

ВЛИЯНИЕ РАЗНЕСЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ИЗЛУЧАТЕЛЯ И ПРИЕМНИКА НА ПРОХОЖДЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ ЧЕРЕЗ АКУСТИЧЕСКИЙ ТРАКТ

© 1996 г. С. И. Коновалов, А. Г. Кузьменко

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

Поступила в редакцию 14.06.95 г.

Известно, что полосу пропускания акустического тракта можно расширить, если разнести резонансные частоты излучателя и приемника [1]. Расширение полосы пропускания создает возможности для лучшей передачи импульсов, в особенности коротких, обладающих широким спектром частот. Для оценки длительности импульса на приемнике необходимо произвести расчет переходного процесса в акустическом тракте. В данной работе рассматривается тракт, состоящий из двух механически демпфированных кварцевых пьезопластин, нагруженных на воду. Возбуждение излучателя производится импульсом электрического напряжения, представляющим полуволну синусоиды с периодом, равным периоду T_0 свободных колебаний излучающей пластины. Расчеты выполнялись для значений удельного акустического сопротивления демпфера $z_d = (4 \dots 8) \times 10^6$ Па с/м, что соответствует механическим добротностям $Q = 4.2 \dots 2.2$. Первоначально рассчитывались частотные характеристики электрического напряжения на приемнике при холостом ходе в непрерывном режиме с целью определения соотношения резонансных частот $\alpha = \omega_{0\text{ пр}}/\omega_{0\text{ изл}}$, при котором полоса пропускания максимальна. Затем для выбранного значения α рассчитывалась форма импульса напряжения на приемнике. При этом предполагалось, что приемник находится в дальней зоне излучателя. Можно показать, что при сделанных предположениях форма электрического импульса на приемнике выражается функцией:

$$U_{\text{пр}}(T) = 2\text{Re} \int_0^{\infty} F(\gamma) F(\gamma/\alpha) U_{\text{изл}}(\gamma) e^{j\gamma\pi T} d\gamma, \quad (1)$$

где $\gamma = \omega/\omega_{0\text{ изл}}$; $T = t/(T_0/2)$; $U_{\text{изл}}(\gamma)$ – спектральная функция возбуждающего электрического импульса:

$$U_{\text{изл}}(\gamma) = \frac{\cos(\gamma\pi/2)}{1-\gamma^2} e^{-j\gamma\frac{\pi}{2}},$$

$$F(\gamma) = \frac{(1 - \cos \gamma\pi) - \frac{z_d}{z_k} \sin \gamma\pi}{\left(\frac{z_b}{z_k} + \frac{z_d}{z_k}\right) \cos \gamma\pi + j\left(1 + \frac{z_d z_b}{z_k^2}\right) \sin \gamma\pi}$$

– безразмерная частотная характеристика кварцевой пьезопластины; z_k и z_b – удельные акустические сопротивления пьезокварца и воды соответственно.

Здесь мы пренебрегли прямым пьезоэффектом для излучателя ввиду малости коэффициента электромеханической связи кварца. На рис. 1 приведены зависимости относительной полосы пропускания тракта $\Delta f/f_{\text{ср}}$, % от параметра α для различных значений z_d : 1 – $z_d = 8 \times 10^6$ Па с/м; 2 – $z_d = 6 \times 10^6$ Па с/м; 3 – $z_d = 5 \times 10^6$ Па с/м.

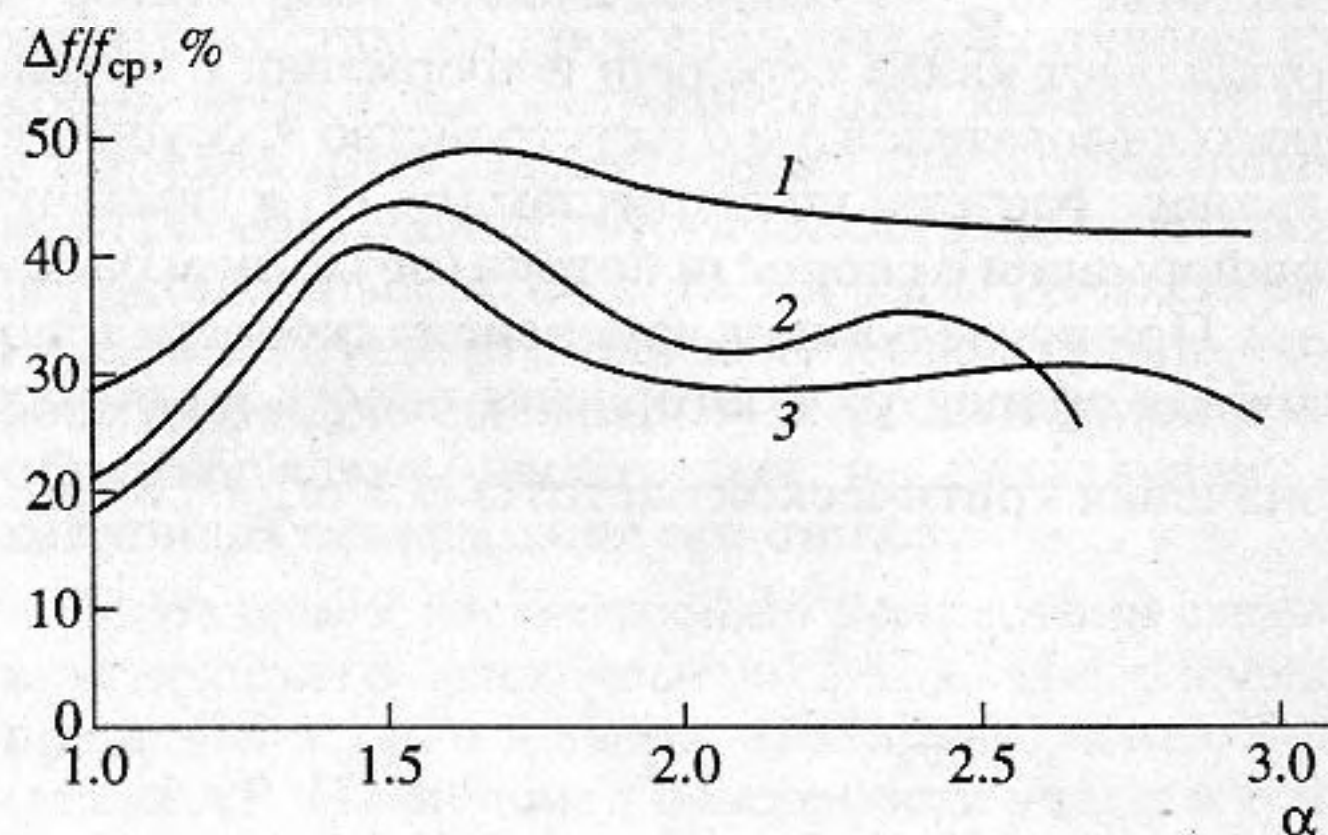


Рис. 1.

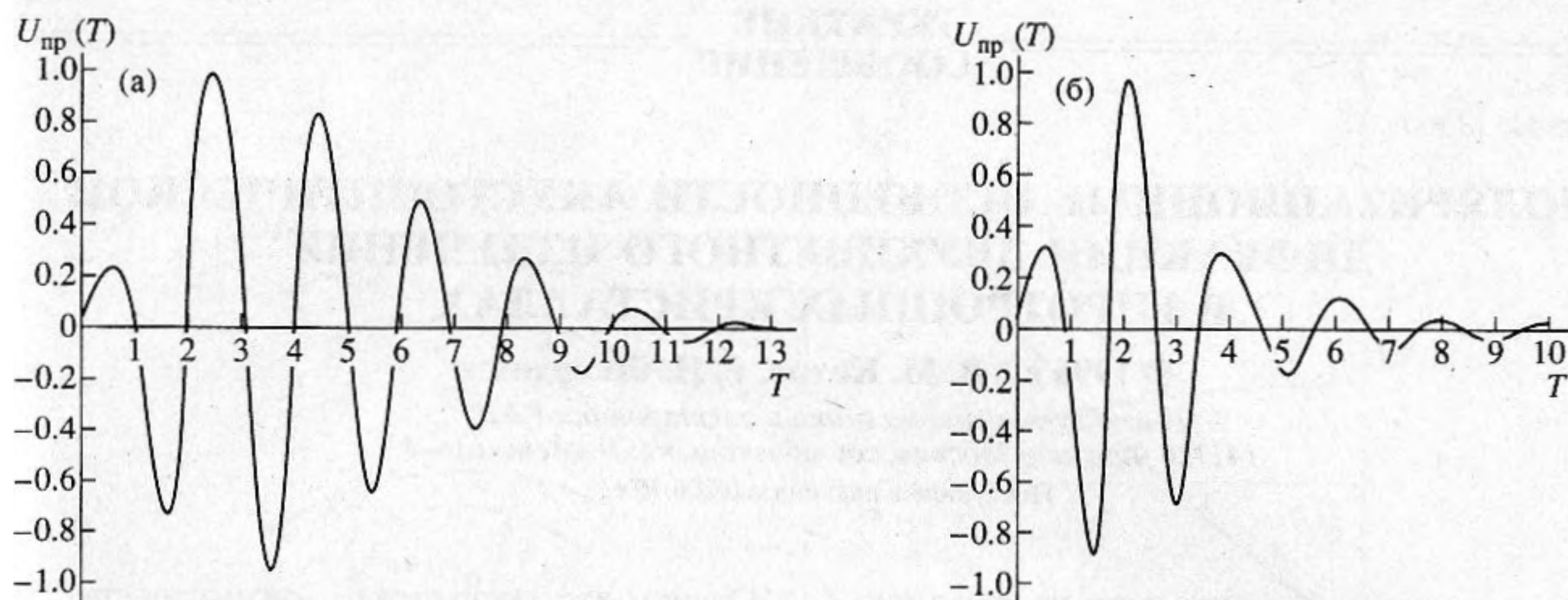


Рис. 2.

Из рис. 1 видно, что максимальная относительная полоса пропускания тракта достигается при $\alpha \approx 1.5$ и составляет (40 ... 50)%. Расширение полосы пропускания по сравнению с $\alpha = 1$ происходит в 1.6 ... 2 раза. Для полученного оптимального значения $\alpha_{\text{opt}} = 1.5$ по формуле (1) на ЭВМ рассчитывалась форма импульса электрического напряжения на приемном преобразователе. В качестве примера на рис. 2 приведены зависимости $U_{\text{пр}}(T)$ для значения $z_d = 5 \times 10^6$ Па с/м ($Q = 3.5$): а) $\alpha = 1$; б) $\alpha = 1.5$. Можно видеть, что в случае б) спад импульса после достижения максимума происходит быстрее.

Таблица 1

$Z_g \times 10^{-6}$ Па с/м	5	6	7	8
ΔT	4.3	3.5	3.3	2.8

В таблице приведены значения ΔT сокращения длительности импульсов, определяемые по спаду $\Delta N = 20$ дБ от максимального значения.

Во многих случаях при спаде уровня на 20 дБ сигнал можно считать практически нулевым. Из приведенных данных видно, что наибольшее сокращение длительности импульса происходит при более слабом демпфировании преобразователей. Однако абсолютное значение длительности импульса уменьшается с ростом демпфирования. Таким образом, возможности сокращения длительности сигнала при использовании данного метода хотя и ограничены, но могут быть практически полезны, так как не требуют никаких конструктивных усложнений акустического тракта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кескюла А.Ю. Способы увеличения широкополосности акустического тракта дефектоскопических устройств // Дефектоскопия. 1975. № 3. С. 50–61.