УДК 620.179.16

РАССЕЯНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН, ВОЗБУЖДАЕМЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, НА НЕСПЛОШНОСТЯХ

А. Р. БАЕВ 1 , А. И. МИТЬКОВЕЦ 2 , А. Л. МАЙОРОВ 1 ¹Институт прикладной физики НАН Беларуси ² 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:

$$\Xi_{i} \sim \xi_{i} = JK_{AO} \Phi_{HD} (\alpha_{D}) \Phi_{D}(\alpha_{i}) K_{\xi}(\alpha_{i}) f_{HD}(r_{0}) f_{D\Pi}(r_{i}), \qquad (1)$$

где Ξ_i — сигнал на выходе измерительного блока; ξ_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; $\Phi_{VD}(\alpha_D)$ – функция, характеризующая направленность УВ в область отражателя; $\Phi_D(\alpha_i)$ – в область *i*-го приемника; $K_{\mathcal{E}}(\alpha_i)$ – коэффициент, характеризующий отражательную способность дефекта; $f_{UD}(r_0)$ 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 $\theta_{\text{III}} \approx 65...67$ град для f = 2,5 МГц и 62...64 град для $f = 4 M\Gamma$ ц. Согласно расчетам, при $d << \lambda \Phi \sim \cos \alpha$, так что максимальная величина $\theta_{\text{ш}} \sim 83...85$ 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 ξ_n 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 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 %.

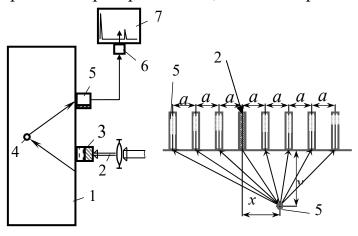
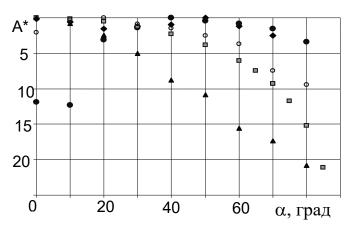


Рис. 1. Схема моделирования рассеяния УВ, возбуждаемых лазерным излучением в стальном образце с отражателем: 1 – образец; 2 – лазерный луч; 3 – иммерсионная отражатель; 5 – положение приемников УВ; 6, 7 — измерительное устройство; a = 10 MM



Поле Рис. продольных возбуждаемых лазерным излучением: форма лазерного пятна круглая (♠), в виде вытянутой полосы шириной d = 2 мм (\bullet) и d = 1 мм (\triangle); косинусоидальная зависимость поля излучения УВ (п)

