

УДК 620.179
ОТРАЖЕНИЕ УПРУГИХ МОД ОТ ПОВЕРХНОСТИ С РАЗЛИЧНЫМИ
ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

*М. В. АСАДЧАЯ, О. С. СЕРГЕЕВА, С. В. САДОВСКИЙ
Научный руководитель А. Р. БАЕВ, д-р техн. наук, проф.

*Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

На основе теоретического и экспериментального исследования развит метод оптимизации апертур и фаз φ_i мнимых когерентных источников (ОАФМИ) упругих волн (УВ), отраженных одновременно от поверхности сред с различными граничными (или неоднородными) условиями (ГУ). Направление настоящих исследований включает использование совмещенного режима прозвучивания объекта и определение эквивалентной площади дефекта S_D по данным амплитуды P_A отраженного пучка как функции апертуры преобразователя, его пространственного расположения, S_D и других. На основе анализа расчетной модели показана принципиальная возможность достижения высокой чувствительности контроля дефектной границы (характеризуемой $\Delta P_A = P_{A0} - P_A$), когда сдвиг фаз между УВ, отраженными от областей с различными ГУ составляет не только $\Delta\varphi \sim \pi$, но и значительно меньше – $\Delta\varphi \leq \pi/2$. Это достигается путем небольшого (но строго определенного) углового отклонения α от нормали падающего на поверхность с начальными ГУ акустического пучка, а также зависит от направления относительного движения ПЭП. При этом даже в случае, когда коэффициенты отражения от дефектной (R_D) и качественной (R_q) границы материалов близки друг к другу, ΔP_A достигает 30–40 дБ. (Если же $\alpha \approx 0$ – $\Delta P_A = 2$ –3 дБ). Ультразвуковой контроль может производиться как при постоянном значении угла падения волны α на исследуемую границу, так и путем прозвучивания ее с помощью УВ, падающих под двумя фиксированными углами α_1 и α_2 , с последующим измерением амплитуд P_{A1} и P_{A2} и $\Delta P_A = P_{A1} - P_{A2}$. Это позволяет (несмотря на усложнение) существенно нивелировать влияние микрогеометрии поверхности на стабильность показаний и повысить чувствительность измерительного тракта. Если $\Delta\varphi \approx (0,8-1)\pi$, то, как показано, представляется возможным производить оценку площади дефекта несколькими способами. Так, по данным расчетной или опытной кривой $\Delta P_A(S_D/S_A)$, полученной именно для

$\varepsilon = \frac{K_N}{K_D} \frac{S_A}{S_D \cos \beta} > 1$, где S_A – площадь сечения падающего акустического пучка, а K_D , K_N – интегральные коэффициенты, учитывающие преобразование УВ при отражении от разных границ и приеме волн, S_D соответствует максимально возможно площади оцениваемого дефекта. Во втором случае (более точном) в процессе измерений с использованием многоэлементного пьезоэлектрического преобразователя автоматически изменяется и фиксируется значение $S_A = S_A^*$, при котором $P_A \rightarrow 0$. Путем решения обратной задачи представляется возможным восстановить искомое значение S_D . Это делается расчетным путем, либо путем использования всей динамической кривой $\Delta P_A(S_A)$ – как при $\varepsilon > 1$, так и $\varepsilon < 1$.

На рис.1 представлены экспериментальные зависимости амплитудных параметров отраженных УВ от безразмерного параметра ε , характеризующего отношение площади дефектной поверхности к площади пятна акустического пучка на контролируемой границе при различных условиях их приема.

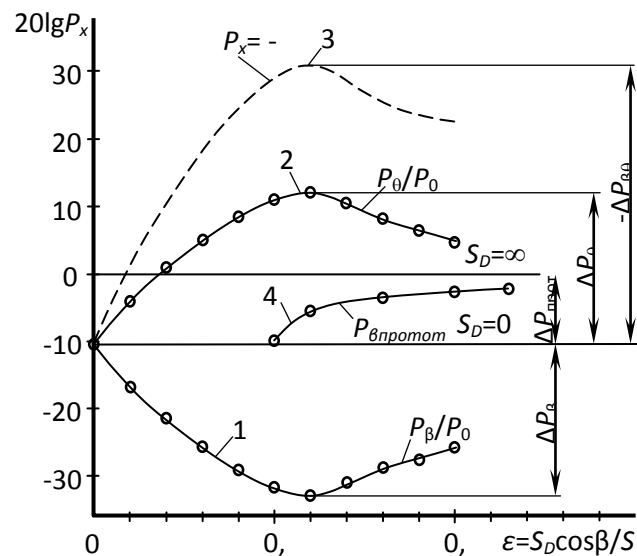


Рис. 1. Экспериментальные зависимости амплитудных параметров отраженных УВ от безразмерного параметра $\varepsilon = \cos \beta S_D / S_A \approx \cos \beta a / d$

Кривая 1 отражает зависимость нормализованной амплитуды сигнала P_β , отраженного под углом $\theta = \beta$, кривая 2 – зависимость нормализованной амплитуды сигнала P_θ , отраженного под углом θ_1 или θ_2 , соответствующих максимумам поля отраженных УВ, расположенных вблизи угла $\theta = \beta$. Кривая 3 отражает зависимость отношения $P_{\theta\beta} = P_\beta / P_\theta$, кривая 4 – зависимость нормализованной амплитуды отраженного сигнала $P_{\beta 0}$, измеренного согласно способу-прототипу.

Опытные данные показывают эффективность использования предложенного метода для оценки дефектов сцепления материалов.