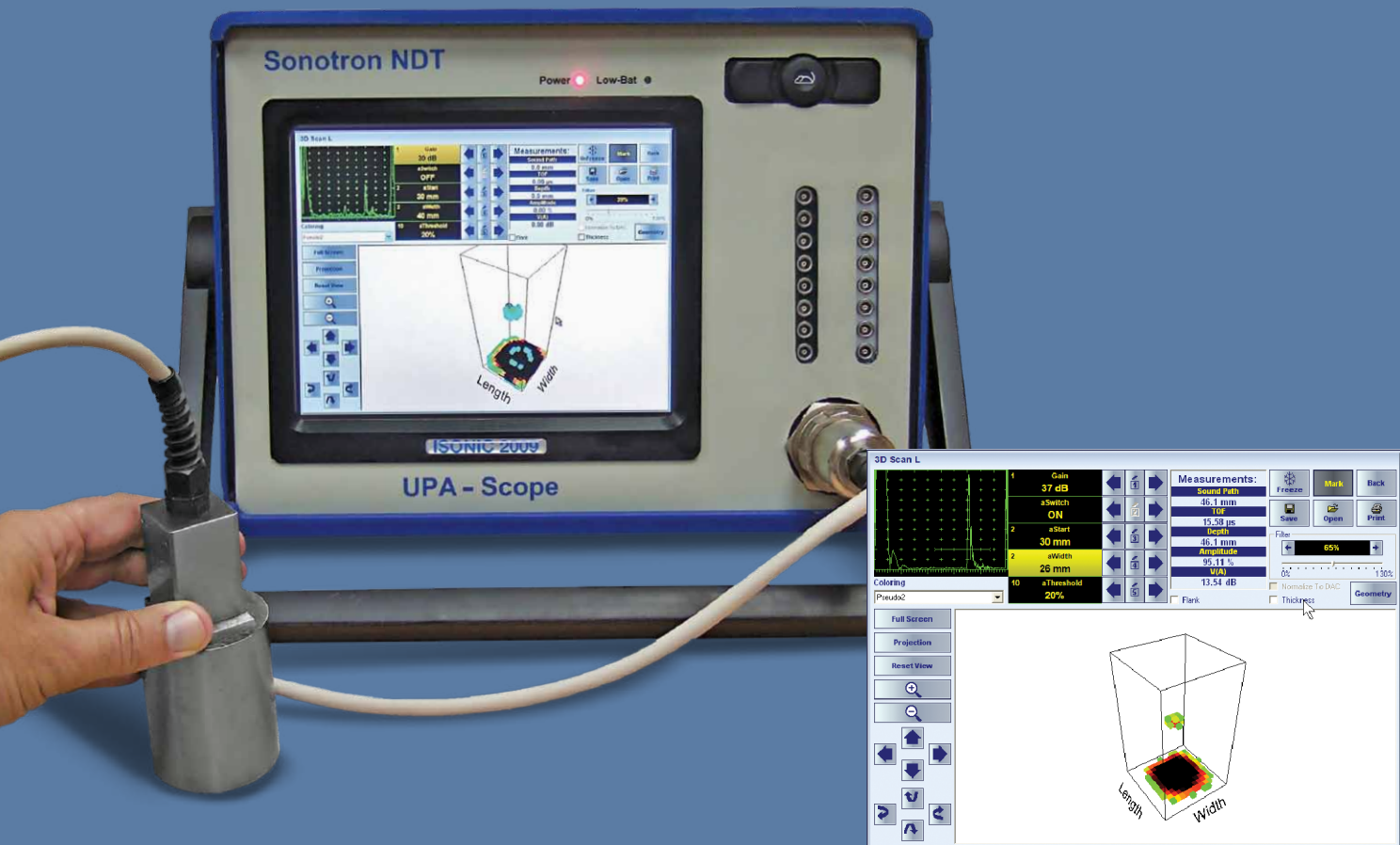


ISONIC 2009 UPA-Scope

Портативный Ультразвуковой ФР Дефектоскоп-Рекордер



ПРОСТАТА ✓ УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ✓ НАДЕЖНОСТЬ

ФАЗИРОВАННЫЕ РЕШЕТКИ

- ▶ 64:64 электронный модуль – независимо настраиваемые излучающая и приемная апертура, параллельные генерация УЗ колебаний, аналого-цифровое преобразование, фазировка принимаемых сигналов в реальном времени
- ▶ ФР излучатель-приемник с трассировщиком лучей
- ▶ Формирование B-Scan и Sector Scan (S-Scan) изображений традиционным способом и с применением уникальной True-to-Geometry Imaging (TTGI) технологии и оценкой эхо-сигналов в соответствии с типовыми стандартами и технологиями контроля для обычных преобразователей
- ▶ Tandem-B-Scan прозвучивание одним преобразователем для выявления вертикально ориентированных плоскостных дефектов
- ▶ Автоматический мониторинг акустического контакта без применения дополнительных каналов и датчиков
- ▶ Режим Multi-group – одновременное прозвучивание поперечного сечения объекта с одной / двух сторон несколькими способами с использованием одного преобразователя
- ▶ Формирование трех проекций объекта – сверху (C-Scan) и боковых направлений (Side, End Views) и трехмерного изображения путем линейного сканирования с использованием датчика координаты или по тактам часов реального времени
- ▶ Автоматическая генерация редактируемого списка дефектов по окончании сканирования
- ▶ Независимая получающая настройка усиления, DAC и ВРЧ при прозвучивании поперечного сечения линейно перемещающимся (B-Scan), качающимся (S-Scan) лучом, или по любой другой схеме в соответствии с реализуемой технологией контроля
- ▶ Излучение и прием одним и тем же преобразователем отраженных и дифрагированных сигналов, включая возникшие в результате трансформации типа волн, их визуализация и оценка
- ▶ 3D-Scan – трехмерное отображение объекта в реальном времени с применением матричных преобразователей с оценкой эхо-сигналов в соответствии с типовыми стандартами и технологиями контроля для обычных преобразователей

- 100%-я запись первичной информации (необработанные A-Scan'ы)
- Мощное ПО для постобработки результатов контроля
- Интуитивный русскоязычный интерфейс оператора

- Легкий прочный корпус
- Герметичные клавиатура и мышь
- 8.5" яркий сенсорный экран

- Ethernet и 2 порта USB
- Дистанционное управление
- 8.5" яркий сенсорный экран

ОБЫЧНЫЕ И TOFD ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

- ▶ 1, 8, или 16 каналов
- ▶ Раздельный / совмещенный режимы излучения-приема
- ▶ A-Scan
- ▶ B-Scan толщины
- ▶ B-Scan дефектов для наконных и прямых преобразователей с применением TTGI технологии
- ▶ CB-Scan при контроле поверхностными / нормальными волнами
- ▶ TOFD
- ▶ Strip Chart / Stripped C-Scan – представление результатов многоканального контроля
- ▶ Параллельная / последовательная работа каналов
- ▶ DAC, DGS, ВРЧ
- ▶ Спектральный анализ сигналов – быстрое преобразование Фурье



Sonotron NDT

4, Pekeris str., Rabin Science Park, Rehovot, 76702, Israel
 Phone: +972-(0)8-9311000 Fax: +972-(0)8-9477712
www.sonotronndt.com

ООО «МНПО «СПЕКТР»

Официальный представитель в России и странах СНГ:
 119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1
 Тел: +7 495 626 5359, 626 5348



Спектр

<http://www.mnpo-spektr.ru>

ющей радиусу окружности, при неизменном усилении в течение всего цикла формирования кадра. При НК использование модели полупространства имеет весьма ограниченное применение (контроль литья, поковок, толстых листов, и т. п.). Распространение же этой модели на визуализацию результатов контроля объектов, где волны претерпевают отражения от стенок, как минимум, порождает неясности и затруднения, связанные с пониманием изображений, а в общем случае может привести к ложной интерпретации результатов контроля. Например, при озвучивании стыковых сварных швов листов, труб, и т. п. поперечными волнами способом качающегося луча область объекта, прилегающая к поверхности сканирования и озвучиваемая однократно отраженными лучами, на так называемой «медицинской» развертке S-скан располагается под изображением придонной области, – это лишнее всякой логики решение иллюстрируется известной картинкой, заимствованной из [2] (рис. 1). Единственное, что стоит за этим, – неспособность большинства существующих дефектоскопов заполнять память фокальных законов А-сканами произвольной длительности. В результате даже в простейшем случае прозвучивания плоскопараллельного объекта (рис. 2) профессиональному оператору требуется определенное время для понимания изображения, которое для конечного потребителя результатов контроля (сварщики, металлурги, инженеры-механики и т. д.) остается абсолютно неочевидным и нелогичным.

Технология TTGI

Технология TTGI (*True-To-Geometry-Imaging*), разработанная фирмой Sonotron NDT для визуализации результатов сканирования обычными совмещенными и раздельно-совмещенными преобразователями и применяемая во всех дефектоскопах серии ISONIC (рис. 3, см., например, [6 – 8]), получила дальнейшее развитие при создании новых портативных и автоматических дефекто-

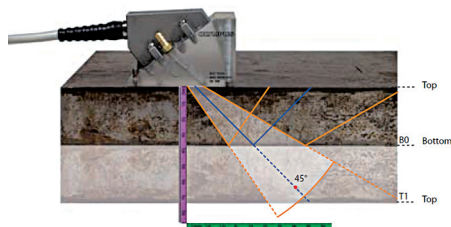


Рис. 1. Абсурдность «медицинской» S-скан развертки в случае претерпевания ультразвуковыми лучами отражений от внутренних поверхностей объекта: отражатели, выявляемые однократно отраженным лучом, отображаются под донной поверхностью

скопов с ФР. В основе технологии TTGI лежит визуализация реального распределения ультразвуковых лучей в объекте контроля с учетом его размеров, геометрии, расположения преобразователя и внутренних отражений в объекте. Очевидно, что при таком способе визуализации длина пробега ультразвуковых колебаний в объекте контроля разнится от луча к лучу, а потому **память фокальных законов, необходимая для реализации технологии TTGI, должна обеспечивать накопление А-сканов произвольной длительности с индивидуальными настройками приемно-передающего тракта и формирование из них кадра поперечного сечения объекта. В этом заключается главное отличие дефектоскопа с ФР, изначально спроектированного для целей НК, от медицинского прибора для диагностики мягких тканей, приспособленного для этих целей.** Сравнение рис. 4 и рис. 2, на которых приведены результаты прозвучивания одного и того же поперечного сечения объекта способом качающегося луча одним и тем же дефектоскопом и преобразователем, более чем очевидно иллюстрирует преимущества визуализации с использованием технологии TTGI над «медицинским» S-сканом.

Примеры прозвучивания поперечных сечений некоторых объектов

Стыковой сварной шов

После настройки приемно-усилительного тракта (параметры зондирующего импульса, усиление, и т. д.) по эталонному отражателю, выполняемой для центрального угла из выбранного диапазона прозвучивания, осуществляемой так же, как и при работе с обычным дефектоскопом, настраивают коррекцию усиления по углу ввода для обеспечения равномерности чувствительности в контролируемом сечении согласно [5] (рис. 5а). Затем к последовательности реализуемых фокальных законов можно добавить цикл излучения–приема продольной волны по нормали к поверхности сканирования с целью получения донного сигнала для слежения за акустическим контактом (рис. 5б), причем для обеспечения максимальной точности частота сигнала продольной волны устанавливается в соответствии с [9] путем регулировки длительности полуволн зондирующего импульса. На следующем этапе, непосредственно предшествующем контролю, воспроизводится экран трассировщика лучей (рис. 5в) – обязательного компонента для технологии TTGI: задаются внешние размеры сварного шва, включая превышение наплавленного металла над поверхностью ска-

нирования и провисание под донной поверхностью, после чего, манипулируя параметром «Probe Position – Положение ФР», добиваются заполнения поперечного сечения лучами, воспроизводимыми для всей последовательности значимых углов ввода, подлежащих реализации. В результате для каждого из углов ввода определяются траектория и длина пробега ультразвуковой волны с учетом отражений от геометрических границ объекта. Таким образом предопределяются задержка относительно зондирующего импульса и длительность каждого из А-сканов, заполняющих память фокальных законов в процессе контроля. На стадии контроля, разместив преобразователь на заданном параметром «Probe Position – Положение ФР» расстоянии от шва, получают «живое» изображение поперечного сечения, пример которого представлен на рис. 5г, наглядно представляющее каждый из отражателей, возвращающих эхо-сигнал, в его реальной позиции. Благодаря наличию «маски», отображающей контуры объекта, распознавание геометрических отражений и индикаций внутренних несплошностей, а также возможного типа дефекта становится доступным не только для профессионального оператора, но и для сварщика. При этом обеспечивается возможность оценки эхо-сигналов стандартным способом путем отметки маркером изображения отражателя и воспроизведения соответствующего А-скана, сопровождаемого стробированием сигналов и соответствующими автоматическими измерениями (амплитуда, координаты, и т. п.). **Максимальная скорость обновления изображения поперечного сечения обеспечивается за счет накопления массива данных в памяти фокальных законов в реальном времени в формате, пригодном для непосредственного переноса в экранную память дефектоскопа без какой бы то ни было дополнительной обработки.**

Приварка ребра жесткости к корпусу камеры сгорания

На рис. 6а приведена фотография настроечного образца для контроля приварки ребер жесткости к корпусу камеры сгорания. В таких соединениях с полным проваром корня сканирование осуществляют по наружной поверхности камеры, над которой в зоне наплавленного металла и его сплавления с основным могут возникать дефекты как в процессе изготовления, так и в процессе эксплуатации. В трассировщике лучей для показанной конфигурации соединения учитываются толщина и радиус кривизны стенки корпуса и ребра жест-

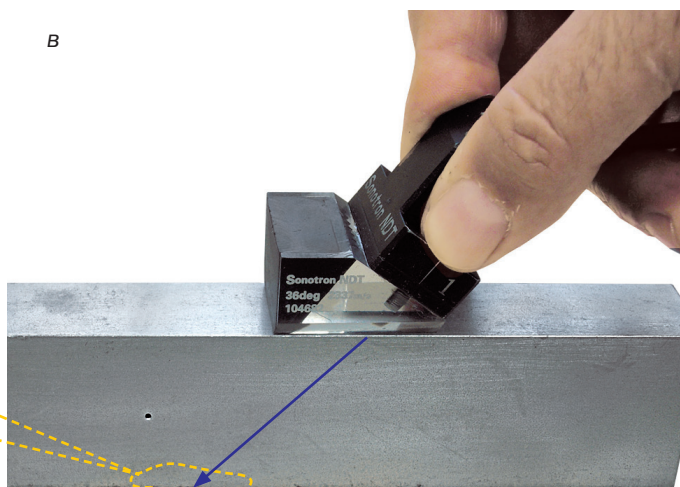
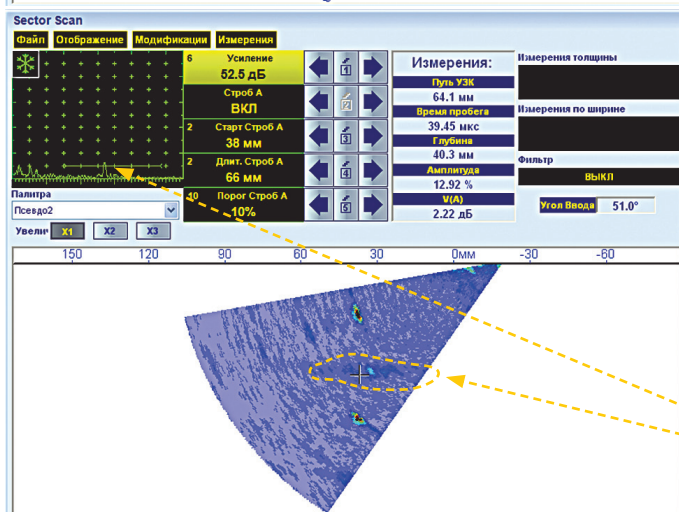
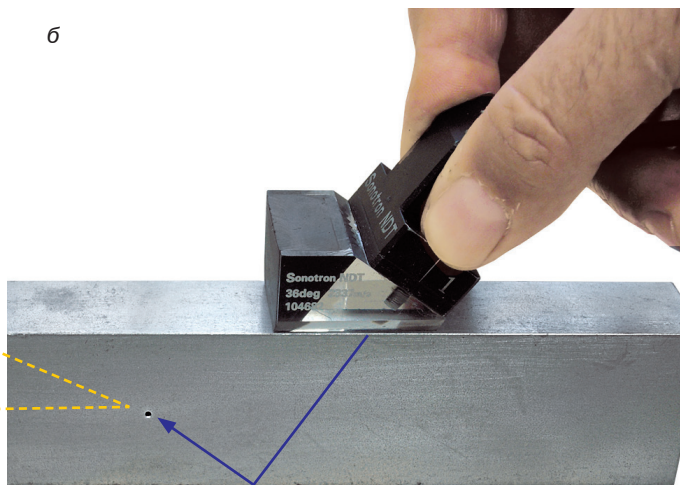
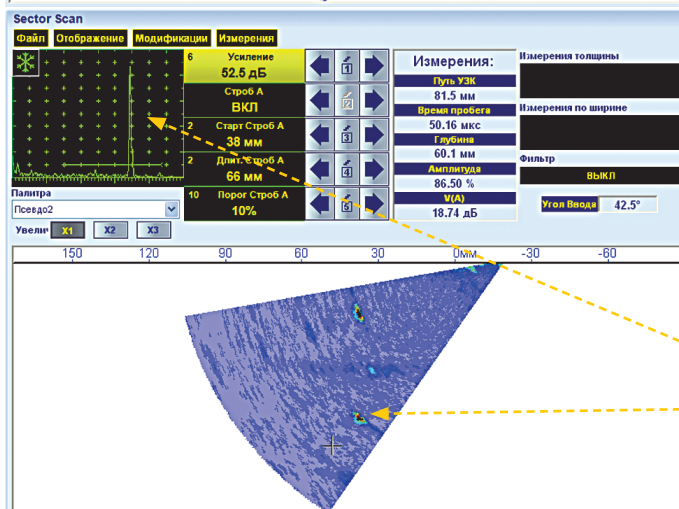
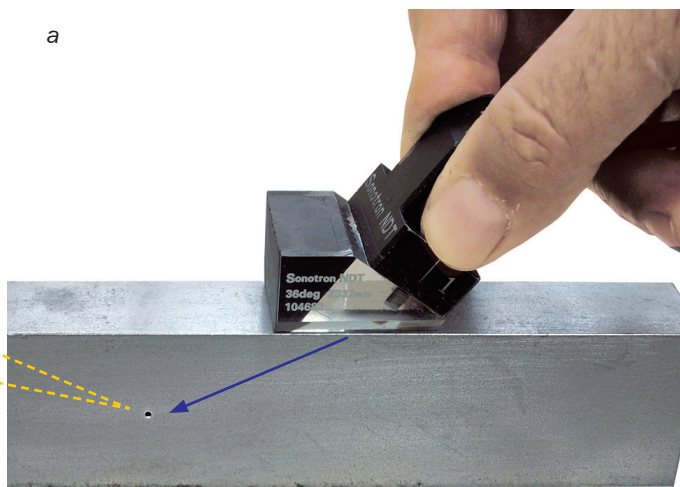
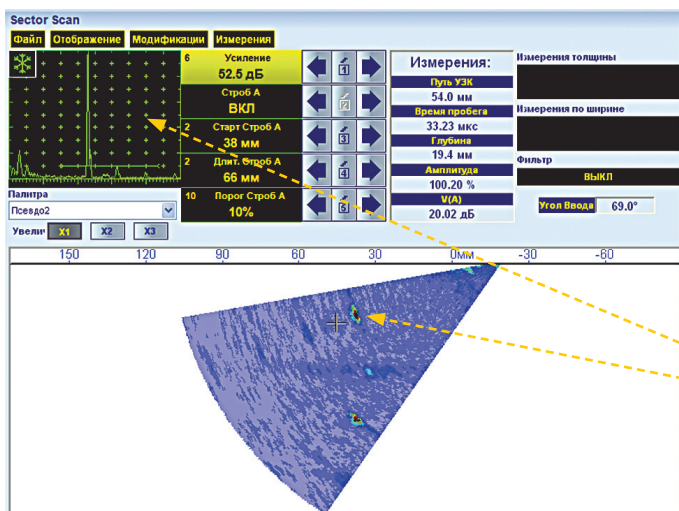


Рис. 2. Сканирование стального бруска толщиной 40 мм с боковым цилиндрическим сверлением диаметром 1 мм посередине способом качающегося луча. При архитектуре дефектоскопа с ФР, заимствованной из медицинской техники, и соответствующем способе формирования изображения («медицинский» S-скан) один и тот же отражатель отображается дважды благодаря озвучиванию прямым (а) и однократно отраженным (б) лучами. Прерывистая горизонтальная линия (в) на «медицинском» S-скане отображает неровности донной поверхности

кости, а также угол приварки ребра и размеры катетов шва с обеих сторон ребра. Контроль ведется линейным ФР-преобразователем, снабженным притертой призмой. Пример формируемого при этом максимально наглядного изображения представлен на рис. 6б.

Гибы композитных деталей современного авиалайнера

В современных авиалайлерах значительная часть несущей конструкции изготавливается из легких высокопрочных композитных материалов. Наиболее уяз-

вимым местом элементов композитной конструкции являются гибы (рис. 7а), где при изготовлении могут возникать расслоения, катастрофически снижающие прочность детали. Стопроцентный контроль гибов на расслоение значительно упрощается при использовании ФР.

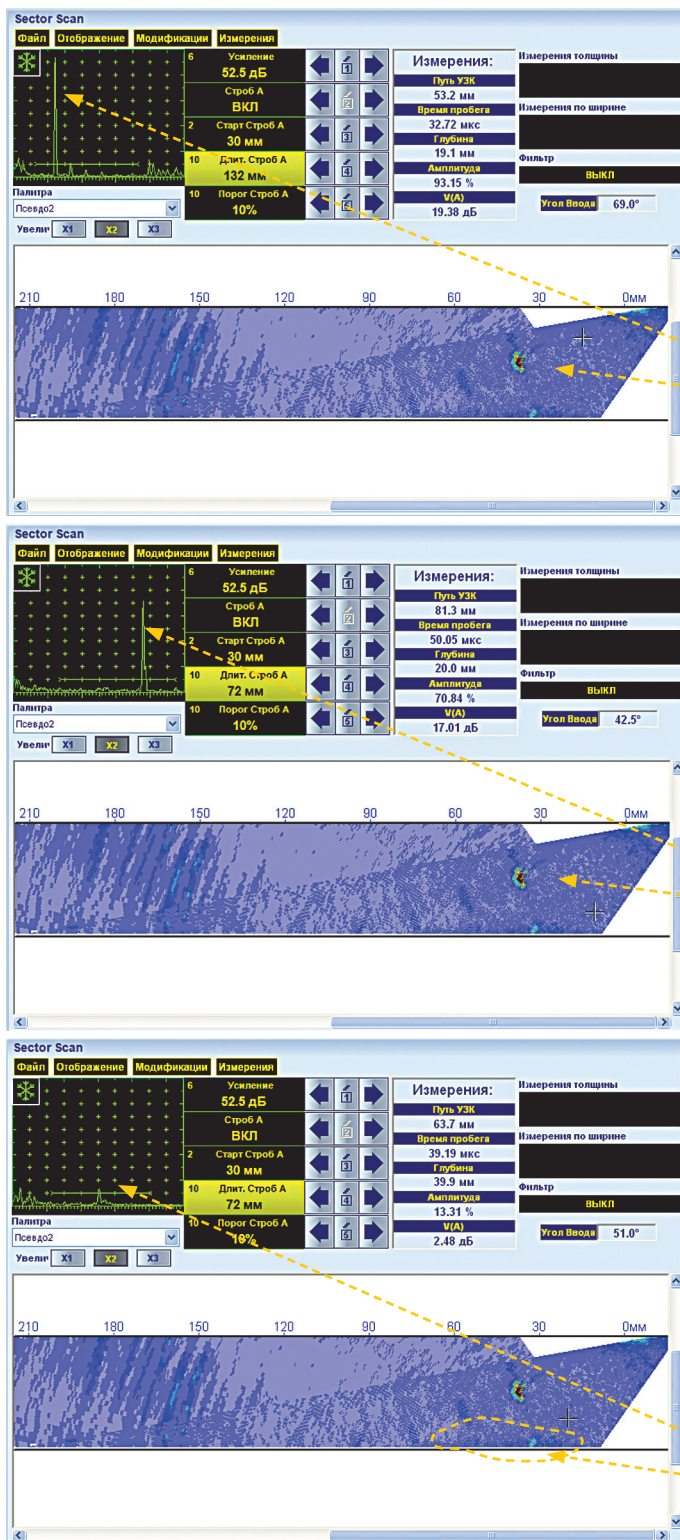
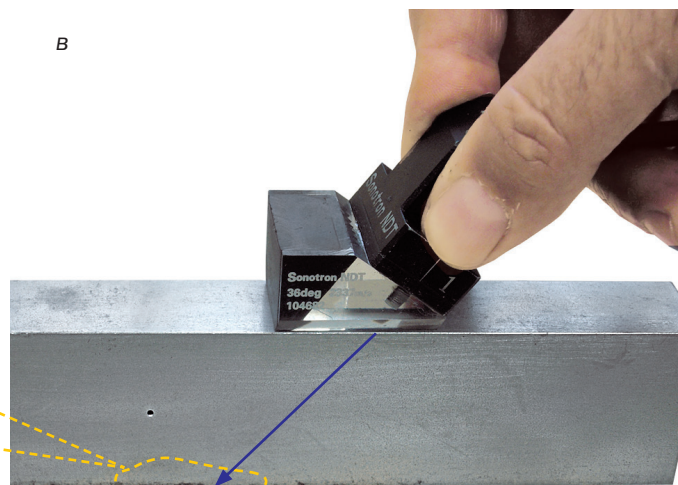
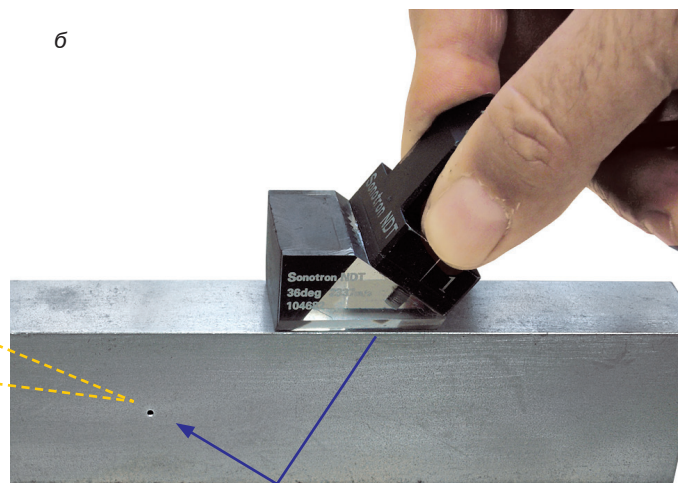
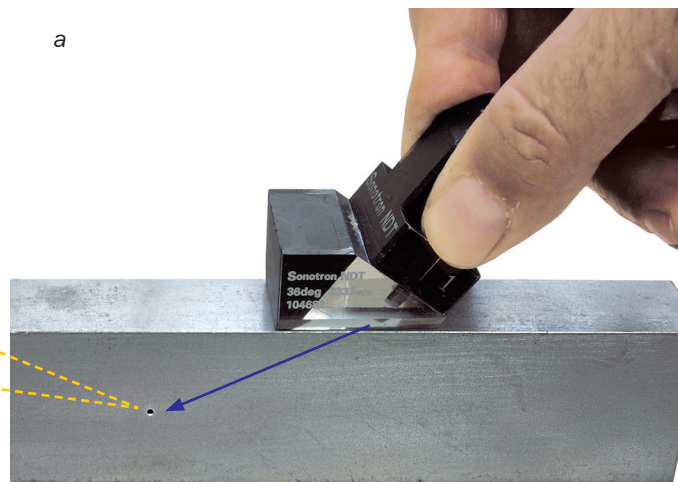


Рис. 4. Сканирование стального бруска толщиной 40 мм с боковым цилиндрическим сверлением диаметром 1 мм посередине способом качающегося луча: при использовании технологии TTGI единственный отражатель индицируется в его реальной позиции при озвучивании прямым (а) и однократно отраженным (б) лучами, так же, как и неровности донной поверхности (в)



Для прозвучивания поперечного сечения применяют линейную ФР с линией задержки, контур контактной поверхности которой определяется геометрией внутренней поверхностигиба, – в дефектоскопе обеспечивается соответствующий диалог, позволяющий задать конфигурацию линии задержки (рис. 7б). Контроль

поперечного сечениягиба осуществляется путем манипулирования в необходимых пределах углом генерации ультразвуковой волны в линии задержки. При этом последовательность значений углов генерации волны в линии задержки, реализуемых в процессе сканирования, определяется необходимостью обе-

спечения нормального падения продольной волны (постоянный угол ввода 0°) на внутреннюю поверхностьгиба и шагом сканирования, определяемым как расстояние между двумя соседними точками ввода (обычно 0,1–0,5 мм). В результате для каждого из реализуемых фокальных законов в случае отсутствия рас-

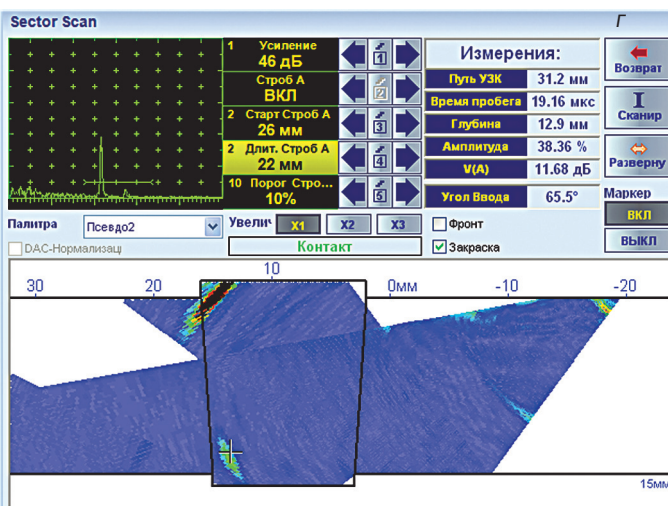
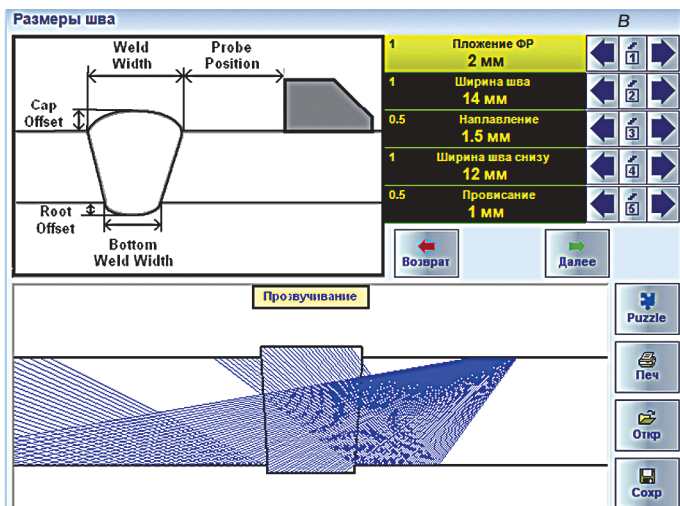
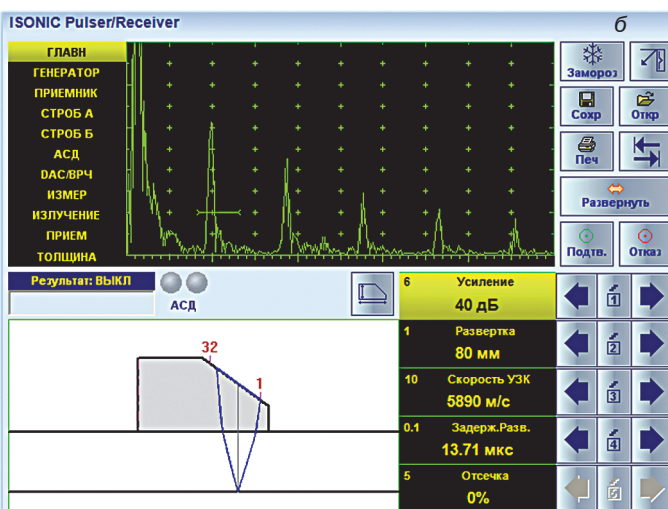
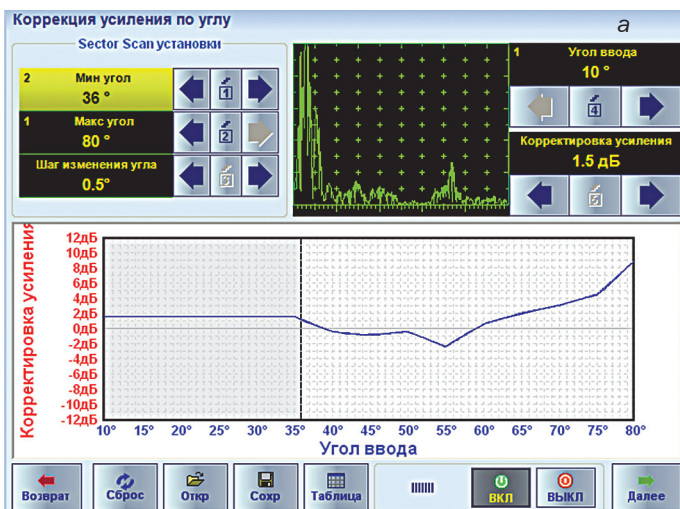


Рис. 5. Последовательность экранов дефектоскопа с ФР, предшествующая прозвучиванию поперечного сечения стыкового сварного шва (а – в) и TTGI-изображение поперечного сечения (г)

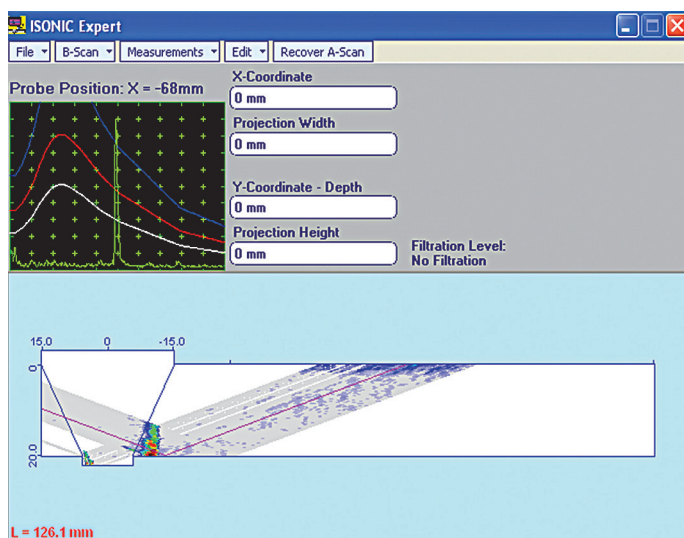


Рис. 3. Иллюстрация технологии TTGI на примере представления поперечного сечения сварного шва на экране дефектоскопа ISONIC 2006 фирмы Sonotron NDT при сканировании поперечного сечения типовым наклонным преобразователем: ход лучей, претерпевающих отражение от неровностей валика усиления, предсказать невозможно, а потому их отображение прерывается, в то же время индицируется продолжение лучей, отраженных от донной поверхности

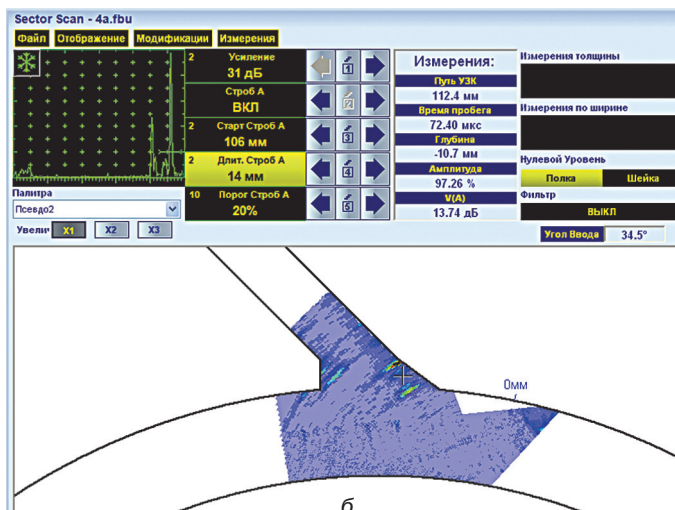
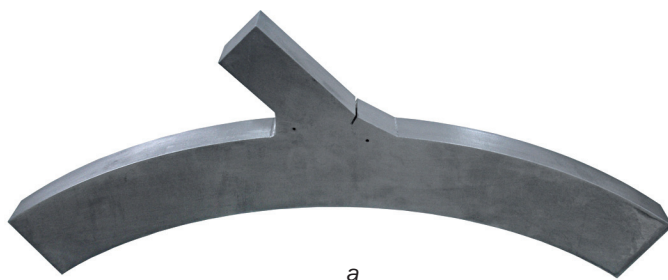


Рис. 6. Настраиваемый образец (а) для контроля приварки ребра жесткости к корпусу камеры сгорания и отображение его поперечного сечения (б)

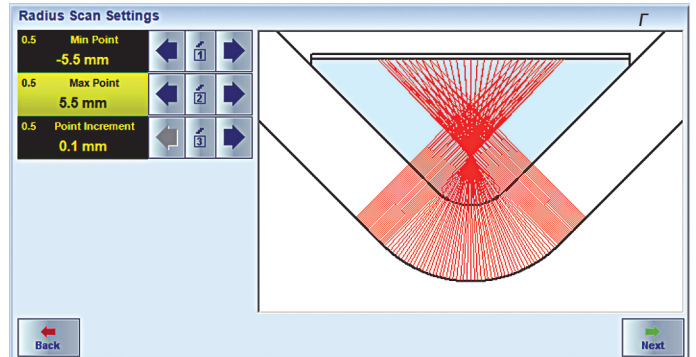
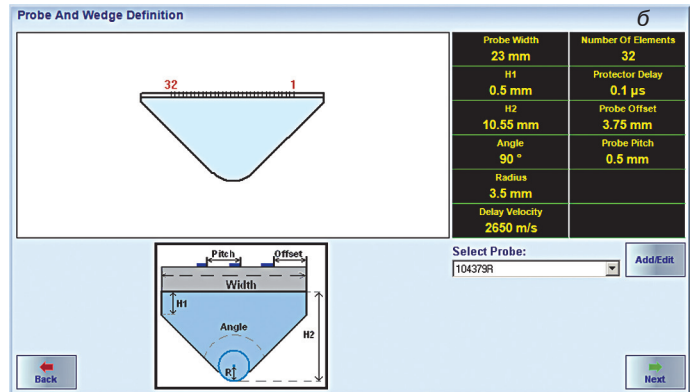
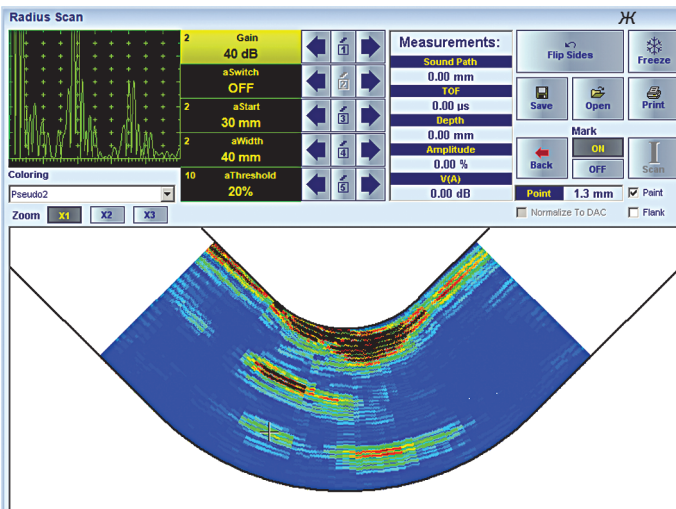
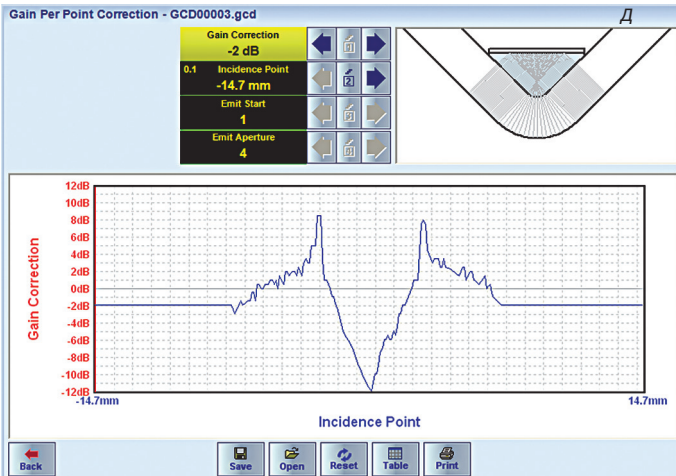
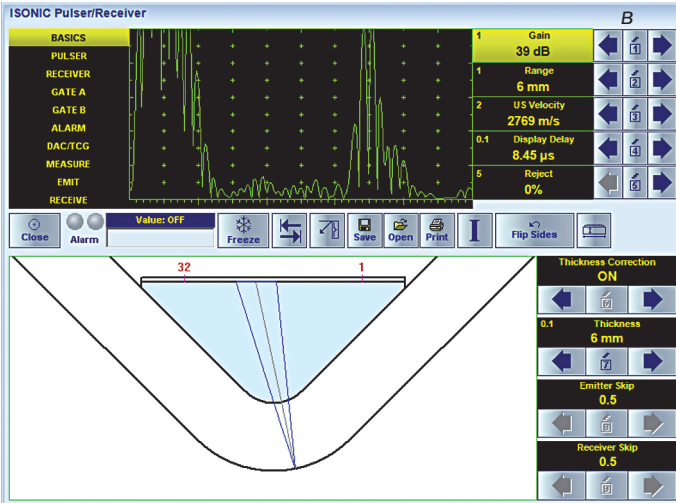
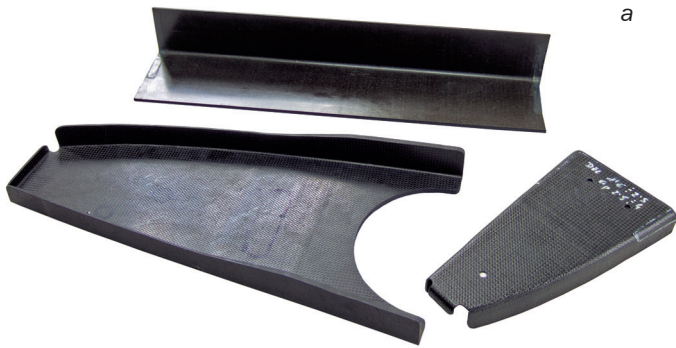


Рис. 7. Иллюстрация контроля гибов композитных деталей современного авиалайнера

слоения в гibe обеспечивается прием сигналов от внутренней и наружной границ объекта (рис. 7в, г). Таким образом, настройка чувствительности при контроле гибов осуществляется так же, как и для плоских участков, – по амплитуде донного сигнала (для рассматриваемой схемы контроля гiba донным является эхо-сигнал от наружной поверхности). Очевидно, что для обеспечения равномерности чувствительности в контролируемом сечении следует скомпенсировать потери в линии задержки для каждого из реализуемых фокальных законов, что достигается путем поциклового управления усилением в соответствии с кривой (рис. 7д), которую однажды определяют для линии задержки путем перемещения точки ввода по внутренней поверхности бездефектного образца гiba и приведения амплитуды сигнала от его внутренней поверхности к стандартному уровню. При контроле (рис. 7е) для каждого попе-

речного сечения воспроизводится его TTGI-изображение, соответствующее реальной геометрии гiba. Расслоения индицируются в местах их фактического местоположения, при этом обеспечивается возможность наблюдения А-сканов для любого из реализуемых фокальных законов, как, например, на рис. 7ж, где показано дефектное сечение с расслоением, эхо-сигнал от расслоения, а также соответствующий ослабленный сигнал от наружной поверхности гiba.

Выводы

1. Способ организации памяти фокальных законов предопределяет способность дефектоскопа с ФР к реализации различных схем прозвучивания и технологий визуализации.
2. Память фокальных законов, необходимая для реализации технологии TTGI, обеспечивает накопление А-сканов произвольной длительности с индивидуальными настройками приемно-передающего тракта и формирования из них кадра поперечного сечения объекта. В этом заключается главное отличие дефектоскопа с ФР, изначально спроектированного для целей НК,

от медицинского прибора для диагностики мягких тканей, приспособленного для этих целей.

3. Максимальная скорость обновления изображения поперечного сечения обеспечивается за счет накопления массива данных в памяти фокальных законов в реальном времени в формате, пригодном для непосредственного переноса в экранную память дефектоскопа без какой бы то ни было дальнейшей обработки.
4. Способ организации памяти фокальных законов также предопределяет процедуру и скорость линейного механического сканирования ФР-преобразователем, прозвучивающим поперечные сечения объекта; речь об этом пойдет в следующей, четвертой, статье цикла.

Литература

1. Introduction into Phased Array Ultrasonic Technology Applications. R/D Tech Guideline. – Olympus NDT, 2004 – 2007. – 376 p.
2. Phased Array Testing – Basic Theory for Industrial Applications. – Olympus NDT, 2004 – 2010. – 122 p.
3. Advances in Phased Array Ultrasonic Technology Applications. – Olympus NDT, 2007 – 2010. – 512 p.

4. Пасси Г. Ультразвуковой контроль с использованием преобразователей на фазированных решетках – способы сканирования, требования к аппаратуре и примеры практического применения. 1. Излучение и прием ультразвуковых сигналов с применением фазированных решеток. – В мире НК. 2010. № 3(49). С. 12–16.

5. Пасси Г. Ультразвуковой контроль с использованием преобразователей на фазированных решетках – способы сканирования, требования к аппаратуре и примеры практического применения. 2. Излучение и прием ультразвуковых сигналов с применением фазированных решеток. – В мире НК. 2010. № 4(50). С. 48–52.

6. Пасси Г. НК как компонент стратегии минимизации рисков и затрат на эксплуатацию и обслуживание потенциально опасных объектов. – В мире НК. 2007. № 3(37). С. 4–7.

7. ISONIC 2006 – Portable Digital Ultrasonic Flaw Detector and Recorder with B-Scan, C-Scan, D-Scan, P-Scan, and TOFD Inspection and Imaging Capabilities. – Operating Manual, Revision 1.21, published by Sonotron NDT Jan 6, 2007, 480 p. – доступно в Интернет: <http://www.sonotronndt.com/pdf/om2006.pdf>

8. ISONIC 2005 /2020 / STAR – Portable Digital Ultrasonic Flaw Detector and Recorder. – Operating Manual, Revision 2.37, published by Sonotron NDT Jul 29, 2007, 358 p. – доступно в Интернет: <http://www.sonotronndt.com/pdf/om2005.pdf>

9. Пасси Г. С. Способ ультразвукового контроля изделий. – Авт. свид. 1534388 (СССР), Бюлл. изобр. 1990. № 1.

Статья получена 25 марта 2011 г.



ХІХ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ



На официальном веб-сайте XIX Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике (www.conf.ronktd.ru)

начат прием тезисов докладов. Приглашаем всех специалистов принять участие в работе конференции!

Конференция пройдет в период с 6 по 8 сентября 2011 г. в Самаре на базе Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева.

Темы конференции

В программе конференции рассматриваются основные методы неразрушающего контроля и технической диагностики по направлениям:

- техногенная диагностика;
- антитеррористическая диагностика;
- экологическая диагностика;
- стандартизация, сертификация, риски эксплуатации.

Стендовые доклады

Стендовые доклады будут представлены в специальном зале параллельно с работой секций.

Сроки и требования к докладам:

- Прием тезисов докладов до 1.06.2011 г.
- Распределение тезисов по тематическим секциям до 29.06.2011 г.
- Язык конференции русский.

Для справок:

Тел.: 8 (499) 245 56 56

Факс: 8 (499) 246 88 88

E-mail: info@ronktd.ru

Домашняя страница:

www.conf.ronktd.ru, www.ronktd.ru

Президент РОНКД,
академик РАН
В. В. Клюев

ISONIC 2010

Портативный Ультразвуковой
ФР Дефектоскоп-Рекордер



ПРОСТОТА ✓ УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ✓ НАДЕЖНОСТЬ

ФАЗИРОВАННЫЕ РЕШЕТКИ

- ▶ 32:32 электронный модуль – независимо настраиваемые излучающая и приемная апертура, параллельные генерация УЗ колебаний, аналого-цифровое преобразование, фазировка принимаемых сигналов в реальном времени
 - ▶ ФР излучатель-приемник с трассировщиком лучей
 - ▶ Формирование B-Scan и Sector Scan (S-Scan) изображений традиционным способом и с применением уникальной True-to-Geometry Imaging (TTGI) технологии и оценкой эхо-сигналов в соответствии с типовыми стандартами и технологиями контроля для обычных преобразователей
 - ▶ Автоматический мониторинг акустического контакта без применения дополнительных каналов и датчиков
 - ▶ Режим Multi-group – одновременное прозвучивание поперечного сечения объекта с одной / двух сторон несколькими способами с использованием одного преобразователя
 - ▶ Формирование трех проекций объекта – сверху (C-Scan) и боковых направлений (Side, End Views) и трехмерного изображения путем линейного сканирования с использованием датчика координаты или по тактам часов реального времени
 - ▶ Автоматическая генерация редактируемого списка дефектов по окончании сканирования
 - ▶ Независимая полочная настройка усиления, DAC и ВРЧ при прозвучивании поперечного сечения линейно перемещающимся (B-Scan), качающимся (S-Scan) лучом, или по любой другой схеме в соответствии с реализуемой технологией контроля
 - ▶ Излучение и прием одним и тем же преобразователем отраженных и дифрагированных сигналов, включая возникшие в результате трансформации типа волн, их визуализация и оценка
- 100%-я запись первичной информации (необработанные A-Scan'ы)
 - Мощное ПО для постобработки результатов контроля
 - Интуитивный русскоязычный интерфейс оператора
 - Легкий прочный корпус
 - Герметичные клавиатура и мышь
 - 6.5" яркий сенсорный экран

ОБЫЧНЫЕ И TOFD ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

- ▶ 1 канал
 - ▶ Раздельный / совмещенный режимы излучения-приема
 - ▶ A-Scan
 - ▶ B-Scan толщины
 - ▶ B-Scan дефектов для наконных и прямых преобразователей с применением TTGI технологии
 - ▶ CB-Scan при контроле поверхностными / нормальными волнами
 - ▶ TOFD
 - ▶ DAC, DGS, ВРЧ
 - ▶ Спектральный анализ сигналов – быстрое преобразование Фурье
- Ethernet и 2 порта USB
 - Дистанционное управление
 - Порт датчика координаты



Sonotron NDT

4, Pekeris str., Rabin Science Park, Rehovot, 76702, Israel
Phone: +972-(0)8-9311000 Fax: +972-(0)8-9477712
www.sonotronndt.com

ООО «МНПО «СПЕКТР»

Официальный представитель в России и странах СНГ:
119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1
Тел: +7 495 626 5359, 626 5348



Спектр

<http://www.mnpo-spektr.ru>