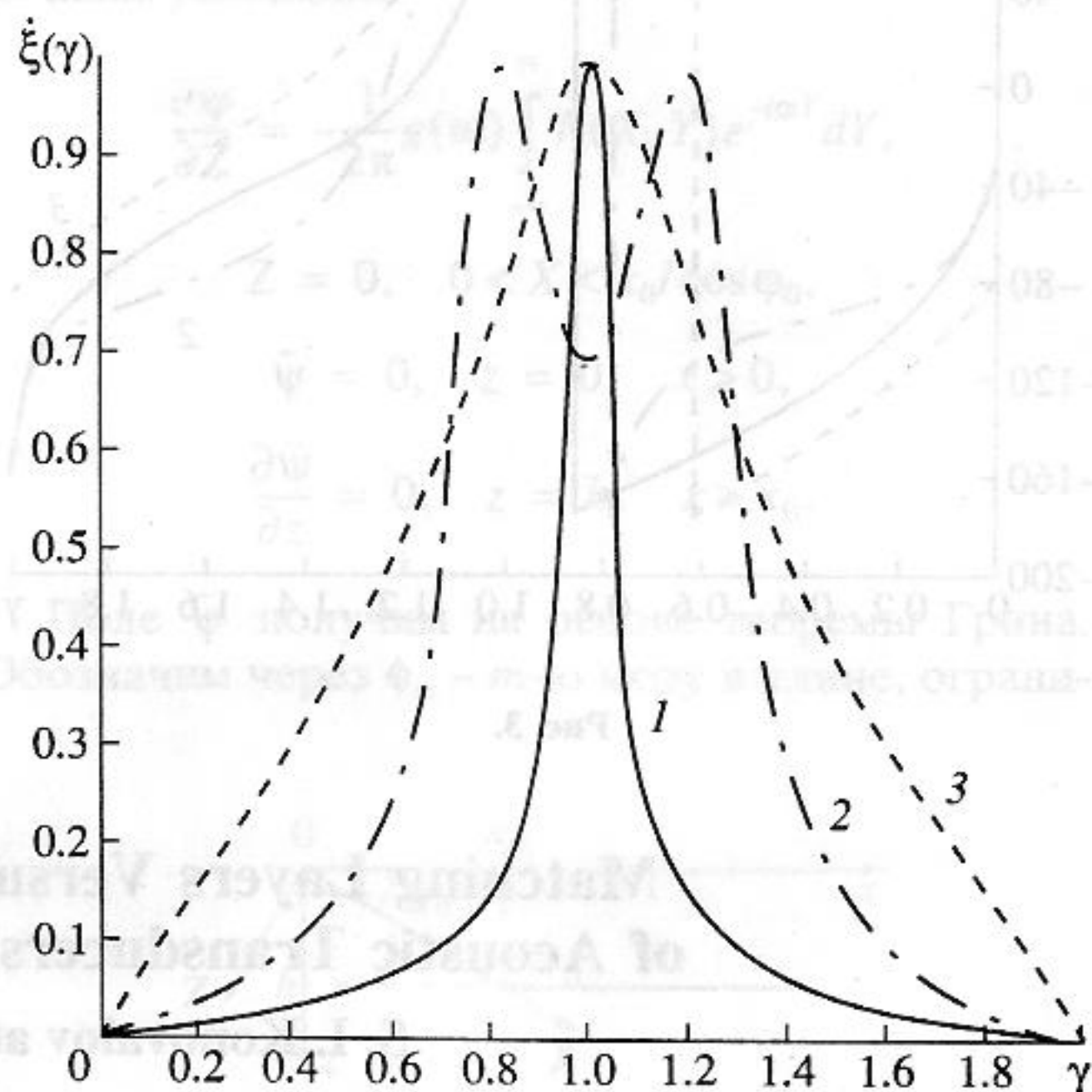


Рис. 1.

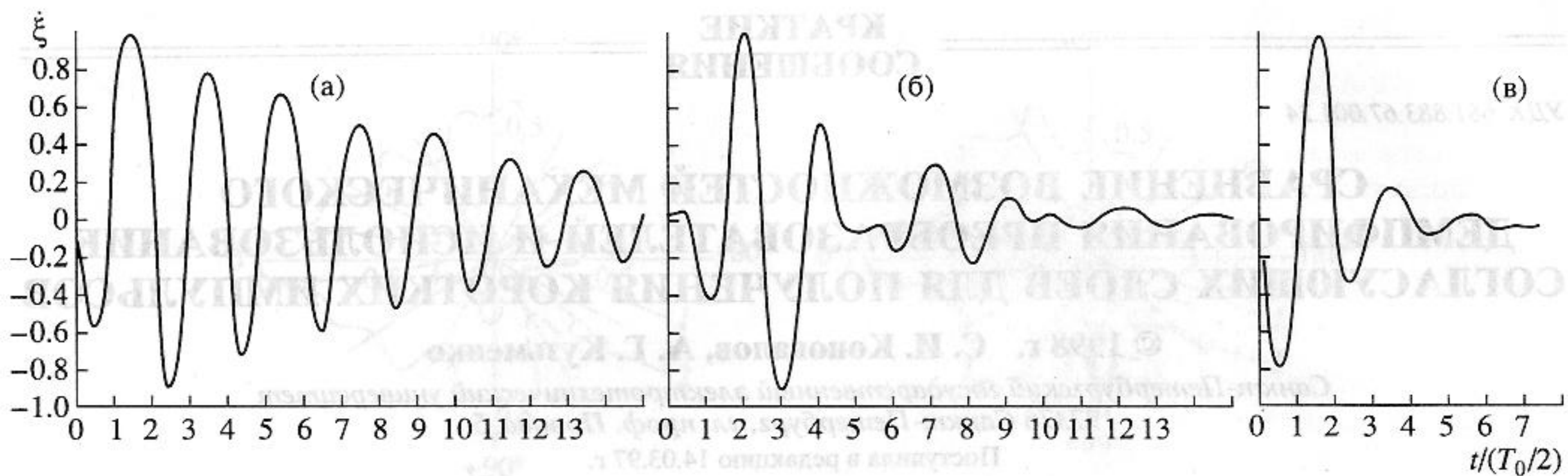


Рис. 2.

сительная полоса пропускания в обоих случаях одна и та же. Такое различие можно объяснить различием в фазово-частотных характеристиках преобразователей. На рис. 3 представлены фазовые характеристики: 1 – без демпфера и слоя; 2 – со слоем; 3 – с демпфером. Из рис. 3 видно, что кривые 1 и 2 довольно близки по форме, хотя и сдвинуты по частоте. Эти кривые характеризу-

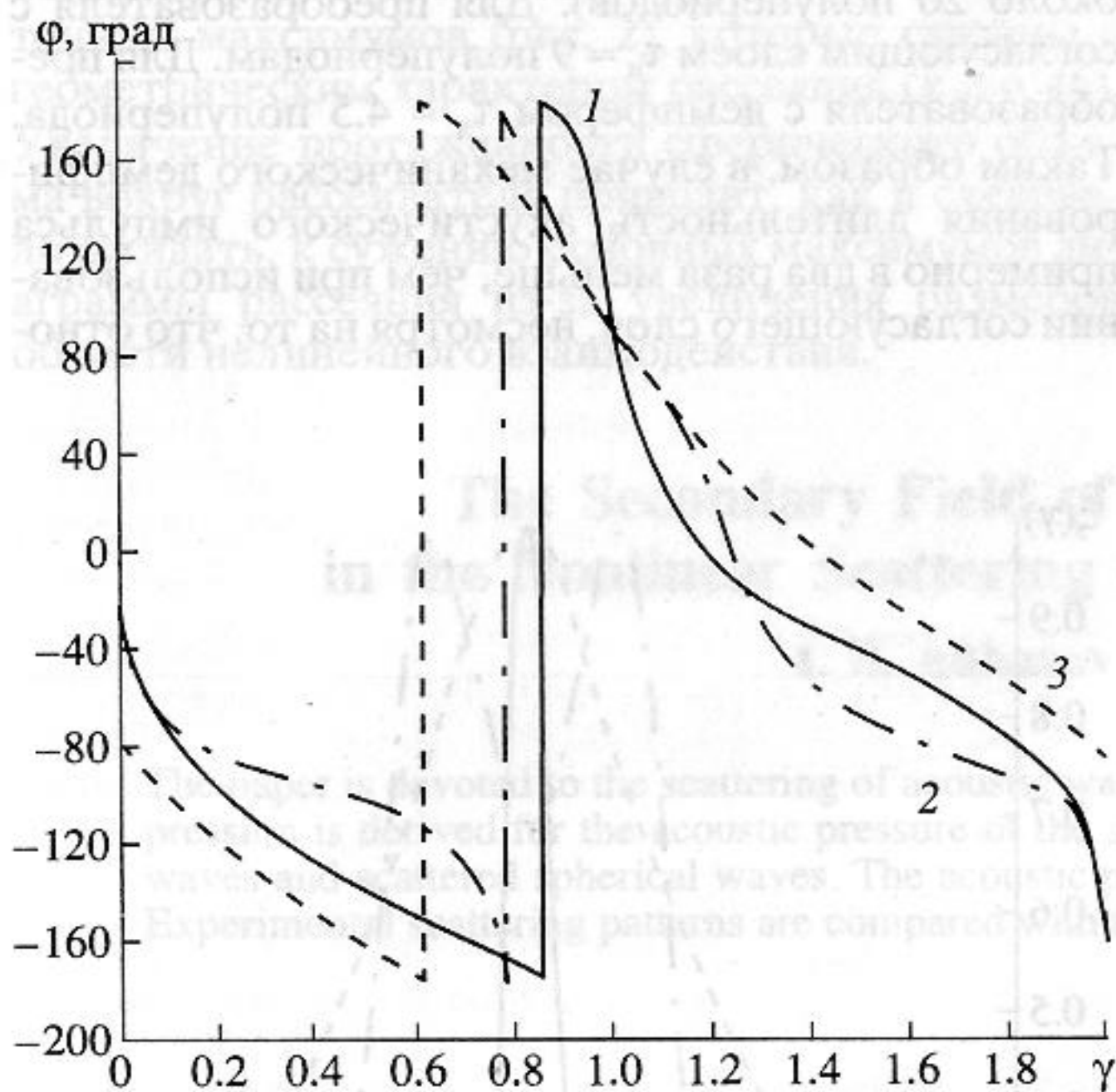


Рис. 3.

ются нелинейностью и изменением фазы в пределах $(-\pi, \pi)$. Кривая 3 имеет значительно более линейный характер при меньшем размахе колебаний фазы. С физической точки зрения большая длительность импульса обусловлена переходным процессом в согласующем слое.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что способ механического демпфирования предпочтительнее использования четвертьволнового согласующего слоя для излучения коротких акустических импульсов. Тем не менее, согласующий слой примерно в два раза сокращает длительность импульса по сравнению с пластиной без демпфера и слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xia Qiqing, Lin Weizhen, Wie Moan. The principle and design of broadband ultrasonic transducers // Appl. Acoust. 1990. V. 9. № 1. P. 1–8.
2. Xu Q.C., Madhavan C., Srinivasan T.T., Yoshikawa S., Newnham R.E. Composite transducer with multiple piezoelectric matching layers // IEEE Ultrason., Symp., Chicago, 1988.
3. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Направленность круглой пьезопластины с демпфером в импульсном режиме // Дефектоскопия. 1994. № 4. С. 67–71.
4. Коновалов С.И., Кузьменко А.Г. Влияние разнесения резонансных частот излучателя и приемника на прохождение импульсов через акустический тракт // Акустич. журнал. 1996. Т. 42. № 5. С. 724–725.

Matching Layers Versus of Mechanical Damping of Acoustic Transducers in Short Pulse Production

S. I. Konovalov and A. G. Kuz'menko