ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА С ДВУМЯ ИЗЛУЧАЮЩИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Ан.С.Рубанов
Белорусский государственный аграрный технический университет, г.Минск

В докладе обсуждаются результаты теоретического и экспериментального исследования амплитудной (АХ) и фазовой характеристик (ФХ) интерферометра плоских гармонических акустических волн с двумя излучающими преобразователями. Выражение, описывающее результирующие колебания в плоскости приемного (второго) преобразователя,

$$\xi_{2\Sigma} = \xi_{10}\exp(-\alpha L)\exp[i(\omega t - kL + \varphi_{10})]\frac{1 + r_2\exp(-i\delta_2)}{1 - R\exp[-i(2kL + \delta_1 + \delta_2)]} + \\ + \xi_{20}\exp[(i(\omega t + \varphi_{20})]\frac{1 + r_1\exp(-2\alpha L)\exp[-i(2kL + \delta_1)]}{1 - R\exp[-i(2kL + \delta_1 + \delta_2)]}, \qquad (1)$$

где ξ_{10}, ξ_{20} и φ_{10}, φ_{20} - амплитуды и начальные фазы колебаний, излучаемых первым и вторым преобразователями соответственно, L - акустическая база (длина резонатора), α - коэффициент поглощения колебаний в среде резонатора, $R_0 = r_1 r_2 \exp(-2\alpha L)$, r_1 и r_2, δ_1 и δ_2 - модули и фазы комплексных коэффициентов отражения колебаний от первого и второго преобразователей соответственно, $i = \sqrt{-1}$.

Принципиально возможно получить аналитическое представление для АХ и ФХ интерферометра рассматриваемого типа. Однако в общем случае для произвольных условий отражения и параметров резонатора аналитическое описание выходных характеристик в силу большой громоздкости получаемых выражений не имеет смысла.

На рис. 1 – 3 приведены в качестве иллюстрации графики зависимостей выходных характеристик интерферометра при некоторых произвольных значениях комплексных коэффициентов отражения от преобразователей.

Рассмотрим один из частных случаев. Пусть $\xi_{10} = \xi_{20}$; $r_1 \neq 1$; r_2-1; δ_1–δ_2 0; $\varphi_{10} - \varphi_{20} = 0$ (последнее для определенности). Тогда из (1) можно получить для АХ

$$U(L) = \xi_{10}\sqrt{\frac{4\exp(-2\alpha L) - 4(1 + r_1)\exp(-\alpha L)\cos(kL) + \left[1 + 2R\cos(kL) + R^2\right]}{1 - 2R\cos(2kL) + R^2}}; \qquad (2)$$

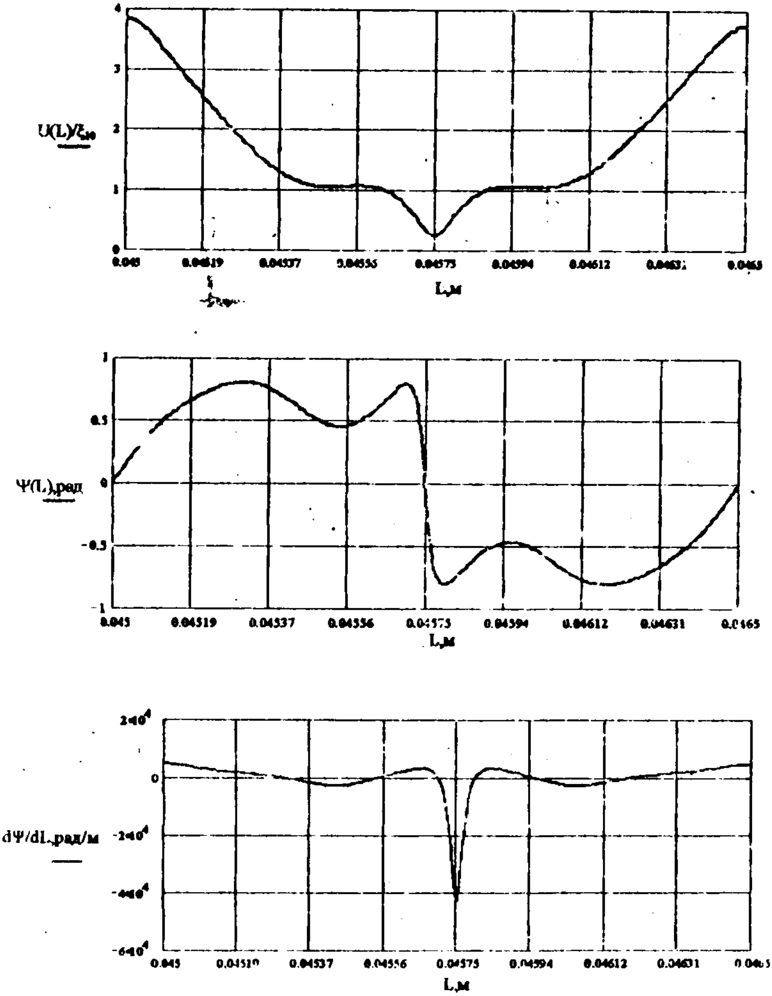

Рис.1 Графики зависимостей АХ, ФХ и крутизны ФХ от акустической базы при $r_1=0{,}9$, $r_2=0{,}9$, $\alpha=10\text{м}^{-1}$, $\delta_1=\delta_2=0$, $\xi_{10}=\xi_{20}=1$, $\phi_{10}=\phi_{20}=0$

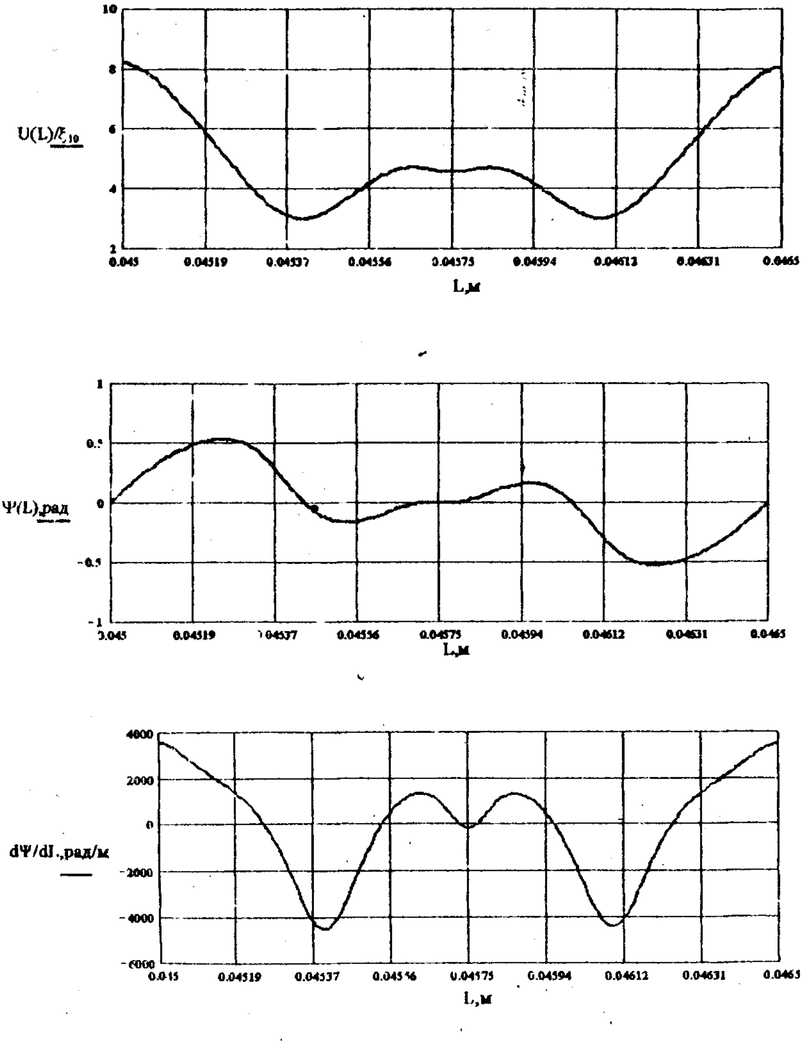

Рис. 2. Графики зависимостей АХ, ФХ и крутизны ФХ от акустической базы при $r_1=0{,}9$, $r_2=0{,}9$, $\alpha=10м^{-1}$, $\delta_1=\delta_2=0$, $\xi_{10}=1$, $\xi_{20}=\pi$, $\phi_{10}=\phi_{20}=0$

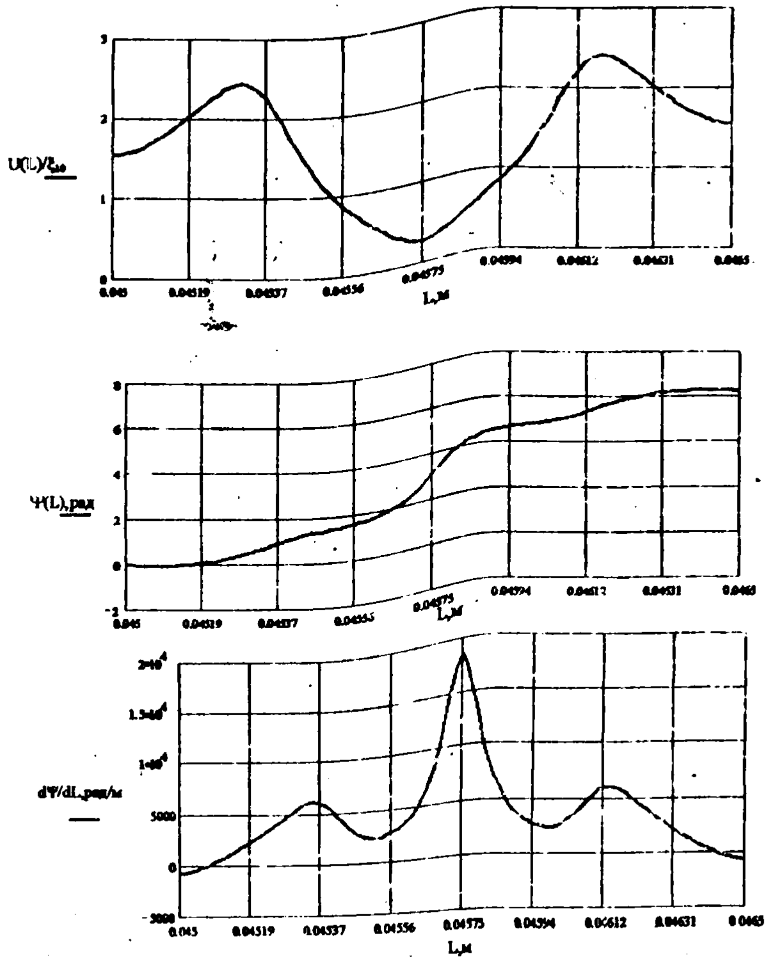

Рис.3. Графики зависимостей АХ, ФХ и крутизны ФХ от акустической базы при $r_1=0,9$, $r_2=0,9$, $\alpha=10\text{м}^{-1}$, $\delta_1=\pi$, $\delta_2=0$, $\xi_{10}=\xi_{20}=1$, $\phi_{10}=\phi_{20}=0$

и для ФХ

$$\Psi(L) = \arctan \frac{(1 + r_1)\exp(-\alpha L)\sin(kL) + r_1 \sin(2kL)}{(1 - r_1)\exp(-\alpha L)\cos(kL) + \frac{1}{2}(1 - r_1^2)} \qquad (3)$$

Если одновременно выполняется условие

$$\cos(kL) = -1,$$

то при этом наблюдается локальный минимум АХ интерферометра, а крутизна ФХ достигает одного из своих локальных максимумов и оказывается равной

$$\frac{\partial \Psi}{\partial L} = \frac{(1 + r_1)\left[\exp(-2\alpha L) - \frac{1}{2}\frac{(1 - r_1)^2}{(1 + r_1)} + r_1\right]}{(1 - r_1)\left[\exp(-\alpha L) - \frac{1}{2}(1 + r_1)\right]^2}\frac{\omega}{\nu} \qquad (4)$$

При $\alpha L \ll 1$; $\xi_{10} \neq \xi_{20}$; $r_1 \neq 1$, $r_2 = 1$; $\delta_1 \neq 0$; $\delta_2 = 0$; $\varphi_{10} = \varphi_{20} = 0$ (последнее для определенности) можно получить следующие выражения, аналогичные формулам (2) и (3):

$$U(L) = \sqrt{\frac{\left[4\xi_{10}^2 \exp(-2\alpha L) + 4\xi_{10}\xi_{20} \exp(-\alpha L)\left[\cos(kL) + R\cos(kL - \delta_1)\right] + \xi_{20}^2\left[1 + 2R\cos(2kL - \delta_1) + R^2\right]\right]}{1 - 2R\cos(2kL - \delta_1) + R^2}} \qquad (5)$$

$$\Psi(L) = \arctan \frac{\left[\xi_{10}\left[\sin(kL) + R_0 \sin(kL - \delta_1)\right]\exp(-\alpha L) + \xi_{20}R_0 \sin(2kL - \delta_1)\right]}{\left[\xi_{10}\left[\cos(kL) - R_0 \cos(kL - \delta_1)\right]\exp(-\alpha L) + 0.5\xi_{20}(1 - R_0^2)\right]^2} \qquad (6)$$

Выражения (2) - (6) проанализированы и проиллюстрированы в работе [1].

Литература

1. В.И.Крылович, Ан.С.Рубанов, О.П.Приходько, П.Н.Логвинович, В.В.Михальков, Е.И.Чернухо. Условия оптимизации выходных характеристик интерферометра плоских акустических волн. – В настоящем сборнике.