

# ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЦФА-ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С АДАПТИВНЫМ ПРОТЕКТОРОМ ДЛЯ УЧЁТА НЕРОВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ

Базулин Е.Г., Вopilкин А.Х., Тихонов Д.С. НПЦ «ЭХО+», Москва, Россия

Поверхность объектов контроля может быть неровной по причине её конструктивных особенностей. После монтажа, в процессе эксплуатации или подготовки к контролю изначально ровная поверхность объекта контроля может утратить это свойство. Многие методы восстановления изображения отражателей с использованием ультразвуковых антенных решёток исходят из того, что поверхность объекта контроля прямая линия. В настоящее время в практике ультразвукового контроля широко применяется метод цифровой фокусировки антенной решётки (ЦФА), который предполагает регистрацию эхосигналов при излучении и приёме всеми парами антенной решётки и восстановления по измеренным эхосигналам изображения отражателей методом комбинированного SAFT (C-SAFT). Если антенная решётка сканирует вдоль оси  $x$ , то, сложив когерентно ЦФА-изображения полученные для каждого положения антенной решётки, можно получить итоговое изображение с меньшим уровнем шума и более высокой фронтальной разрешающей способностью. Такой метод формирования изображения назовём ЦФА-Х [1].

Проведение контроля со стороны неровной поверхности может привести к очень сильному искажению восстановленного ЦФА-изображения [2]. В методах семейства ЦФА можно учесть неровную поверхность объекта и сформировать неискажённые изображения отражателей. Основная проблема в получении информации о профиле поверхности контролируемого объекта. Для этого разработаны приспособления, позволяющие по время контроля получать профиль поверхности [2] для его учёта в методе ЦФА. Альтернативным вариантом можно считать применение локальной иммерсионной ванны [3, 4]. В этом случае, на первом этапе в методе ЦФА полагается, что скорость равна скорости продольной волны в иммерсионной ванне, и восстанавливается изображение поверхности объекта контроля, по которому определяется её профиль. На втором этапе с учётом определённого профиля восстанавливается ЦФА-изображение отражателей.

На рис. 1 показано изображение стального тест-образца толщиной 40 мм с неровной поверхностью. Эхосигналы регистрировались системой «АВГУР-АРТ», разработанной и изготавливаемой в НПЦ «ЭХО+», с использованием антенной решётки фирмы IMASONIC (5 МГц, 64 элемента, ширина пьезоэлемента 0,55 мм, зазор 0,5 мм). Для создания локальной иммерсионной ванны из воды использовался адаптивный протектор (рис. 1), резиноподобный материал которого позволял облегать неровности поверхности.

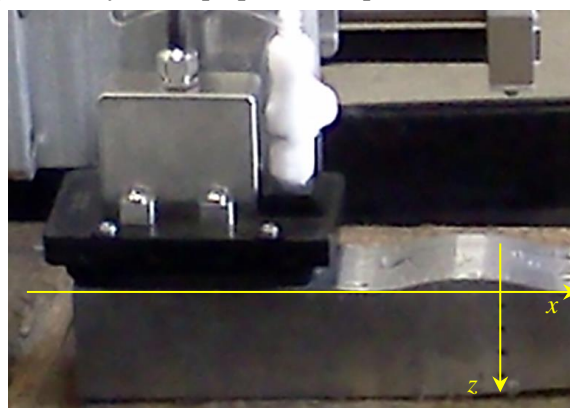


Рис. 1. Тест-образец с неровной поверхностью и 4 отверстиями бокового сверления диаметром 2.0 мм

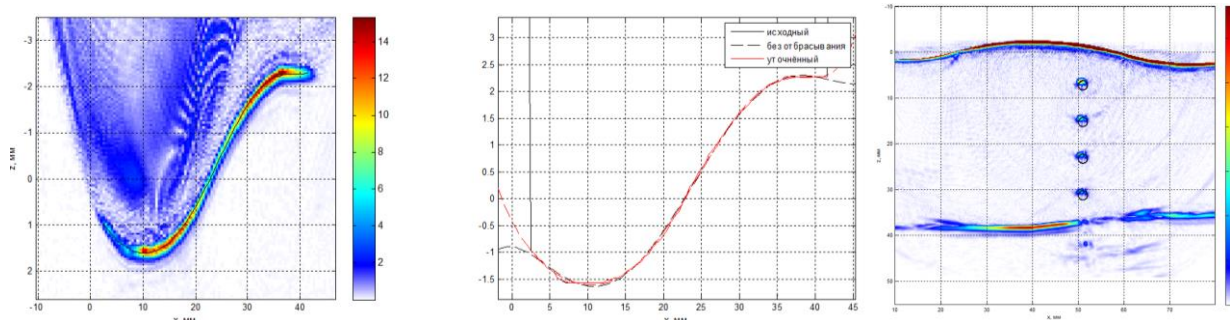


Рис. 2. Изображение поверхности тест-образца, её профиль и ЦФА-Х-изображение отражателей

На рис. 2 слева представлено ЦФА-изображение поверхности образца восстановленное на первом этапе для одного положения антенной решётки вдоль оси  $x$ , в центре восстановленный профиль поверхности, а справа изображение восстановленное в режиме ЦФА-Х при перемещении антенной решётки 10 раз по апертуре 50 мм с шагом 5 мм. Изображение отражателей достаточно высокого качества, более детальный анализ парциальных изображений показал, что они всё-таки имеют фазовые искажения, связанные с тем, что при сканировании изменялось расстояние от антенной решётки до оси  $x$ .

На рис. 3 показан образец трубопровода диаметром 840 мм (тип Ду800) со сварным соединением и семью искусственными отражателями. Такие объекты характерны для атомной энергетики. Антенная решётка перемещалась 150 раз с шагом 2 мм по оси  $y$  и 9 раз с шагом 10 мм по оси  $x$ . На рис. 3 видно, что поверхность образца неровная. На Рис. 4 слева показано ЦФА-Х-изображение придонного пропила высотой 7 мм выполненного фрезой шириной 1 мм без учёта неровной поверхности. Несмотря на то, что изменения профиля поверхности меньше 1 мм, блик верхней грани пропила раздвоился. После учёта в методе ЦФА-Х неровной поверхности образца удалось получить компактный блик верхней поверхности ширина котного равна примерно 1 мм. На обоих изображениях хорошо видна граница наплавка-основной металл и дно с валиком усиления и несколько незаложенных отражателей.

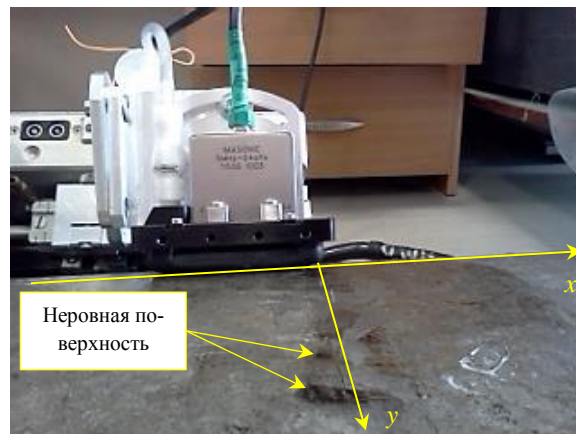


Рис. 3 Изображения образца Ду800

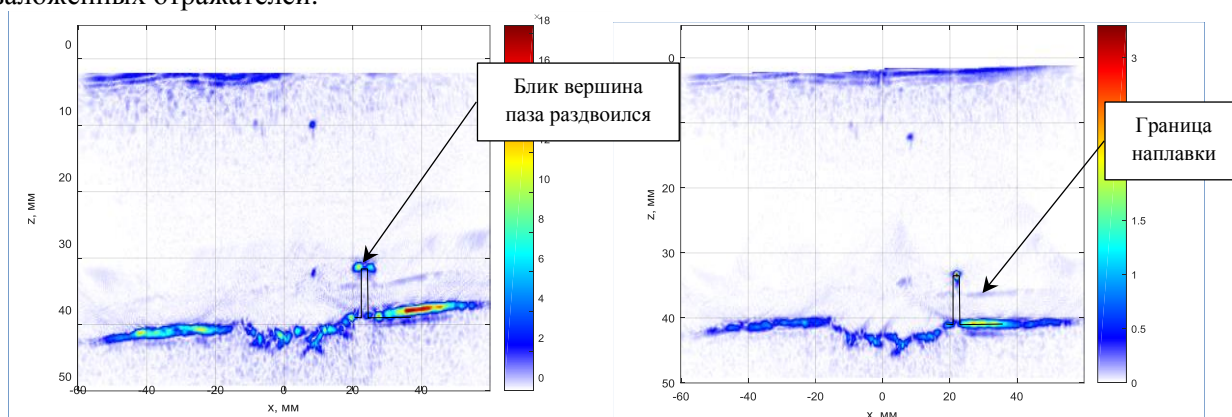


Рис. 4. ЦФА-Х-изображение придонного пропила: слева без учёта неровной поверхности, справа – с учётом. На изображения линиями чёрного цвета нанесён контур придонного пропила

Показано, что отклонение профиля поверхности более чем на половину длины волны, на которой проводится контроль, приводит к существенному искажению изображения отражателей. Применение адаптивного протектора позволяет получить информацию о профиле поверхности объекта контроля и учесть её в методе ЦФА или ЦФА-Х и восстановить изображение отражателей без искажений.

1 Базулин Е.Г., Вопилкин А.Х., Тихонов Д.С. Повышение достоверности ультразвукового контроля. Часть 1. Определение типа несплошности при проведении ультразвукового контроля антенными решётками // Контроль. Диагностика. 2015. № 8. С. 7-22.

2 Casula O., Toullelan G., Roy O., Dumas Ph. Ultrasonic nondestructive testing of complex components with flexible phased-array transducers // 10th ECNDT. Moscow. Russia. June 7-11, 2009

3 Базулин А.Е., Базулин Е.Г. Применение антенных решёток и кремнийорганического полимера в качестве иммерсионной среды для проведения ультразвукового контроля объектов с неровной поверхностью // Дефектоскопия. 2014. №7. С. 3-11.

4 Jeune L. Imagerie ultrasonore par emission d'ondes planes pour le contrôle de structures complexes en immersion // Pour l'obtention du grade de Docteur de l'université Paris-Diderot. Paris. 2016. p. 119