

УДК 620.179.1+531.4

## ЭФФЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ РЭЛЕЯ И ГОЛОВНОЙ ВОЛНЫ В ОБЪЕКТАХ С АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

А. Р. БАЕВ, А.Л. МАЙОРОВ, О. С. СЕРГЕЕВА, М. Д. ЕКЕЛЬЧИК

Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Акустические методы и устройства, основанные на использовании волн Рэлея (ВР) и головных волн (ВГ), возбуждаемых в объектах при углах падения волны в звукопроводе источника  $\beta = \arcsin(C_s/C)$ , где  $C_s$  скорость звука в звукопроводе, а  $C$  – скорости ВР или ВГ, находят широкое применение в технической акустике [1,2]. При этом достаточно часто возникают вопросы изменения структуры волнового фронта, появления сопутствующих мод и их трансформация в области с изменяющимися граничными условиями (ГУ) [3,4]. Ниже представлены результаты экспериментального исследования особенностей распространения и трансформации ВР и ВГ мод при наличии на контактной поверхности акустической нагрузки – твердое тело, контактирующее с основой через тонкий жидкий или твердый промежуточный слой (ПС) толщиной  $\delta \ll \lambda_{ПС}$ , акустические свойства которых удовлетворяют соотношениям:  $R_i = C_i \rho_i > C_{ПС} \rho_{ПС}$ ,  $E_i < E_{ПС}$ , где  $C_i, \rho_i, E_i$  – скорость моды, плотность и модуль объемного сжатия  $i$ -го материала соответственно,  $i=1$  соответствует материалу акустической нагрузки, а  $i=2$  – материалу основы. На основе аппаратуры, включающей генератор и приемник импульсов, измеритель временных интервалов И8-1, осциллограф С1-71 получены временные и амплитудные параметры упомянутых выше мод при прохождении и отражении акустического сигнала от областей с разными ГУ. При этом рабочий диапазон частот  $f=0,6-4$  МГц. Контактующие пары материалов: дюраль-сталь; сталь-дюраль; сталь-плексиглас; плексиглас-сталь; дюраль-плексиглас; плексиглас-дюраль; сталь-латунь; латунь-сталь. Такой выбор вызван, преимущественно, необходимостью охвата различных соотношений скоростей звука  $C_i$  пар контактирующих материалов. В качестве среды ПС использована эпоксидная смола и вода. Возбуждение-прием головной волны в плексигласе производился через водяную иммерсионную ванну, а в металлах – с помощью изготовленных наклонных ПЭП. Необходимо отметить, что при прохождении акустического сигнала в области с акустической нагрузкой ВГ или ВР трансформируются в так называемые волны Стоунли [1]. Важный для практики результат получен для случая, когда основой служит материал с низкой скоростью звука, в качестве которого использован плексиглас. Вследствие значительного затухания колебаний закон ослабления амплитуды головной волны  $P_A$  в нем отличается от вида  $P_A \sim L^{-n}$ , характерного для металлов [3]. Экспериментальные зависимости амплитуды от расстояния  $L$ , полученные на плексигласовом образце, могут быть аппроксимированы выражением вида  $P_A \sim L^{-n} e^{-\alpha L}$ , где  $\alpha$  –

зависимый от частоты волны коэффициент затухания. При реализации “скользящей границы” изменение акустической нагрузки оказывает неоднозначное влияние на параметры ВГ в режиме прохождения, что требует дополнительных исследований. В частности, амплитудный параметр  $P^* = P_A / P_{A0}$  увеличивается на 5–6 дБ в диапазоне изменения  $R_{21} = R_2 / R_1 = 0-1$ , где  $P_{A0} = P_A$  при  $R_{21} = 0$ , а при  $R_{21} \approx 5,3$  –  $P^*$  уменьшается на ~ 5 дБ. Весьма важно, что при  $R_{21} \approx 14,1$  (сталь-плексиглас),  $P^*$  возрастает на 15–16 дБ. При этом в обоих случаях скорость распространения акустического сигнала уменьшается на величину ~1–1,5 %. Проведена экспериментальная проверка ряда эффектов, имеющих место как для ВГ, так и ВР мод, и показано, что, легко изменяя границу ПС и его толщину, представляется возможным управлять полем не только прошедшего, но и отраженного сигнала, изменяя  $P^*$  в десятки раз. Это представляет интерес для создания ряда акустических устройств с повышенной чувствительностью к подповерхностным и поверхностным дефектам, а также – методов контроля поверхностных слоев по скорости распространения волны. Впервые выявлены закономерности отражения ВГ от неоднородной границы полимер-металл и определены оптимальные условия реализации метода оптимизации апертур и фаз мнимых когерентных источников как при наличии акустической нагрузки на контактной поверхности, так и без нее. Полученные результаты представляют интерес: для контроля ряда объектов, включая прессовое оборудование (при частичном демонтаже), полимерные трубы, сварные швы с валиком усиления и др.; для повышения точности определения физико-механических параметров поверхностного слоя металлов по скорости распространения волны Рэлея.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поверхностные акустические волны в неоднородных средах / С. В. Бирюков [и др.]. – М. : Наука, 1991. – 415 с.
2. **Rokhlin, M.** An elastic interface wave guided by a thin film between two solids. / M. Rokhlin, M. Hefets, M. Rosen // J. Appl. Phys. 51 (7). – 1980. – P. 3579–3582.
3. **Баев, А. Р.** Особенности возбуждения и распространения продольных и поперечных подповерхностных волн в твердых телах. / А. Р. Баев, М. В. Асадчая. // Дефектоскопия. – № 9. – 2005 – С. 32–43.
4. **Абакумов, А. Е.** Влияние нарушения акустического контакта на распространение волн Стоунли на границе раздела двух линейно-упругих полупространств / А. Е. Абакумов, Р. С. Коновалов // Дефектоскопия. – № 8. – 2008. – С. 23–40.