

Территория NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

4, 2019

ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ (32)

55 ЛЕТ

 РАСШИРЯЕМ ГРАНИЦЫ
ВИДИМОГО

**МАГНИТОПОРШКОВЫЕ ДЕФЕКОСКОПЫ
"МАНУЛ"**

 НИИИИ МНПО "СПЕКТР"
RII MSIA "SPECTRUM"

ЛУЧШЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МПК
Микропроцессорное управление:

Задание значения и управление током намагничивания
Автоматическое определение подключаемой нагрузки
Режим автоматического размагничивания
Регулировка времени намагничивания/размагничивания
Автоматический контроль температуры дефектоскопа
Интеграция в системы автоматизации и управления

ДЕЛАЕМ ТО, ЧТО НЕ СМОГЛИ СДЕЛАТЬ ДРУГИЕ
Значения токов намагничивания на кабеле и электроконтактах:

Ток намагничивания: до 2000 А (RMS), 5 В, 50 Гц
Импульсный ток намагничивания: до 6000 А, 5 В

Подключаемое оборудование:
Соленоиды переменного и постоянного тока:

Рабочее напряжение: ~ 5 В, ~ 220 В, 50 Гц, = 42 В
Диаметры: от 150 до 600 мм по требованию клиента
Напряженность поля: от 110 А/см

Электромагнит переменного и постоянного тока
РЕАЛИЗУЕМ МЕЧТЫ КЛИЕНТОВ¹

Масса дефектоскопов от 19 до 50 кг

Разработка и производство стенов для МПК на базе дефектоскопов «МАНУЛ»

¹ На базе УНМ-2000/6000 выпускается обновленная версия дефектоскопа УНМ-300/2000 для РЖД

 Подробное описание дефектоскопов линейки «Манул»
смотрите на сайте www.unm-manul.ru

 sales@niiin.ru
+7 (499) 245-56-18
+7 (499) 245-55-68


СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИНАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

УСД-60ФР-16/128

Ультразвуковой дефектоскоп на фазированных решетках

- 128 каналов (возможность одновременно работать с двумя 64х канальными фазированными решетками)
- Дополнительные сканирующие устройства
- Позволяет проводить контроль сварных швов со скоростью 6 метров в минуту
- Одновременно можно использовать до 2х каналов TOFD
- Масса до 3кг
- Гарантия 3 года

NEW



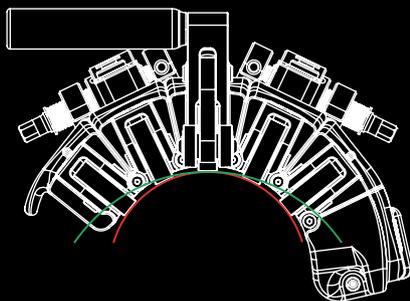
ПРОВОДИ КОНТРОЛЬ, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ВСЕМ СОВРЕМЕННЫМ МИРОВЫМ СТАНДАРТАМ.



КРОПУС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

www.kropus.com
sales@kropus.com

+7 800 500-62-98
+7 495 229-42-96

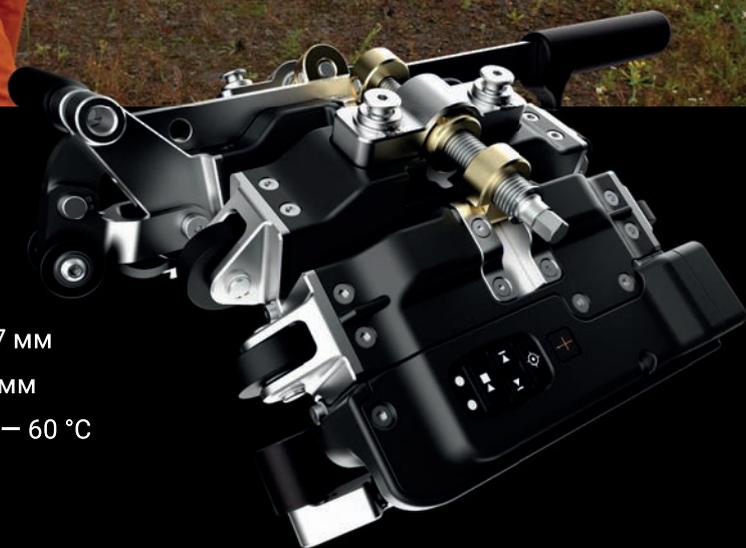


PIPESCAN HD

Новейший **экспресс-сканер** трубопроводов на основе метода **MFL** (метод утечек магнитного потока)



- + **Скорость сканирования** — до 1 м/с
- + **Максимальная толщина металла** — до 12,7 мм
- + **Работа через изоляцию/краску** — да, до 6 мм
- + **Максимальная температура поверхности** — 60 °C





СООБЩЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ВНЕОЧЕРЕДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ РОНКТД

Настоящим общероссийская общественная организация «РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ» (РОНКТД) доводит до сведения членов РОНКТД, что внеочередная конференция РОНКТД состоится 2 марта 2020 г. в 16 ч 00 мин по адресу: г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 4, конференц-зал БК «Спектр-Хамовники».

Форма проведения конференции – собрание (совместное присутствие делегатов).

Повестка дня конференции

1. Утверждение годовых отчетов и бухгалтерских балансов РОНКТД за 2017–2019 гг.
2. Утверждение отчета правления.
3. Утверждение отчета ревизора.
4. Утверждение плана работы и бюджета РОНКТД на 2020–2022 гг.
5. Утверждение изменений и дополнений в Устав РОНКТД.
6. Досрочное прекращение полномочий правления.
7. Формирование состава правления РОНКТД.
8. Избрание президента РОНКТД.
9. Избрание ревизора РОНКТД.
10. Внесение в ЕГРЮЛ изменений в сведения о РОНКТД.

Время начала регистрации делегатов, участвующих в конференции, – 15 ч 00 мин, время окончания регистрации – 15 ч 55 мин.

Квота представительства от каждого регионального отделения РОНКТД на конференции – 1 (один) делегат от 50 (пятидесяти) членов РОНКТД (полного или неполного количества), состоящих на учете в региональном отделении.

Информация (материалы), предоставляемые делегатам при подготовке к проведению конференции:

- проект изменений и дополнений в Устав РОНКТД;
- годовые отчеты и бухгалтерские балансы РОНКТД за 2017–2019 гг.;
- отчет правления, отчет ревизора;
- планы работ и бюджет РОНКТД на 2020–2022 гг.;
- информация по кандидатам в коллегиальный руководящий орган (правление) РОНКТД на должности президента и ревизора РОНКТД.

Указанные документы подлежат предоставлению членам РОНКТД для ознакомления через региональные отделения РОНКТД или на сайте РОНКТД.

С информацией по вопросам проведения конференции члены РОНКТД (и иные заинтересованные лица) могут ознакомиться в рабочие дни с 10:00 до 18:00, начиная с 28 января 2020 г. по адресу: г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1, тел. 8 (499) 245-56-56, e-mail: info@ronktd.ru.
Ответственное лицо: исполнительный директор РОНКТД Сергей Владимирович Клюев.

И.о. президента РОНКТД

В.А. Сясько

Дефектоскоп OmniScan® X3



Прибор, которому можно доверять

Превосходное качество изображения и тщательно продуманное ПО! Наш флагман, и уже ставший отраслевым стандартом OmniScan, – в компактном портативном исполнении – стал еще лучше! Надежный и простой в эксплуатации, как и все дефектоскопы серии OmniScan, модуль X3 был дополнен новыми мощными инструментами.

Метод полной фокусировки (**TFM**) и полноматричный захват (**FMC**), а также **поддержка 64-элементной апертуры**

Улучшенная визуализация дефектов элементами фазированной решетки, включая инновационную функцию **огibaющей TFM** и **моделирование акустического воздействия** в режиме TFM.

Возможность **создания полной схемы сканирования**, не упуская ни малейшей детали, с помощью средств визуализации ПО.



Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№4 (октябрь – декабрь), 2019

Главный редактор
Клюев В.В.
(Россия, академик РАН)

Заместители главного редактора:
Троицкий В.А.
(Украина, президент УО НКД)
Клейзер П.Е. (Россия)

Редакционный совет:
Азизова Е.А.
(Узбекистан, заместитель председателя УзОНК)
Аугутис В. (Литва)
Венгринович В.Л.
(Беларусь, председатель БАНК и ТД)
Зайтова С.А.
(Казахстан, президент СРО КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР)
Клюев С.В.
(Россия, вице-президент РОНКТД)
Кожаринов В.В.
(Латвия, президент LNTB)
Маммадов С.
(Азербайджан, президент АОНК)
Миховски М.
(Болгария, президент BSNT)
Муравин Б.
(Израиль, зам. президента INA TD&CM)
Ригишвили Т.Р.
(Грузия, президент GEONDT)
Ткаченко А.А.
(Молдова, президент НОНКТД РМ)

Редакция:
Агапова А.А.
Клейзер Н.В.
Сидоренко С.В.

Адрес редакции:
119048, Москва,
ул. Усачева, д. 35, стр. 1,
ООО «Издательский дом «Спектр»,
редакция журнала «Территория NDT»
Http://www.tndt.idspektr.ru
E-mail: tndt@idspektr.ru
Телефон редакции +7 (499) 393-30-25

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор). Свидетельство
о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС77-47005

Учредители:
ЗАО Московское научно-производственное объединение «Спектр» (ЗАО МНПО «Спектр»);
Общероссийская общественная организация «Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике» (РОНКТД)

Издатель:
ООО «Издательский дом «Спектр»,
119048, Москва,
ул. Усачева, д. 35, стр. 1
Http://www.idspektr.ru
E-mail: info@idspektr.ru
Телефон +7 (495) 514-76-50

Корректор Смольянина Н.И.
Компьютерное макетирование
Смольянина Н.И.
Сдано в набор 29 октября 2019
Подписано в печать 28 ноября 2019
Формат 60x88 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.
Распространяется бесплатно

Редакция не несет ответственность
за достоверность информации,
опубликованной в рекламных
материалах. Статьи публикуемые
в журнале, не рецензируются.
Мнение авторов может не совпадать
с мнением редакции.

Оригинал-макет подготовлен
в ООО «Издательский дом «Спектр».

Отпечатано в типографии
ООО «МЕДИАКОЛОР»
127273, г. Москва,
Сигнальный проезд, д. 19

НОВОСТИ

- Семеренко А.В.** Инновационные решения для классического ультразвукового контроля в новом дефектоскопе HARFANG WAVE 4
- Миховски М.М.** Дни неразрушающего контроля 2019 5
- Батов Г.П., Пономарева И.Н.** XIV школа-семинар «Сертификация персонала в области неразрушающего контроля – 2019» 6
- Дефектоскоп OmniScan® X3** переопределяет стандарты в области неразрушающего ультразвукового контроля с помощью фазированной решетки 7

СТРАНИЧКА РУКОВОДИТЕЛЯ

- Анонс-обращение** и.о. президента РОНКТД В.А. Сясько 10

ПОЗДРАВЛЯЕМ

- АО «НПО «ЦНИИТМАШ»** – 90 лет 16
- Волкова Н.Н., Муллин А.В.** НУЦ «Контроль и диагностика»: 25 лет на передовом рубеже оценки соответствия 18
- В. В. Муравьеву** – 70 лет 20
- М.П. Брандису** – 80 лет 22

ВЫСТАВКИ. СЕМИНАРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ

- Международная конференция** по интеллектуальному инновационному неразрушающему контролю и оценке – 2019. 24-я Китайская международная выставка оборудования по контролю качества и испытательному оборудованию ... 26

ИНТЕРВЬЮ НОМЕРА

- Обучение** цифровой радиографии 30

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

- Чи-Ханг Кван** Оптимизация выбора преобразователя для контроля методом FMC/TFM 36
- Троицкий В.А., Карманов М.Н.** Неразрушающий контроль продолжительно эксплуатируемых объектов 44
- Борисков Ю.В.** Когерентная адаптивная фокусировка (CAF) для контроля композитов со сложной геометрией 52

ИСТОРИЯ НК

- Панин В.И.** Вклад сотрудников Хабаровского филиала ВНИИФТРИ в развитие метода акустической эмиссии и его метрологического обеспечения 58

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИЧЕСКОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ В НОВОМ ДЕФЕКТОСКОПЕ HARFANG WAVE

Компания Sonatest Ltd, Великобритания, сообщает о выпуске новой модели классического ультразвукового дефектоскопа HARFANG WAVE (рис. 1).

Разработчики, используя новейшие технологии, создали прибор, который позволяет обеспечить надежность контроля и удобен в эксплуатации.

Дефектоскоп имеет несколько уникальных возможностей.

- **Интерактивное сканирование объекта контроля (интерскан)**

Интерактивное сканирование дает возможность точно определить и визуализировать место в объекте контроля (ОК), где происходит отражение эхосигнала. Это помогает определить местоположение дефекта и позволяет отличать сигналы, приходящие от дефектов, от сигналов, полученных от геометрических особенностей ОК. Для этого используется совмещение классического А-скана с возможностями моделирования как пути ультразвука, так и самого ОК (рис. 2).

- **Создание индивидуальных приложений для конкретных применений**

Специализированное программное обеспечение позволяет создавать индивидуальные приложения со своей структурой для различных применений (рис. 3).

Таким образом, пользователь дефектоскопа HARFANG WAVE может создавать с нуля, а потом и корректировать приложения без лишних элементов управления дефектоскопом, но соответствующие всем требованиям технологии контроля ОК.

- **Дефектоскоп HARFANG WAVE полностью управляется с помощью сенсорного экрана (рис. 4)**

Попадание на дисплей дефектоскопа воды, контактной жидкости не оказывает заметного влияния на работоспособность прибора.

Чувствительность экрана отрегулирована таким образом, что оператор с одинаковым успехом может работать как в перчатках, так и без них.

Ультразвуковой дефектоскоп HARFANG WAVE является интуитивно понятным прибором и может с успехом применяться в аэрокосмической, машиностроительной, металлургической, энергетической, нефтегазовой отраслях промышленности, а также будет хорошим помощником в учебных центрах по подготовке специалистов для неразрушающего контроля.

*СЕМЕРЕНКО Алексей Владимирович,
руководитель отдела средств НК и ТД,
ООО «ПАНТЕСТ», Москва*

Рис. 1. Ультразвуковой дефектоскоп HARFANG WAVE

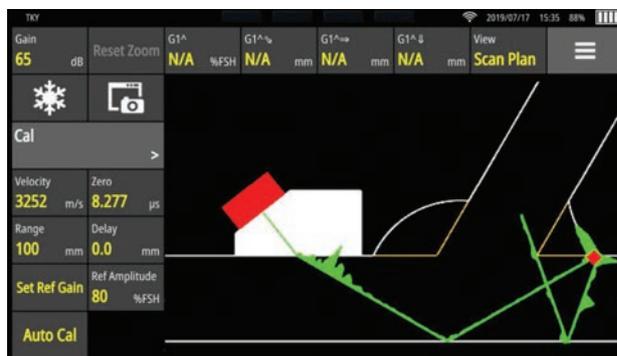


Рис. 2. Режим интерскана



Рис. 3. Индивидуальные приложения для различных применений



Рис. 4. Управление с помощью сенсорного экрана

ДНИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ 2019



Болгарское общество неразрушающего контроля (BG S NDT) и международный программный комитет провели очередные «Дни неразрушающего контроля 2019» (NDT Days) 17–21 июня 2019 г. в традиционном месте – Учебном центре Болгарского Красного Креста на берегу Черного моря, в г. Созополе.

Программа «Дней неразрушающего контроля 2019» включала в себя следующие мероприятия:

- 1) XXXIV международная конференция «Дефектоскопия 2019» (руководители: проф., д-р техн. наук М. Миховски, акад. РАН Э. С. Горкунов);
- 2) XXX молодежная школа «Неразрушающий контроль структуры и физико-механических свойств материалов» (руководитель: д-р Й. Мирчев);
- 3) болгаро-русский семинар «Диагностика электроэнергетических систем» (руководители: проф., д-р техн. наук А. Назарычев, доц., д-р Хр. Драганчев);
- 4) семинар «Современные методы и технологии неразрушающего контроля» (руководитель: доц., д-р И. Георгиев);
- 5) семинар «Сварочные технологии» (руководители: чл.-кор. БАН, д-р техн. наук Ст. Христов, проф., д-р Пл. Ташев);
- 6) семинар «Проблемы и задачи неразрушающего контроля элементов железно-дорожного транспорта» (руководители: ст. науч. сотрудник, д-р А. Скордев, А. Туцова);
- 7) семинар «NDT в культурном наследии» (руководители: ст. науч. сотрудник, д-р А. Скордев, доц., д-р К. Калчевска);
- 8) круглый стол «Порошковая металлургия» (руководитель: проф., д-р М. Суловски);
- 9) круглый стол «Развитие стандартизации в области NDT и сварки» (руководители: проф., д-р техн. наук М. Миховски, д-р М. Белоев);
- 10) круглый стол «Проблемы бизнеса в NDT» (руководители: д-р М. Белоев, Р. Димитров, Ю. Денев);
- 11) постерная сессия (координатор: д-р Й. Мирчев);
- 12) выставка достижений фирм и бизнес-презентации.

В работе NDT Days приняли участие более 200 ученых и специалистов из Болгарии, России, Беларуси, Украины, Грузии, Румынии, Польши, Канады, Израиля, Германии, Австрии и Хорватии.

Было представлено более 120 научных докладов и сообщений, часть которых будет опубликована в но-



вом болгарском журнале «NDT Days» и представлена в электронном формате в NDT NET.

На выставке были представлены фирмы из Болгарии, Австрии, Германии и Украины.

С приветствием к участникам NDT Days обратились представитель IAEA, почетный президент РОНКТД Э. С. Горкунов, почетный председатель ISRANT G. Shoef, президент ISRANT J. Shoef, президент Грузинского общества неразрушающего контроля Т. Рикашвили, ректор Петербургского энергетического института повышения квалификации (ПЭИПК) А.Н. Назарычев, директор Института механики БАН им. П. Джонжорова М. Миховски.

Ежегодной награды имени Славчо Попова (основателя BG S NDT) был удостоен полковник Б. Генову, доц., д-р техн. наук, за его вклад в внедрение методов неразрушающего контроля в Болгарскую армию.

Проф. А.Н. Назарычев вручил юбилейные медали «100 лет ПЭИПК» М. Миховскому и Хр. Драганчеву за их вклад в развитие сотрудничества между ПЭИПК (Санкт-Петербург), Техническим университетом Варны, Институтом механики БАН (София) и BG S NDT.

Отличные условия проведения конференции и интересная программа NDT Days были дополнены прекрасной погодой и теплым морем, что способствовало плодотворной работе и отдыху участников Дней неразрушающего контроля в Болгарии.

Приглашаем на Дни неразрушающего контроля в Болгарии 2020 (NDT Days 2020) с 8 по 12 июня 2020 г. в г. Созополе на Черном море.

Митко МИХОВСКИ,
президент BG S NT,
председатель организационного комитета
NDT days 2020

XIV ШКОЛА-СЕМИНАР «СЕРТИФИКАЦИЯ ПЕРСОНАЛА В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ – 2019»

В период с 22 по 28 сентября 2019 г. в г. Сочи (Лазаревское, отель «Прометей-клуб») прошла XIV школа-семинар «Сертификация персонала в области неразрушающего контроля – 2019», организованная научно-учебным центром «Качество».



Оргкомитет XIV школы-семинара

В работе школы-семинара приняли участие более 90 специалистов, представляющих независимые органы по аттестации персонала в области неразрушающего контроля, экзаменационные центры, экзаменационные лаборатории, а также руководители и ведущие специалисты предприятий, проводящих неразрушающий контроль, техническую диаг-

ностику и экспертизу промышленной безопасности, организации – поставщики оборудования НК, инспекционные организации из России и Латвии.

Традиционно семинар проводился при поддержке Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике и АО «НТЦ «Промышленная безопасность».

Школа-семинар – значимое событие в мире неразрушающего контроля, и за четырнадцать лет проведения привлекает все большее внимание специалистов по неразрушающему контролю, разрушающим испытаниям, учебных центров, органов по сертификации персонала, инспекционных организаций как в нашей стране, так и в странах ближайшего зарубежья.

На заседаниях XIV школы-семинара были рассмотрены следующие вопросы:

- сертификация (аттестация) персонала неразрушающего контро-

ля, разрушающих и других видов испытаний;

- требования к персоналу НК согласно ASME BPVC и PED;
- подготовка и сертификация персонала по новым методам контроля: цифровая радиография, ультразвуковой дифракционно-временной метод (Time of Flight Diffraction – TOFD), ультразвуковой контроль с использованием дефектоскопов с фазированными решетками (Phased array Technology – PA).

В рамках деловой программы были проведены следующие мероприятия:

- совещание представителей (руководителей) экзаменационных центров;
- круглый стол по разрушающим и другим видам испытаний;
- круглый стол, посвященный радиографическому контролю, цифровой радиографии;
- тест-драйв оборудования (УЗК TOFD, PA).



Участники XIV школы-семинара «Сертификация персонала в области неразрушающего контроля – 2019»

Основные обсуждаемые вопросы школы-семинара были вынесены в решение школы-семинара.

С решением школы-семинара «Сертификация в области неразрушающего контроля – 2019» можно ознакомиться на сайте ООО «НУЦ «Качество»: www.centri-kachestvo.ru.

Традиционно мероприятия деловой программы школы-семинара в Сочи сочеталась со спортивными соревнованиями по настольному теннису, волейболу, боулингу, бильярду и фигурному катанию с водных горок.

Приглашаем Вас принять участие в XV юбилейной школе-се-

минаре «Сертификация персонала в области неразрушающего контроля – 2020», которая состоится с 20 по 26 сентября 2020 г. в г. Сочи, Лазаревское, отель «Прометей-клуб».

*Г.П. Батов, И.Н. Пономарева,
ООО «НУЦ «Качество», Москва*

ДЕФЕКТОСКОП OMNISCAN® X3 ПЕРЕОПРЕДЕЛЯЕТ СТАНДАРТЫ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЕТКИ

ВАЛТНАМ (США), 30 октября 2019 г. — Дефектоскоп OmniScan®, отличающийся мощностью, надежностью и простотой эксплуатации, является признанным международным эталоном в технологии портативных ультразвуковых фазированных решеток. Новый дефектоскоп OmniScan X3 поднимает мировые стандарты на еще более высокий уровень, благодаря новейшим разработкам и инновациям, оптимизирующим весь процесс контроля. Подготовка к контролю стала намного быстрее и эффективнее, тогда как метод общей фокусировки (TFM) для изображений, полученных с помощью метода полноматричного захвата (FMC), позволяет дефектоскопистам уверенно принимать решения. Усовершенствованные программные инструменты значительно упрощают анализ данных и создание отчетов.

Дефектоскоп OmniScan X3 включает все самое необходимое для эффективного ультразвукового ФР-контроля: режим TOFD, два УЗ-канала (UT), восемь групп лучей и три конфигурации* 16:64PR, 16:128PR и 32:128PR. Кроме того, в приборе реализованы следующие инновационные технологии:

- методы TFM/FMC с поддержкой 64-элементной апертуры;
- улучшенная визуализация данных ФР, включая инновационную функцию огибающей TFM;
- моделирование акустического воздействия (AIM) в режиме TFM;
- размер файла 25 ГБ;
- реконструкция с помощью метода общей фокусировки (TFM) до 1024×1024 пикселей, для четырех разных типов мод распространения УЗ-пучков в реальном времени;
- упрощенный пользовательский интерфейс с возможностью построения схемы сканирования;



- беспроводное подключение к Olympus Scientific Cloud™ (OSC), позволяющее регулярно обновлять ПО прибора.

Средства визуализации позволят построить схему сканирования до начала контроля, существенно снижая риск допущения ошибки. Легко и быстро можно создать полную схему сканирования, включая зону TFM. Создание настройки стало намного проще благодаря улучшенным инструментам калибровки, включая: одновременную настройку преобразователей и параметров луча, настройки для раздельно-совмещенных линейных, матричных и раздельно-совмещенных матричных ПЭП в самом приборе, а также автоматическую проверку призмы.

Прибор надежно защищен и соответствует стандарту IP65 (полная защита от проникновения пыли и струй воды). Надежность и простота использования всегда отличали дефектоскопы OmniScan, которые, помимо всего прочего, обеспечивают высокое качество изображения, упрощая интерпретацию данных.

* Конфигурация 16:64PR имеет ограниченное число групп: 1 TOFD, 2 PA и 2 TFM.

Метод общей фокусировки позволяет получить геометрически правильные изображения, подтверждая характер дефектов, обнаруженных в ходе ультразвукового ФР-контроля, и обеспечивает точность данных по всему объему изделия. Новые функции включают: 16-битный А-скан, интерполяцию и сглаживание, а также широкий яркий 10,6-дюймовый дисплей WXGA, обеспечивающий четкость изображения при любом освещении.

Дефектоскоп OmniScan X3 позволяет быстро выполнять анализ данных и создавать отчеты как в самом приборе, так и на ПК. Дефектоскоп предо-

ставляет широкий спектр средств интерпретации данных:

- реконструкция изображения TFM по наружному диаметру для упрощенной интерпретации и измерения дефектов продольных сварных швов;
- объединенный В-скан для упрощенного ФР-сканирования сварных швов.

Будь то контроль качества сварных швов, трубопроводов, резервуаров высокого давления или композиционных материалов OmniScan X3 обеспечивает высокую эффективность контроля и надежность результатов.

О компании

Компания Olympus является ведущим в мире производителем оптических и цифровых высокотехнологичных решений, которые применяются в медицинской деятельности, медико-биологической отрасли, цифровых камерах и в промышленности. С момента основания (100 лет назад) до сегодняшнего дня компания Olympus вносит значимый вклад в изменение общества к лучшему, делая жизнь людей более здоровой, более безопасной и более насыщенной.

Наше подразделение «Промышленные решения» твердо привержено служению обществу и стремится к улучшению качества жизни людей путем разработки и внедрения инновационных технологических решений в области контроля качества сырья и готовой продукции. Эти решения применяются в различных промышленных и научно-исследовательских областях, включая: аэрокосмическую, нефтехимическую, автомобильную, легкую отрасли промышленности, инфраструктуру и электроэнергетику. Для получения дополнительной информации посетите наш веб-сайт: <https://www.olympus-ims.com>

Olympus преданы Вам. Преданы Обществу. Преданы Жизни.

Olympus и OmniScan являются зарегистрированными товарными знаками, а Olympus Scientific Cloud — товарным знаком Olympus Corporation.

АктивТестГруп — ЧЕСТНОСТЬ / НАДЕЖНОСТЬ / РАЗВИТИЕ

Многие делают,
да не многие
понимают...



**МАГНИТОПОРОШКОВЫЙ
КОНТРОЛЬ**



**КАПИЛЛЯРНЫЙ
КОНТРОЛЬ**



**ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ**



Мы не только производим приборы неразрушающего контроля, мы снабжаем наших клиентов всем необходимым — технологическими инструкциями, стандартными образцами, аттестатами и сертификатами

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Соответствие ГОСТ Р 56512-2015 • Классические и индивидуальные решения для различных отраслей промышленности • Современные аналоги советских дефектоскопов серии МДС-1,5; МДС-5; УМДЭ-10000; У-2462-85 и др. • Серия бесконтактных дефектоскопов ErMag 3D | <ul style="list-style-type: none"> • Инновационная запатентованная технология FPI All-in-VAC • Соответствие ГОСТ 18442-80, ОСТ 1 90282 • Получено положительное заключение ФГУП «ВИАМ» • Автоматизация технологического процесса контроля и протоколирования результатов | <ul style="list-style-type: none"> • Соответствие стандартам ГАЗПРОМ и Транснефть • Бесконтактный, лазерный триангуляционный метод измерения • Автоматизация процесса измерений геометрических параметров • Собственное ПО имеет богатый набор инструментов для обработки и анализа результатов измерений |
|--|---|---|

195220, Россия, Санкт-Петербург, пр. Непокоренных, дом 47, Литер А, пом. 200-Н
Тел./факс: 8 (812) 600-20-35; 8 (812) 600-24-50
E-mail: office@activetest.ru; website: www.activetest.ru





Стандартные образцы на любой вкус



ООО «Физприбор»
www.f-ndt.ru, www.fprigor.ru
620137, г.Екатеринбург, ул.Вилонова, 6Б
+7 (343) 355-00-53, sale@fprigor.ru

АНОНС-ОБРАЩЕНИЕ И.О. ПРЕЗИДЕНТА РОНКТД ВЛАДИМИРА АЛЕКСАНДРОВИЧА СЯСЬКО

XXII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТРАНСФОРМАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЩЕСТВА В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ МИРЕ»

VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ «ТЕРРИТОРИЯ NDT – 2020»



Уважаемые коллеги!

Заканчивается подготовка к XXII Всероссийской научно-технической конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике, а также VII международному промышленному форуму «Территория NDT».

Вы получите этот номер журнала в начале 2020 г. К этому моменту программа конференции будет

практически полностью сформирована, так что вы можете уточнить на сайте наименования секций, их наполненность, какие специалисты выступят с докладами, а также порядок и время пленарных заседаний.

Программа конференции будет весьма насыщенной. В день открытия на пленарном заседании мы подведем итоги и назовем имена лауреатов Национальной премии РОНКТД в области неразрушающего контроля и технической диагностики в трех номинациях:

1. За выдающийся вклад в научно-исследовательскую деятельность в области НК и ТД.
2. За выдающийся вклад в развитие способов и технологии НК, разработку новых приборов и систем НК и ТД (премия присуждается ежегодно и вручается на Международном промышленном форуме «Территория NDT»).
3. Молодому специалисту (до 35 лет) за достижения в области НК и ТД (премия присуждается ежегодно и вручается на Международном промышленном форуме «Территория NDT»).

С положением о премии РОНКТД Вы можете ознакомиться на сайте РОНКТД.

На пленарных заседаниях в первый и второй день будут представлены четыре доклада, в том числе:

- «Вызовы четвертой промышленной революции для приборостроения и метрологии в области НК и ТД», С.С. Голубев, канд. тех. наук, заместитель руководителя Росстандарта;

- «Неинвазивные технологии анализа объектов культурного наследия», Р.Г. Маев, д-р физ.-мат. наук, академик РАН;
- «Задачи НК и ТД в период цифровой трансформации экономики России», Аналитический Центр при правительстве РФ.

Также с докладами на конференции и форуме выступят приглашенные российские и зарубежные специалисты по отраслевым проблемам НК и ТД.

Свое участие в работе конференции подтвердили ведущие российские предприятия, занимающиеся разработкой и производством средств и технологий НК, МС и ТД, а также ряд ведущих НИИ и предприятий Газпрома, Росстандарта, РОСТЕХа, РЖД, ОАК, ОСК и многие другие, всем хорошо известные наши коллеги.

Отдельно стоит отметить, что на конференцию и форум прибывает расширенная делегация Китайского общества неразрушающего контроля, представители которого выступят с докладами на секциях и представят новое оборудование и технологии на стендах выставки. Также в конференции примут участие наши коллеги из Кореи, США, Германии, Англии, Чехии и, естественно, стран ближнего зарубежья.

Судя по количеству представленных докладов, особый интерес представляют направления:

- композиционные материалы;
- акустическая эмиссия;
- акустический контроль;
- НК и индустрия 4.0;
- оптический контроль;
- вихретоковый, магнитный и электромагнитный контроль;
- автоматизированный и роботизированный контроль;
- энергетика.

Всего на секциях, сформированных по смешанному принципу, будет представлено более ста докладов.

Программа круглых столов и панельных дискуссий в рамках международного промышленного форума «Территория NDT» будет посвящена важным и актуальным темам, связанным с изменениями в системе подготовки и оценки квалификации специалистов НК, вопросам стандартизации (заседание ТК 371), НК и МС материалов и объектов авиа- и ракетостроения, международному сотрудничеству, в том числе и с зарубежными обществами.

В выставке примут участие более пятидесяти ведущих фирм – производителей оборудования и

технологий НК, МС и ТД из России и из-за рубежа. Большое количество участников, как было сказано выше, мы ожидаем из КНР.

Условия участия в выставке и актуальная информация размещены на сайте РОНКТД.

В 2020 г., впервые в рамках форума «Территория NDT» пройдет конкурс инноваций в области НК, ТД и МС, в котором примут участие молодые специалисты ведущих отечественных предприятий.

Жюри конкурса возглавляет академик Н.П. Алешин, а сам конкурс поддержали Министерство образования и Министерство промышленности РФ.

С условиями участия в конкурсе можно ознакомиться по адресу: <https://expo.ronktd.ru/salon/>

Также мы информируем наше профессиональное сообщество о том, что в преддверии форума, **2 марта в конференц-зале РОНКТД по адресу ул. Усачева д. 35 состоится внеочередная отчетно-выборная конференция РОНКТД**, делегатами которой станут представители наших региональных отделений в более чем 40 регионах РФ. На отчетно-выборной конференции будет представлен отчет о проделанной за три года работе дирекции общества и состоятся выборы нового президента РОНКТД и нового состава правления. Кандидаты на данные должности выдвинуты от наших региональных отделений.

В заключение хотелось бы выразить огромную благодарность нашим уважаемым спонсорам и деловым партнерам:

- генеральному спонсору и партнеру РОНКТД – компании ООО «ТКС»;
- генеральному спонсору конференции и форума – компании ООО «АКС»;
- спонсору салона инноваций и стартапов – ЗАО «НИИИИ МНПО «СПЕКТР»;
- деловым партнерам РОНКТД, которых у нас более 30, о которых можно получить информацию на нашем сайте.

Без их помощи проведение научной конференции и промышленного форума было бы невозможно в таком масштабе.

Уважаемые друзья и коллеги!

Ждем Вас на **XXII Всероссийской научно-технической конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике и VII международном промышленном форуме «Территория NDT» 3–5 марта 2020 г. в ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне в Москве!**

*И.о. президента РОНКТД,
д-р техн. наук, профессор
СЯСЬКО Владимир Александрович*

VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА



03-05 МАРТА 2020 ГОДА
МОСКВА • ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

ПЕРВОЕ ИННОВАЦИОННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО
В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НК
РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД: ПОЧЕМУ НЕЛЬЗЯ ОСТАВИТЬ ВСЕ КАК ЕСТЬ?
ФЗ 116. ОЧЕРЕДНОЙ ПОДХОД К ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ
ФЗ «О НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКЕ КВАЛИФИКАЦИЙ» - ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

WWW.EXPO.ROKTD.RU



ОРГАНИЗАТОР:
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО
ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ
WWW.ROKTD.RU

3-5 МАРТА 2020 ГОДА
МОСКВА, ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

ТРАНСФОРМАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЩЕСТВА
В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ МИРЕ.

ПЛЕНАРНЫЕ ВЫСТУПЛЕНИЯ

ВЫЗОВЫ 4-Й ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ ДЛЯ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И МЕТРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НК И ТД

НЕИНВАЗИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ
КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

ЗАДАЧИ НК И ТД В ПЕРИОД ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

СМЫСЛОВЫЕ БЛОКИ

АДДИТИВНЫЕ, МИКРО-
И НАНОТЕХНОЛОГИИ

НК КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ

КОНТРОЛЬ ОБЪЕКТОВ
КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

МОНИТОРИНГ
СОСТОЯНИЯ

КЛАССИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ НК

ОБЩЕСТВЕННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ

КОНТРОЛЬ
ХАРАКТЕРИСТИК
МАТЕРИАЛОВ

НК ОБЪЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
ЭНЕРГЕТИКИ
И ТРАНСПОРТА

НК И ИНДУСТРИЯ 4.0

ДОСТОВЕРНОСТЬ НК И ТД

СБОРНИК ДОКЛАДОВ БУДЕТ ВКЛЮЧЕН В БАЗУ SCOPUS

РЕГИСТРАЦИЯ ТЕЗИСОВ ДО 15.12.2019
CONFONKTD.RU



ОРГАНИЗАТОР:
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО
ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ
WWW.RONKTD.RU



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)**

**ПЕРВЫЙ ЗАМЕСТИТЕЛЬ
МИНИСТРА**

Тверская ул., д. 11, Москва, ГСП-3, 125993
Тел.: (495) 547-12-12

27.11.2019 № МН 2567/ГТ

На № _____ от _____

Участникам, организаторам и гостям
VII Международного промышленного
Форума «Территория NDT.
Неразрушающий контроль.
Испытания. Диагностика»

Уважаемые друзья!

От имени Министерства науки и высшего образования Российской Федерации приветствую участников, организаторов и гостей VII Международного промышленного Форума «Территория NDT. Незарушающий контроль. Испытания. Диагностика»!

В рамках Форума Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике будет впервые организован «Салон инноваций в области неразрушающего контроля, технической диагностики и мониторинга состояния промышленных объектов».

Отечественные научно-исследовательские организации имеют перспективные разработки, не уступающие мировому уровню. Возможность продемонстрировать свои достижения в рамках Салона является одним из способов коммерциализации инновационной деятельности, так как участниками Форума и членами жюри будут потенциальные потребители разработок, представленных участниками Салона: представители государственных корпораций и компаний, предприятий топливно-энергетического комплекса, железнодорожной, авиационно-космической и других отраслей.

Салон придаст импульс к интеграции науки и промышленности в России по созданию разработок, проектов и изделий, направленных на повышение информативности, автоматизацию процессов и цифровизацию технологий неразрушающего контроля и технической диагностики.

Желаю участникам Форума и Салона плодотворной работы и позитивных впечатлений!

Г.В. Трубников



**МИНИСТЕРСТВО
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНПРОМТОРГ РОССИИ)**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ МИНИСТРА

Пресненская наб., д. 10, стр. 2, г. Москва, 125039

Тел. (495) 539-21-66

Факс (495) 547-87-83

<http://www.minpromtorg.gov.ru>

25.11.2019 № ОВ-83441/12

На № _____ от _____

Российское общество по
неразрушающему контролю и
технической диагностике

119048, г. Москва,
ул. Усачева, д. 35, стр. 1

О поддержке проведения Форума

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации рассмотрело письмо Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике от 3 сентября 2019 г. № 20-Р/1479 о проведении Международного промышленного Форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» (далее – Форум) и сообщает.

В рамках деловой программы Форума планируются к рассмотрению вопросы практического применения контроля и диагностики в авиакосмической, нефтегазовой, энергетической, металлургической отраслях, на железнодорожном транспорте, в машиностроении и металлургии, строительстве, сварочном производстве, а также вопросы медицинской диагностики, антитеррористической безопасности, стандартизации, сертификации и обучения персонала.

Организованный в рамках Форума «Салон инноваций» проводится с целью выявления лучших разработок, проектов и изделий, направленных на автоматизацию процессов и цифровизацию технологий неразрушающего контроля в различных отраслях промышленности, а также повышение информативности, достоверности и безопасности при проведении работ по неразрушающему контролю и оценке технического состояния промышленных объектов.

Учитывая изложенное и принимая во внимание актуальное для отраслей промышленности направление деятельности Форума, Минпромторг России считает целесообразным поддержать проведение Форума.

В.С. Осьмаков

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ

АО «НПО «ЦНИИТМАШ» – 90 лет



Празднование 90-летия ЦНИИТМАШ



С момента создания в 1929 г. ЦНИИТМАШ формировался как общегосударственный центр в области создания материалов, технологии их обработки и машиностроения.

В период Великой Отечественной войны институт работал на оборону страны, решая научно-технические задачи по производству танков, артиллерийских систем, боеприпасов и стрелкового вооружения, а его опытный завод выпускал оборонную продукцию, в том числе участвовал в создании легендарной «Катюши».

В послевоенный период ЦНИИТМАШ сконцентрировал силы на разработке материалов и технологии тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения, решал проблемы создания крупногабаритных уникальных машин и агрегатов большой единичной мощности.

С 1976 г. на ЦНИИТМАШ возложены функции головной организации по разработке материалов, технологии производства и методов контроля качества изготовления оборудования для атомных электростанций.

Сегодня ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» в составе ГК «Росатом» продолжает активную деятельность по созданию новых материалов и технологий для машин и оборудования XXI века, совершенствованию методов и аппаратуры для их исследования, контроля и диагностики.

Статус ЦНИИТМАШ как государственного научного центра РФ, координирующего развитие отечественного энергетического и тяжелого машиностроения, завоеван выдающимися деятелями науки, работавшими в институте, академиками И.И. Артоблевским, Е.О. Патонем, Г.А. Николаевым, учеными И.А. Одингом, Е.П. Унксовым, Н.Н. Зоревым, Н.С. Акуловым и многими другими.

Особенно приятно отметить, что ЦНИИТМАШ всегда занимал лидирующие позиции в разработке методов и средств неразрушающего контроля. Многие из разработок были и остаются пионерскими. Так, в ЦНИИТМАШ разработаны оборудование и нормативные документы по неразрушающему контролю в тепловой и атомной энергетике по таким видам неразрушающего контроля, как ультразвуковой, радиационный, вихре-

токовый, капиллярный, магнитопорошковый, визуально-измерительный, а также по вибродиагностике и технической диагностике.

Выдающийся вклад в теорию и практику ультразвуковой дефектоскопии внес заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор Игорь Николаевич Ермолов. Его фундаментальные исследования, многочисленные прекрасно написанные книги и учебные пособия сыграли громадную роль в становлении нескольких поколений ученых и специалистов и создании научной школы, ученики которой продолжают дело Игоря Николаевича в институте, работают во всех концах нашей страны и ближнего зарубежья. Под руководством проф. И.Н. Ермолова защитили кандидатские диссертации будущие известные ученые, доктора наук В.Т. Бобров, В.Г. Щербинский, А.Х. Вopilкин и др. В диссертационном совете ЦНИИТМАШ защитил докторскую диссертацию в 1972 г. будущий академик РАН В.В. Ключев. Творческие контакты АО «НПО «ЦНИИТМАШ» и ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр» продолжаются – в 2019 г. успешно защитили кандидатские диссертации в диссертационном совете ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр» сотрудники ИНМИМ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» Д.М. Давыдов и В.В. Михалев.

К основным направлениям научных и прикладных исследований АО «НПО «ЦНИИТМАШ» в последние годы относятся разработка новых конструкционных и специальных сталей и сплавов, методов термической и химико-термической обработки, технологических процессов получения высококачественных заготовок для машиностроения, разработка технологии сварки и наплавки, сварочных материалов и оборудования, получение покрытий, коррозионная защита.

Особое внимание уделяется разработке методов исследований и испытаний металлов, неразрушающего контроля, исследования прочности материалов и конструкций в машиностроении, математическое моделирование технологических процессов.

АО «НПО «ЦНИИТМАШ» обладает уникальной испытательной базой, инновационным оборудованием, передовыми технологиями и превосходным кадровым составом. В институте трудятся 40 докторов и около 100 кандидатов наук, диссертационные советы готовят научную смену по семи специальностям.

Институт сохраняет и развивает международные научные связи с предприятиями СНГ, ведущими фирмами Европы, США, Индии, Китая и других стран.

Труд ученых и специалистов института высоко оценен, многие исполнители важных правительственных заданий удостоены Государственных премий, Премий Совета министров СССР и Правительства Российской Федерации, награждены орденами и медалями.

Традиции ученых и специалистов, работавших в ЦНИИТМАШ, с успехом продолжают новые поколения исследователей и конструкторов.

От имени ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Российского общества по неразрушающему контролю и диагностике (РОНКТД) поздравляем коллектив Государственного научного центра РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» с 90-летием со дня образования. По случаю юбилея желаем сотрудникам института благополучия, процветания и новых достижений.

От имени ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Российского общества по неразрушающему контролю и диагностике (РОНКТД) поздравляем коллектив Государственного научного центра РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» с 90-летием со дня образования. По случаю юбилея желаем сотрудникам института благополучия, процветания и новых достижений.



80-летие доктора технических наук, профессора И.Н. Ермолова (в центре), слева доктор технических наук Ю.В. Ланге, справа академик РАН В.В. Ключев

Д.И. ГАЛКИН,
директор ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр»,
член правления РОНКТД

НУЦ «КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА»: 25 ЛЕТ НА ПЕРЕДОВОМ РУБЕЖЕ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ



Флагману российской системы квалификации и сертификации персонала неразрушающего контроля научно-учебному центру «Контроль и диагностика» в ноябре 2019 г. исполняется 25 лет.

Сегодня уже мало кто помнит, что научно-учебный центр «Контроль и диагностика» был основан в 1993 г. при МГТУ им. Н.Э. Баумана. В это время начала развиваться система сертификации персонала третьей стороной по международным стандартам. НУЦ «Контроль и диагностика» активно включился в этот процесс. Результатом успешной работы стала первая в России аккредитация в немецком органе по аккредитации TGA на соответствие европейским нормам EN 45013 и EN 473. В целях соответствия требованиям объективности, независимости и беспристрастности 24 ноября 1994 г. НУЦ «Контроль и диагностика» стал независимой организацией, и именно с этой даты ведется отсчет времени существования центра.

С самого начала НУЦ «Контроль и диагностика» ставил во главу угла неформальный подход к процессу сертификации, основанный на профессионализме персонала, высокой технической оснащенности, последовательности и прослеживаемости процедур сертификации, обязательном прохождении теоретической и практической подготовки персонала перед экзаменом, объективности и независимости экзаменов и принятия решения о сертификации. Все это обеспечило высокий имидж как в России, так и за рубежом. Компетентность НУЦ «Контроль и диагностика» как органа по сертификации персонала была подтверждена аккредитацией Немецкого органа по аккредитации TGA, а с 2008 г. – аккредитацией Британского органа по аккредитации UKAS по стандарту ISO/IEC 17024 на принципах преемственности международной аккредитации.

Одновременно НУЦ «Контроль и диагностика» начал проводить работы по аттестации лабораторий неразрушающего контроля. Ключевым моментом аттестации лаборатории является проверка с выездом на место нахождения лаборатории. Только реальная оценка технического и организационного состояния лаборатории, компетентности ее персонала позволяет объективно определить готовность лаборатории к аттестации.

Накопив опыт подготовки и сертификации персонала неразрушающего контроля, НУЦ «Контроль и диагностика» расширил свою деятельность на персонал, проводящий инспекцию в виде технического надзора на заводах, изготавливающих продукцию, и в виде строительного контроля при строительстве объектов ответ-

ственного назначения. Ведущие специалисты НУЦ «Контроль и диагностика» принимали активное участие в разработке документа Ростехнадзора РД-08-296–99 «Положение об организации технического надзора за соблюдением проектных решений и качеством строительства, капитального ремонта и реконструкции на объектах магистральных трубопроводов». Именно этот документ лег в основу системы обучения и сертификации инспекторов технического надзора и строительного контроля российских и международных компаний, участвующих в таких крупных проектах, как: Каспийский трубопроводный консорциум КТК, «Голубой поток», «Сахалин-1» и «Сахалин-2», «Северный поток». Среди них были «Флуор Дениэл», КТК, «Буик офшор», «Квернер», «Акер Кварнер», «Сайпем», «Уэзерфорд Медиттеранеа», DNV, All Seas, ОАО «Черномортранснефть», «Роснефтегазстрой», «Сахалин Энерджи», ООО «Старстрой» и др.

Следующей категорией сертифицируемого персонала стал персонал по сварке. С 2002 г. НУЦ «Контроль и диагностика» в качестве авторизованного национального органа (ANB) в рамках Международного института сварки (IIW) начал заниматься квалификацией международных инженеров, технологов, специалистов и инспекторов по сварке. Данная квалификация персонала соответствует требованиям ISO 14731, ISO 3834, EN 1090, EN 15085. Дипломы, выданные НУЦ «Контроль и диагностика», признаются во всех странах мира. С 2008 г. НУЦ «Контроль и диагностика» проводит сертификацию сварщиков в соответствии со стандартами EN 287 и ISO 9606 на основании международной аккредитации UKAS по стандарту ISO/IEC 17024.

В 2006 г. НУЦ «Контроль и диагностика» начал работы по строительному контролю (техническому надзору) за производством труб, трубных изделий, металлопроката и металлоконструкций. Компетентность НУЦ «Контроль и диагностика» как органа инспекции подтверждена аккредитацией UKAS по стандарту ISO/IEC 17020. За время работы инспекторами НУЦ «Контроль и диагностика» было принято более 5 000 000 т листового и сортового металлопроката.

НУЦ «Контроль и диагностика» не останавливается на достигнутом. В процесс сертификации персонала внедряются новые технологии: ультразвуковой контроль с применением фазированных решеток, TOFD, цифровая и компьютерная радиография, разрабатываются новые методики и процедуры строительного контроля, приобретается новейшее оборудование, проводится постоянное повышение квалификации персонала.

Практически все виды деятельности НУЦ «Контроль и диагностика» в Российской Федерации связаны с работой в законорегулируемой области и, как следствие, подкреплены соответствующими национальными лицензиями, аккредитациями и сертификациями. НУЦ «Контроль и диагностика» имеет признание в системе Российского морского регистра судоходства, аккредитован в системе Торгово-промышленной палаты России, в системах ПАО «АК «Транснефть», ПАО «Газпром» и других крупных промышленных объединениях.

НУЦ «Контроль и диагностика» активно работает на международном уровне. На сегодняшний день признаны уполномоченные органы по квалификации и экзаменационные центры по сертификации персонала неразрушающего контроля в Сингапуре, Ираке, Украине, Эстонии, Гонконге, Индии, Индонезии, Южной Корее, Вьетнаме. Руководитель органа по сертификации персонала, вице-президент РОНКТД А.В. Муллин является председателем рабочей группы Международного комитета по неразрушающему контролю WG1 ICNDT по квалификации и сертификации персонала, членом совета директоров EFNDT и APFNDT, членом исполнительных комитетов по сертификации EFNDT и ICNDT.

НУЦ «Контроль и диагностика» признан нотификационными органами Испании и Болгарии как экзаменационный центр по сертификации персонала неразрушающего контроля оборудования под давлением, подпадающего под действие Европейской директивы PED 2014/68.

НУЦ «Контроль и диагностика» активно работает в области стандартизации. Директор центра Н.Н. Волкова является экспертом рабочей группы по техническому регулированию и стандартизации Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН). НУЦ «Контроль и диагностика» выполняет функции секретариата ТК 357 ПК 9 «Требования к поставкам стальных труб, работающих под давлением», председательствует в ТК 371 ПК 7 «Квалификация персонала». Сотрудники центра являются действующими экспертами ТК 023, ТК 079, ТК 241, ТК 322, ТК 357, ТК 364, ТК 371, активно участвуя в разработке новых стандартов.

НУЦ «Контроль и диагностика» – активный член Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), Российского научно-технического сварочного общества (РНТСО), Российского союза промышленников и предпринимателей РСПП, Российского союза научных и инженерных объединений РОСНИО и Торгово-промышленной палаты ТПП.

Подводя итог 25-летней работы, с удовлетворением отмечаем, что НУЦ «Контроль и диагностика» сегодня – это передовая, развивающаяся, надежная организация, в состав которой входят: международный орган по сертификации персонала, учебный центр, международный орган инспекции, центр экспертизы и консалтинга.

ВОЛКОВА Надежда Николаевна,
директор центра,

МУЛЛИН Александр Васильевич,
первый заместитель директора, руководитель органа по сертификации,
НУЦ «Контроль и диагностика», Москва

ВИТАЛИЮ ВАСИЛЬЕВИЧУ МУРАВЬЕВУ – 70 ЛЕТ



21 ноября 2019 г. исполнилось 70 лет доктору технических наук, профессору Виталию Васильевичу Муравьеву, крупному ученому в области материаловедения и физических методов неразрушающего контроля.

В 1972 г. Виталий Васильевич окончил Сибирский металлургический институт им. С. Орджоникидзе в г. Новокузнецке по специальности «Физика металлов». С 1972 по 1976 гг. В.В. Муравьев работал инженером в ОКБ при Новосибирском электровакуумном заводе.

В 1976 – 2006 гг. В.В. Муравьев прошел путь в НИИЖТ (в настоящее время Сибирский государственный университет путей сообщения – СГУПС) от научного сотрудника до профессора, заведующего кафедрой.

Диссертация на тему «Закономерности изменения скорости распространения ультразвука при термической обработке сталей и алюминиевых сплавов» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01: Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов была защищена В.В. Муравьевым в специализированном совете Д 003.61.01 при Институте физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, в 1993 г., ученое звание профессора присвоено в 1994 г.

С 1993 г. В.В. Муравьев – заведующий кафедрой «Электротехника, диагностика и сертификация» СГУПС. В эти годы открыта специальность «Стандартизация и сертификация» со специализациями «Управление качеством» и «Неразрушающий контроль»; организованы лаборатория структурного анализа и физических методов контроля качества и надежности металлов; Научный сертификационно-диагностический центр СГУПС, включающий отраслевую НИЛ, академическую лабораторию акустики, НИЛ метрологии и стандартизации, производственный цех, учебно-аттестационный центр «ТРАНССИБ»; организованы курсы подготовки дефектоскопистов и повышения квалификации по неразрушающему контролю специалистов в вагонном, локомотивном и путевом хозяйствах.

Разработки, выполняемые под руководством В.В. Муравьева, стали основой научно-технического сотрудничества с предприятиями железнодорожного транспорта, отраслевыми и академическими НИИ, заводами Западно-Сибирского региона. В этот период под руководством В.В. Муравьева были обеспечены разработка, изготовление, плановые поставки и техническое обслуживание акустических и акустико-эмиссионных диагностических комплексов для всех железных дорог (более 200 средств контроля ИСП-12 и ИСП-21, СЦАД 16, УДС1-СИН); обучение, повышение квалификации и сертификация специалистов по неразрушающему контролю объектов железнодорожного транспорта в вагонном, локомотивном и путевом хозяйствах; аккредитация лабораторий неразрушающего контроля на предприятиях железнодорожного транспорта; экспертиза разрушений деталей и конструкций на железнодорожном транспорте. В эти годы формируется научная школа по акустическому контролю, технической диагностике и материаловедению объектов железнодорожного транспорта, металлургии, машиностроения и теплоэнергетики, в частности методологии оценки микроструктуры, механических свойств, напряженно-деформированного состояния металлических объектов повышенной опасности неразрушающими методами в целях оценки их технического состояния и остаточного ресурса.

В 2006 г. Виталий Васильевич Муравьев был переведен в Московский государственный университет путей сообщения на должность начальника научно-внедренческого центра (НВЦ) и профессора кафедры «Технология сварки, материаловедение, износостойкость деталей машин». С 2010 г. д-р техн. наук, проф. В.В. Муравьев является заведующим кафедрой «Приборы и методы контроля качества» ФГБОУ ВО «ИжГТУ им. М.Т. Калашникова», возглавляет научную школу «Физические методы и средства измерений, контроля и диагностики технических и биомедицинских объектов», которая развивается по ряду научных направлений: разработке электромагнитно-акустических технологий контроля дефектности массивных и протяженных объектов, в том числе остаточных механических напряжений металлов; исследование влияния структурного и напряженно-деформированного состояния металлоизделий на распространение акустических волн; методология оценки микроструктуры, механических свойств, остаточных напряжений металлопродукции и металлоизделий неразрушающими методами в целях оценки их технического состояния и оста-

точного ресурса. Разработанная под руководством В.В. Муравьева уникальная научная установка «Информационно-измерительный комплекс для исследования акустических свойств материалов и изделий» зарегистрирована на портале научно-технологической инфраструктуры РФ.

В 2008 г. в ИжГТУ им. М.Т. Калашникова В.В. Муравьев организовал и подготовил к аккредитации уполномоченный орган сертификации персонала по акустическому, магнитному, вихретоковому и акустико-эмиссионному методам НК технических объектов железнодорожного транспорта, металлопродукции и металлопроизводства промышленных предприятий, сертифицировавший за этот период свыше 3000 специалистов.

Научные достижения Виталия Васильевича Муравьева получили высокую оценку: в 1998 г. он избран академиком Российской академии транспорта, в 2001 г. — академиком Академии проблем качества РФ. В 2002 г. В.В. Муравьев удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки РФ», в 2013 г. — почетного звания «Почетный работник науки и техники РФ»; имеет награды: нагрудный знак МПС «Почетному железнодорожнику», Премия им. А.Н. Косыгина «За достижения в решении проблем экономики России», почетный нагрудный знак Правительства Новосибирской области «За вклад в экономику города к 110-летию Новосибирска», нагрудный знак Министерства транспорта «30 лет Байкало-Амурской магистрали», почетная грамота Удмуртской Республики за достигнутые успехи и многолетнюю добросовестную работу.

По результатам деятельности В.В. Муравьев в 1993 г. введен в состав научно-технического совета МПС РФ по секции «Неразрушающий контроль», в 1995 г. — в состав технического комитета ТК 371 Госстандарта, ПК2 «Акустические методы», в 1997 г. — избран членом правления Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике. С 2002 г. В.В. Муравьев — эксперт системы аккредитации испытательных лабораторий Госстандарта России, с 2004 г. — член Координационного совета по неразрушающему контролю при вице-президенте, главном инженере ОАО РЖД; с 2010 г. — член Научного совета РАН по автоматизированным системам диагностики и испытаний, главный специалист института экспертов Объединения производителей железнодорожной техники; с 2010 г. — председатель Удмуртского республиканского отделения РОНКТД. В.В. Муравьев имеет III уровень специалиста по акустическому, магнитному, вихретоковому, акустико-эмиссионному видам неразрушающего контроля.

Профессор В.В. Муравьев активно работает в сфере подготовки и аттестации научных кадров высшей квалификации. Им подготовлены четыре доктора и 15 кандидатов технических наук. В 1997 г. Виталий Васильевич организовал и до 2007 г. руководил диссертационным советом Д218.012.04 при СГУПС по специальностям 05.02.01 «Материаловедение (транспорт)» и 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»; он член диссертационных советов К218.012.02 «Технология машиностроения и транспортные системы» при СГУПС, Д212.252.01 по специальностям 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов» и 05.16.05 «Металлургия черных металлов» в СибГИУ; ДМ 004.013.02 по специальности «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» при ИПМ УрО РАН, ФТИ УрО РАН и ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, Д 212.065.06 по специальности «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении)» в ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. В.В. Муравьев главный редактор журнала «Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова», член редакционных коллегий журналов «Дефектоскопия», «Интеллектуальные системы в производстве», «Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures».

Общее число публикаций профессора В.В. Муравьева составляет 550 печатных единиц, в том числе 13 монографий и учебных пособий, 33 патента и авторских свидетельства на изобретения. Монографии, статьи, доклады и патенты В.В. Муравьева высоко оценивают научные работники и специалисты, список цитирования составил около 3 тыс. единиц, а индекс Хирша — 28 (РИНЦ), 8 (Web of Science), 9 (Scopus). По данным РИНЦ, В.В. Муравьев входит в ТОП-100 самых цитируемых и ТОП-100 самых продуктивных российских ученых по направлениям «Приборостроение» и «Метрология». За последние пять лет им опубликованы 57 журнальных статей, из которых 30 статей входят в базы Web of Science и Scopus, в том числе четыре монографии и учебное пособие, шесть патентов и пять свидетельств о регистрации программ. По результатам конкурсов «Лучшая научная книга» и «Университетская книга» лауреатом стала коллективная монография (Муравьева О.В., Муравьев В.В., Стрижак В.А., Мурашов С.А., Пряхин А.В.) «Акустический волноводный контроль линейно-протяженных объектов» (Новосибирск, 2017 г.).

Члены Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, ученые и специалисты ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, редколлегия журнала «Территория NDT», друзья и коллеги сердечно поздравляют профессора Виталия Васильевича Муравьева с юбилеем и желают ему больших творческих успехов, неразрушаемого здоровья и счастья!

МИХАИЛУ ПИНХАСОВИЧУ БРАНДИСУ – 80 ЛЕТ



30 ноября 2019 г. исполнилось 80 лет со дня рождения известного специалиста и руководителя в области разработки и производства ультразвуковых методов и средств неразрушающего контроля и технической диагностики Михаила Пинхасовича Брандиса.

Судьба М.П. Брандиса, непростая, как и у многих людей, родившихся в канун лихолетья 40-х гг. 20-го века (война 1941 – 1945 гг., сиротство, польский детский дом в Узбекистане, до 7 лет ни слова по-русски), ковала характер. После войны – переезд в г. Бельцы, Молдавская ССР, учеба в средней школе, Бельцком педагогическом институте на отделении английского языка и литературы, служба в Советской армии. С 1964 г. – работа во Всесоюзном научно-исследовательском институте по разработке неразрушающих методов и средств контроля качества материалов и изделий – ВНИИНК (отдел научно-технической информации), с 1969 по 1982 гг. – в лаборатории рельсовой дефектоскопии научно-исследовательского отдела, руководитель разработок (установка «ДИСК-2» для ультразвукового контроля цельнокатаных колес для Выксунского металлургического завода, дефектоскоп «Рельс-6»). В 1967 – 1973 гг. Михаил Пинхасович заочно учился и успешно окончил Одесский электротехнический институт связи.

Упорство в достижении цели, неустанный труд, постоянный поиск – все эти черты обеспечили успех на пути от гуманитария до высококвалифицированного специалиста и эффективного руководителя в области неразрушающего контроля. С 1991 г. М.П. Брандис – зав. лабораторией съемных рельсовых дефектоскопов («ПОИСК-2», «ПОИСК-10П» – первый процессорный рельсовый дефектоскоп, «ПОИСК-10Э», «ПОИСК-11» – однопиточный дефектоскоп). Ультразвуковые дефектоскопы УДС1-РДМ-1 (для контроля рельсов, стрелочных переводов), УДС2-РДМ-2, УДС2-РДМ-22, УДС2-РДМ-23 (для контроля рельсов в пути), УДС2-РДМ-3 (для контроля сварных стыков), УДС2-32 (для контроля осей и колес вагонов) имеют сертификаты России, Украины, Беларуси, Молдовы и поставляются на железные дороги СНГ.

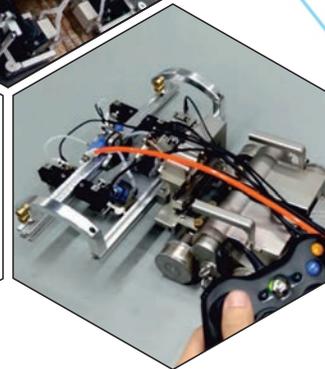
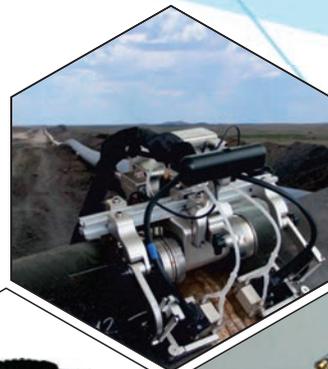
За свою многолетнюю деятельность во ВНИИНК М.П. Брандис стал ведущим специалистом в области ультразвукового контроля рельсов. И это позволило Михаилу Пинхасовичу более 25 лет возглавлять Научно-производственное предприятие «РДМ» (г. Кишинев). Научные статьи и многочисленные изобретения М.П. Брандиса широко известны ученым и специалистам. Коллективу НПП «РДМ» под руководством М.П. Брандиса отрасль обязана получением около 12 тыс. ультразвуковых дефектоскопов различного назначения, успешно эксплуатирующихся на всех железных дорогах стран бывшего Союза.

От имени Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике и редакции журнала «Территория NDT», а также друзей и коллег сердечно поздравляем Михаила Пинхасовича с юбилеем, желаем неразрушаемого здоровья и успехов в делах!

Альфаскан - Установка для ручного, механизированного и автоматизированного контроля

- Реализация методов TOFD, PAUT, UT
- Контроль трубопроводов диаметром от 20 мм с толщиной стенки от 3 мм
- Контроль сосудов под давлением и резервуаров
- 100% контроль шва за один проход с записью результатов
- Пошаговая настройка и моделирование объекта контроля
- ПО для анализа и автоматического составления отчётов
- Визуализация результатов контроля
- Надёжность и простота в использовании
- Высокая производительность и минимизация затрат на проведение контроля

Универсальное применение: ручной, механизированный и автоматизированный контроль!



www.twn-technology.com
www.twn-technology.ru
info@twn-technology.ru

Россия +7 499 380-62-92
Беларусь +375 17 388-20-31
Казахстан +7 7172 69-58-22



НОВОСКАН - Комплекс цифровой радиографии



- Новейшие детекторы (самый тонкий, самый легкий, самый прочный)
- Позволяет контролировать коррозию трубопроводов без снятия изоляции
- Высокое разрешение (размер пикселя от 75 мкм)
- Увеличенное до 16 ч время работы от аккумулятора
- Работает по Wi Fi до 400 м
- Работает со всеми источниками рентгеновского излучения
- Диапазон рабочих температур от -20 до +50 C° (В защитном чехле до - 40 C°)

Соответствует классу В, согласно ISO 17-636-2!

Эланик - Лазерный анализатор химического состава

- Низкие пределы обнаружения при измерении лёгких элементов (Be, C, Mg и др.)
- Проведение измерений на воздухе, без использования инертного газа (аргона) и других расходных материалов.
- Автоматическое определение вида сплава без участия пользователя
- Простота использования - не требует сложной пробоподготовки, обучения и знаний в области спектроскопии
- Экспресс-анализ химического состава сплава в любом месте, без привязки к лаборатории (трубопроводы, строительные конструкции, цеха и т.д.)
- Входной контроль сплавов на основе Fe, Al, Cu, Ti, Ni подтверждение марок металла (основы Zn, Mg, Co, Sn, Pb - возможны и другие основы по запросу)

Экспресс-анализ углерода в сталях, чугуна и титане. **Без аргона!**

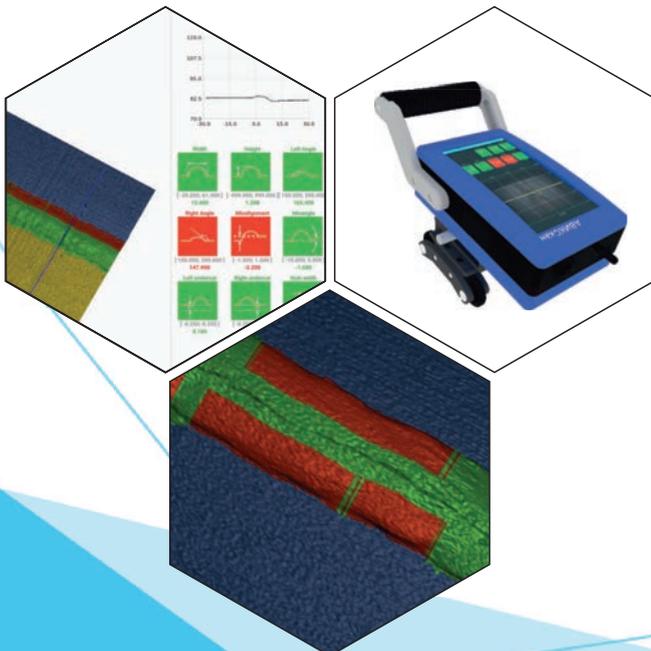


www.twn-technology.com
www.twn-technology.ru
info@twn-technology.ru

Россия +7 499 380-62-92
Беларусь +375 17 388-20-31
Казахстан +7 7172 69-58-22



АВИКСкан - Автоматизированный визуально-измерительный контроль



- Визуальный и измерительный контроль геометрии сварных швов
- Лазерное профилирование, фото- и видеосъемка
- Работа с блестящими поверхностями
- Анализ в реальном времени с записью результатов измерений
- Построение 3D-модели сварного шва
- 8 часов непрерывной работы
- Автоматическое определение дефектов (подрезы, ширина и высота шва, плавность перехода, смещение кромок, перекос, определение пор и трещин)
- Установка на работа для автоматизации

Запись результатов контроля с
выдачей протокола.
Возможность определения трещин!

Вихретоковые дефектоскопы Rohmann

Приборы для дефектоскопии и дефектометрии электропроводящих поверхностей и отверстий, контроля размеров ОК и виброметрии, определения физико-механических параметров и структуроскопии, контроля химсостава и состояния поверхностных слоев ОК. Объекты вихретокового контроля — трубы, прутки, проволока, листы, многослойные пластины, крепежные элементы, элементы подшипников, железнодорожные рельсы, ответственные детали авиационно-космической, атомной и машиностроительной техники, а также энергетического машиностроения и т. д.



ELOTTEST M3

- Удобный 2-частотный вихретоковый прибор с большим дисплеем 5,7"
- Частотный диапазон 10 Гц–12 МГц
- Статический и динамический контроль
- Автоматический фильтр для работы ротора
- Измерение проводимости и толщины непроводящих покрытий
- Вес 1,2 кг

*Ваша задача —
наше решение!*



ELOTTEST B300

- Универсальный многочастотный многоканальный вихретоковый контрольно-измерительный прибор
- Предназначен для решения сложных задач как в лабораторных, так и полевых условиях IP67
- До 4 независимых каналов
- Получение С-сканов на цветном дисплее
- Измерение проводимости и толщины непроводящих покрытий
- Совместная работа с эндоскопическими системами



ELOTTEST IS500

- Цифровой дефектоскоп для промышленного использования
- Цветной TFT-дисплей с разрешением 800x480 пикселей
- Дефектоскопия и сортировка
- Самообучающийся строб Bubble Gate
- Одновременная сортировка до 8 разновидностей изделий (Мультипоток)
- Интеграция в производственную линию

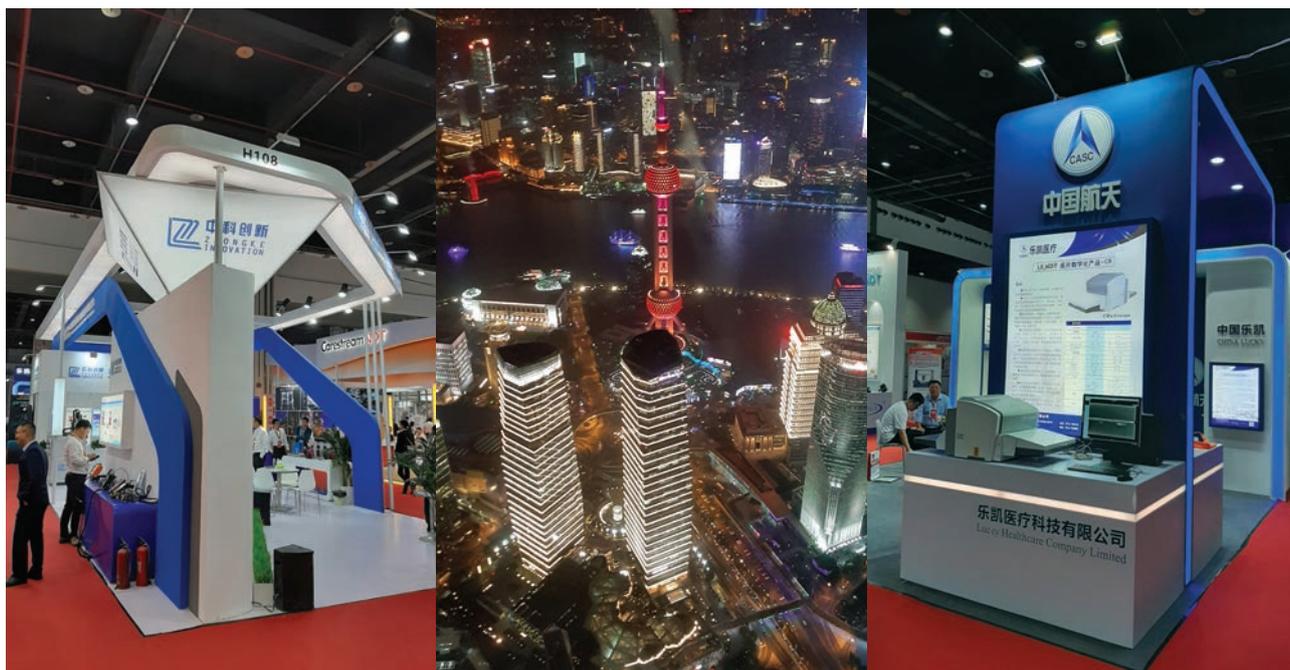


ELOTTEST PL500/QL500

- Многоканальная вихретоковая испытательная система для применения в промышленном производстве
- Предельно низкий уровень шума и стабильность результатов (полностью цифровая обработка сигналов с дискретизацией 250 кГц)
- Предельно гибкая конфигурация (до 256 каналов или функциональных модулей)
- Применяемые типы модулей: модуль измерительного канала (может использоваться для компенсации изменения зазора), модуль мультиплексирования датчиков, параллельный модуль ввода-вывода, модуль триггерный счетчик

ООО «Панатест»
официальный дистрибьютор Rohmann, Германия
г. Москва, ул. Авиамоторная, 12, офис 405
тел./факс. +7(495) 789-37-48, 587-82-98
www.rohmann.ru, www.panatest.ru
e-mail: mail@panatest.ru

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ ИННОВАЦИОННОМУ НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ОЦЕНКЕ – 2019. 24-Я КИТАЙСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА И ИСПЫТАТЕЛЬНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ



По приглашению Китайского общества по неразрушающему контролю, в рамках заключенного договора о совместной деятельности, с 30 октября по 1 ноября делегация РОНКТД во главе с и.о. президента Владимиром Александровичем Сясько приняла участие в работе международной научно-технической конференции по интеллектуальным инновационным методам/технологиям неразрушающего контроля и исследований материалов **iNDT&E 2019** и продемонстрировала ряд разработок, выполненных российскими фирмами – деловыми партнерами РОНКТД, в том числе в рамках международных проектов.

Конференция проводилась при поддержке **AVIC Composite Corporation LTD** – структурного подразделения китайской государственной корпорации по производству авиационной техники, президент

которой, профессор Cao Zhenghua, выступил с приветственным посланием к участникам. В своем выступлении он остановился на задачах мониторинга состояния перспективных материалов, использование которых позволит обеспечить высокую эффективность использования средств гражданской авиации. Также с краткие сообщения от Китайского общества неразрушающего контроля сделали вице-президенты профессора Xu Yongchang и Liu Songping.

С докладами на конференции выступили представители России, Германии, Канады и Китая.

В.А. Сясько в пленарном докладе рассказал о структуре и задачах общества, а также опыте выполнения высокотехнологичных проектов. Вторая часть доклада была посвящена актуальным для специалистов вопросам вызовов четвертой

промышленной революции разработчикам средств неразрушающего контроля (НК), построенных по принципу автономный интеллектуальный первичный измерительный преобразователь – беспроводной канал связи – виртуальный прибор на базе цифрового двойника процесса НК и необходимости решения принципиально новых вопросов их метрологического обеспечения при использовании в умных производствах, реализующих концепцию end – to end engineering, а также перехода от НК к мониторингу состояния (МС) на всем жизненном цикле изделия – от входного контроля материалов до утилизации, а также построению встроенной системы стандартизации МС.

Значительный интерес представили выступления представителей Немецкого общества неразрушающего контроля. Lennart Schulenburg в своей презентации VisiConsult DR Automatic Detection Technology Application Based on Industry 4.0 рассказал о полностью автономной системы 3D-рентгеновской дефектоскопии деталей автомобилей концерна BMW. Основными отличительными особенностями является применение интеллектуальных измерительных преобразователей, наличие многоуровневой виртуальной системы моделей технологических процессов НК и элементов нейронной сети для автоматического принятия решения о дефектности узлов, а также системы хранения ре-



И.о. президента РОНКТД Сясько В.А. (справа) и Галкин Д.И. (слева) на стенде РОНКТД



Делегация Китайского общества по НК и представители AVIC Composite Corporation знакомятся с разработками партнеров РОНКТД



Выступление проф. В.А. Сясько на конференции iNDT&E 2019

зультатов в облачном пространстве. Система обладает всеми признаками, по которым ее можно классифицировать как реализующую ключевые моменты концепций Industrie4.0 и NDT4.0, подробно проанализированные в последних статьях немецких специалистов.

Tobia Gautzsch посвятил свой доклад «World's first phased array air coupling ultrasound technique and application» разработке и практическому применению прямых совмещенных многоэлементных фазированных преобразователей для бесконтактного роботизированного НК изделий из металлических и композиционных материалов в машино- и авиационной промышленности, что является технологическим прорывом. Представитель канадской фирмы Tessonics Rouslan Rakhoutine подробно остановился на разработках встроенных систем ультразвукового НК роботизированных систем точечной и лазерной сварки современных и перспективных автомобильных smart-заводов.

Доклады китайских участников имели достаточно широкий диапазон тем, однако главной направленностью было практическое использование результатов в производстве. Основное внимание уделялось интеллектуальным системам контроля композиционных материалов и методикам обработки и представления результатов, исключающих участие оператора в принятии решений. Также подробно рассматривались проблемы применения

облачных и 5G-технологий в НК и МС распределенных производств.

Выставка оборудования средств НК и МС объединила более 120 участников. Следует отметить большое число китайских производителей средств НК с достаточно хорошими характеристиками, с другой стороны, еще больше дистрибьютеров импортного оборудования, что свидетельствует об очень большом объеме внутреннего китайского рынка.

В рамках двухсторонних встреч представителей РОНКТД и Китайского общества по НК были достигнуты договоренности о расширении сотрудничества в части обмена публикациями, участия в мероприятиях, взаимодействия в части производства. Было принято решение об участии китайской делегации в XXII Всероссийской конференции по НК и ТД, и выставке «Территория NDT».

Отдельно хотелось бы отметить гостеприимство китайской стороны – каждый день работы заканчивался общим ужином, включающим блюда разнообразной шанхайской кухни, для российской делегации была организована туристическая программа.

Ждем наших китайских коллег на конференции и выставке РОНКТД 3 – 5 марта 202 г. с ответным визитом!

Дирекция РОНКТД

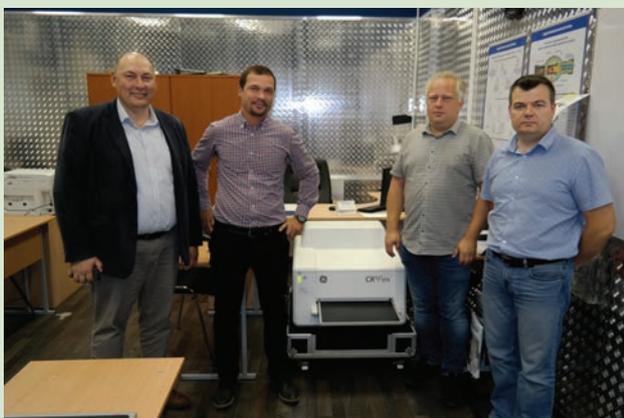
Знание гармонии
называется постоянством.
Знание постоянства
называется мудростью.

Дао Де Цзин



«КОНСТАНТА» — постоянство в развитии

ОБУЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ РАДИОГРАФИИ



А.А. Устинов, Р.В. Южанин, Г. П. Батов, Д.В. Дмитриев

ООО «НУЦ «Качество» был создан 3 февраля 2005 г. Основная деятельность центра – обучение, аттестация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля; аттестация лабораторий НК; проверка и оценка испытательных лабораторий в целях последующей аккредитации; аттестация специалистов по техническому диагностированию; обучение специалистов по строительному контролю.

В настоящее время в штате компании ООО «НУЦ «Качество» работают более 60 сотрудников, в том числе 11 кандидатов и докторов наук, эксперты высшей квалификации и 24 специалиста III уровня квалификации в области НК. К чтению лекций привлекается профессорско-преподавательский состав ведущих вузов Москвы.

Сотрудники ООО «НУЦ «Качество» обладают большим практическим опытом работ и могут оказать помощь во внедрении новых методов и техник НК для широкого круга задач.

Редакцию журнала на презентации нового оборудования фирмы GE (см. журнал «Территория NDT» №3, с. 9–11) пригласил в гости генеральный директор НУЦ «Качество» Георгий Павлович Батов. Наша экскурсия в НУЦ «Качество» была ограничена только учебным классом и лабораторией по радиационному методу контроля, так как объем информации, который был представлен, уже превышал формат журнальной статьи. Надеемся, что в ближайшее время мы познакомим читателей журнала и с другими учебными классами и лабораториями этого учебного центра.

На встрече присутствовали Георгий Павлович Батов, генеральный директор ООО «НУЦ «Качество», Андрей Александрович Устинов, ведущий менеджер по работе с дистрибьюторами в регионе Россия Каспий, BHGE Inspection Technologies; Дмитрий Владимирович Дмитриев, начальник рентгеновской лаборатории ООО «НУЦ «Качество», Роман Валентинович Южанин, старший научный сотрудник ООО «НУЦ «Качество». Встреча проходила в форме живого, неформального общения.

Георгий Батов (далее Г.Б.): Начнем экскурсию с фотокомнаты, где проводятся работы с радиографической пленкой. Это помещение имеет неактивное освещение, приточно-вытяжную вентиляцию и средства для зарядки радиографической кассеты. У нас представлено два варианта обработки радиографической пленки. Первый вариант – это ручная обработка пленки, азы начинающего дефектоскописта. Данный процесс фотобработки мы не исключаем по причине того, что кандидаты, проходящие обучение у нас, обрабатывая пленку, наблюдают весь химический процесс своими глазами. Второй вариант – автоматическая обработ-

ка. Фотобработка проводится с помощью автоматического проявочного комплекса от компании FUJI. Это автоматизированная система проявки рентгеновской пленки – проявочная машина FNDX1.

Редакция (далее Ред.): Какими фотоматериалами вы пользуетесь?

Роман Южанин (далее Р.Ю.): Мы приобретаем и используем качественные фотоматериалы от лидирующих производителей, таких как AGFA и FUJI.

(Переходим в хранилище образцов.)

Ред.: У вас большое количество образцов?

Р.Ю.: Да, учебные и экзаменационные образцы — это наша гордость. В этом году мы начали собственное производство образцов. Большая часть образцов поступает от наших партнеров и клиентов (компании, для которых мы проводим подготовку персонала или разрабатываем технологии контроля). В наличии образцы для всех производственных секторов и отраслей промышленности. В настоящее время мы наладили выпуск образцов с характерными для отрасли дефектами.

Ред.: Для контроля композиционных материалов в авиационной и космической промышленности больше подходит цифровая радиография или традиционная пленочная?

Г.Б.: Композиционные материалы, да и многие изделия из алюминия и титана в авиации и космонавтике имеют переменную толщину и сложную конфигурацию, что требует широкого динамического диапазона снимка, особенно для изделий, состоящих из разных материалов. Пленочная радиография часто этого обеспечить не может. Именно в этих областях цифровая радиография может дать наибольшее преимущество. Хотя это довольно стереотипное представление, что такие композиционные материалы используются только в авиации и космонавтике: сейчас они широко применяются в кораблестроении, новых железнодорожных поездах, энергетике и других отраслях.

(Переходим в комнату просветки образцов.)

Дмитрий Дмитриев (далее Д.Д.): Надо отметить, что цифровая радиография — это новый этап в радиографии. Она позволяет получить новые преимущества как экономические, так и технические, технологические.

Ред.: А на каком оборудовании проводится подготовка по цифровой радиографии?

Д.Д.: Оборудование любезно предоставлено в использование фирмой GE для подготовки и сертификации персонала, но пусть представитель фирмы Андрей Устинов сам подробней расскажет об оборудовании.

(Переходим в комнату анализа результатов.)

Андрей Устинов (далее А.У.): Да, мы предоставили наше оборудование ООО «НУЦ «Качество» для проведения подготовки и сертификации специалистов. Целью этого шага является обеспечение поставляемого промышленности оборудования квалифицированным персоналом, который сможет на нем работать и знать, каким требованиям



Проявочная комната



Проявочная машина FNDX1



Учебные и экзаменационные образцы



Учебные и экзаменационные образцы

должно удовлетворять оборудованию. Перед нами сейчас сканирующее устройство CRxFlex. Оно служит для передачи информации с запоминающей пластины в программное обеспечение Rhythm с последующей обработкой и визуализацией на экране монитора. Программное обеспечение Rhythm позволяет обрабатывать изображение так, чтобы повысить вероятность выявления дефектов.

Ред.: Вы сказали «...знать, каким требованиям должно удовлетворять оборудование», не означает ли это, что слушатель после прохождения курсов будет уверен, что, приобретая ваше и только ваше оборудование, он сможет проводить цифровой контроль?

А.У.: Не совсем так. Конечно, при обучении используется наше оборудование, и это шаг к обучению работе именно на нем. Но на курсах преподаватели ООО «НУЦ «Качество» рассказывают о требованиях национальных и международных стандартов, применимых к цифровым детекторам (таких, как ГОСТ ISO 17636-2–2017), где прописаны минимальные требования к цифровым детекторам для проведения контроля тех или иных видов продукции. В большей части это сделано для того, чтобы разрушить систему недобросовестной конкуренции и предотвратить поставку продукции, заведомо не пригодной для проведения неразрушающего контроля.

Д.Д.: Да, это, к сожалению, так. Многие специалисты, которые приходят на сертификацию, имеют стаж работы с цифровыми детекторами более 10 лет, и они не знают о процедурах и методах проверки детекторов и даже не знают параметров, которые необходимо проверять.

Ред.: Получается, что для цифровой радиографии требуется отдельное обучение и сертификация?

Д.Д.: Как показывает мировая практика (EN 4179, draft ISO 9712-2019), цифровая радиография и пленочная — это две разные техники радиографического контроля.

В части технологии просвечивания изделия эти техники очень схожи, но значительно отличаются в части оценки качества полученных снимков и работы с цифровыми детекторами. Для этого у нас разработан отдельный недельный курс для переподготовки специалистов с пленочной на цифровую радиографию. Для того чтобы подтвердить, что мы проводим подготовку и сертификацию специалистов по цифровой радиографии в соответствии с требованиями международных стандартов, ООО «НУЦ «Качество» прошел аккредитацию в германском органе по аккредитации DAkkS, и в настоящий момент ООО «НУЦ «Качество» является первым органом по сертификации персонала НК, который аккредитован на сертификацию персонала по цифровой радиографии в соответствии с требованиями ISO 9712. Также мы проводим обучение и по российским стандартам.

Ред.: Можете продемонстрировать результат работы системы?

Р.Ю.: На компьютере сейчас вы видите пример работы с программным обеспечением Rhythm (фото «Образец и изображение снимка на компьютере»). Это отчет по качеству изображения этого снимка. Здесь мы видим: BSR-базовое пространственное разрешение, GV-значение оттенков серого, SNR и SNR-нормализованный, т.е. отношения сигнал/шум и сигнал/шум нормализованный — усредненный и W-чувствительность контроля. Это изображение получено с помощью сканирующего устройства, и сделано оно на запоминающую пластину CR IPU.

А.У.: Направление цифровая радиография заменяет или со временем заменит классическую радиографию. В будущем мы должны уйти от рентгеновской пленки и перейти на запоминающие пластины многократного использования. Сейчас четко прослеживается такая тенденция.

Ред.: А теперь расскажите о процессе подготовки и сертификации специалистов на новом оборудовании.

Р.Ю.: Наша цель в этом году – движение в ногу с мировыми тенденциями, расширение радиографического метода в сторону цифровой радиографии. И она достигнута!

Мы решили, что в первую очередь мы начнем работать с запоминающими пластинами. У многих предприятий они уже есть. Конечно, у всех разные, той или иной фирмы, но принцип работы одинаковый.

Обучение проходит следующим образом: обучающиеся прослушивают теоретический материал, теоретические основы, так же как это делается в классической радиографии. Дальше они учатся работать с соответствующим программным обеспечением. Конечно, обучение с использованием оборудования GE позволяет расширить практические навыки за счет грамотного программного обеспечения, и соответственно повышается качество обучения. Но общий подход везде одинаковый, и он регламентирован международными стандартами. Если провести грубую аналогию, это как разные экраны и кнопки у мобильных телефонов разных производителей.

Заключительная часть сертификации – это сдача экзаменов, а главное – сдача практического экзамена. На экзамене слушатели должны продемонстрировать знания и навыки, которые получили в процессе обучения.

В целом работа со сканером проще и быстрее. Пока я не могу сказать, что это более дешевый вариант, чем пленка. Но если взять в расчет длительную эксплуатацию сканера и сравнить за тот же период затраты на закупки по химии, по пленке, затраты на организацию специально оборудованного помещения, то они перекроют расходы на приобретение сканера. Немаловажен факт, что работать со сканером гораздо проще. Я сам ощутил это в полной мере.

Ред.: Сколько снимков можно получить на одной пластине, сколько раз ее можно использовать? Есть ли ограничения?

Р.Ю.: В инструкциях пишут, что пластину можно использовать 10 000 раз. Я часто езжу в командировки. Был и в лаборатории, где установлено оборудование компании GE. На вопрос о том, как долго они работают с этой пластиной, получил ответ: «Пластины не меняли, а оборудование покупали 10 лет назад». Пластины были 10 лет!

Ред.: Будущее за цифровой радиографией?

Д.Д.: Да, но не ближайшее. Плоскопанельные детекторы очень дорогие. Не все могут позволить себе такое оборудование. Нужно очень четко понимать, для каких целей покупается эта система.



Рентгеновский аппарат «Арсенал 160НС»



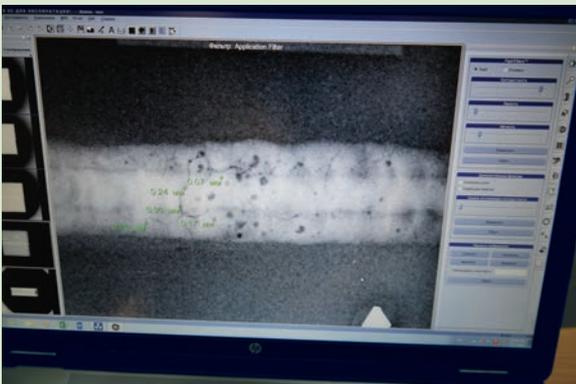
Сканер CRF Flex



Работа с программой Rhythm



Образец и изображение снимка на компьютере



Образец с микротрещиной с раскрытием 0,1 мм на пластине с толщиной стали 10 мм

Скорее, более популярными будут многоразовые запоминающие пластины. Качество их растёт, и они становятся более доступными по стоимости. Сейчас можно приобрести разные пластины, под разные условия. Для более чувствительного контроля компонентов, например, можно приобрести пластины более контрастные и менее чувствительные к излучению. Они будут давать качественное изображение на исходном варианте.

Ред. Расскажите подробнее о плюсах цифровой радиографии.

Р.Ю.: Большой плюс цифровой радиографии – это динамический диапазон. Он позволяет очень многое, в том числе заглянуть глубже, чем при использовании пленки. Есть возможность разные области пересматривать, пересохранять и оценивать заново. И всегда дефектограмма остается в оригинальном исполнении. Всегда можно сбросить с нее все настройки, и она будет в оригинальном изображении. И это тоже немаловажно. Всегда в наличии исходный материал.

В лабораториях нужны для проведения испытаний технологические карты, технологические инструкции, параметры контроля, которые нужно протоколировать, журналы, заключения. Компьютерная система здесь позволяет существенно экономить время. Можно завести в программный модуль или в программное обеспечение все технологические процессы, которые в дальнейшем будут повторяться и могут запросто распечатываться непосредственно из программы. Мы тем самым отходим от многих манипуляций на бумаге. То есть можно именно подбирать формы заключения, подбирать техформы и выполнять условия для технологических карт контроля, для всего. Это очень удобно.

Программное обеспечение можно менять, обновлять, расширять, докупать и устанавливать дополнительные фильтры и модули для выявления каких-то определенных дефектов. С помощью различных модулей и фильтров можно получить хорошую визуализацию внутренней структуры объекта контроля. Пленка не дает таких возможностей.

Д.Д.: По дуплексному эталону можно не только оценивать базовое пространственное разрешение, но и соответственно можно также рассматривать и геометрическую нерезкость. По нормативным документам геометрическая нерезкость рассчитывается по формулам. В цифровой радиографии геометрическую нерезкость определяют с использованием дуплексного эталона.

Ред.: Расскажите о работе сканера.

Д.Д.: Этот сканер может принимать не только большие запоминающие пластины с большим форматом, но и, что очень удобно, можно исполь-

зовать кассеты с установленными в них форматными многоразовыми пластинами. Пластины могут быть 35×43, 24×30, 18×24 и 15×30 см, которые устанавливаются точно так же по классической схеме при просвечивании кольцевых сварных соединений с изгибом этой кассеты. После этого дефектоскопист загружает в сканирующее устройство многоразовую пластину. Он сканирует сразу все пластинки, и в дальнейшем он будет их раскладывать уже по формам. И с каждой формой уже можно запросто работать. Если это будет с одного и того же объекта, где параметры контроля одинаковые, значит, можно применить сразу для многих кассет или запоминающих экранов одни и те же фильтры обработки данных. Процесс обработки ускоряется во много раз, т.е. получаем исходные изображения хорошего качества, уже отфильтрованные по определенному модулю. Далее остается их откалибровать, посмотреть качество. Если достигнуто нужное качество, то снимки архивируются, а дальше уже можно их расшифровывать.

Ред.: После того как пластину отсканировали, она обнуляется?

Д.Д.: Да, информация стирается. В сканирующем устройстве есть специальный модуль, который стирает. Можно сделать этот процесс автоматическим, а можно выполнить это вручную.

Ред.: Какие задачи вы ставите на будущее?

Р.Ю.: Наша основная задача — дать людям качественное обучение. Мы стараемся выложиться на все 100 %, для того чтобы, в том числе и благодаря качеству нашего обучения, дефектоскопия была на высшем уровне.

Мы бы очень хотели сотрудничать с российскими производителями так же, как с ВНГЕ. И с удовольствием бы могли поддержать и наше, российское производство и работали бы на отечественном оборудовании. Но оказалось, трудно найти контакт без финансовой подоплеки. Мы не просим никаких финансовых вложений, а хотели бы сотрудничества. Андрей Устинов смог понять, что можно и нужно работать с нами, и в перспективе развивать сам контроль, повышать его класс и уровень, и поддерживать наше учебное заведение, которому, к сожалению, непросто приобретать столь дорогую технику.

Ред.: Спасибо за интересный рассказ и экскурсию — экскурсию всего лишь по одному учебному классу, лаборатории НУЦ «Качество». Желаем вам и вашему учебному центру развиваться и дальше в ногу со временем. Больше современного оборудования и хороших партнеров!



Учебный класс по радиографическому контролю



Музей раритетных рентгеновских аппаратов. Собрано благодаря генеральному директору Г.П. Батову

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕТОДОМ FMC/TFM



Чи-Ханг КВАН (Chi-Hang Kwan)

Olympus NDT Inc. (Канада)

Такие техники ультразвуковой визуализации, как метод общей фокусировки (TFM), совместно с полноматричным захватом (FMC) находят все более широкое применение в различных промышленных областях по всему миру благодаря высокой чувствительности, ширине поля зрения, точности визуализации геометрии образца и, следовательно, повышению вероятности выявления дефекта.

Так как традиционные ультразвуковые фазированные решетки (ФР) появились в результате развития одноэлементного преобразователя, TFM/FMC можно воспринимать как следующий шаг в промышленной ультразвуковой визуализации после ФР-визуализации. В отличие от фазированных решеток существует явная потребность в разработке руководств и стандартных практик для правильного применения метода TFM/FMC, особенно в плане выбора комбинации преобразователя и призмы, а также типов волн для таких классических приложе-

ний, как контроль сварных соединений и выявление коррозии.

Метод общей фокусировки (Total Focusing Method)

TFM — находящийся в последние годы в постоянном развитии метод реконструкции луча с синтетической апертурой [1]. Быстрое развитие и миниатюризация вычислительных приборов позволяют все чаще использовать их в портативном оборудовании, предназначенном для контроля на объектах. Подобно фокусировке фазированной решетки, TFM-визуализация основана [2] на распределении задержек сигналов активных элементов фазированной решетки при излучении и приеме. На рис. 1 показан процесс сбора данных — полноматричный захват — FMC (см. рис. 1), а на рис. 2 представлен весь процесс сбора данных (FMC) с последующей TFM-обработкой (справа) для одной точки на реконструируемом изображении. Итерация проводится для всех точек на изображении или в

В последние годы метод общей фокусировки (TFM) и полноматричный захват (FMC) непрерывно развиваются и все чаще применяются в различных отраслях. TFM — метод фокусировки, основанный на зондировании отдельными элементами фазированной решетки. Сканирование организовано таким образом, что активная и пассивная апертуры решетки, шаг элемента, ближнее поле, расходимость и ширина луча влияют на качество и эффективность контроля.

Эти параметры имеют значение при выборе преобразователя, когда требуется учесть условия проведения контроля, например тип материала, толщину и геометрию объекта. Помимо этого при исследовании сварных соединений применяется наклонная призма, выбор которой определяет те же условия проведения контроля.

В настоящей работе данные моделирования вместе с данными реальных исследований используются для объяснения степени влияния параметров преобразователя на качество TFM-визуализации в зависимости от области применения.

области интереса в зависимости от выбранного пространственного разрешения.

Алгоритм обработки TFM позволяет учитывать различные направления распространения УЗ-волны, а также типы (моды) волн. Контроль может проводиться поперечной T и продольной L волнами, в эхо-импульсной или раздельно-совмещенной конфигурации («тандем») в зависимости от области применения.

На рис. 3 приведены примеры различных направлений распространения УЗ-волны, учет которых возможен при использовании TFM-алгоритма. Легко понять, что для оптимизации выявления в каждой конкретной ситуации может потребоваться определенное направление распространения УЗ-волны. Например, в случае сварного шва с Х-образной разделкой кромок несплавление может быть выявлено в эхоимпульсной конфигурации продольной или поперечной волной, когда луч перпендикулярен кромке шва. В этом

случае можно использовать половинное прохождение луча для нижних кромок и полный путь для верхних боковых кромок (рис. 3, а, б). С другой стороны, при попытке выявить трещины, образовавшиеся в процессе эксплуатации, лучше использовать раздельно-совмещенную конфигурацию и направление распространения УЗ-волны не вдоль одной линии по аналогии с методом зональной дискриминации (рис. 3, в, г).

Важно помнить, что трансформация волны происходит не только в результате преломления, но и при отражении в том же материале на границе сред. Рис. 4 графически описывает закон Снеллиуса (см. уравнение на рис. 4). Важным преимуществом TFM, помимо фокусировки в любой выбранной точке, является возможность использования не только двух различных типов ультразвуковой волны (*T* и *L*), но и возможность применять моды волны, полученные за счет трансформации.

Трансформация волны вместе с распространением не только усложняют контроль, но и повышают чувствительность к определенной ориентации и положению дефектов. Как видно из рис. 5, продольная донная волна позволяет лучше выявлять дефекты в толще из-за большего угла отражения, в то время как поперечные отраженные волны могут использоваться для обнаружения приповерхностных дефектов. Таким образом, для обеспечения высокой вероятности выявления чрезвычайно важно выбрать верный тип волн в соответствии со сферой применения, конкретной ориентацией или расположением дефекта.

Рекомендации по выбору преобразователя

Помимо типа волны и направления распространения УЗ-волны на результаты контроля

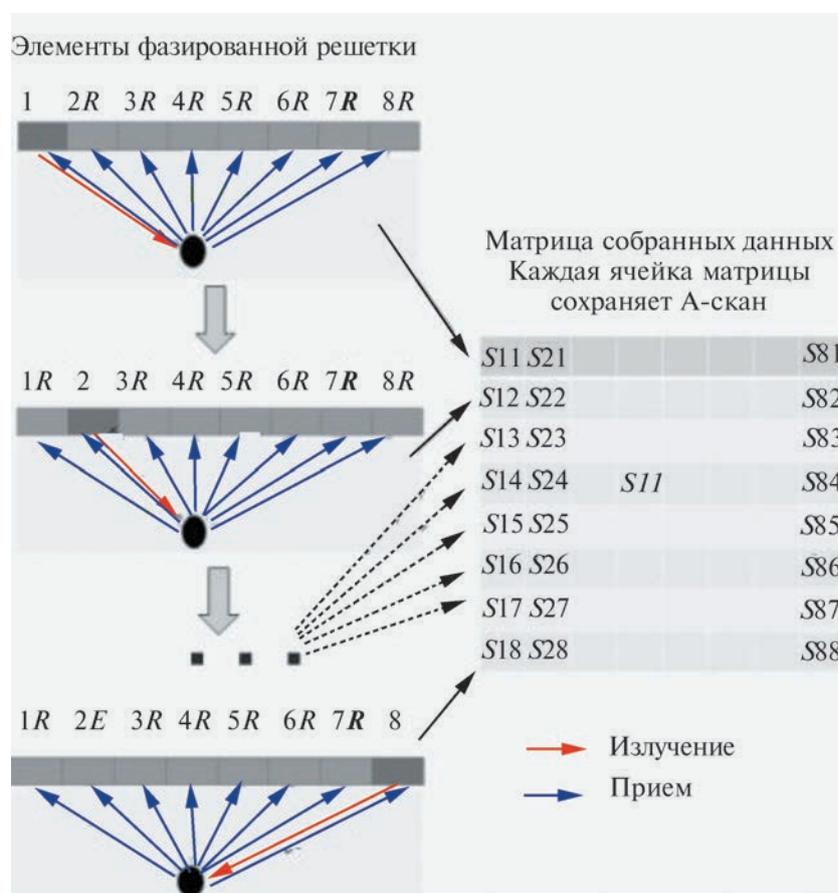


Рис. 1. Полноматричный захват (FMC): каждый элемент матрицы хранит один а-скан; каждая строка матрицы хранит А-сканы, генерируемые одним передающим зондирующим элементом и всеми принимающими элементами

существенно влияет выбор преобразователя и призмы.

Большинство используемых в настоящее время фазированных преобразователей могут использоваться в рамках TFM-метода. Однако в зависимости от области применения и ожидаемых результатов выбор преобразователя можно оптимизировать, если учесть его основные физические параметры: резонансную частоту, шаг и высоту, количество активных элементов. Влияние указанных параметров на акустические поля задается простыми акустическими законами.

Например, ожидается, что TFM-фокусировка будет наиболее эффективным методом в ближнем поле, определяемом

резонансной частотой и активной апертурой ПЭП или произведением количества элементов на шаг.

Необходимость учета таких аспектов, как параметры преобразователя и призмы, позиционирование ПЭП в зависимости от области интереса, различные типы (моды) волны и пути распространения волны, существенно усложняет применимость метода TFM и обуславливает зависимость результатов от навыков оператора.

Акустическая область влияния

В работе [3] описан новый полуаналитический алгоритм, позволяющий быстро моделировать акустическое поле в области интереса в зависимости от

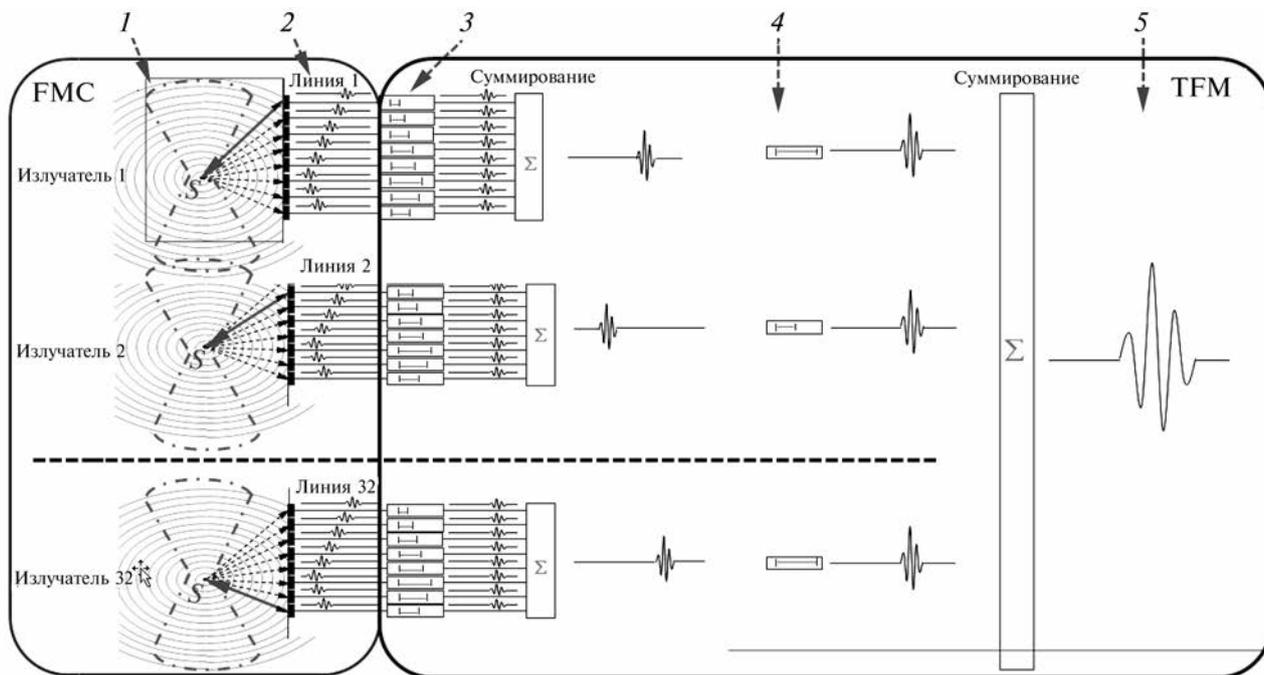
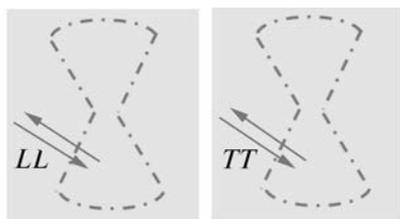
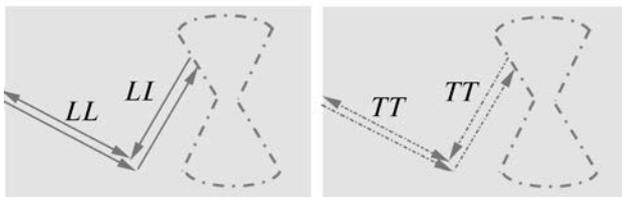


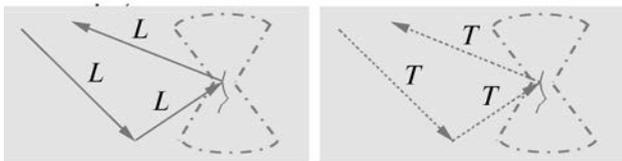
Рис. 2. Процесс FMC-сбора данных (слева) и TFM-обработки (справа) для одной точки изображения в области контроля: 1 – область контроля; 2 – сохраненные A-сканы от каждого элемента решетки; 3 – применяемые временные задержки для синтетической фокусировки в фазе приема сигнала; 4 – применяемые временные задержки в фазе генерации сигнала; 5 – результирующий A-скан для одной точки фокусировки



а)



б)



в)



z)

параметров преобразователя и призмы, позиционирования ПЭП, выбранного пути и типа волны, а также ожидаемой ориентации дефекта. Акустическая область влияния (AROI) не только помогает оператору создать его план TFM-сканирования, но также вносит вклад в непрерывное накопление знаний и опыта корректного использования метода TFM.

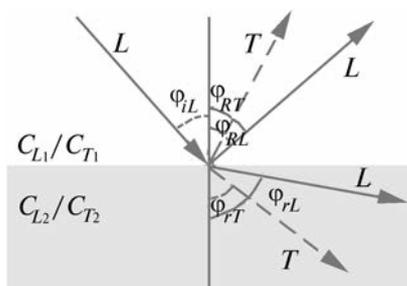
Пример акустической области влияния приведен на рис. 6 для преобразователя 5L64-A32 с наклонной призмой, которым проводится контроль сварной пластины толщиной 15 мм с использованием типов волн *TLL* для поиска вертикальных дефектов.

Акустическая область влияния была использована в настоящей работе как второй инструмент оценки важности различных параметров преобразователя и призмы для обеспечения эффективности контроля.

Описание испытаний

Было проведено несколько испытаний, связанных с тремя различными областями примене-

Рис. 3. Пример направления распространения УЗ-волны, учитываемой в алгоритме TFM: а – LL и TT половинное прохождение; б – LL LL и TT TT полное прохождение; в – LLL и TTT раздельно-совмещенное прохождение; z – TTL и TLT раздельно-совмещенное прохождение с трансформацией волны



$$\frac{\sin \varphi_{iL}}{C_{L1}} = \frac{\sin \varphi_{RL}}{C_{L1}} = \frac{\sin \varphi_{rT}}{C_{T1}}$$

Рис. 4. Закон Снеллиуса: φ_{iL} – угол падения продольной волны; φ_{RL} – угол отражения продольной волны; φ_{RT} – угол отражения поперечной волны; φ_{rL} – угол преломления продольной волны; φ_{rT} – угол преломления поперечной волны; C_{L1} – скорость продольной волны в материале 1; C_{T1} – скорость поперечной волны в материале 1; C_{L2} – скорость продольной волны в материале 2; C_{T2} – скорость поперечной волны в материале 2



Рис. 5. Трансформация волн и аспекты выбора

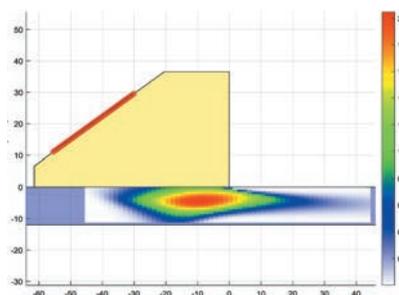


Рис. 6. Пример моделирования AROI

ния: обнаружение коррозии, проверка толстых металлических деталей и выявление вертикальных дефектов в сварных пластинах. В таблице описаны проведенные испытания, включая область применения, оцениваемые параметры, комбинацию преобразователь/призма, исследуемый образец, путь распространения и ожидаемый отражатель. Используемые фазированные преобразователи подробно описаны в работе [4]. Испытания были подкреплены моделированием AROI, чтобы продемонстрировать применимость и полезность метода AROI для контроля методом TFM.

Ближнее поле, шаг и размер апертуры

При контроле тестового блока с боковыми сверлениями (SDH) диаметром 1,5 мм использовали три различных преобразователя. На рис. 7 видно, что эквивалентное ближнее поле, относящееся к активной апертуре всего ПЭП, составляет приблизительно 200, 400 и 700 мм соответственно. Считается, что такие значения ближнего поля не повлияют на контроль в первых 2/3 ближнего поля. Однако ожидается, что размер шага будет влиять на чувствительность в ближнем поле, чувствительность в областях, близких к краям ПЭП, а также на размер апертуры, не-

Описание испытаний

№ рисунка	Область применения	Параметр для оценки	ПЭП	Призма	Материал	Толщина объекта контроля	Типы волн	Отражатель	Ориентация
9, 10	Выявление коррозии/ контроль прямым лучом	Шаг и апертура	5L64-A32	SA32-0L	Сталь	9	LL	Донный	По горизонтали
			5L64-NW1	SNW1-0L	Сталь	9	LL	Донный	По горизонтали
7, 8	Сварной шов/металлопроизводство	Ближнее поле	5L64-A32	Контакт	Сталь	100	LL	В объеме	По горизонтали
			10L64-A32	Контакт	Сталь	100	LL	В объеме	По горизонтали
			5L60-A14	Контакт	Сталь	100	LL	В объеме	По горизонтали
11-13	Выявление трещин в сварном шве	Тип и путь УЗ	5L64-A32	SA32-N55S	Алюминий	25	TLT	Направленный	По вертикали
			5L60-A14	SA14-N55S	Алюминий	25	TLT	Направленный	По вертикали
14	Несплавление	Тип и путь УЗ	10L64-A32	SA32-N55S	Сталь	12	TTTT	Направленный	30°
			5L64-A32	SA32-N55S	Сталь	12	TTTT	Направленный	30°

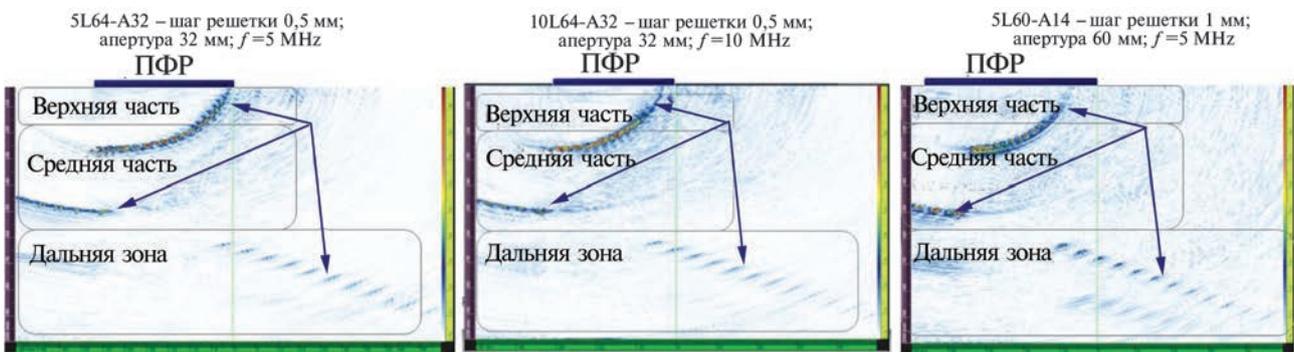


Рис. 7. Исследования блока ASME: различная центральная частота, шаг и размер активной апертуры. ПФР – преобразователь с фазированной решеткой

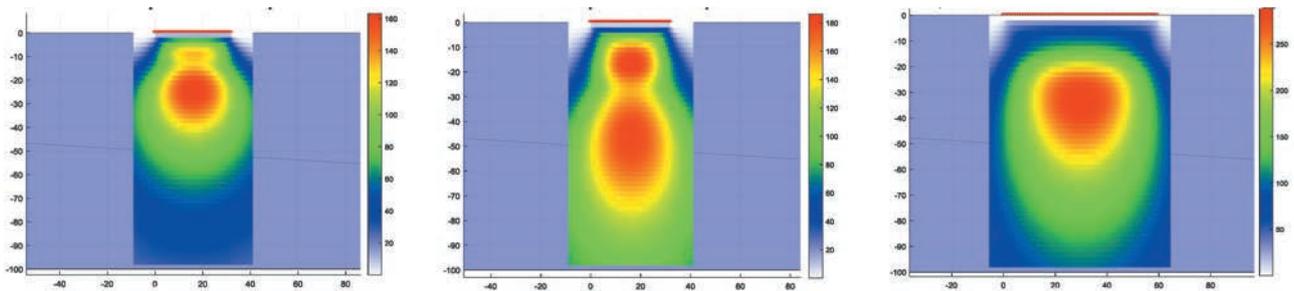


Рис. 8. Симуляция AROI для трех случаев, представленных на рис. 7: слева направо 5L64-A32, 10L64-A32, 5L60-A14

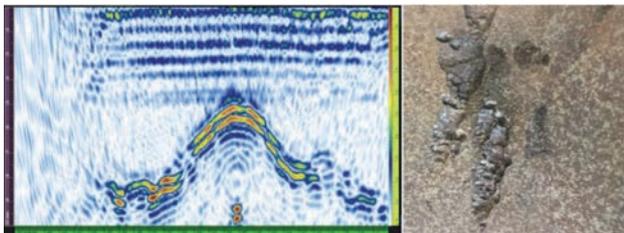


Рис. 9. Пример профиля корродированной задней стенки: изображение, реконструированное с помощью метода TFM

обходимый для выявления дефектов в удаленных участках.

Сам по себе параметр размера шага имеет важное значение для качества TFM-визуализации. Шаг (непосредственно связанный с размером элемента) определяет расходимость элементарного луча, генерируемого каждым отдельным элементом. Это в свою очередь указывает на возможность каждого элемента внести вклад в акустическую область, расположенную близко к поверхности ПЭП, но относительно далеко от своего местоположения. Например, при проведении линейного контроля вклад элемента № 64 в выявление несплошности, расположенной под элементом № 1, будет очень ограниченным и зависит от размера шага.

В ходе исследования объект контроля разделяли на три зоны – ближнюю, среднюю и дальнюю.

Оценивая чувствительность в ближнем поле, можно отметить большую эффективность ПЭП с малым шагом и более низкой частотой, что объясняется большей расходимостью луча, что улучшает покрытие под ПЭП для каждого отдельного элемента. Вывод согласуется с тремя моделируемыми AROI (рис. 8), где можно отметить более высокую ожидаемую амплитуду в области вблизи поверхности для ПЭП с малым шагом элементов (ПЭП А32).

В средней области лучшее разрешение и чувствительность характерны для ПЭП с большим ближним полем (таких, как 10 МГц А32 и 5 МГц А14), возможно, из-за лучшей фокусировки.

Улучшенная фокусировка даже более видима в удаленных областях, где ПЭП с большой апертурой А14 демонстрирует лучшие чувствительность и разрешающую способность.

Шаг и размер апертуры при исследовании коррозии

Пример исследования участка с коррозией приведен на рис. 9. Преимуществом использования TFM для картирования коррозии является широкое поле зрения, позволяющее реконструировать профиль корродированной задней стенки. Активная апертура и размер шага относятся к наиболее важным параметрам, которые необходимо учесть. Например, небольшая апертура обеспечит узкое поле зрения, не достаточное для четкого определения

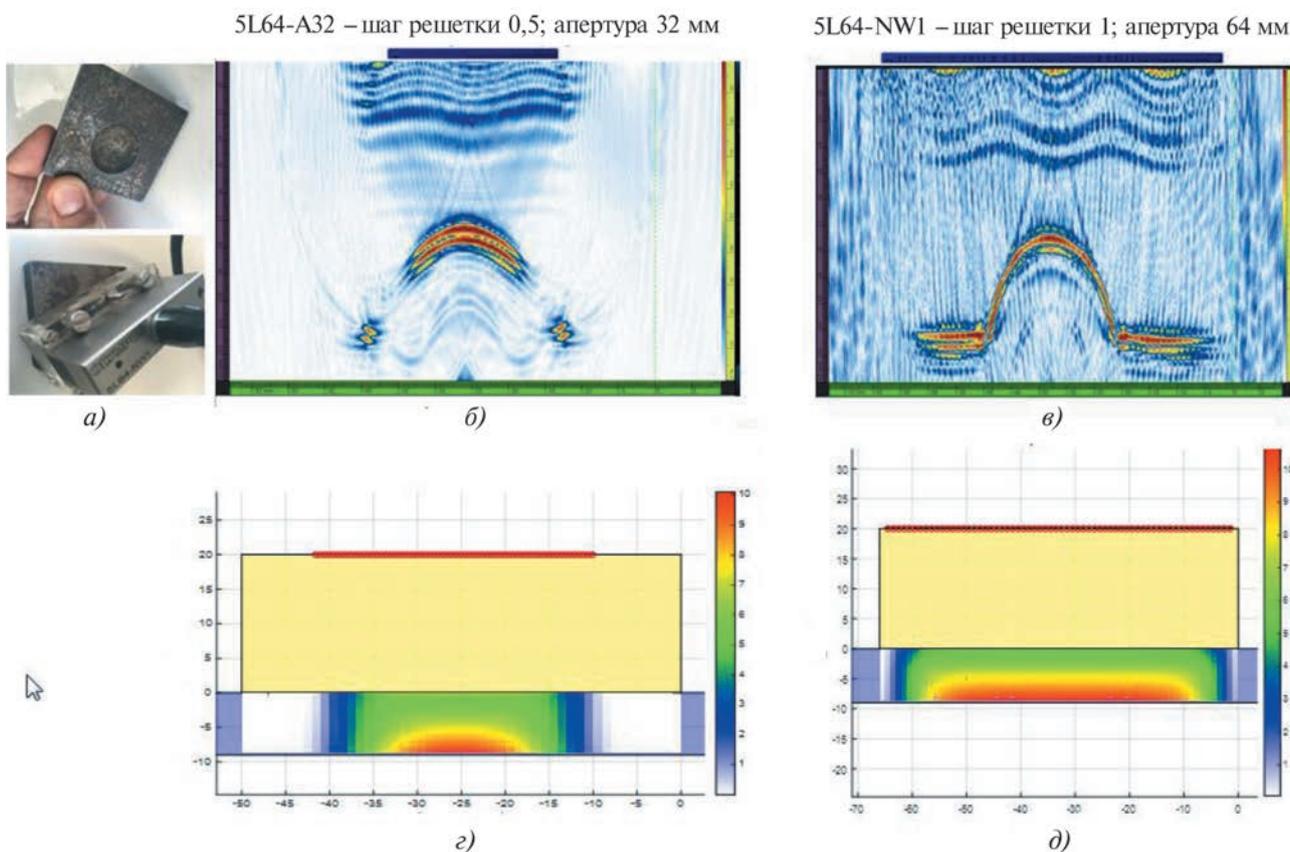


Рис. 10. Расположение образца и ПЭП (а), изображение TFM при ПЭП А32 (б), изображение TFM при ПЭП NW1 (в), моделирование AROI для ПЭП А32 и пути LL волны (г), AROI для NW1 и пути LL-волны (д)

типа повреждения — питтинга или общей коррозии. Большой размер шага также повлияет на направленность, т.е. возможность управления лучом и, следовательно, способность визуализировать острые края, например в случае питтинга.

Для оценки важности шага и апертуры два различных ФР-преобразователя использовали на образце с питтингами с ровными поверхностями. Центральная частота обоих ПЭП составляла 5 МГц, количество элементов 64, размер шага 0,5 и 1 мм соответственно. В обоих случаях применяли призму из реколита.

На рис. 10 б, в показаны результаты TFM-визуализации в двух случаях: малая апертура и малый шаг; большая апертура и широкий шаг. Как и ожидалось, малый шаг обеспечивает лучшую на-

правленность с лучшим отношением сигнал/шум (SNR) при обнаружении острых профилей питтингов. Однако небольшая активная апертура не позволяет получить полное изображение области дефекта. При большей апертуре ПЭП достигается более широкое поле зрения, которое включает всю зону дефекта, с меньшей направленностью, при этом соотношение сигнал/шум для профилей ниже. Объяснение результата явно дается моделированием AROI, которое показывает более широкое акустическое поле с более острыми краями в случае ПЭП А14 по сравнению с ПЭП А32 слева.

Направление распространения УЗ-волны и типы волн при выявлении трещин в сварном шве

Хотя все приведенные соображения можно сделать перед

проверкой, подразумевающей распространение одной волны в режиме импульс-эхо (ТТ или LL, ТТТТ или LLLL), настройка еще более усложняется при рассмотрении тандемного (ТТТ, LLL) или двухрежимного распространения или случаев трансформации волны (ТТЛ, LLТ и т.д.).

Рассматривая симулятор AROI, отмечаем, что не все возможные звуковые пути могут быть использованы с одинаковой эффективностью при обнаружении вертикальных дефектов.

Контроль сварных соединений: вертикальный дефект (трещина)

За счет использования наклонного луча при контроле сварных соединений и последующей трансформации волны



Рис. 11. Экспериментальная настройка для вертикальных дефектов

настройка конфигурации оборудования может быть сложна. Как показано ранее на примере контроля прямым лучом, акустическая область влияния может быть весьма полезным инструментом для выбора оптимальных параметров и настройки контроля. При выявлении вертикальных дефектов AROI показывает, что некоторые направления распространения УЗ-волны (такие, как *TLL*) более подходят для приповерхностных дефектов, тогда как другие (такие, как *TTT*) могут использоваться для выявления дефектов у дальней стенки.

В случае, представленном на рис. 11, для подповерхностного вертикального дефекта согласно AROI (рис. 12) оптимальным является преобразователь А32, 5 МГц с призмой на 55°, поперечная волна с *TLL*-направлением распространения (рис. 13, а). С другой стороны, при аналогичных условиях для выявления дефекта у донной поверхности одним из наиболее эффективных направлений распространений УЗ-волны является *TTT*.

Другая ориентация дефекта требует различных типов волны (режимов) и путей, которые должны рассматриваться алгоритмом TFM. Например, несплавление при скосе кромок 30° лучше всего обнаруживается поперечной волной в режиме импульс-эхо. В зависимости от глубины позиционирования дефекта определенная центральная частота может быть более подходящей, чем другие. На рис. 14 пред-

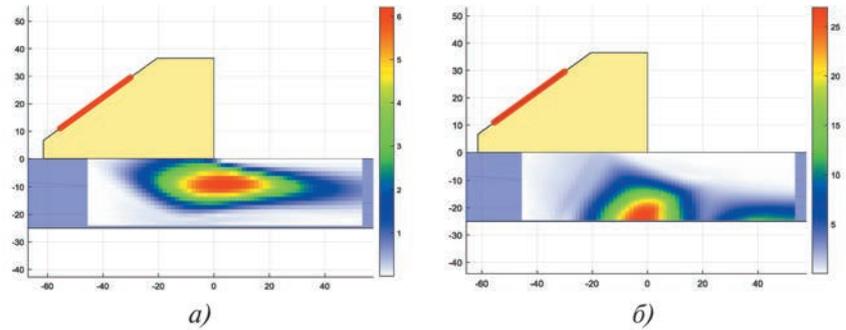


Рис. 12. Оптимизация за счет AROI настройки для обнаружения вертикального дефекта

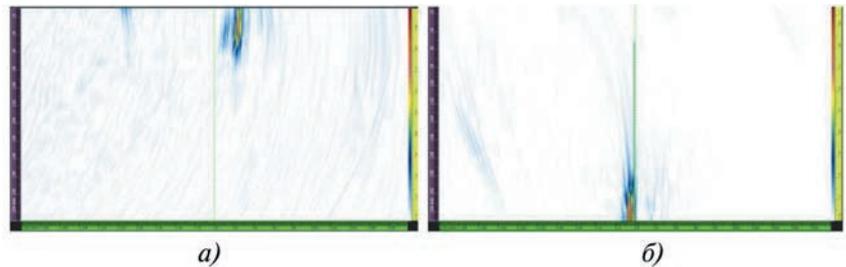


Рис. 13. TFM-визуализация с использованием направлений распространения УЗ-волны *TLL* и *TTT* соответственно для подповерхностного дефекта и дефекта, расположенного у обратной (донной поверхности) стенки

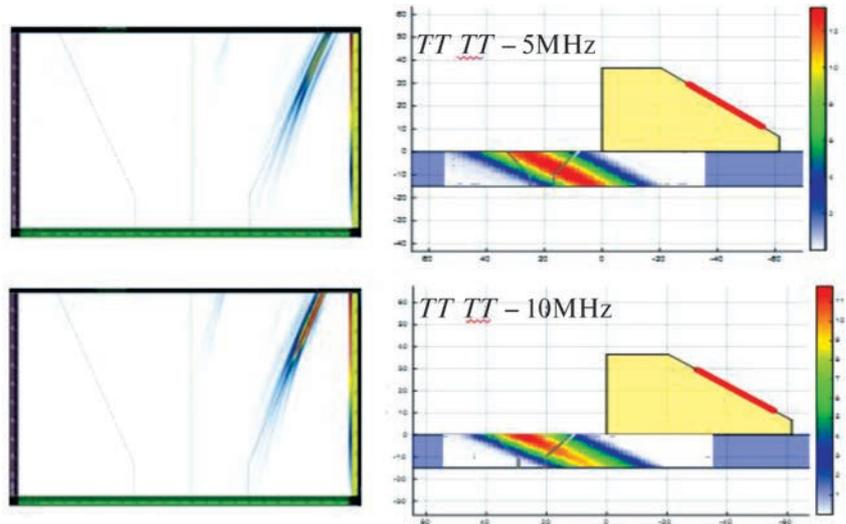


Рис. 14. Выявление несплавления при скосе кромок 30°: TFM-визуализация и AROI моделирование при центральной частоте преобразователя 5 и 10 МГц; используемые ФР-преобразователи: 5L64-A32 и 10I64-A32

ставлены преобразователи с различной центральной частотой, используемые для TFM-визуализации несплавления на боковой стенке при скосе кромок 30°. При одних и тех же параметрах оборудования данные моделирования и TFM-визуализация демонстрируют лучшую чувстви-

тельность при преобразователе на 10 МГц.

Выводы

Параметры преобразователя и призмы, а также направления распространения УЗ-волны и типы волн, учитываемые алгоритмом TFM, могут оказывать суще-

ственное влияние на результаты контроля. Глубокие знания физики ультразвука, законов распространения, отражения, преломления и трансформации звуковой волны в сочетании с опытом дефектоскописта позволяют проводить эффективный контроль методом TFM.

Так как для некоторых областей применения, например контроля коррозии, выбор шага и центральной частоты преобразователя не критичен для получения корректных результатов, неправильный выбор направления распространения УЗ-волны и/или типа волны приведет к пропуску некоторых критичных дефектов в сварных соединениях.

AROI позволяет предварительно оценить эффективность TFM при выбранной комбинации преобразователь/призма для определенного участка интереса

внутри объекта контроля. При контроле прямым лучом коррозии или в ходе инспекции отливков AROI покажет, обеспечивает ли выбранный преобразователь эффективное акустическое поле над исследуемым объемом.

При контроле сварных соединений AROI оценивает акустическую эффективность исходя из выбранного преобразователя и призмы, позволяя оператору оценить эффективность выбранной комбинации ПЭП/призма в пределах сварного соединения и зоны термического влияния (HAZ).

Моделирование различных ситуаций, подтвержденное реальными испытаниями, доказывает, что AROI может быть полезным инструментом не только для оценки эффективности TFM, но и для корректной реализации и применения технологии, т.е. выбора преобразователя и призмы,

их расположения, прогнозирования результатов, составления плана сканирования.

Библиографический список

1. Holmes C., Drinkwater B.W. and Wilcox P. D. Post-processing of the full matrix of ultrasonic transmit-receive array data for non-destructive evaluation // NDT E Int. 2005. V. 38. No. 8. P. 701 – 711.
2. Sy K., Bredif P., Iakovleva E. et al. Development of methods for the analysis of multi-mode TFM images // J. Phys. Conf. Ser. 2018. V. 1017. P. 012005.
3. Chi-Hang Kwan, Guillaume Painchaud-April, Benoit Lepage. TFM Acoustic Region of Influence // ASNT Spring Research Symposium. 2019. P. 122
4. Olympus, Phased Array Probe catalogue. URL: <https://www.olympus-ims.com/ru/probes/pa/>

Серьезнов А.Н., Степанова Л.Н., Кабанов С.И. и др.

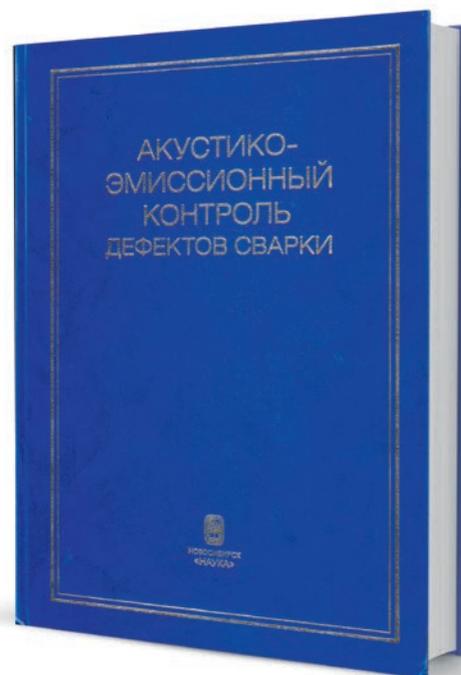
АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ДЕФЕКТОВ СВАРКИ

ISBN 978-5-02-038780-5

Формат - 70x100 1/16, 272 страницы, год издания - 2018.

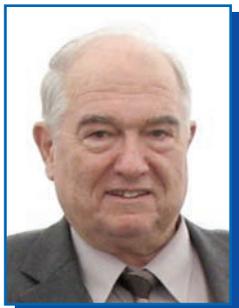
В монографии обсуждаются особенности технологии контроля дефектов сварки методом акустической эмиссии. Анализируется работа пьезопреобразователей. Рассмотрены принципы построения многоканальных микропроцессорных акустико-эмиссионных систем. Приводятся разработанные методы определения координат дефектов в процессе сварки с использованием различных методов кластеризации, в том числе при сварке контуров сложной формы. Изучены особенности технологии акустико-эмиссионного контроля дефектов при ручной и автоматической сварке, лазерной сварке и сварке рельсов. Представлены методики браковки дефектов в процессе сварки методом акустической эмиссии.

Книга предназначена для специалистов и научных работников в области электроники и неразрушающего контроля машиностроительных конструкций, а также преподавателей, аспирантов и студентов вузов соответствующих специальностей.



1300 руб.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ



ТРОИЦКИЙ Владимир Александрович
Д-р техн. наук, профессор, председатель
УО НКТД, академик Международной ака-
демии по НК



КАРМАНОВ Михаил Николаевич
Канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев

Результаты неразрушающего контроля (НК) промышленных объектов ложатся в основу прочностных расчетов конструкций, используются для определения их остаточного ресурса и допустимости дальнейшей эксплуатации, необходимости ремонта [1]. Такой опыт по использованию НК качества материалов и сооружений имеется практически во всех отраслях промышленности всех республик бывшего Советского Союза, имеющих приблизительно одинаковый уровень поддержания удовлетворительного технического состояния многочисленных долгоэксплуатируемых объектов. Описаны технологии НК ИЭС им. Е.О. Патона ответственных долгоэксплуатируемых объектов, интересные для стран СНГ.

Оптоэлектронный визуально-измерительный контроль (ВИК). Наиболее распространенным методом НК является визуальный контроль [1, 2]. Он предшествует всем остальным видам НК. Однако на достоверность визуального НК в значительной степени влияет человеческий фактор (утомляемость, субъективность, снижение внимания и т.п.). Для того чтобы перепроверить, уточнить отдельные результаты ВИК, его надо проводить заново.

Для повышения точности, полноты и объективности ВИК разработаны [3] приборы (рис. 1) для оптоэлектронного визуального контроля, которые позволяют считывать и анализировать изображения поверхности (свар-

ного шва), измерять геометрические параметры фрагментов поверхности, осуществлять беспроводную передачу полученных изображений и запоминать их в цифровом виде. Записи изображений сварных швов (поверхности объекта) в дальнейшем обрабатываются, документируются и архивируются и при необходимости могут быть перепроверены, оценены с позиций международных стандартов [4, 5], например ISO 5817 и ISO 6520.

Пример реализации оптоэлектронного визуального контроля, совмещенного с возможностью магнитного контроля на базе подвижного намагничивающего устройства типа ТВА, показан на рис. 1. Устройство имеет:

лазерный измеритель ширины шва, подсветку околошовных зон, миниатюрную USB-видеокамеру, в качестве монитора и регистратора используется смартфон. Устройство может подключаться к компьютеру или иметь с ним Wi-Fi-связь. На съемном смартфоне оператор наблюдает в 2–3 раза увеличенное (см. рис. 1) изображение сварного шва, перемещающая прибор по поверхности со скоростью до 3 м/мин. Поскольку в качестве легко перемещаемой платформы для ВИК использовано подвижное намагничивающее устройство (НУ) с полюсами в виде больших дисков (Ø 140 мм). Поэтому этот ВИК-прибор (см. рис. 1) имеет высокую проходимость и может при



Рис. 1. Оптоэлектронный прибор ВИК/ТВА-1 для визуального контроля на базе подвижного намагничивающего устройства:

1 – светолазерная подсветка ширины сварного шва околошовной зоны; 2 – настроечные винты для регулировки ширины и высоты светолазерной подсветки; 3 – видеокамера с подсветкой, расположение которой регулируется по высоте; 4 – тумблер включения светолазерной подсветки; 5 – разъем для зарядки аккумулятора и магнитный держатель для смартфона (планшета); 6 – кабель (5 м), соединяющий видеокамеру и монитор; разъем USB/mikroUSB с включаемой подсветкой (на рис. не показан); 7 – ручка-контейнер, внутри которой находятся аккумуляторы; 8 – дискообразные магнитные полюса намагничивающего устройства ТВА-1, на котором смонтированы средства для ВИК

необходимости быть использован для локального магнитопорошкового контроля (МПК).

Одной зарядки смартфона и других элементов хватает для обеспечения непрерывной работы устройства на протяжении 6–8 ч. До начала работы включают светолазерную подсветку и запускают программу на смартфоне AN 97. Далее включается веб-камера, в которой имеется собственная внутренняя подсветка.

Запись фото и видео контрольно-диагностического процесса происходит с помощью стандартной программы смартфона (планшета). При выполнении сбора данных о поверхности, по которой перемещается устройство, камера находится на расстоянии 5–8 см от поверхности. При этом обычно изображение шва на экране монитора имеет дву-

кратное увеличение. Видеозапись поверхности объекта происходит с включенными видеокамерой и лазерными измерителями ширины сварного шва, что помогает оперативному принятию решения.

Данный прибор оснащен камерой высокого разрешения с комбинированным разъемом USB/mikroUSB.

Устройство ВИК/ТВА-1 имеет следующие характеристики:

- скорость записи ВИК информации 3 м/мин;
- USB-видеокамера, матрица камеры CMOS 2,0 Мп;
- разрешение (видео или фото): 1280×960, 1280×720, 640×480;
- допустимая скорость видеопотока до 30 кадр./с;
- LED-подсветка (управление подсветкой с помощью кнопки);
- время непрерывной работы 6 ч;
- длина эндоскопического кабеля для работы в закрытых полостях со съемной видеокамерой 5 м.

На рис. 2 показан процесс ВИК с использованием прибора ВИК/ТВА-1 и фрагменты сварных швов днища резервуара на 200 м³, установленного на антарктической станции «Академик Вернадский».

Оптоэлектронные записи изображений сварных швов, полученные с помощью данного прибора, обрабатывают с использованием цифровых программ анализа изображений. На большом экране стационарного компьютера можно как многократно увеличить масштаб изучаемой зоны, так и давать информативную оценку дефектам в соответствии со стандартами ISO 6520-1:2015 и ISO 5817.

Существует также возможность доукомплектации прибора другими измерительными средствами, например такими, которые позволяют оценивать напряженное состояние локальных зон металлоконструкций.

Такие устройства для визуального и магнитопорошкового НК изготавливаются в разных модификациях с учетом пожеланий заказчика, по согласованным техническим заданиям.

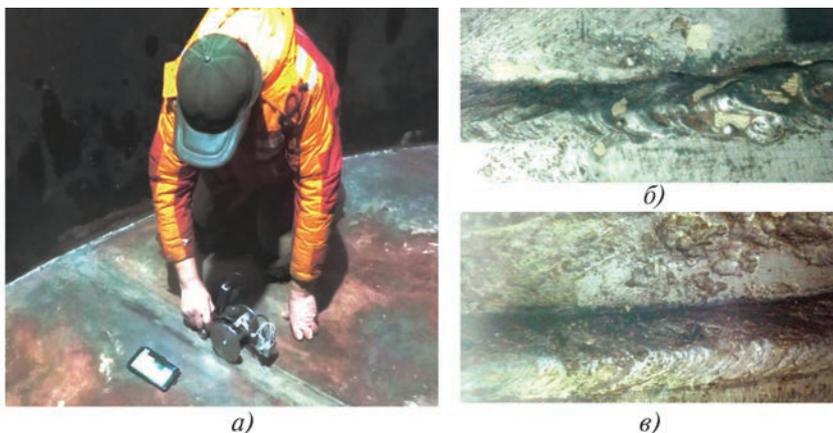


Рис. 2. Применение ВИК/ТВА-1 (а) внутри резервуара 200 м³ на станции «Академик Вернадский»; б, в – коррозия сварного соединения и околошовной зоны

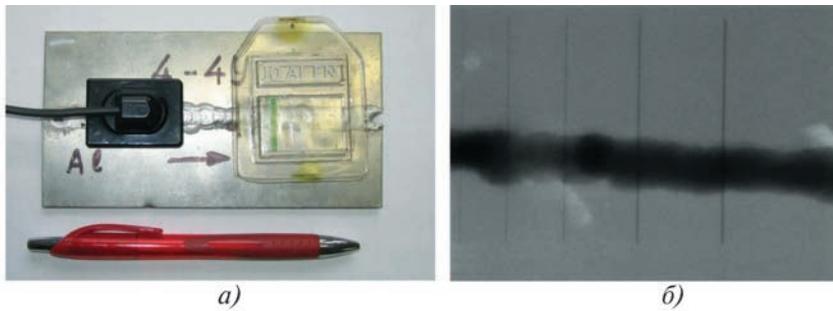


Рис. 3. Рентгентелевизионный (а) сенсор S10811-11 на алюминиевом образце и изображение (б) сварного соединения (алюминий, толщина 2 мм) с использованием этого сенсора

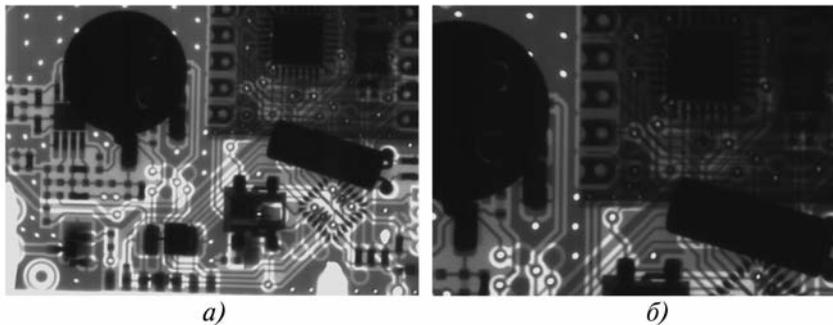


Рис. 4. Рентгеновское изображение печатной платы (а) и 1,5-кратное его увеличение (б), полученное с помощью миниатюрного R-преобразователя

ВИК/ТВА имеет съемную веб-камеру. Это позволяет осматривать закрытые полости, включая баки, цистерны и другие объекты, находящиеся на расстоянии до 5 м от устройства. Измерение ширины шва и удаленных элементов конструкции можно проводить с помощью двух параллельных лазерных лучей, имеющих в приборе. При изучении сварных швов обеспечивается подсветка наиболее опасных околошовных зон, в которых могут быть трещины, подрезы и т.п. дефекты.

Преимуществами такого оптоэлектронного визуально-измерительного контроля являются: объективность, скорость и достоверность полученной информации обо всех внешних особенностях сварного шва, цифровая обработка изображений. В результате снижается влияние человеческого фактора на результаты НК, достигается объективная оценка классности В, С, D по ISO 5817.

Новые возможности в дефектоскопии геометрически сложных конструкций открывает **X-ray mini-технология** на основе недорогих малогабаритных твердотельных плоскочастотных детекторов [6–10]. Для этих целей в ИЭС им. Е.О. Патона успешно используется миниатюрный твердотельный рентгентелевизионный сенсор S10811-11 японской фирмы Hamamatsu Photonics (зона контроля 24×34 мм, разрешающая способность 25 мкм), показанный на рис. 3. Суммарная радиационная толщина контролируемого изделия для этого преобразователя определяется напряжением на рентгеновской трубке 70 кВ, что позволяет просвечивать алюминиевые сплавы толщиной 4–5 мм и стали – 2 мм. На рис. 3, а показан этот миниатюрный R-преобразователь на фоне проволочного пенетрометра и шариковой ручки. Этот преобразователь широко применяется в стоматологии.

На рис. 4–11 показаны примеры использования миниатюрных R-преобразователей для различных новых радиационных технологий без дорогих крупноформатных твердотельных полупроводниковых и радиоскопических преобразователей.

Как в стоматологии, так и в технике миниатюрные полупроводниковые преобразователи вытесняют пленочную радиографию. На рис. 4 показаны цифровые изображения электронных плат и чипов, которые могут быть представлены при 7–10-кратном их увеличении с помощью преобразователя по рис. 3.

Сверхвысокая разрешающая способность используемой полупроводниковой матрицы позволяет выполнять цифровое увеличение полученного рентгеновского изображения на экране компьютерного монитора без снижения его качества при этом. Минимальный размер выявляемых дефектов составляет 25–50 мкм.

С развитием портативного рентгентелевидения на основе миниатюрных полупроводниковых преобразователей должно уменьшаться количество взрывов в гражданских и промышленных газифицированных помещениях, которые часто происходят во всех странах СНГ. Непровары сварных швов, зазоры в соединительных газовых муфтах, являющиеся основными источниками утечек газа и последующих взрывов, могут быть теперь легко обнаружены (рис. 5) с помощью таких сенсоров. Дело в том, что утечки газа через закрашенные, зашлакованные негерметичности, допущенные при изготовлении в газовых сетях, проявляются со временем, часто после длительной и благополучной эксплуатации. Этих страшных аварий будет меньше с повышением технической культуры.

Технология контроля труб малого диаметра с использованием

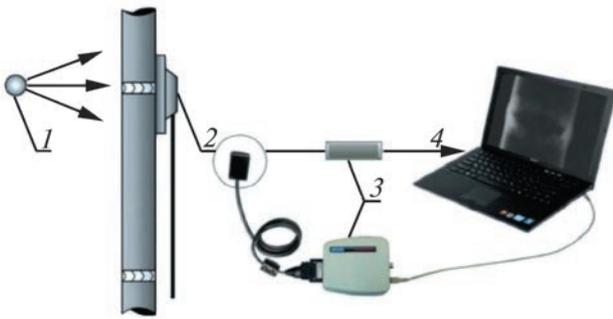


Рис. 5. X-ray mini-технология контроля труб малого диаметра:
1 – источник излучения; 2 – миниатюрный твердотельный преобразователь; 3 – блок передачи цифровых изображений; 4 – цифровое рентгеновское изображение на экране монитора



Рис. 6. Структурная схема портативной цифровой рентгентелевизионной системы, способной с помощью миниатюрного преобразователя и механического сканера контролировать объекты большой протяженности

миниатюрных твердотельных преобразователей (см. рис. 5) открывает новые возможности для дефектоскопии не только в газовом хозяйстве, но и при обследовании различных теплообменников, в тех случаях, когда ультразвуковая толщинометрия беспомощна.

Ждут подобных технологических решений многочисленные стыковые монтажные швы при строительстве высотных зданий. С отменой ванной сварки строительной арматуры, которая проверялась с помощью УЗК, теперь механические соединения арматуры, заменившие сварку, не имеют технологии НК. Их можно контролировать так, как показано на рис. 5, и оценивать зазоры между соединенными частями арматуры по смартфону, на экране телефона.



Рис. 7. Рентгенограмма протяженного сварного соединения длиной 200 мм, полученная сшиванием девяти цифровых изображений формата 24×35 мм

Портативное рентгентелевидение незаменимо для оценки содержимого в системах безопасности.

Для контроля протяженных объектов на основе минидетектора был разработан недорогой прецизионный рентгентелевизионный сканер протяженных объектов (см. рис. 6). Здесь в качестве электропривода линейного сканера используется шаговый двигатель и направляющие, по которым перемещается миниатюрный R-преобразователь.

Отдельные фрагменты цифровых рентгеновских изображений малого размера 24×35 мм, полученные с помощью миниатюрного сенсора (см. рис. 3) при сканировании протяженного контролируемого объекта, сшиваются программно в один общий протяженный рентгеновский снимок (рис. 7), длина которого может быть значительно больше, чем размеры стандартных полупроводниковых панелей, рентгеновских пленок и т.п.

Такая технология контроля с использованием линейного сканера по крайней мере на порядок дешевле известных в настоящее время полноформатных полупроводниковых панелей.

С появлением миниатюрных твердотельных преобразователей разработаны новые R-технологии, сочетающие контактную (М 1:1) и бесконтактную радиографию (М 1:10). Увеличенный масштаб М отдельных фрагментов на контактном снимке расширяет возможности дефектоскопии.

Переход на миниатюрные твердотельные преобразователи и соответствующие технологические решения, описанные в наших работах [6, 7], вызвал большой интерес у западных специалистов, в том числе в США, читающих журнал The NDT Technician, издаваемый американским обществом ASNT.

Благодаря небольшим размерам миниатюрный твердотельный детектор может быть размещен в труднодоступных или стесненных пространствах, а также перемещаться вдоль сложной поверхности контролируемого объекта. При этом прилегание к поверхности необязательно. Возможность перемещать, удалять и приближать миниатюрный твердотельный преобразователь к объекту открывает новые технологические возможности в дефектоскопии.

Технические возможности для промышленного применения малогабаритного твердотельного детектора S10811-11 в X-ray mini технологии представлены в табл.1.

При просвечивании образцов аппаратом РАП 150/300 его рентгеновская трубка работала в режиме малого фокуса, фокусное расстояние устанавливалось 600 – 700 мм. При работе с аппаратом



Рис. 8. Цифровое изображение фрагмента сотовой конструкции закрылка самолета с локализацией дефектного участка для подробного исследования с помощью детектора S10811-11

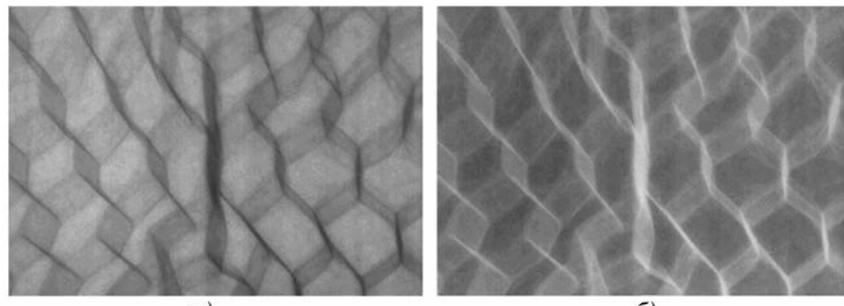


Рис. 9. Цифровые изображения дефектного участка сотовой конструкции закрылка крыла самолета, полученные с применением миниатюрного преобразователя типа S10811-11: а – позитив; б – негатив

РЕИС-100И, учитывая его малую мощность и малый размер фокусного пятна, фокусное расстояние устанавливалось равным 100 мм. Во всех режимах просвечивания анодное напряжение рентгеновских трубок не превышало 70 кВ, для стальных образцов использовался проволоочный эталон 11 (ГОСТ 7512–82), а для алюминиевых образцов – проволоочный эталон 22 (ГОСТ 7512–82).

Чувствительность по проволоочному эталону для стали толщиной 1,5 мм составила значение 0,063 мм, т.е. не уступает чувствительности, достигаемой в настоящее время радиографией с промежуточными носителями информации (пленки, запоминающие пластины).

Для дефектоскопии больших площадей старых сотовых конструкций разработана технология, состоящая из следующих операций. Контактным путем делается флюороскопический снимок большой площади, например до 1 м² за одну экспозицию. Это изображение выводит-

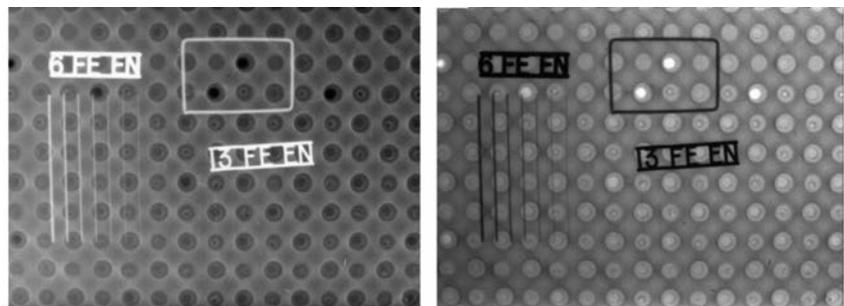


Рис. 10. Цифровые изображения образца с двойной точечной сваркой с локализацией участка для исследования с помощью твердотельного преобразователя S10811-11: а – негатив; б – позитив

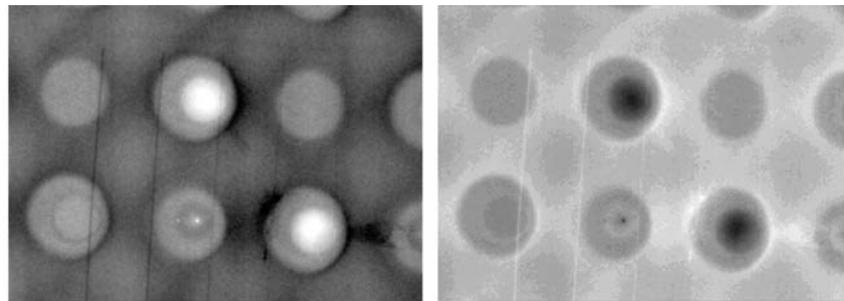


Рис. 11. Цифровые изображения в семикратном увеличении дефектного участка образца с двойной точечной сваркой, полученные с применением твердотельного преобразователя типа S10811-11: а – негатив; б – позитив

1. Результаты просвечивания сварных швов с использованием стоматологического преобразователя S 10811-11

Толщина шва, мм	Материал	Тип РАз	U_a , кВ	I_a , мА	Фокусное расстояние, мм	Время экспозиции, с	Чувствительность по проволочному эталону, мм
1,5	Сталь	РАП 150/300	60	4,00	600	20	0,063
1,5	Сталь	РЕИС-100И	65	0,04	100	20	0,063
2, 0	Алюминий	РАП 150/300	50	3,70	700	10	0,100

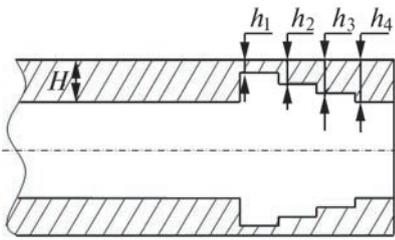


Рис. 12. Эскиз трубных образцов разного диаметра (6 типов) с внутренними проточками

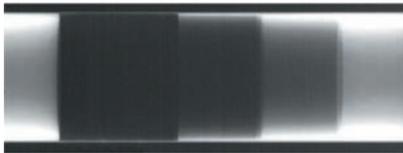


Рис. 13. Рентгенограмма трубы $\varnothing 32$ мм с проточками

ся на экран монитора, где намечаются подозрительные зоны (рис. 8) для более тщательного изучения. В качестве примера на рис. 8 приведено крупноформатное общее изображение изучаемой сотовой конструкции, полученное с помощью рентгенотелевизионной системы РТВ-03 с размером большого поля 160×120 мм на основе рентгеновского экрана Gd₂O₂S(Tb) и высокочувствительной ПЗС-камеры. Далее проводится разметка дефектных участков, которые предполагается детально исследовать с высокой пространственной разрешающей способностью с помощью твердотельного миниатюрного детектора S10811-11. На рис. 8 один такой дефектный участок, размеры которого выбираются равными размерам детектора S10811-11, обведен белой линией.

По этой разметке проводится просвечивание с увеличенным масштабом выделенного дефектного участка сотовой конструкции с применением миниатюрного детектора S10811-11. В результате такого просвечивания (рис. 9) изучено внутреннее смятие сотовой структуры.

На рис. 10 приведены результаты контроля по подобной тех-

2. Результаты измерения толщины стенок проточек (мм) образца трубы $\varnothing 32$ мм

Проточка	Обозначение	Метрология	Измерение, мм	
			визуальное	компьютерное
1-я	h_1	0,34	0,4	0,348
2-я	h_2	0,77	0,8	0,768
3-я	h_3	1,32	1,5	1,346
0-я	h_4	2,02	2,1	1,940

нологии трехслойного образца из нержавеющей стали с двойной точечной сваркой.

Вначале так же, как и при контроле сотовой конструкции самолета, проводится контактное просвечивание образца с помощью рентгенотелевизионной системы РТВ-03. Полученные таким образом на экране монитора цифровые изображения образца с точечной сваркой представлены на рис. 10 (*a* – негатив; *b* – позитив). Далее выделяют проблемные (дефектные) участки, которые изучают с помощью миниатюрного детектора. На рис. 10, *a* такой участок обведен белым прямоугольником. Судя по рис. 10, имеются несколько зон, заслуживающих более тщательного изучения.

На рис. 11 приведены результаты такого просвечивания как на негативном, так и на позитивном изображениях. Здесь четко видны недопустимые выплески металла, характерные для нарушений технологии этого вида точечной сварки. Эти выплески металла, их форма практически не выявляются на контактных изображениях (см. рис. 10). Так фактически сочетается контактная радиоскопия с радиационной микроскопией.

В ИЭС им. Е.О. Патона совместно со специалистами Запорожской АЭС были проведены работы по определению остаточной толщины стенки старых теплообменных труб с применением тангенциального [10] просвечивания, для которых ультразвуко-

вая толщинометрия беспомощна. Исследовались возможности тангенциального метода на трубах с диаметрами $\varnothing 32, 38, 57, 76, 89, 108$ мм. Для этого были изготовлены образцы с проточками, показанными на рис. 12 для трубы $\varnothing 32$ мм. Рентгенограмма этого образца представлена на рис. 13. Результаты измерений толщины стенки этого образца сведены в табл. 2.

Метрология образцов труб выполнена Киевским центром стандартизации, метрологии, сертификации (ДП «Укрметртестстандарт») согласно ДСТУ ГОСТ 6507.

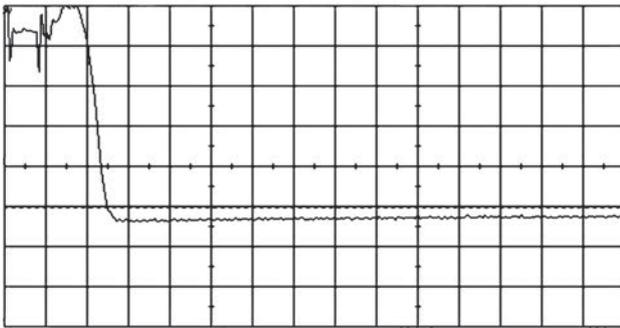
Визуальные результаты измерения толщин стенок труб при тангенциальном просвечивании выполнены на негатоскопе по радиографическим снимкам с использованием измерительной лупы. Оказалось, что эти результаты относительно плохо коррелируются с метрологией. Поэтому для повышения точности измерения толщины стенок было разработано программное обеспечение с цифровой компьютерной обработкой рентгеновских снимков, которая увеличила точность измерений толщины стенки труб. Таким образом, при тангенциальном просвечивании достигнута точность не хуже 10 %, что устроило заказчиков такой технологии.

Дальнейший низкочастотный ультразвуковой контроль (НЧ УЗК) [10] кардинально решает проблемы старых технологических трубопроводов. Так,

успешно дается оценка старения металла на основе анализа глубины прохождения ультразвука через металл, допустимости его для дальнейшей эксплуатации. Работы по НЧ УЗК нашли практическое применение при диагностировании со-



а)



б)

Рис. 14. Демонтированный участок трубопровода длиной 5,2 м (а) и его эхограмма (б)

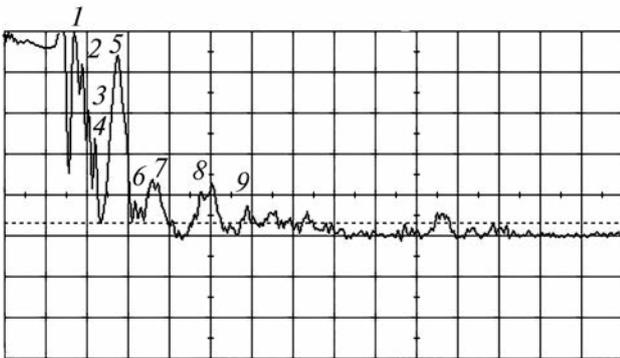


Рис. 15. Осциллограмма трубы при шурфовании

стояния старых теплотрасс. Например, на подводящем районном участке теплотрассы диаметром 325 мм после гидроиспытаний был определен участок утечки в теплопроводе. Эхограмма его (рис. 14) показала полную деградацию, потерю упругости металла. После шурфования была проведена замена дефектного отрезка трубы. Демонтированная труба в результате коррозии имела утонения на 80–90 % толщины стенки трубы. После ее замены при повторных гидроиспытаниях обнаружилась утечка на следующем участке трубопровода, примыкающем к сваренному отрезку новой трубы длиной 5,2 м. Эхограмма второй старой трубы оказалась лучше. В ней пошел ультразвук (рис. 15), т.е. металл трубы еще сохранил упругость твердого тела.

На эхограмме второй трубы на рис. 15 имеется много эхосигналов отражателей. В частности: 1 – сварной шов сварки конца новой трубы к трубопроводу, заменившей изъятую; 2, 3, 4 – сквозные отверстия: 2 – 40×30 мм; 3 – 60×30 мм; 4 – 40×40 мм; 5 – сварной радиальный шов; 6 – коррозия; 7 – отверстие 50×20 мм; 8 и далее – следуют индикации акустических отражателей за пределами шурфа. Измерения расстояний до дефектов и сравнение их с измерениями рулеткой показаны в табл. 3. Расстояния от антенны до отражателей указаны в микросекундах и метрах, рассчитанные по формуле

$$L = vt/2,$$

где t – время прохождения отраженного эхосигнала на осциллограмме, v – скорость распространения ультразвука (3250 м/с). Результаты измерений рулеткой и по эхограммам достаточно хорошо совпадают, т.е., не вскрывая трубопровод, можно определить, где находятся серьезные дефекты.

На рис. 16 показаны дефекты этого участка трубопровода (см. рис. 15, табл. 3).

Для всех стран СНГ, имеющих приблизительно равное наследие по старым металлоконструкциям, интересен прагматичный новый подход к их диагностике. Трещинообразование, корро-

3. Сравнение результатов измерения расположения отражателей на эхограмме

Проточка	№ индикации эхосигнала									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
По эхограмме, мс	3,18	3,62	4,12	4,37	4,74	5,68	7,17	9,73	10,40	12,0
По эхограмме, м	5,08	5,79	6,59	6,99	7,58	9,09	11,47	15,57	16,64	19,2
Рулеткой, м	4,78	5,68	6,71	6,83	7,34	8,88	10,58	–	–	–

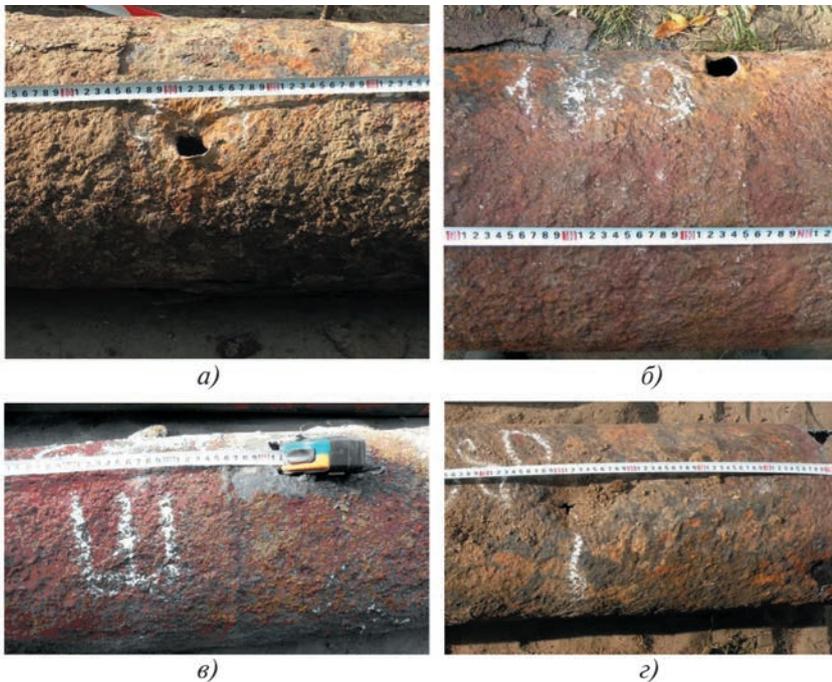


Рис. 16. Дефектные участки трубопровода, указанные в табл. № 3: дефект на расстоянии: а – 90 см (2); б – 195 см (3); г – 5 м + 80 см (7); в – шов на расстоянии 256 см (5)

зионное поражение и старение металла являются основным бичом долгоэксплуатируемых металлоконструкций. Чаще всего эти сооружения имеют неблагоприятные условия для хорошей зачистки поверхности зон контроля. Для решения проблем оценки целесообразности продолжения эксплуатации, качества старых объектов предлагается оценить в них наличие крупных трещин, больших коррозионных поражений, т.е. выполнить нетрадиционную упрощенную дефектоскопию. Строгая и точная дефектоскопия, выполняемая по стандартным правилам [1], может быть дороже остаточной стоимости старого объекта.

Такой подход [11] к судьбе старого объекта реализуется без зачистки его поверхностей через защитные слои различных покрытий, а диагностика не отличается высокой чувствительностью, которая часто не нужна для старых металлоконструкций, подлежащих демонтажу,

если у них есть серьезный дефект.

Для определения остаточного ресурса, сохранения или демонтажа старых конструкций важен оптоэлектронный [2] визуальный контроль с использованием, например, устройств, аналогичных показанным на рис. 1, и поиск скрытых крупных дефектов без особой подготовки объекта. Только после выполнения этих двух процедур можно принимать правильное решение о дальнейшей судьбе старого сооружения, целесообразности точной, подробной его дефектоскопии и подготовки предложений о дальнейшей судьбе старой конструкции.

Библиографический список

1. **Неразрушающий контроль:** справочник: в 8 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 1. Визуальный и измерительный контроль. Кн. 1 / Ф.Р. Соснин. 2-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 2008.

2. Троицкий В.А., Литвиненко В.А. Устройство для быстрого и точного визуального контроля протяженных металлоконструкций // Сварщик. 2019. № 4. С. 38 – 42.
3. Троицкий В.А. Визуально-измерительный контроль протяженных металлоконструкций на основе подвижных магнитных систем // Монтажные и строительные работы. 2018. № 4. С. 2 – 8.
4. **ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012.** Классификация дефектов геометрии и сплошности в металлических материалах. Ч. I. Сварка плавлением: ISO 6520-1:2007. М.: Стандартинформ, 2014.
5. **ГОСТ Р ИСО 5817-1–2009.** Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением, уровни качества: ISO 5817:2003. М.: Стандартинформ, 2011.
6. Troitskiy V.A. Quik Industrial X-ray Testing without Intermediate Data carriers of Information, ASNT // The NDT Technician. 2016. V. 15. No. 4.
7. Troitskiy V.A. Perspective of development of radiation testing of Welded joints // 19th WCNDT-2016, Munich, Germany, 2016.
8. Troitskiy V.A. Digital radiographic systems for NDT of Welding joints // 12th ECNDT conference. Gothenburd, 2018, June, 11 – 15. Gothenburd, 2018.
9. Troitskiy V.A. Indust X-ray testing without intermediate data carriers of information // Badañja Nieniszczace Diagnostyka. 2018. No. 2. P. 29 – 34.
10. Troitskiy V.A. Non-destructive testing of multilayers welded structures // Insight. 1997. V. 39. No. 9. European IS.
11. Jinhao Ge, Wei Li, Guoming Chen. Analysis of signals for inclined crack detection through alternating Current field measurement with a U-shaped probe // Insight. 2017. V. 59. No. 3. ■

КОГЕРЕНТНАЯ АДАПТИВНАЯ ФОКУСИРОВКА (CAF) ДЛЯ КОНТРОЛЯ КОМПОЗИТОВ СО СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ



БОРИСКОВ Юрий Васильевич

Ведущий инженер,
АО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ», Москва

В конструкциях новых моделей авиационной техники количество применяемых композитных материалов постоянно увеличивается из-за их малой массы, высокой прочности и коррозионной стойкости. В соответствии с основными требованиями к планеру — обеспечением высокой стойкости к полетным нагрузкам и снижением массы конструкции — композитные элементы планера часто имеют большие габариты. Наряду с плоскими поверхностями такие детали имеют зоны со сложной нелинейной геометрией, что обеспечивает жесткость конструкции в нужных местах и требуемые аэродинамические свойства. Необходимо обеспечивать контроль всех зон с криволинейной поверхностью, однако применения обычного метода фазированных решеток (ФР) [1] в таких случаях бывает недостаточно.

Чтобы соответствовать текущим тенденциям в самолетостроении, дефектоскопы на ФР [1] развиваются параллельно с потребностями авиационной промышленности. Реализация улучшенной стратегии контроля криволинейных поверхностей получила название *когерентная адаптивная фокусировка* (Coherent Adaptive Focusing CAF). Метод CAF упрощает контроль зон со сложной геометрией, переменных радиусных углов, загнутых и конических композитных конструкций, а также компенсирует смещение ФР-преобразователя во время сканирования.

Такие детали планера, как лонжероны, стрингеры, балочные перекрытия, обтекатели и др., имеют очень сложную геометрию с точки зрения пригодности для контроля ультразвуковыми методами. Изменяющаяся форма поверхности таких деталей не позволяет обеспечить хороший акустический контакт, который необходим для полноценного ультразвукового контроля. Ввиду анизотропных свойств контроль многослойных композитов проводят продольными ультразвуковыми волнами. Угол ввода луча должен быть строго перпендикулярен поверхности в каждой точке входа. Если условие перпендикулярности соблюдается, то общий фронт лучей от всех элементов ФР будет параллелен поверхности ввода. Это обеспечивает наилучшее качество данных контроля. Чтобы соблюсти перпендикулярность падения ультразвуковых лучей, сегодня

применяются различные механические сканеры или роботы, но использование таких сложных устройств не дает гарантии полного исключения пропуска данных во время контроля.

Большим преимуществом метода ФР является возможность настройки преобразователей под индивидуальные стратегии контроля [2, 3]. Ключевой принцип луча, создаваемого ФР-преобразователем, можно резюмировать следующим образом: группа элементов ФР возбуждается с помощью программируемых задержек передачи [1] импульсов. Это позволяет получить нужную апертуру, желаемые характеристики луча/волнового фронта (рис. 1). Угол наклона и глубина фокусирования ультразвукового луча могут регулироваться путем создания мультиплексором задержек передачи импульсов отдельными элементами ФР или группами элементов. Управление лучом

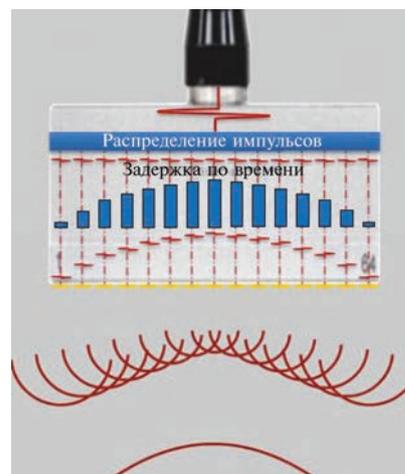


Рис. 1. Генерация формы фронта ультразвуковой волны

позволяет выполнять контроль под разными углами наклона и/или в разных точках глубины с помощью одного ФР-преобразователя без его перемещения [4].

Во время контроля методом ФР генерация лучей основана на фиксированной модели, рассчитанной по заранее введенным в прибор параметрам. Этот процесс генерации является предопределенным. Временные задержки передачи и приема импульсов рассчитываются исходя из известных параметров:

- геометрии объекта контроля;
- расстояния между ФР-преобразователем и поверхностью ввода;
- ориентации ФР-преобразователя и т.д.

Для большинства плоских или почти плоских объектов контроля достаточен подход, применяемый в стандартных дефектоскопах на ФР. Но когда объект контроля имеет большую кривизну или его форма отличается от номинальной из-за широкого диапазона принятых допусков, стратегия контроля с предопределенными законами задержек передачи и приема импульсов уже неэффективна. Чтобы преодолеть ограничения дефектоскопов на ФР для контроля многослойных композитов, в Olympus Scientific Solutions Americas разработали метод когерентной адаптивной фокусировки (CAF), который быстро завоевал популярность в авиационной промышленности. Метод CAF помогает решить следующие проблемы:

- адаптации формы ультразвукового фронта к поверхности ввода в режиме реального времени;
- упрощения контроля криволинейных зон с малым радиусом с переменными значениями;
- совместимости метода с линейными ФР и ФР вогнутой формы [1] существующих моделей;
- производительности и скорости контроля, эквивалентными

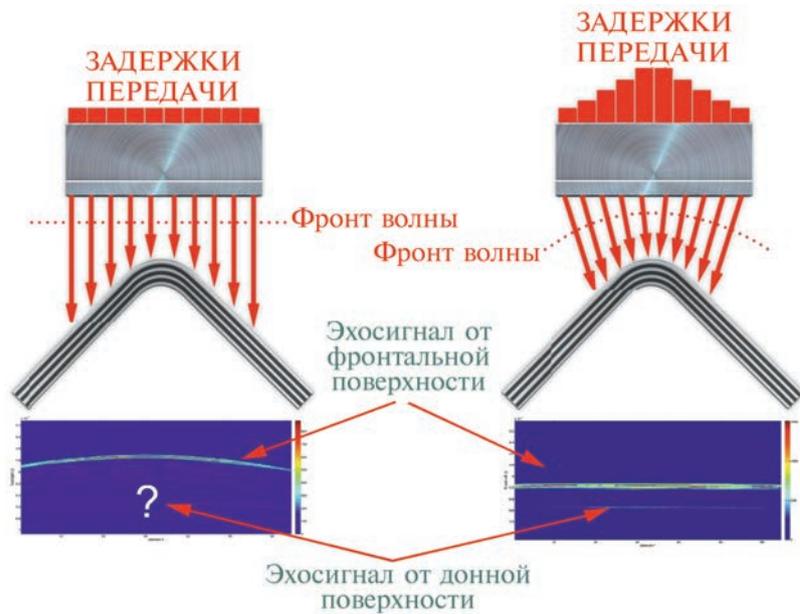


Рис. 2. Фронт волны с использованием предопределенных настроек (слева), ниже построенные данные контроля на основе этого подхода; фронт волны с применением алгоритма CAF (справа), ниже построенные данные контроля на основе алгоритма CAF

использованию метода ФР с предопределенными настройками;

- компенсации смещения ФР-преобразователя;
- получения данных контроля хорошего качества без пропусков.

Метод CAF позволяет генерировать ультразвуковые лучи таким образом, что общий волновой фронт принимает форму, параллельную поверхности, например конической. При этом не имеет значения, используется ли линейная ФР или ФР вогнутой формы. Принцип проиллюстрирован на рис. 2. Слева на этом рисунке в нижней части наблюдаются эхосигналы только от поверхности ввода, которые повторяют ее кривизну. Данные получены с использованием предопределенных настроек. Как видно из этого рисунка, донный сигнал не наблюдается, а это значит, что зона не пригодна для контроля. Для получения данных контроля на правом изображении рис. 2 был применен CAF. На изображении данных контроля видно, что задерж-

ки передачи и приема скорректированы таким образом, что эхосигналы от поверхности ввода и донной поверхности «выпрямились» и хорошо просматриваются. Это гарантирует возможность проведения контроля и выявление дефектов в этой зоне.

Существует несколько алгоритмов с адаптивной фокусировкой [1], некоторые из которых были представлены в статьях еще в 1995 г. [5], а затем получили развитие в 2011 г. [6] и 2013 г. [7]. Метод когерентной адаптивной фокусировки, описываемый в этой статье, использует другой алгоритм, который состоит из нескольких шагов [8].

Первый шаг – это установка ФР-преобразователя в зону контроля и одновременное излучение всеми доступными элементами ФР ультразвуковой волны без каких-либо задержек передачи (рис. 3, а). Таким образом, фиксируется точка отсчета во времени, когда сигнал был запущен. После этого выполняется запись элементарных эхосигналов от поверхности, приходящих на каж-

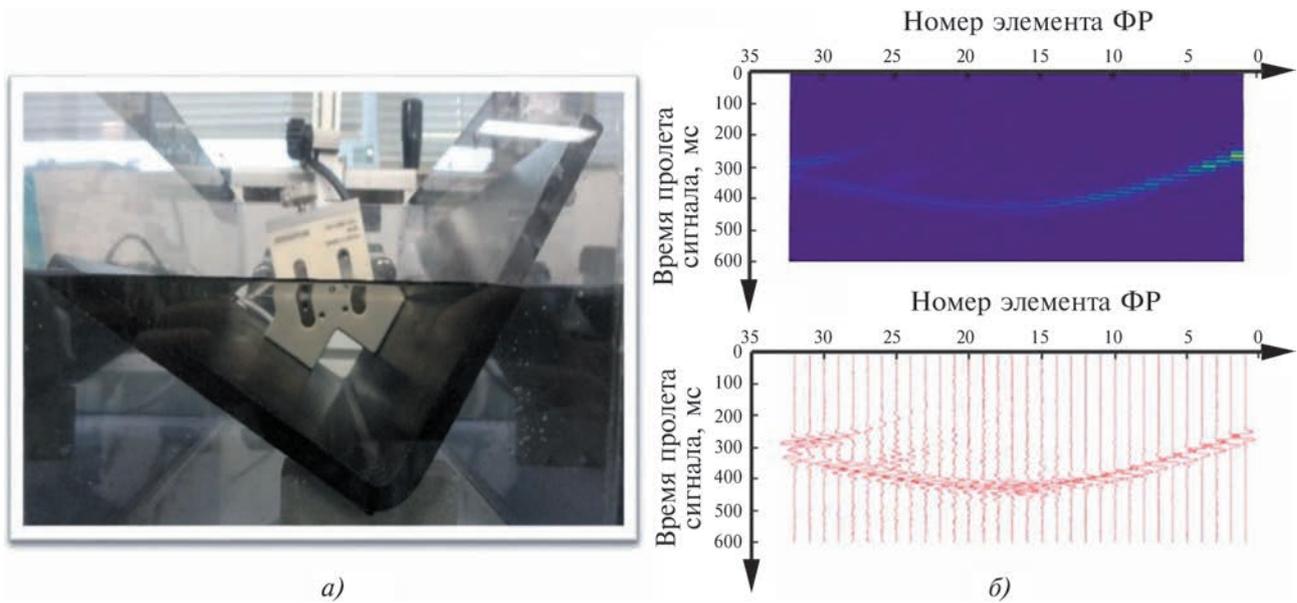


Рис. 3. Размещение преобразователя в зоне сложной геометрии (а) и элементарные эхосигналы, зафиксированные каждым элементом ФР (б)

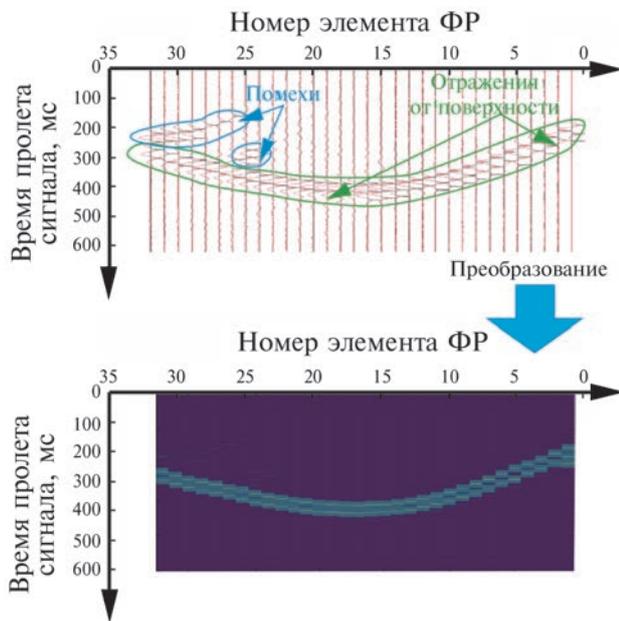


Рис. 4. Сопоставление и преобразование сигналов

дый элемент ФР. Фиксируется время, затраченное с момента излучения всеми элементами ФР до приема каждого эхосигнала каждым отдельным конкретным элементом ФР (рис. 3, б) [8].

Второй шаг – это сопоставление всех потенциальных точек поверхности, от которой получены эхосигналы. В зависимости от положения и геометрии ФР-преобразователя и объекта контроля иногда возможно наличие шумовых сигналов (рис. 4). При преобразовании данных

весь шум отсеивается, а полезный сигнал усиливается [8].

Во время шага 3 данный алгоритм выполняет расчет новых задержек передачи и приема для финального излучения импульсов (рис. 5) [8].

Четвертый шаг – выполнение сбора данных и их обработки с использованием рассчитанных новых законов передачи и приема. После обработки алгоритмом CAF на экран дефектоскопа выводится удобное для анализа изображение, как в представленном примере на рис. 6 [8].

Данный алгоритм повторяет все шаги с большой скоростью при проведении сканирования. Частота повторений обеспечивает постоянное обновление информации об изменении кривизны поверхности, что используется для корректировки задержек передачи приема в режиме реального времени.

Чтобы протестировать алгоритм CAF, был проведен эксперимент, в котором использовался углепластиковый образец с переменным радиусом от 5,1 до 12,7 мм. Искусственные дефекты выполнены в радиусной зоне и представляют собой имитации расслоений (рис. 7). Сканирование проводили иммерсионным методом с использованием следующих средств:

- ФР вогнутой формы 5CC25-32R4 (32 элемента, 5 МГц, $R_{ПЭП} = 25$ мм);
- призма иммерсионная SR4-IE90;
- дефектоскоп на ФР Focus PX;
- программное обеспечение Focus PC.

В ходе эксперимента радиусный угол контролировали с внутренней и наружной сторон [4].

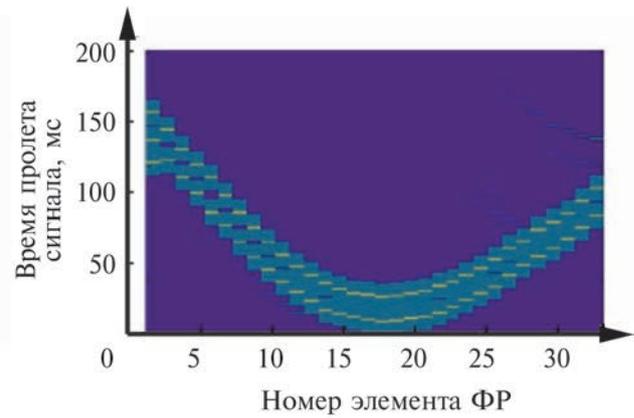
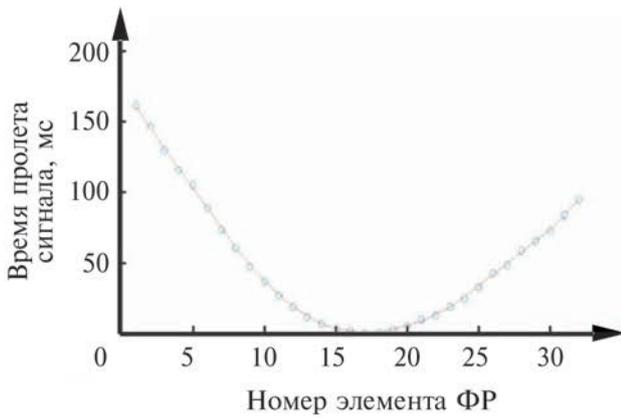


Рис. 5. Рассчитанная схема задержек для финального излучения импульсов

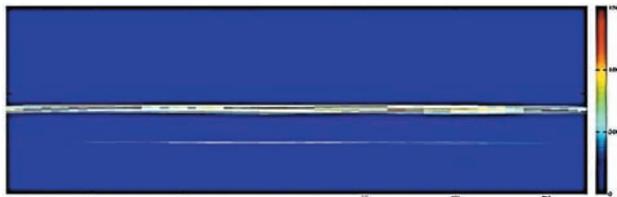


Рис. 6. Изображение сечения зоны со сложной геометрией, полученное с применением алгоритма CAF

Контроль внутреннего радиуса образца связан со следующими трудностями:

- ультразвуковая волна, параллельная поверхности ввода ультразвука при одном значении радиуса, не параллельна поверхности ввода при другом значении радиуса (рис. 8, а);
- возможны отклонения от концентричности или смещение ФР-преобразователя (рис. 8, б).

Приняв во внимание все трудности, образец был просканирован с использованием predetermined настроек и с применением алгоритма CAF. Полученные данные показаны на рис. 9.

Результат эксперимента показывает, что с применением алгоритма CAF при сканировании внутреннего радиуса экспериментального образца [8]:

- допускается отклонение от концентричности в пределах от +30,0 до -2,0 мм;
- допускается смещение преобразователя по горизонтали или вертикали ± 6 мм;
- область охвата преобразователем составляет 90° ;
- стабильно выявляются все заложенные искусственные дефекты;
- обеспечивается хорошее качество данных, пропуски отсутствуют (справа на рис. 9).

Контроль наружной поверхности радиуса образца также связан с трудностями из-за различных отклонений и смещений ориентации ФР-преобразователя. Было осуществлено сканирование наружной радиусной поверхности с использованием тех же ФР-преобразователя и призмы. Полученные данные показаны на рис. 10.

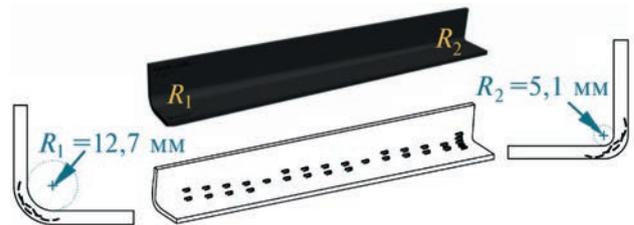


Рис. 7. Общий вид образца для проведения экспериментов: длина образца 500 мм, толщина стенки 6,3 мм; всего было выполнено 30 искусственных дефектов, которые обозначены пунктирной линией. Размеры искусственных дефектов (9,3×3,2 мм)

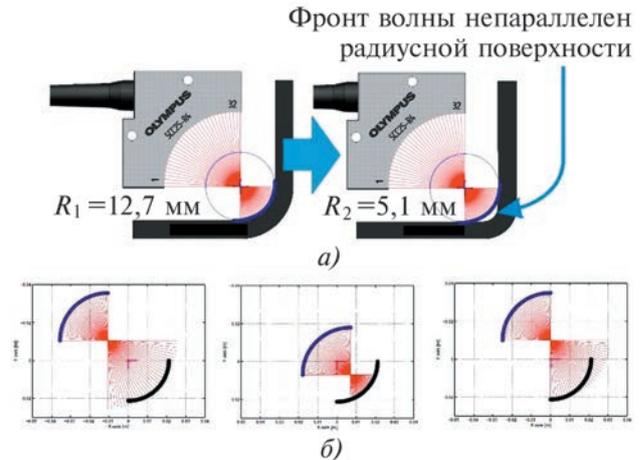


Рис. 8. Выполненная настройка с predetermined параметрами для зоны с радиусом 12,7 мм не подходит для зоны с радиусом 5,1 мм (а), возможные отклонения (б) от концентричности (левое и среднее изображения) и смещение ФР-преобразователя (правое изображение) в процессе контроля

Результат эксперимента показал, что с применением алгоритма CAF при сканировании наружного радиуса экспериментального образца [8]:

- допускается отклонение от концентричности в пределах от +9,5 до -10,0 мм (до момента касания поверхности);

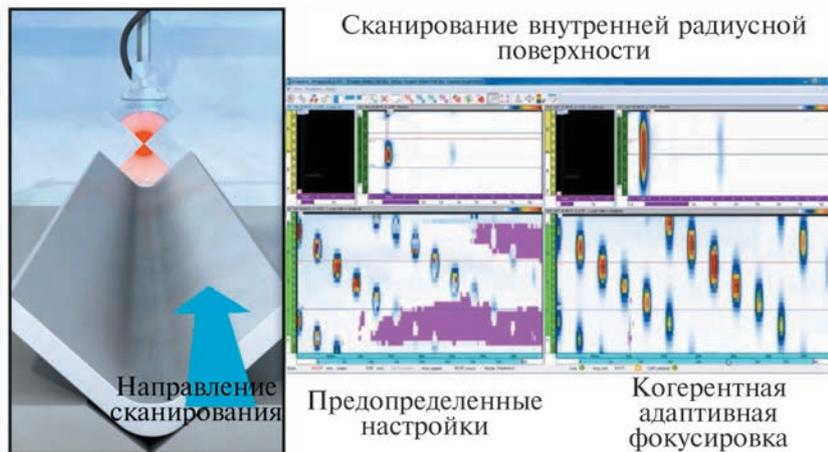


Рис. 9. Схема сканирования и результаты контроля внутренней радиусной поверхности. С-сканы построены по значениям амплитуд сигналов

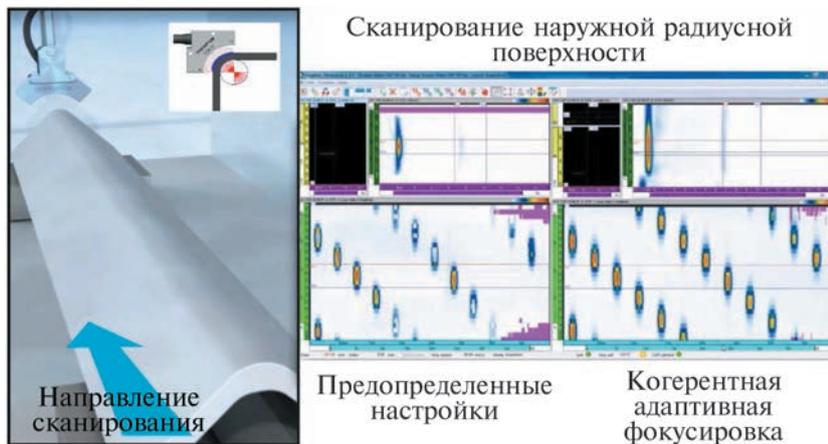


Рис. 10. Схема сканирования и результаты контроля наружной радиусной поверхности. С-сканы построены по значениям амплитуд сигналов

- допускается смещение преобразователя по горизонтали или вертикали ± 6 мм;
- область охвата преобразователем составляет 90° ;
- стабильно выявляются все заложенные искусственные дефекты;
- обеспечивается хорошее качество данных, пропуски отсутствуют (справа на рис. 10).

Алгоритм CAF испытывали и на других образцах. На рис. 11 показан пример данных после сканирования другого варианта угловой конструкции. На рис. 12 показан пример данных, после сканирования линейным ФР 3.5L64-NWI с наклоном 25° .

Можно ясно наблюдать, что в случае использования метода ФР с применением алгоритма CAF результаты обнаружения искусственных дефектов на экспериментальных образцах значительно улучшаются [8, 10]. Контроль с когерентной адаптивной фокусировкой не снижает скорость сканирования, так как алгоритм использует сопоставление А-сканов каждого элемента ФР, генерируя сумму сигналов. Получаемый результат строится на основе этой суммы сигналов, а стандартный алгоритм обработки данных не используется [9].

Когерентная адаптивная фокусировка предоставляет от-

расли следующие преимущества:

- возможность быстрой компенсации переменной геометрии в процессе проведения контроля;
- отсутствие необходимости разработки сложных механических устройств для осуществления контроля;
- улучшенные способности измерения дефектов;
- снижение количества непригодных для контроля зон на деталях;
- упрощение процесса калибровки;
- повышение достоверности данных контроля.

В целом многочисленные успешные испытания алгоритма CAF на практике доказали его высокую эффективность для ультразвукового контроля композитных деталей со сложной геометрией.

Библиографический список

1. Проект ГОСТ Р «Контроль неразрушающий. Термины, используемые в ультразвуковом контроле с фазированными решетками (DIN EN 16018:2012)». пп. 3.1.1–4.1.8. М., 2015.
2. Mahaut S., Chatillon S., Kerbrat E., et al. New Features for Phased Array Techniques Inspections: Simulation and Experiments // Proc. of the World Congress of Nondestructive Testing, Montreal, Canada, 30 Aug. – 3 Sept. 2004. Montreal, 2004.
3. Mahaut S., Chatillon S., Raillon-Picot R., Calmon P. Simulation and Application of Dynamic Inspection Modes Using Ultrasonic Phased Arrays // Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation. 2004. V. 23. AIP Conference Proceedings / ed. by D. O. Thompson and D. E. Chimenti; American Institute of Physics. Melville, NY, 2004.

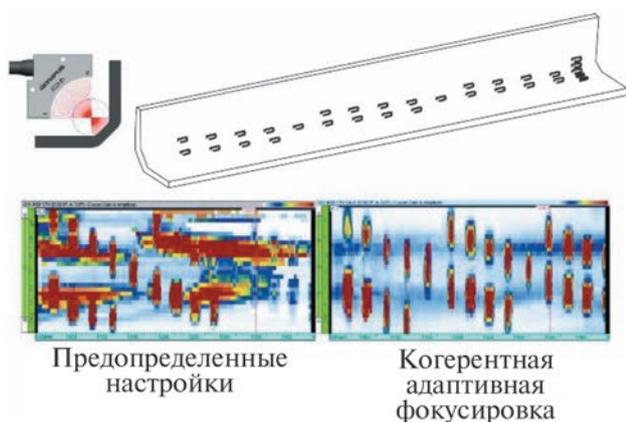


Рис. 11. Данные после сканирования другого радиусного угла

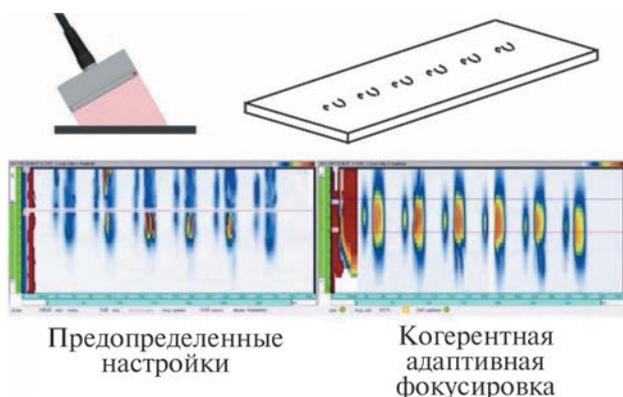


Рис. 12. Данные после сканирования ФР-преобразователем 3.5L64-NWT с наклоном 25°

4. **Промышленный контроль** методом фазированных решеток. Теоретические основы / Olympus Scientific Solutions Americas. Квебек, 2015. С. 32–33.
5. **Beardsley B., Peterson M., Achenbach J.D.** A Simple Scheme for Self-Focusing of an Array // Journal of Nondestructive Evaluation. 1995. V. 14. No. 4. P. 169.
6. **Hopkins D., Neau G., Le Ber L.** Advanced phased-array technologies for ultrasonic inspection of complex composite parts // NDT in Canada. 2011. Conf. Proc. Montreal–Quebec, 2011.
7. **Hopkins D.L., Brassard M., Neau G.A. et al.** Surface-Adaptive Ultrasound (SAUL) for phased-array inspection of composite specimens with curved edges and complex geometry // Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation. 2013. V. 32 / ed. by D.O. Thompson and D.E. Chimenti; American Institute of Physics Conference Proceedings, 2013.
8. **Lamarre A., Grondin E.** Coherent Adaptive Focusing Technology for the Inspection of Variable Geometry. Composite Material // 10th International Symposium on NDT in Aerospace 2018, Dresden, Germany. Dresden, 2018.
9. **Grondin E.** Adaptive Focusing Technology for the Inspection of Variable Geometry Composite Material / Olympus Scientific Solutions Americas. Quebec, 2018.
10. **Grondin E.** Adaptive Ultrasound Technology for the Inspection of Variable Geometry Composite Material / Olympus NDT. Quebec, 2018.

Ответы на кроссворд, опубликованный в № 3 (июль – сентябрь), 2019

По горизонтали: 3. Подрез. 4. Пакет. 7. Вид. 12. Метод. 14. Имитатор. 15. Карта. 16. Отбел. 17. Кюри. 19. Фаза. 20. Ширина. 22. Щуп. 23. Аттестация. 26. Узел. 28. Набор. 29. Корпус. 32. Пучность. 33. Цепочка. 34. Генератор.

По вертикали: 1. Средство. 2. Спектр. 5. Таймограмма. 6. Цвет. 8. Томография. 9. Строб. 10. Краска. 11. Стрела. 13. Декада. 15. Коллиматор. 18. Раствор. 21. Импульс. 24. Смещение. 25. Ярмо. 27. Частота. 30. Объем. 31. Пучок.

Ответы на кроссворд, опубликованный в № 4 (октябрь – декабрь), 2019

По горизонтали: 3. Индикация. 9. Пора. 10. Трещина. 11. Луч. 12. Ярмо. 14. Ось. 16. Средство. 17. Тень. 19. Строб. 20. Центр. 21. Масса. 22. Кратер. 25. Рыхла. 26. Цикл. 27. Колебание. 29. Кабель. 31. Экран. 32. Отбел. 33. Авария.

По вертикали: 1. Наплыв. 2. Соленоид. 3. Инцидент. 4. Дрейф. 5. Коллиматор. 6. Имитатор. 7. Зазор. 8. Фаза. 10. Толщиномер. 13. Вогнутость. 15. Экспозиция. 16. Структроскоп. 18. Мода. 23. Рэлей. 24. Раковина. 26. Цепочка. 28. Локация. 30. Лэмб.

ВКЛАД СОТРУДНИКОВ ХАБАРОВСКОГО ФИЛИАЛА ВНИИФТРИ В РАЗВИТИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ И ЕГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ



ПАНИН Владимир Иванович

Канд. техн. наук, старший научный сотрудник, директор независимых органов по аттестации персонала и лабораторий НК ООО «Аскотехэнерго-диагностика», г. Хабаровск

Хабаровский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (ХФ ВНИИФТРИ) за время своего существования (с 1968 г. по настоящее время) прошел ряд организационных и научных этапов.

ХФ ВНИИФТРИ, созданный в июне 1968 г. в системе Госстандарта, в процессе своего развития, включающего создание новых лабораторий и отделов, конструкторского бюро, опытного производства и собственных филиалов в г. Владивостоке и г. Петропавловск-Камчатский,

был переименован в НПО «Дальстандарт» в 1978 г. После распада СССР и свертывания объема научно-технической деятельности он в 2007 г. был снова переименован в Дальневосточный филиал ВНИИ-ФТРИ.

Руководителями филиала являлись: канд. техн. наук Василий Андреевич Грешников (1968–1972), канд. техн. наук Анатолий Аркадьевич Гусаков (1972–1980), канд. экон. наук Эдуард Григорьевич Липовецкий (1980–1989), канд. техн. наук Юрий Иванович Лыков

(1989–2018), канд. техн. наук Геннадий Алексеевич Калинов (с 2018 г. по настоящее время). Практически бессменным заместителем директора по научной работе являлся канд. техн. наук (с 1990 г. д-р техн. наук) Юрий Борисович Дробот, который осуществлял общее научное руководство исследованиями и разработками в области акустической эмиссии (АЭ).

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, выполненные сотрудниками филиала в области АЭ, мож-



Дальневосточный филиал ВНИИФТРИ, июль 2019 г.

но условно разделить на четыре этапа. Первый этап включал в себя задачу обнаружения явления АЭ в металлах, чтобы убедиться в его существовании. На втором этапе проводились исследования по трем основным направлениям: изучение разнообразных физико-механических условий возникновения сигналов АЭ; исследование электрических характеристик сигналов АЭ как случайного нестационарного процесса; формирование основ метрологического обеспечения акустических измерений в твердых телах. На третьем этапе проводились разработка, изготовление и поставка заказчиком рабочих приборов АЭ и образцовых средств акустических измерений в твердых телах (включая абсолютную калибровку пьезоприемников АЭ). Четвертый этап включает в себя создание государственных первичных эталонов и поверочных схем в области акустических измерений в твердых телах. В реальной жизни этапы НИР и ОКР по времени частично перекрывали друг друга, конкретизируя содержание каждого из них.

Инициатором работ по исследованию АЭ в филиале (оказалось, что впервые в СССР) являлся первый директор В.А. Грешников. Первым непосредственным исследователем обнаружения сигналов АЭ при механическом растяжении металлических образцов стал В.П. Ченцов. Им были созданы бесшумная испытательная машина механического нагружения, виброзащищенный фундамент для этой машины и звукоизоляционная камера, внутри которой располагалась эта машина и радиоэлектронное оборудование. Он также разработал и изготовил высокочастотный пьезоприемник акустических сигналов и собрал из серийно выпускаемых блоков первую



В коридоре ХФ ВНИИФТРИ, 1974 г. Верхний ряд, второй слева – автор В.И. Панин, третий слева – В.В. Денисов; нижний ряд, крайний справа – В.П. Ченцов

установку фиксации электрических сигналов АЭ. Такие сигналы были обнаружены им при растяжении образца из стали Ст3 на площадке текучести и перед разрушением образца. Работы по обнаружению сигналов АЭ явились первым этапом работы по изучению этого явления.

В.А. Грешников после установления факта наличия сигналов АЭ поставил перед сотрудниками филиала задачи второго этапа работы: исследование механизмов возникновения сигналов АЭ; определение параметров и характеристик этих сигналов; создание основ метрологического обеспечения неразрушающего контроля методом АЭ. Для решения этих задач было создано несколько научно-исследовательских подразделений.

Сектор, который возглавил В.П. Ченцов, продолжил исследования по обнаружению сигналов в образцах из различных металлов и их сплавов (в том числе алюминиевых сплавов) и выявлению различных параметров этих сигналов в зависимости от скорости нагружения и

вида напряженно-деформированного состояния. На основе проведенных исследований с помощью радиоинженеров лаборатории, возглавляемой канд. техн. наук В. А. Константиновым, были разработаны анализатор волн напряжений типа АВН-1Н и регистратор предела текучести типа РПТ-1. Некоторое количество этих приборов было внедрено на предприятиях СССР, а В.П. Ченцов в 1976 г. защитил кандидатскую диссертацию по результатам проведенных исследований и разработки приборов.

В лаборатории, возглавляемой канд. техн. наук Ю.И. Болотиным, исследовались механизмы разрушения металлов при трещинообразовании и сопутствующие им сигналы АЭ. Исследованиями АЭ при сварочных процессах в этой же лаборатории (начиная с 1973 г.) занимались В.В. Нечаев и В.М. Белов. На основе этих исследований В.В. Нечаев создал акустический регистратор качества сварки АРКС и в 1980 г. защитил кандидатскую диссертацию. В.Н. Белов под руководством канд. техн. наук

В.И. Иванова продолжил исследование после перехода на работу в ЦНИИТМАШ (г. Москва) и также защитил кандидатскую диссертацию.

В лаборатории, возглавляемой А.М. Лазаревым, проводились исследования АЭ в высокопрочных сталях, титане, алюминиевых и композитных материалах при разных условиях нагружения, в том числе от трения берегов трещины, а также при коррозионном растрескивании. Основными исполнителями, включая разработку многопараметровых радиоэлектронных средств контроля, являлись Л.Ю. Однопозов, И.В. Гулевский, В.И. Полунин, В.Д. Рубинштейн. В этой же лаборатории впервые в СССР был разработан нормативный документ по терминологии АЭ [МИ 198-79. Акустическая эмиссия. Термины и определения.].

Созданная в 1969 г. лаборатория, под руководством канд. техн. наук В.А. Константинова занималась разработками радиоэлектронных средств для анализа сигналов АЭ как случайного нестационарного процесса с привязкой численных значений акустических сигналов к узаконенным физическим единицам. Автор статьи был принят в эту лабораторию в декабре 1969 г., и мне сначала поручили разработку приемника АЭ с нормированными характеристиками. Но разработанный мною макет емкостного датчика АЭ с чувствительностью $\sim 10^{-10}$ м не зафиксировал сигнал АЭ вследствие недостаточной чувствительности. Поэтому мне была поручена разработка методов (а при необходимости и средств) для абсолютной калибровки высокочувствительных пьезоприемников АЭ (ПАЭ) в широкой полосе частот.

В рамках решения этой задачи сначала в 1970 г. был изготовлен лазерный интерферометр, позволяющий проводить бес-

контактные измерения амплитуды акустических колебаний точки поверхности тел в диапазоне частот от 20 до 2000 кГц с чувствительностью 10–12 м с погрешностью $\sim 20\%$ (авторы В.И. Панин, В.П. Троценко, В.И. Бесхлебный). Затем В.И. Паниным и В.Г. Бакшевым были изготовлены и откалиброваны меры ультразвукового смещения для воспроизведения и хранения амплитуд УЗ-колебаний в диапазоне от 20 до 300 кГц. С помощью этих мер впервые была проведена абсолютная калибровка ПАЭ. Калибровка позволила сделать заключение, что минимально обнаруживаемые сигналы АЭ имеют величину при полосе пропускания 10 кГц и уровне собственных входных шумов 0,03 мкВ/кГц.

Другой ведущий сотрудник лаборатории Ю.И. Лыков сначала разработал нормализатор импульсов НИ-1 для анализа амплитудных распределений сигналов АЭ, а затем (после применения калиброванного ПАЭ) разрабатывал многоканальные анализаторы спектра параллельного типа, позволяющие проводить измерения реальных спектров акустических сигналов АЭ.

Лаборатория, возглавляемая канд. техн. наук Б.Я. Масловым, приступила к разработке многоканальных систем системы АЭ в целях местоуказания возникновения сигналов АЭ в крупногабаритных объектах контроля сложной геометрии. Ведущими сотрудниками этой лаборатории являлись Г.А. Калинов, В.В. Денисов и Д.Н. Холькин.

Перечисленные работы второго этапа исследования АЭ позволили выявить основные области проявления АЭ и перейти к разработке разнообразных рабочих приборов АЭ по заявкам министерств и ведущих предприятий, а также средств их метрологического обеспечения.

Для реализации работ 3-го этапа были созданы дополнительные научно-технические подразделения, конструкторское бюро и опытное производство. Новые лаборатории возглавили: метрологическое обеспечение ультразвуковых СНК – В.И. Панин, ведущие сотрудники: В.Г. Бакшеев, А.В. Шулатов, А.А. Романко, В.А. Дузенко, И.А. Кривошеев; спектральные измерения сигналов АЭ – Ю.И. Лыков, ведущие сотрудники: А.И. Горбунов, В.Н. Овчарук; оптические методы возбуждения и измерения акустических сигналов в твердых телах – канд. техн. наук А.Н. Бондаренко, ведущие сотрудники: В.П. Троценко, А.И. Кондратьев, В.А. Луговой, Ю.М. Крилицын, В.И. Архипов; АЭ-течеискивание – В.В. Лупанос, ведущий сотрудник В.Н. Бачегов. Лаборатория под руководством канд. техн. наук Ю.И. Болотина занялась разработкой средств АЭ для контроля горных ударов в шахтах (ведущие сотрудники: В.В. Нечаев, А.Ю. Искра, А.В. Терещенко, И.А. Кривошеев). В процессе реализации работ 3-го этапа, который в основном продолжался до распада СССР, было разработано и поставлено заказчиком следующее оборудование:

- лазерные интерференционные установки типов УЛИ-1 и УЛИ-2 для абсолютного измерения амплитуд ультразвуковых смещений в количестве 10 шт. в диапазоне частот от 10 до 2000 кГц (В.И. Панин, награжденный золотой медалью ВДНХ в 1972 г., В.Г. Бакшеев, И.А. Кривошеев, В.П. Троценко);
- меры ультразвукового смещения типов МСУС-3, МСУС-6, МСУС-10, МСУР, ПФАП-П, охватывающие диапазон частот от 10 до 2000 кГц в количестве ~ 20 шт. (В.И. Панин, В.Г. Бакшеев, А.В. Шулатов);



Государственный первичный эталон (ГЭП) единиц амплитуды ультразвукового смещения и колебательной скорости поверхности твердых тел: диапазон частот 0,3–3 МГц; диапазон амплитуд смещений $5 \cdot 10^{-11}$ – $5 \cdot 10^{-10}$ м; диапазон колебательных скоростей $2 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ м/с; суммарная стандартная относительная неопределенность результатов измерений ГЭП не превышает $0,6 \cdot 10^{-2}$ (ГОСТ Р 8.826–2013)

Разработчики:



В.Г. Бакшеев



В.И. Панин



В.Г. Троценко



А.В. Шулатов

- установка для поверки 8-канального прибора АЭ – 1 шт. (В.И. Панин, В.Г. Бакшеев);
- 16-канальные многопараметровые приборы АЭ общего назначения типа «ЭРА-16» и FESTAN-1300 в количестве 10 шт. (А.М. Лазарев, Л.Ю. Одинопов, И.В. Гулевский);
- анализаторы спектра АЭ параллельного типа СА-20 и СА-100 (Ю.И. Лыков, А.И. Горбунов, В.Н. Овчарук) в количестве 6 шт.;
- двухканальные корреляционные течеискатели в трубах типа ТУКП-1 и ИСТ-3 в количестве 10 шт. (В.Н. Бачегов, В.В. Лупанос);
- многоканальные приборы для определения координат развивающихся дефектов и величин степени их опасности типа «АМУР-Д» с числом каналов от 4 до 128, предназначенные для контроля крупногабаритных объектов в количестве 10 шт. (канд. техн. наук Б.Я. Маслов, В.В. Дени-

сов, О.Н. Холькин, Г.А. Калинин);

- работающие в диапазоне частот 1–30 кГц 13-канальная установка типа «Вектор-13» и 5-канальная «Прогноз-5м» для контроля и прогнозирования горных ударов в рудниках в количестве 6 шт. (Ю.И. Болотин, В.В. Нечаев, А.Ю. Искра, А.В. Терещенко, И.А. Кривошеев).

Помимо разработок и поставок аппаратуры велась разработка методик АЭ-контроля и специализированных пьезоприемников АЭ для каждой из них, в частности с резонансной частотой ~16 кГц для горных пород (В.В. Нечаев) и со встроенным усилителем с большим коэффициентом усиления, на выходе которого сигнал АЭ представлял собой пачку прямоугольных импульсов амплитудой 5 В (канд. техн. наук Б.Я. Маслов).

Кроме того, проводились работы по имитации сигналов АЭ пьезоэлектрическими излучателями (В.И. Панин), электро-

искровым методом (Б.Я. Маслов), лазерным возбуждением (А.Н. Бондаренко), емкостным возбудителем (А.И. Кондратьев). Теоретические основы первичных параметров сигналов АЭ при различных типах излучений разрабатывались Ю.Б. Дроботом, Л.А. Масловым, В.Н. Бачеговым, Ю.И. Болотиним.

Четвертый этап работ, начало которого условно соответствует распаду СССР, характеризуется свертыванием работ по исследованиям АЭ и разработкой средств и методов АЭ, а также замедленным продолжением работ по метрологическому обеспечению акустических измерений в твердых телах. Также проводились отдельные прикладные разработки по поверке средств АЭ-, УЗ-дефектоскопов и УЗ-толщиномеров (включая разработку отдельных средств и методик поверки). Фундаментальные метрологические исследования завершились соз-

данием в 2013–2014 гг. государственных эталонов:

- Государственный первичный эталон единиц скоростей распространения и коэффициента затухания ультразвуковых волн в твердых телах (А.Н. Бондаренко, В.А. Луговой, В.П. Троценко, А.И. Кондратьев, П.В. Базылев);
- Государственный первичный эталон единиц амплитуды ультразвукового смещения и

колебательной скорости поверхности твердых тел (В.Г. Бакшеев, В.И. Панин, В.Г. Троценко, А.В. Шулатов).

Системы передачи физических единиц от эталонов к рабочим средствам контроля и измерений отражены в государственных поверочных схемах, возглавляемых указанными эталонами.

Достижения ведущих сотрудников ХФ ВНИИФТРИ опубликованы не менее чем в 500 на-

учных трудах и периодических изданиях (Приложение 1), изложены в ходе организованных ХФ ВНИИФТРИ семинарах и конференциях (Приложение 2), а также в защищенных научных диссертациях (Приложение 3).

Автор статьи просит прощения у тех специалистов, которые не были упомянуты в тексте статьи или достижения которых представлены не в полном объеме.

Приложение № 1. Список книг сотрудников ХФ ВНИИФТРИ

1. **Грешников В.А., Болотин Ю.И., Дробот Ю.Б., Ченцов В.П.** Применение эмиссии волн напряжения для неразрушающего контроля и технической диагностики качества материалов и изделий. Хабаровск: Хабаровский краевой совет НТО Машпром, 1971. 96 с.
2. **Грешников В.А., Дробот Ю.Б.** Акустическая эмиссия. М.: Изд-во стандартов, 1976. 276 с.
3. **Дробот Ю.Б., Лазарев А.М.** Неразрушающий контроль усталостных трещин акустико-эмиссионным методом. М.: Изд-во стандартов, 1987. 126с.
4. **Бачегов В.Н., Дробот Ю.Б., Лупанос В.В.** Акустическое контактное течеискание. Хабаровск: НТО Машпром, 1987. 77 с.
5. **Дробот Ю.Б., Грешников В.А., Бачегов В.Н.** Акустическое контактное течеискание. М.: Машиностроение, 1989. 120 с.
6. **Бондаренко А.Н., Дробот Ю.Б., Кондратьев А.И.** Прецизионные акустические измерения оптическими и емкостными методами. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 239 с.
7. **Болотин Ю.И., Дробот Ю.Б.** Акустическая локация хрупких микроразрушений. Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2003. 154 с.
8. **Корчевский В.В., Хосен Ри.** Рентгенодифрактометрический и акустико-эмиссионный метод исследования пластичной деформации сталей. Владивосток: Дальнаука, 2006. 208 с.
9. **Овчарук В.Н.** Акустико-эмиссионные методы исследования свойств керамических материалов. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2010. 201 с.
10. **Луговой В.А., Базылев П.В.** Прецизионные методы и средства исследований параметров акустических сигналов различных типов волн в твердых телах. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2011. 77 с.
11. **Ченцов В.П.** Акустическая эмиссия при упруго-пластическом деформировании конструкционных материалов и опыт ее применения в неразрушающем контроле. Томск: Изд-во ТПУ, 2014. 268 с.

Приложение 2. Список семинаров, конференций, организованных ХФ ВНИИФТРИ

1. Неразрушающий контроль напряженно-деформированного состояния конструкционных материалов и изделий с использованием эмиссии волн напряжений. Всесоюзный научно-технический семинар. Хабаровск, сентябрь, 1972 г.
2. Неразрушающий контроль напряженно-деформированного состояния конструкционных материалов и изделий с использованием эмиссии волн напряжений. Всесоюзный научно-технический семинар. Хабаровск, октябрь, 1975 г.
3. Всесоюзная научно-техническая конференция «Использование современных физических методов в неразрушающих исследованиях и контроле». Хабаровск, 1980 г.
4. Всесоюзная научно-техническая конференция «Использование современных физических методов в неразрушающих исследованиях и контроле». Хабаровск, 1984 г.
5. III Всесоюзная научно-техническая конференция «Использование современных физических методов в неразрушающих исследованиях и контроле». Хабаровск, 1987 г.

Приложение 3. Защита диссертаций ведущими сотрудниками ХФ ВНИИФТРИ

№ п.п.	Ф.И.О. сотрудников	Защита диссертаций		
		до работы в филиале	во время работы в филиале	после перехода в другие организации
1	Базылев Петр Владимирович	–	Канд. техн. наук – 2003 г.	–
2	Бачегов Владимир Николаевич	–	Канд. техн. наук – 1984 г.	–
3	Белов Валерий Михайлович	–	–	Канд. техн. наук – 1983 г.
4	Болотин Юрий Иванович	Канд. техн. наук	–	Д-р техн. наук – 1994 г.
5	Бондаренко Анатолий Николаевич	Канд. техн. наук	Д-р физ.-мат. наук – 1987 г.	–
6	Гулевский Игорь Владимирович	–	–	Канд. техн. наук – 1986 г.
7	Грешников Василий Андреевич	Канд. техн. наук	–	–
8	Дробот Юрий Борисович	Канд. техн. наук	Д-р техн. наук – 1990 г.	–
9	Калинов Геннадий Алексеевич	–	–	Канд. техн. наук – 2010 г.
10	Кондратьев Александр Иванович	–	Канд. техн. наук – 1983 г. Д-р техн. наук – 1998 г.	–
11	Константинов Виталий Александрович	Канд. техн. наук	–	–
12	Корчевский Вячеслав Владимирович	–	–	Канд. техн. наук – 1997 г. Д-р физ.-мат. наук – 2007 г.
13	Кривошеев Игорь Александрович	–	Канд. техн. наук – 1990 г.	Д-р техн. наук – 2005 г.
14	Креницын Юрий Михайлович	–	–	Канд. физ.-мат. наук – 1996 г.
15	Луговой Владимир Александрович	–	Канд. техн. наук – 1998 г. Д-р физ.-мат. наук – 2004 г.	–
16	Лыков Юрий Иванович	–	Канд. техн. наук – 1978 г.	–
17	Лупанос Владимир Васильевич	–	Канд. техн. наук – 1988 г.	–
18	Маслов Борис Яковлевич	Канд. техн. наук	–	–
19	Маслов Лев Александрович	–	Канд. техн. наук – 1976 г.	Д-р физ.-мат. наук – 2004 г.
20	Нечаев Валерий Владимирович	–	Канд. техн. наук – 1980 г.	–
21	Овчарук Валерий Николаевич	–	–	Канд. техн. наук – 2004 г.
22	Панин Владимир Иванович	–	Канд. техн. наук – 1976 г.	–
23	Троценко Владимир Павлович	–	Канд. техн. наук – 1978 г.	–
24	Ченцов Виктор Петрович	–	Канд. техн. наук – 1976 г.	–

Российское общество по неразрушающему контролю
и технической диагностике при поддержке Федеральной службы по
экологическому, технологическому и атомному надзору проводит



XVII ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС СПЕЦИАЛИСТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

по 9 методам неразрушающего контроля:
акустико-эмиссионному, вибродиагностическому, визуальному и измерительному,
вихретоковому, магнитному, проникающими веществами (капиллярному),
радиографическому, тепловому и ультразвуковому

Общее руководство и координацию осуществляют
АО «НТЦ «Промышленная безопасность» и ООО «НУЦ «Качество».

Первый тур – отборочный, пройдет в независимых органах по аттестации персонала в регионах России в конце января – первой половине февраля 2020 г.

Второй тур – финальный, пройдет на базе ООО «НУЦ «Качество» в начале марта 2020 г., в период проведения форума «Территория NDT-2020», г. Москва.

Всем организациям, направившим своих специалистов на конкурс, вручается **свидетельство** участника XVII Всероссийского конкурса специалистов неразрушающего контроля.

Все участники конкурса награждаются **грамотами**.

Участникам отборочного тура, занявшим I, II и III места, вручаются соответствующие дипломы, ценные призы, а также предоставляется возможность **продления срока действия квалификационного удостоверения без оплаты** (в НОАП ООО «НУЦ «Качество»).

Участникам финального тура, занявшим I, II и III места, вручаются соответствующие дипломы, ценные призы, а также предоставляется возможность пройти **аттестацию на III уровень** квалификации с учетом результатов финального тура конкурса (в НОАП ООО «НУЦ «Качество»).

Примите участие в соревновании!

Заявки на участие в XVII Всероссийском конкурсе специалистов неразрушающего контроля направляются факсом или электронной почтой в адрес ООО «НУЦ «Качество» или в региональные центры проведения I-го тура конкурса.

Координаты региональных центров, заявившихся на проведение I-го тура конкурса, а также более подробную информацию о конкурсе можно узнать в Интернете на сайтах: РОНКТД www.ronktd.ru, АО «НТЦ «Промышленная безопасность» www.aoontc.ru, ООО «НУЦ «Качество» www.centri-kachestvo.ru или по телефонам: (495) 744-70-52, 777-41-02.

