

**К вопросу о применении многоэлементных пьезоэлектрических преобразователей в задачах автоматизированного неразрушающего контроля.**

**Галаненко Д. В., Луценко Г. Г., Мищенко В. П.,**

*НПФ «Ультракон-Сервис», Киев.*

**ВВЕДЕНИЕ**

В устройствах автоматического неразрушающего контроля функция принятия решения о наличии или отсутствии дефекта в контролируемом изделии (на основании анализа эхо-сигналов) передоверяется устройству контроля (в отличие от устройств ручного контроля, где такое решение принимает оператор). Решение о наличии дефекта принимается по факту пересечения эхо-сигналом некоторого порога. В этих условиях весьма существенно, чтобы акустические датчики, осуществляющие излучение и приём сигналов, создавали равномерное «акустическое покрытие» во всей зоне контроля. Если неравномерность пространственного распределения амплитуд эхо-сигналов в направлении оси излучения может быть в известной мере компенсирована за счёт устройств временной регулировки усиления, то неравномерность в плоскости, поперечной к оси излучения, должна быть достигнута за счёт конструкции датчика или такого расположения многих датчиков, которое бы обеспечило соответствующее перекрытие «освещённых» зон. При практическом проектировании систем автоматического контроля возникает конфликт между требованиями обеспечения относительной равномерности акустического покрытия (с одной стороны) и соображениями оптимизации числа каналов, размерами датчиков и возможностью их размещения на объекте контроля.

С проблемой такого рода мы столкнулись при разработке системы акустического неразрушающего контроля вагонных колёс в процессе их производства «Унискан-Луч», осуществлённой в НПФ «Ультракон-Сервис». Расчёты и эксперименты показали, что одноэлементные прямые пьезопреобразователи не позволяют добиться приемлемых результатов из-за особенностей формирования звукового поля в ближней зоне преобразователя. Был предложен пятиэлементный раздельно-совмещённый пьезопреобразователь. В данной работе приведены результаты экспериментального исследования неравномерности распределения амплитуд эхо-сигналов в зоне контроля

обода вагонного колеса для одного такого датчика в сопоставлении с расчётами звукового покрытия для одноэлементных прямых преобразователей.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ.

Исходя из требований надёжности и полноты контроля и конструктивных соображений, было предложено производить контроль обода колеса в двух направлениях: в радиальном – с помощью 4 отдельно-совмещённых пьезопреобразователей (ПЭП), устанавливаемых на поверхности катания, и в осевом направлении - с помощью 5 таких же ПЭП. Границы зоны освещённости каждого преобразователя (с учётом временной регулировки усиления) определялись требованием различия амплитуд минимального и максимального эхо-сигналов не более, чем на 6 дБ. Требуемая минимальная ширина освещённой зоны (в направлении, перпендикулярном акустической оси датчика, была задана не менее чем 15 мм, при ограничении размера пластины в направлении, перпендикулярном направлению вращения колеса, величиной 26 мм. Раздельно-совмещённый ПЭП состоит из двух слабо наклонённых пластин, одна из которых является излучателем, а другая приёмником.

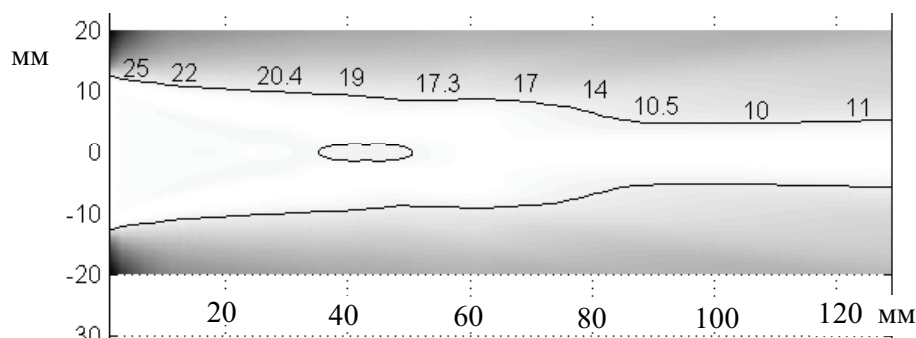


рис. 1.

На первом этапе проектирования была произведена оценка освещённой зоны на модели прямого совмещённого ПЭП размерами 26×12 мм на частоте 2.5 МГц. Расчёты пространственной структуры поля эхо-сигналов производились с помощью алгоритма, описанного в [1]. Найденное на глубине  $z$  распределение амплитуд эхо-сигналов нормировалось к максимальному для данной глубины значению, что соответствует роли системы временной регулировки усиления. Контурные зоны (по уровню –6 дБ), показанные на рис.1. Значения ширины зоны в мм указаны цифрами на графике. Видно, что, начиная с глубины 80 мм, ширина зоны меньше требуемого значения. Кроме того, на глубине

около 40 мм имеется область, где амплитуда ниже  $-6$  дБ. Увеличение частоты до 5 МГц расширяет зону освещённости, но не ликвидирует «провала» в центральной части. Глубина провала и его площадь уменьшаются при уменьшении размеров пластины (при одновременном уменьшении чувствительности). Приемлемые результаты получаются для пластины  $20 \times 4$  мм<sup>2</sup>.

Для раздельно-совмещённого преобразователя были проведены экспериментальные исследования на стандартных образцах КМД-4, которые содержат искусственные плоскодонные отражатели на разных глубинах (параметры материала образцов: сталь – достаточно близки к параметрам материала колеса). В процессе проведения измерений преобразователь перемещали параллельно самому себе вдоль мерной линейки, проходящей через эпицентр отражателя. В каждой позиции прижим преобразователя устанавливался таким образом, чтобы получить максимальный для данной позиции эхо-сигнал. Проведенные эксперименты подтвердили, что описанный выше характер освещённой зоны, присущ и раздельно-совмещённому ПЭП. В процессе экспериментирования длина и ширина пластины уменьшалась. Было установлено, что глубина и ширина «провала» в центральной части при этом уменьшаются.

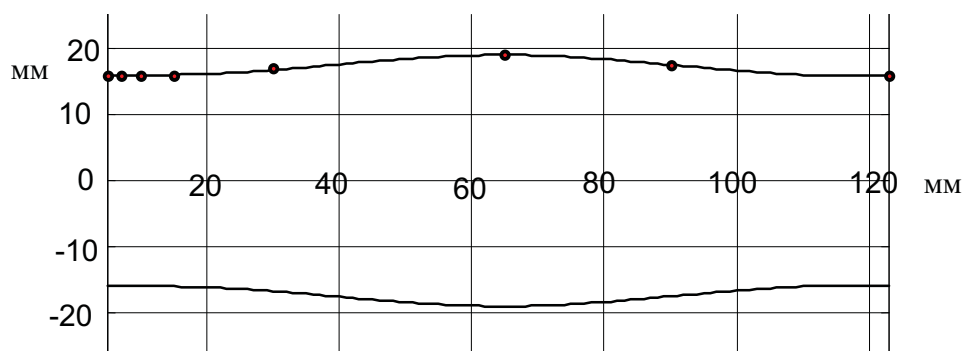


рис. 2.

Основываясь на этих результатах, была предложена конструкция шестиэлементного раздельно-совмещённого преобразователя. Он состоит из 3-х излучающих пластин: первая –  $26 \times 4$  мм<sup>2</sup>, вторая –  $24 \times 4$  мм<sup>2</sup> и третья –  $22 \times 4$  мм<sup>2</sup> и трёх таких же принимающих пластин, расположенных симметрично относительно электрического экрана, разделяющего приёмную и излучающую части датчика. Центральные пластины (длиной 22 мм) наклонены к плоскости ввода ультразвука своей короткой стороной (4 мм) на  $8^{\circ}$  каждая (симметрично по отношению к плоскости экрана), две средние пластины (длиной 24 мм) – на  $3^{\circ}$ , а крайние пластины – параллельны плоскости ввода. Излучающие (и, соответственно, принимающие) пластины в электрическом тракте соединены

последовательно. Исследование зоны освещённости шестиэлементного преобразователя дало вполне удовлетворительные результаты. Конфигурация зоны «освещённости», полученная экспериментально, показана на рис. 2.

### РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ ОБОДА КОЛЕСА СИСТЕМОЙ «УНИСКАН-ЛУЧ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ДАТЧИКОВ.

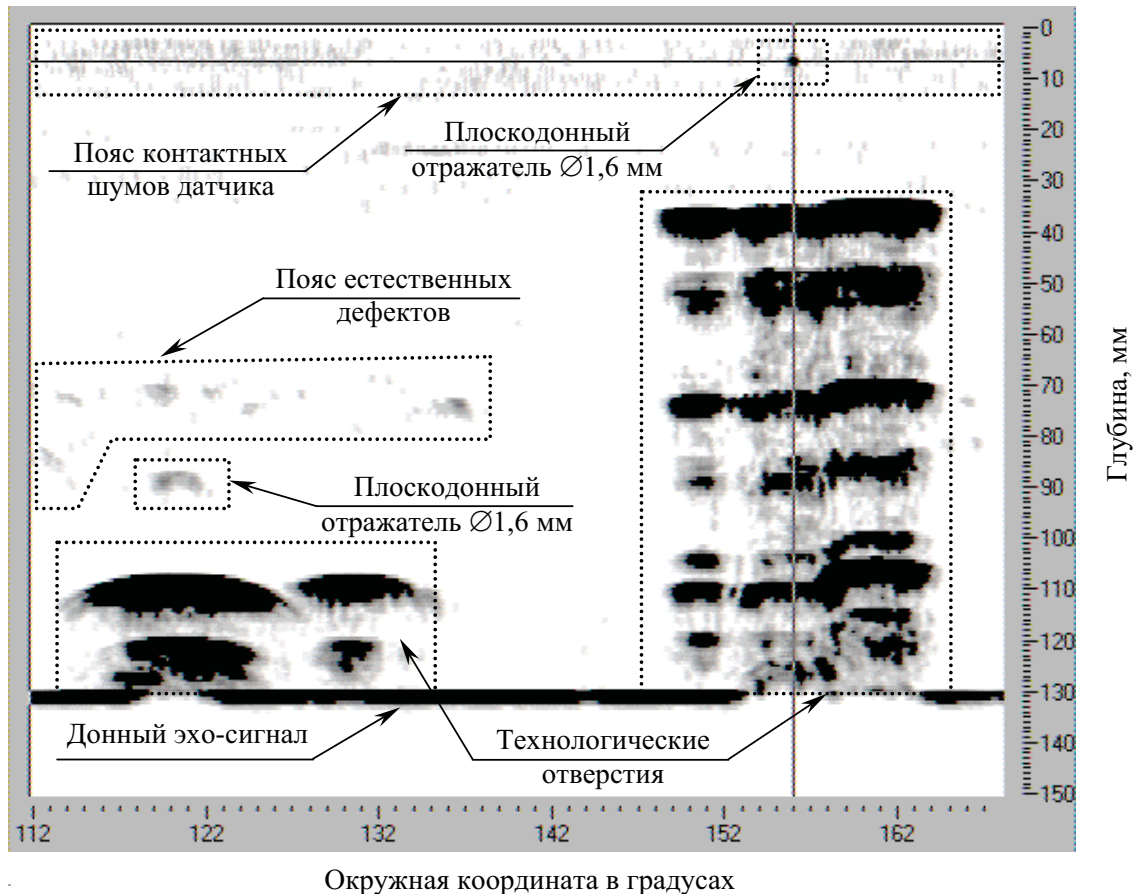


Рис. 3.

Контролируемое колесо устанавливается на ротор вращательного привода устройства контроля. Скорость вращения плавно регулируется. С помощью пневмомеханических устройств с электронным управлением электроакустические датчики автоматически позиционируются на ободе и ступице колеса. Ультразвуковые сигналы вводятся в материал колеса через контактный слой жидкости, которая непрерывно подаётся во время проведения акустического контроля. Основным узлом установки является многоканальный дефектоскоп (не менее 12 независимых каналов). Наличие в составе установки двух компьютеров (ведущего и дублирующего) позволяет управлять работой

установки в автоматическом и полуавтоматическом режиме, обрабатывать первичную информацию, получаемую с датчиков, визуализировать расположение дефектов внутри колеса на экране дисплея, отмечать их положение краской на поверхности колеса, сохранять результаты контроля на компакт-дисках и распечатывать отчёт о результатах контроля. Производительность установки составляет не менее 40 колёс в час при угловой скорости колеса около 2 оборотов в минуту.

Для испытаний и отладки установки были выполнены искусственные отражатели в теле колеса в точках с заранее известными координатами. Сопоставление зафиксированных результатов контроля с картой расположения искусственных дефектов позволило судить о

о степени надёжности работы установки в целом и о соответствии характеристик пьезоэлектрических преобразователей задачам контроля. Пример изображения картины размещения дефектов на экране дисплея приведен на рис. 3. При испытаниях, проведенных после отладки системы не было зафиксировано пропусков дефектов, а точность определения их координат соответствовала техническому заданию.

#### **Литература.**

1. Луценко Г. Г., Галаненко В. Б., Галаненко Д. В. Исследование пространственного распределения амплитуды эхо-сигналов при использовании прямых пьезоэлектрических преобразователей. (В печати).