

КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ АКУСТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА СО СТЕРЖНЕВЫМИ ЗВУКОПРОВОДАМИ

Башлачев Ю. А., Туркин А. В.

В работе [1] получено выражение для коэффициента передачи акустического интерферометра с n переходными слоями, определенного как отношение напряжения на приемном пьезопреобразователе к напряжению задающего генератора, и показано, что при изменении протяженности исследуемой среды l_c модуль коэффициента передачи K проходит через относительные максимумы и минимумы. Значения его в этих точках равны:

$$|K|_{\max} = \left[\sqrt{(A^2 + B^2 + C^2 + D^2)^2 - 4(AC + BD)^2} \operatorname{sh}(\alpha_c l_c + \beta) \right]^{-1}, \quad (1)$$

$$|K|_{\min} = \left[\sqrt{(A^2 + B^2 + C^2 + D^2)^2 - 4(AC + BD)^2} \operatorname{ch}(\alpha_c l_c + \beta) \right]^{-1},$$

где α_c — коэффициент поглощения акустической волны в среде, A, B, C, D и β — постоянные, зависящие от параметров интерферометра.

Реально система n переходных слоев сводится к звукопроводу и переходному слою между пьезопреобразователем и звукопроводом. В этом случае A, B, C и D рассчитываются по формулам:

$$A = \frac{n_T^2}{X_c} z_0 \left[(a \operatorname{Re} A_1 - b \operatorname{Im} A_1) + \frac{z_0}{z_2} (p \operatorname{Re} A_5 - d \operatorname{Im} A_5) + \frac{z_2}{z_0} (m \operatorname{Re} A_3 - h \operatorname{Im} A_3) \right];$$

$$B = \frac{n_T^2}{X_c} z_0 \left[(a \operatorname{Im} A_1 + b \operatorname{Re} A_1) + \frac{z_0}{z_2} (p \operatorname{Im} A_5 + d \operatorname{Re} A_5) + \frac{z_2}{z_0} (m \operatorname{Im} A_3 + h \operatorname{Re} A_3) \right];$$

$$C = \frac{n_T^2}{X_c} z_0 \left[(a \operatorname{Re} A_2 - b \operatorname{Im} A_2) + \frac{z_0}{z_2} (p \operatorname{Re} A_6 - d \operatorname{Im} A_6) + \frac{z_2}{z_0} (m \operatorname{Re} A_4 - h \operatorname{Im} A_4) \right];$$

$$D = \frac{n_T^2}{X_c} z_0 \left[(a \operatorname{Im} A_2 + b \operatorname{Re} A_2) + \frac{z_0}{z_2} (p \operatorname{Im} A_6 + d \operatorname{Re} A_6) + \frac{z_2}{z_0} (m \operatorname{Im} A_4 + h \operatorname{Re} A_4) \right];$$

где $a = XX_1 + NM_1 - MY_1 - YN_1$; $b = XY_1 + MX_1 + NN_1 + YM_1$; $p = NX_1 - YY_1$; $d = NY_1 + X_1 Y$;
 $m = XM_1 - MN_1$; $h = XN_1 + MM_1$;

$$A_1 = \frac{1}{2} \{ (1 + z_{32}) \operatorname{ch}[2(\alpha_3 l_3 + \alpha_2 l_2) + i4\pi n_1 x] + (1 - z_{32}) \operatorname{ch}[2(\alpha_3 l_3 - \alpha_2 l_2) + i4\pi n_2 x] \};$$

$$A_2 = \frac{z_{34}}{2} \{ (1 + z_{32}) \operatorname{sh}[2(\alpha_3 l_3 + \alpha_2 l_2) + i4\pi n_1 x] + (1 - z_{32}) \operatorname{sh}[2(\alpha_3 l_3 - \alpha_2 l_2) + i4\pi n_2 x] \} +$$

$$+ \frac{1}{4} (z_4)^3 (z_3)^2 \operatorname{sh}[2\alpha_2 l_2 + i2\pi(n_1 - n_2)x];$$

$$A_3 = \frac{1}{2} \{ (z_2)^3 \operatorname{sh}[2\alpha_3 l_3 + i2\pi(n_1 + n_2)x] + (1 + z_{32}) \operatorname{sh}[2(\alpha_3 l_3 + \alpha_2 l_2) + i4\pi n_1 x] -$$

$$- (1 - z_{32}) \operatorname{sh}[2(\alpha_3 l_3 - \alpha_2 l_2) + i4\pi n_2 x] \};$$

$$A_4 = \frac{z_{34}}{2} \{ \operatorname{ch}[2\alpha_3 l_3 + i2\pi(n_1 + n_2)x] + (1 + z_{32}) \operatorname{ch}[2(\alpha_3 l_3 + \alpha_2 l_2) + i4\pi n_1 x] -$$

$$- (1 - z_{32}) \operatorname{ch}[2(\alpha_3 l_3 - \alpha_2 l_2) + i4\pi n_2 x] \} + \frac{1}{4} \{ 2z_{32} (z_3)^4 + (z_3)^2 (z_4)^4 \operatorname{ch}[2\alpha_3 l_3 + i2\pi(n_1 - n_2)x] \};$$

$$A_5 = A_3 + (z_2)^3 \operatorname{sh}[2\alpha_3 l_3 + i2\pi(n_1 + n_2)x];$$

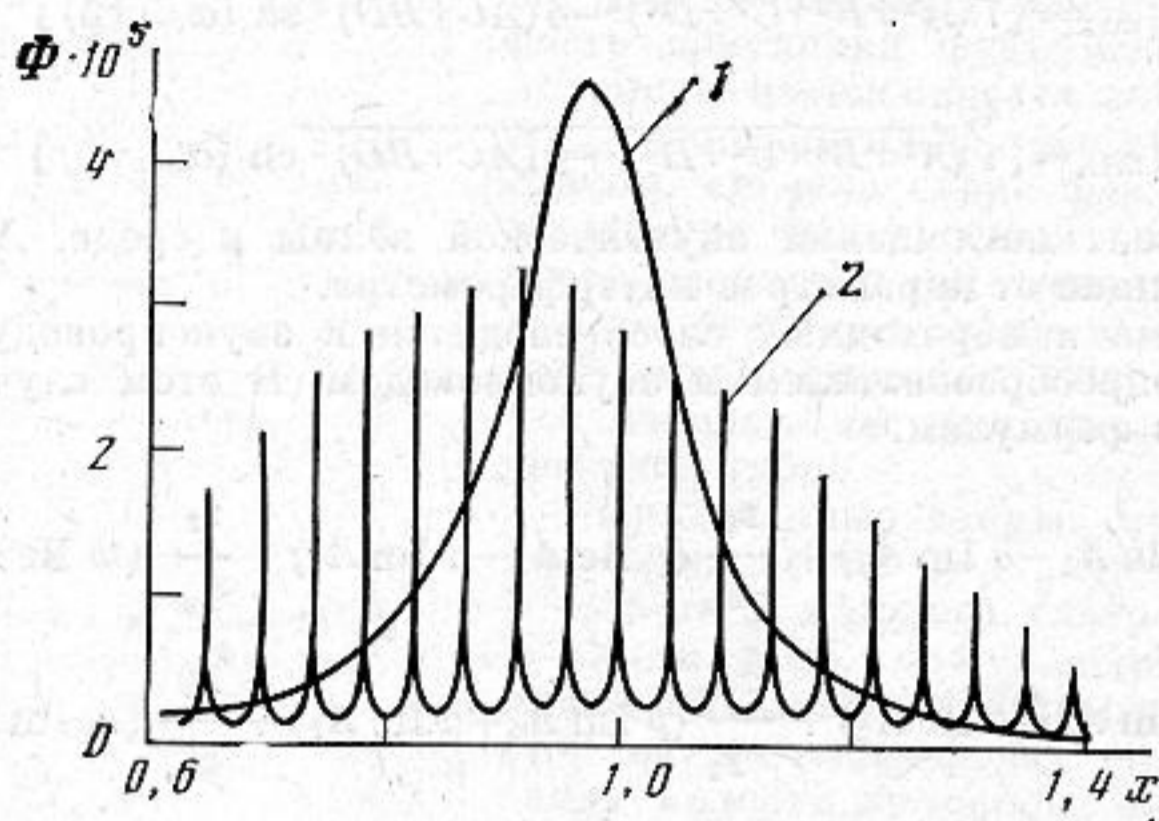
$$A_6 = A_4 + z_{32} (z_4)^3 + z_{34} (z_3)^2 \operatorname{ch}[2\alpha_3 l_3 + i2\pi(n_1 + n_2)x].$$

Здесь n_T — коэффициент трансформации идеального электромеханического трансформатора; z_0, z_3, z_2, z_4 — акустические импедансы пьезопреобразователя, звукопровода, переходного слоя, исследуемой среды; l_3, l_2 — длины звукопровода и переходного слоя; α_3, α_2 — коэффициенты поглощения акустической волны в звукопроводе и переходном слое; $n_1 = l_3/\lambda_{03} + l_2/\lambda_{02}$; $n_2 = l_3/\lambda_{03} - l_2/\lambda_{02}$; λ_{03} и λ_{02} — длины акустических волн в звукопроводе и переходном слое на антирезонансной частоте пьезопреобразователя f_0 ; $x = f/f_0$; $X_c = 1/\omega_0 C_0$; C_0 — статическая емкость пьезопреобразователя; $\omega_0 = 2\pi f_0$; $z_{km} = (z_k/z_m + z_m/z_k)/2$; $(z)^m = (z_k/z_m - z_m/z_k)/2$; $k, m = 2, 3, 4$. Постоянные $X, Y, M, N, X_1, Y_1, M_1, N_1$ — такие же, как и в работе [2].

При нахождении скорости и коэффициента поглощения акустической волны в исследуемой среде методом акустического интерферометра все измерения проводятся в экстремальных точках кривой реакции интерферометра, поэтому при анализе влияния различных параметров на коэффициент передачи интерферометра достаточно ограничиться рассмотрением экстремальных значений K по параметру l_c . Если измерения проводятся в газовых средах, то выполняется условие $\alpha_c l_c \gg \beta$. В этом случае, согласно (1), зависимость коэффициента передачи интерферометра в экстремальных точках от параметров интерферометра определяется множителем

$$\Phi = [(A^2 + B^2 + C^2 + D^2)^2 - 4(AC + BD)^2]^{-1/4}. \quad (2)$$

Для оценки влияния звукопроводов на коэффициент передачи интерферометра на ЭВМ рассчитывалась зависимость функции Φ от x для интерферометра без звукопроводов и со стальными звукопроводами. Результаты расчета представлены на



Зависимость Φ от x : 1 — для интерферометра без звукопроводов; 2 — для интерферометра со стальными звукопроводами

фигуре. При расчете полагалось, что исследуемая среда газовая, переходные слои между преобразователями и звукопроводами отсутствуют, питающий генератор представляет собой генератор напряжения, параметр k_1 , определяющий степень демпфирования преобразователей, равен 0,2. Значения остальных параметров интерферометра следующие: $z_0 = 9734$ Н·с/м; $z_3 = 14600$ Н·с/м; $z_4 = 0,139$ Н·с/м; $n_1 = n_2 = 11,2$; $\alpha_3 = 6,3 \cdot 10^{-2}$ м⁻¹; $l_3 = 0,15$ м.

Видно, что для интерферометра со звукопроводами зависимость Φ от x имеет вид кривой со многими максимумами. Измерения можно проводить на одной из частот, соответствующих этим максимумам. Ширина огибающей максимумов зависимости Φ от x для интерферометра со звукопроводами, оцененная на уровне 0,7, в 4 раза больше ширины кривой зависимости Φ от x для интерферометра без звукопроводов. Максимальное значение функции Φ в сравнении с интерферометром без звукопроводов уменьшается незначительно. Таким образом, введение стальных звукопроводов не приводит к существенному уменьшению амплитуды сигнала, при этом заметно расширяется диапазон выбора дискретной рабочей частоты интерферометра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башлачев Ю. А., Туркин А. В. Акустический интерферометр с произвольным числом переходных слоев. — Акуст. журн., 1982, т. 28, № 6, с. 835—836.
2. Домаркас В. И., Кажис Р.-П. Ю. Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи. Вильнюс: МИНТИС, 1975.

Московский областной педагогический институт им. Н. К. Крупской

Поступило в редакцию 6.IX.1984

УДК 534.21

К ВОПРОСУ ОБ УСЛОВИЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СОВПАДЕНИЯ ПРИ РАССЕЯНИИ ПЛОСКОЙ ВОЛНЫ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

Бугаев В. В., Музыченко В. В., Паникленко А. П.

Известно, что амплитуда рассеяния плоской волны, падающей на цилиндрическую оболочку, погруженную в жидкость, значительно возрастает при выполнении условий пространственного совпадения $k_{cp} \sin \theta = k_{\Phi n}^{(j)}$ [1]. Оно определяется поведением дисперсионных кривых нормальных волн и зависит как от характеристик материала оболочки (модуля Юнга E , плотности ρ_0 , коэффициента Пуассона σ),