## УДК 620.179.16 РАССЕЯНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН, ВОЗБУЖДАЕМЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, НА НЕСПЛОШНОСТЯХ

## А. Р. БАЕВ<sup>1</sup>, А. И. МИТЬКОВЕЦ<sup>2</sup>, А. Л. МАЙОРОВ<sup>1</sup> <sup>1</sup>Институт прикладной физики НАН Беларуси <sup>2</sup> Институт физики НАН Беларуси Минск, Беларусь

В последнее время значительное внимание обращено на развитие оптоакустических (ОА) методов контроля, реализуемых как бесконтактным, так и комбинированными способами. Последние могут быть реализованы, например, путем возбуждения упругих волн (УВ) в объекте импульсно-лазерным излучением с последующим их приемом контактными или электромагнитоакустическими преобразователями.

На первом этапе настоящей работы дан краткий анализ возможностей и областей приложения использования указанных ОА-методов. В частности, на примере предложенной сотрудниками Института Фраунгофера (Германия) схемы контроля проката, включающей один ОА-источник и четыре бесконтактных оптических приемника УВ, проанализирован измерительный тракт применительно к обнаружению дефектов:

 $\Xi_i \sim \xi_i = JK_{AO} \Phi_{HD}(\alpha_D) \Phi_D(\alpha_i) K_{\xi}(\alpha_i) f_{HD}(r_0) f_{D\Pi}(r_i),$  (1) где  $\Xi_i$  – сигнал на выходе измерительного блока;  $\xi_i$  – амплитуда смещения поверхности объекта при падении отраженной от несплошности упругой волны;  $K_{OA}$  и  $K_{AO}$  – коэффициенты прямого и обратного преобразования оптического излучения в акустические колебания и обратно;  $\Phi_{HD}(\alpha_D)$  – функция, характеризующая направленность УВ в область отражателя;  $\Phi_D(\alpha_i)$  – в область *i*-го приемника;  $K_{\xi}(\alpha_i)$  – коэффициент, характеризующий отражательную способность дефекта;  $f_{HD}(r_0)$  и  $f_{D\Pi}(r_0)$  – функции ослабления акустического сигнала от источника УВ до отражателя и от последнего до одного из приемников.

С целью упрощения и удешевления указанной схемы измерений авторами предложено использовать всего один оптический приемник колебаний поверхности, а возбуждение УВ осуществлять импульснолазерным воздействием в нескольких реперных точках объекта.

Во второй части работы экспериментально изучена диаграмма направленности поля излучения продольных УВ при воздействии на объект лазерного излучения с разной формой пятна луча и выполнено моделирование схемы обнаружения модельного дефекта в виде цилиндрического сверления диаметром 2,5 мм в режиме эхо (рис. 1). Исследование диаграммы направленности приемника или излучателя волн  $\Phi(\alpha)$  проведено согласно традиционной схеме – путем кругового съема поля излучения источника волн, устанавливаемых на полуцилиндрический образец радиусом 120 мм и толщиной 50 мм. Как установлено, угловая ширина диаграммы направлен-

ности на уровне 0,1 составляет  $\theta_{\rm III} \approx 65...67$  град для f = 2,5 МГц и 62...64 град для f = 4 МГц. Согласно расчетам, при  $d \ll \lambda \Phi \sim \cos \alpha$ , так что максимальная величина  $\theta_{\rm m} \sim 83...85$  град. При моделировании излучения и приема рассеянных отражателем УВ (рис. 2) было предложено повысить стабильность измерений и существенно снизить шумовой фон за счет использования линейного (но не испарительного режима) возбуждения волн. Он реализуется путем пропускания лазерного луча через локальную иммерсионную ванну. Как установлено, возбуждаемое поле нормальных смещений  $\xi_n$ на поверхности образца в области пятна лазерного луча близко к тому, что имеет место при поршневом режиме излучения УВ. При этом существенно измерительном тракте, снижается шумовой фон В вызванный сопутствующими модами и нестабильностью амплитуды отраженного от дефекта сигнала, что весьма важно при проведении исследований на предварительном этапе разработки методики контроля. Как показывает анализ данных эксперимента, различие нормализованных зависимостей амплитуды сигналов  $A(x_i)$ , фиксируемых на разных расстояниях от точки ввода УВ, их расхождение не превышает 1...2 дБ. Что касается разницы расчетного и опытного времени прихода зондирующего сигнала  $\Delta t(x_i)$  на приемные преобразователи, то она не превышает 2...3 %.



Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

http://e.biblio.bru.bv/

Рис. 1. Схема моделирования рассеяния УB, возбуждаемых лазерным излучением в стальном образце с отражателем: 1 – образец; 2 – лазерный луч; 3 – иммерсионная отражатель; ванна; 4 \_ 5 – положение приемников УВ; 6, 7 – измерительное устройство; а = 10 мм



