

## **Увеличение достоверности ультразвукового контроля с использованием современных цифровых дефектоскопов**

*(С.Ю. Мартынов, главный метролог ООО «Интекс»)*

Не секрет, что при контроле реальных объектов, ориентация дефектов не является строго расположенной к звуковой волне как в стандартных образцах с эталонными отражателями. Соответственно, при проведении УЗ контроля с использованием преобразователей (ПЭП) с разными размерами пьезоэлементов и разными частотами, сигналы от одних и тех же дефектов будут сильно различаться. Влияние размера пьезопластины и частоты сигнала на энергию импульса, диаграмму направленности, АРД и пр. описано в литературе достаточно широко. Однако, даже при одинаковых размерах излучающих элементов и одинаковых номинальных частотах различные ПЭП могут показать совершенно непохожие результаты. Происходит это вследствие влияния трех немаловажных, но зачастую игнорируемых факторов: отклонения реальной частоты УЗ колебаний от номинальной, различной ширины спектра сигнала и различной эхо-импульсной характеристики ПЭП. Между тем, за рубежом давно действуют стандарты, например, ASTM-E 1065, требующие наличия индивидуальных паспортов на ПЭП со спектральной и эхо-импульсной характеристиками. От частоты и ширины спектра во многом зависит взаимодействие ультразвуковых волн с дефектом в объекте контроля. Скажем, эхо-сигналы от дефектов не строго ориентированных к звуковому пучку будут больше по амплитуде при понижении частоты, а также при более широком спектре, в котором присутствуют в т.ч. и низкие частоты. Не менее важной является и импульсная характеристика преобразователя, определяющая его разрешающую способность.

До последнего времени, снятие характеристик было делом весьма трудоемким и требующим наличия значительного количества аппаратуры. Кроме того, при работе с осциллографом и прочими аналоговыми приборами точность определения параметров напрямую зависит от количества периодов, формы сигнала и субъективной оценки оператора при визуальном считывании показаний «по клеткам». Скажем, весьма сложно точно определить таким способом частоту импульса, если его длительность составляет половину периода частоты. В тоже время, ГОСТ 23702 с целью повышения точности измерения допускает использовать для определения параметров эхо-сигнала его спектр. С этой точки зрения было бы логичным оценивать параметры эхо-сигнала, воспользовавшись возможностями самого цифрового дефектоскопа, без подключения дополнительных устройств, облегчив труд метролога и позволив дефектоскописту оценить параметры неизвестного преобразователя самостоятельно. Таким образом, в руках специалиста оказался бы высококачественный универсальный дефектоскоп и "цифровой осциллограф", упрощающий значительную часть операций проверки и не требующий для данных операций дополнительного оборудования.

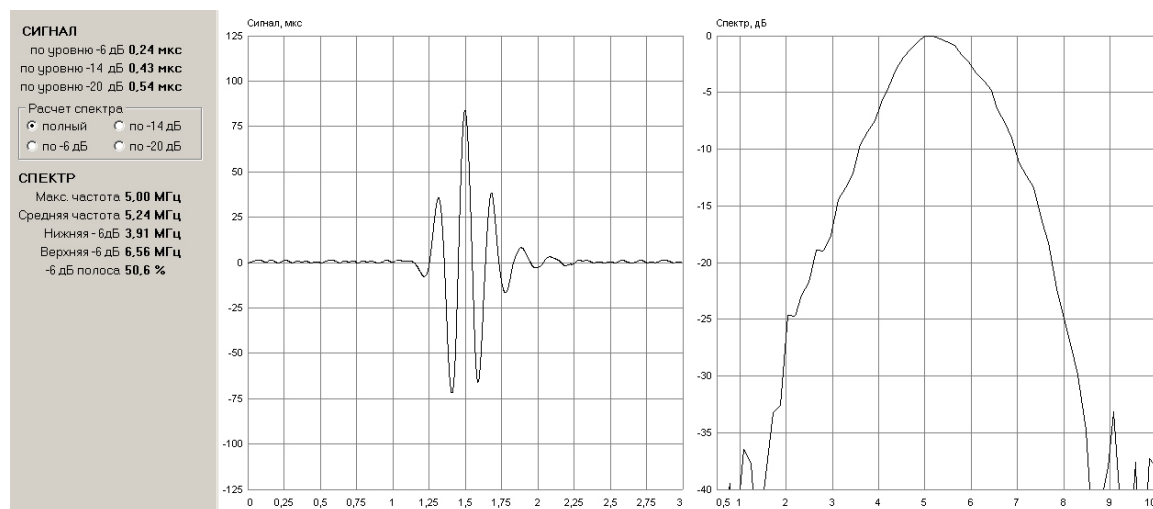
Для этого необходимо, чтобы дефектоскоп обладал рядом отличительных характеристик:

- 1) высокой точностью измерения временных интервалов, сравнимой с точностью хорошего цифрового осциллографа;
- 2) возможностью вывода сигнала в его реальном виде - в форме радиосигнала;
- 3) плавной разверткой, достаточной для "растягивания" эхо-импульса на весь экран.

Импортная аппаратура такого класса в комплекте с программным обеспечением (ПО) для анализа сигналов на компьютере является крайне дорогостоящей. Приобретение отдельной установки для автоматизированного снятия характеристик ПЭП также связано с немалыми расходами. В то же время цифровая обработка сигналов обладает массой собственных возможностей, использование которых вполне позволяет решить поставленную задачу.

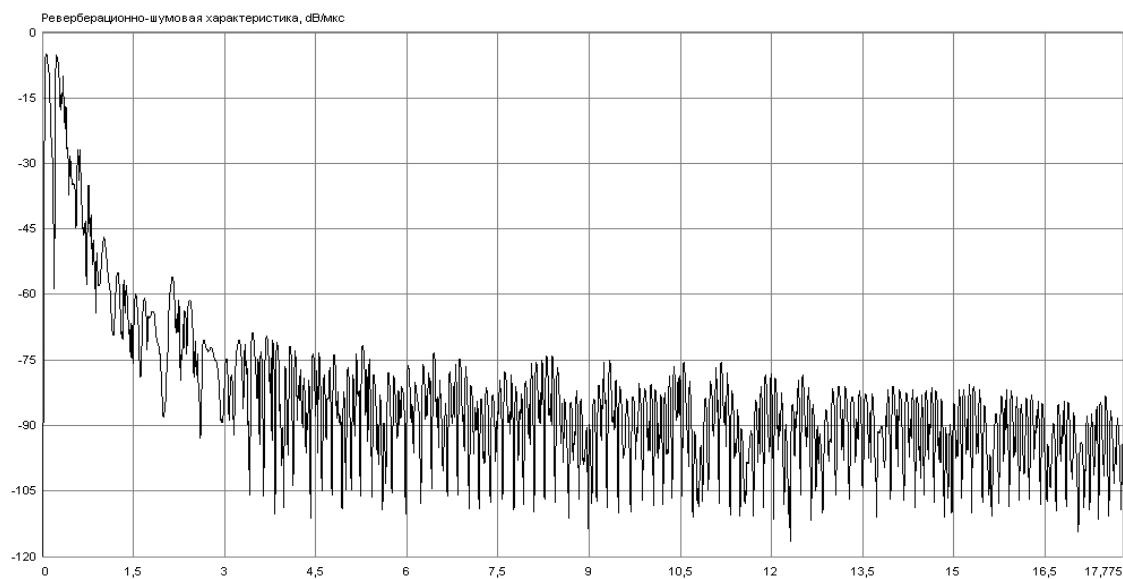
В качестве примера можно привести программно-аппаратный комплекс «Спектр-П» производства фирмы «Кропус», имеющий сертификат соответствия требованиям нормативной документации ГОСТ 23702, и построенный на основе обычного персонального компью-

тера с ОС Windows9X/ХТ/2000, универсального УЗ дефектоскопа УД2В-П и программы UdProbe. Широкий набор возможностей, заложенных разработчиками позволяет всего за несколько секунд получить спектральную и эхо-импульсную характеристику ПЭП.



*Рис.1 Спектральная и эхо-импульсная характеристика преобразователя П111-5-К6, полученные на образце СО-3 с использование комплекса «Спектр-П»*

Кроме вышеописанных характеристик, представляет интерес реверберационно-шумовая характеристика (РШХ) и связанная с ней величина мертвой зоны. Зачастую в паспортах и рекламных материалах приводятся «псевдо РШХ», которые, по сути, являются копией экрана дефектоскопа при подключенном ПЭП с нулевым усилением и небольшой разверткой. Собственно эта характеристика особой информации не дает, поскольку непонятно, эхо-сигналы от каких отражателей можно увидеть при таком усилении. Гораздо информативней представление информации в логарифмическом режиме. На рисунке 2 РШХ представлена в дБ по отношению к 100 % высоты экрана дефектоскопа при нулевом усилении для диапазона 18мкс.



*Рис. 2 РШХ для преобразователя П111-5-К6, полученная на акустической нагрузке (СО-2) с помощью программы UdProbe*

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 23702 не составляет труда получить функцию шума  $A(z)$ , отношение сигнал/шум  $A(c)$ , мертвую зону для некоторого отражателя и т.п. Для этого достаточно установить ПЭП на акустическую нагрузку, добиться максимального повторения амплитуды контрольного импульса и с помощью программы снять РШХ.

На рис.3 в качестве контрольного импульса взят эхо-импульс от цилиндрического отверстия диаметром 2 мм., расположенного на глубине 8 мм. в образце СО-2. Легко увидеть, что соотношение сигнал/шум в зоне залегания отражателя составляет не менее 30 дБ, а мертвая зона для четкого выявления данного конкретного отражателя будет составлять около 0,8 мкс (2,4 мм для стали).

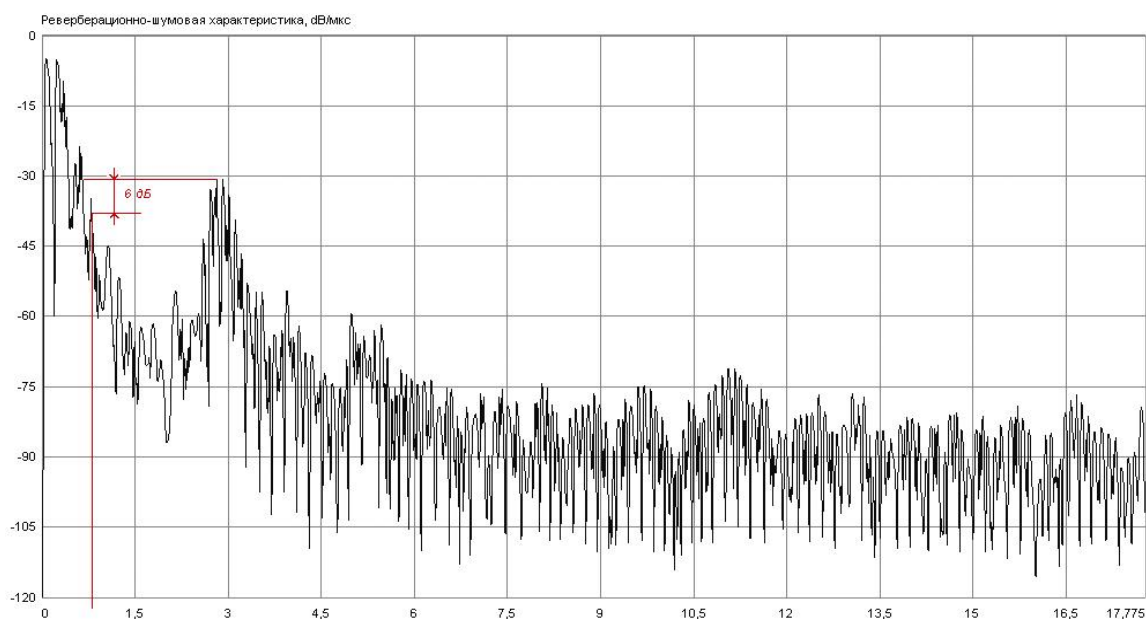


Рис. 3 РШХ с контрольным отражателем для преобразователя П111-5-К6

Измерив все вышеперечисленные характеристики ПЭП, комплекс позволяет получить индивидуальный паспорт ПЭП, удовлетворяющий всем требованиям Российских и зарубежных стандартов. Подобная практика получения характеристик преобразователя уже используется в РОСТЕСТЕ, Академии метрологии и сертификации РФ, и в ряде фирм, специализирующихся на производстве пьезоэлектрических преобразователей.

Достоверная оценка состояния объектов невозможна без знания всех влияющих на результат контроля факторов. Таковыми являются: инструмент контроля (УЗ дефектоскоп с ПЭП), методика контроля и квалификация оператора. В свою очередь, создаваемые методики контроля должны учитывать возможность использования преобразователей различных производителей с одним дефектоскопом (как это и происходит в реальности). Поэтому, существует необходимость соответствия ПЭП неким заданным для контроля данного объекта параметрам: ширины эхо-импульса на уровнях минус 6,14 и 20 дБ, ширины спектра, РШХ и т.д.. При наличии таких критериев в требованиях к оборудованию достоверность результатов контроля будет значительно выше.