

Территория NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

3, 2023

июль – сентябрь (47)

XXIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

В РАМКАХ X ЮБИЛЕЙНОГО ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT»

ОРГАНИЗАТОР
RONKTD.RU23–25 ОКТЯБРЯ 2023
МОСКВА.ЭКСПОЦЕНТР

УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НК. ЕДИНСТВО ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

200+
докладчиков1500+
посетителей10+
секций15+
стран-участницРЕГИСТРАЦИЯ ТЕЗИСОВ
на сайте CONF.ROKTD.RU

КОНСТАНТА

ECHOPLUS

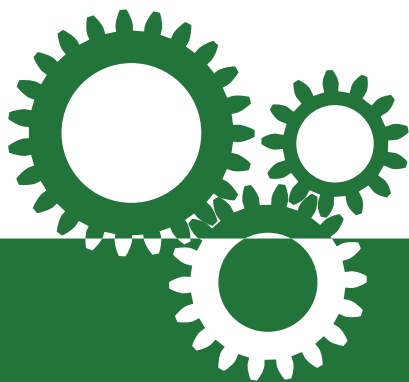
ROSGILD.com



АЗ Инжиниринг



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ



ASIA TRINITY

Asia Trinity Enterprises Ltd.

Шэньчжэнь, Китай • На рынке с 2009 г.

**Имеет собственный бренд рентгеновской пленки
для неразрушающего контроля – NDTQUAM.**

Ключевые характеристики рентгеновской пленки NDTQUAM

- 1. Мелкозернистая, высококонтрастная. Предназначена для промышленного неразрушающего контроля с применением рентгеновского или гамма-излучения.**
- 2. Соответствует классу C5 по EN-584-1, классу C5 по ISO11699-1, классу II по ASTM E-1815, классу T3 по JISK7627.**
- 3. Обработка пленки проявителем может производиться как вручную, так и машинным способом. Могут использоваться проявители различных брендов. Рекомендуется проявитель NDTQUAM MD-1 и фиксаж MF-II.**
- 4. Соответствует стандартам качества ISO9001A, военным стандартам КНР GJB9001A.**
- 5. Области применения:
контроль литья, аэрокосмическая отрасль,
контроль сосудов высокого давления и трубопроводов.**
- 6. Рабочая температура: 0...50 °C.**
- 7. Возможность продажи на территории РФ.**

Asia Trinity Enterprises Limited. (Китай, г. Шэньчжэнь)

Тел./факс: **0755-23942087 / 0755-23907646**

www.quamtec.com

E-mail: **quam@asiatrinity.com**



Собственный бренд рентгеновской пленки
для неразрушающего контроля

NDTQUAM



СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ISO	AGFA	KODAK	NDTQUAM
C3	D4	MX125	TD4/MT125
C4	D5	H200	TD5/HT200
C5	D7	AA400	TD7/HT400

ТИПЫ УПАКОВОК

Non Interleaved / NIF	Листы пленки в светонепроницаемом общем конверте без прокладок
Interleaved / FW	Листы пленки между листами бумаги
Envelopak+PB/ Pb VACUPAC	Листы пленки между свинцовыми экранами толщиной 0,027 мм, запаянные вакуумным способом
NIF Roll	Рулон пленки без прокладок

РАЗМЕРЫ

Листовая упаковка	• Под заказ • 355×430 мм • 100×240 мм • 100×400 мм • 300×400 мм • 80×300 мм
Рулонная упаковка	• Под заказ • 80 мм×100 м • 80 мм×305 м





СПЕКТРОФЛЭШ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

более **30** лет
на рынке

— Импульсные рентгеновские дефектоскопы — теперь без проводов

ООО «Спектрофлэш» с момента своего основания более 30 лет назад разрабатывает и производит рентгеновские дефектоскопы серии АРИНА. Продукция фирмы широко используется на удаленных объектах в полях, в тесных помещениях, на высоте, внесена в Единый Реестр МТР ПАО «Газпром». Задача, поставленная для серии, — предоставить потребителям недорогой, простой в использовании компактный легкий прибор.

— Новая модель



- Недавно серия дополнилась новой моделью — АРИНА-3 М, массой всего 6 кг.
- Управление дефектоскопом осуществляется по радиоканалу, а питание — от встроенного аккумулятора. Это позволило полностью избавиться от соединительных кабелей и сделало дефектоскоп по настоящему мобильным.
- При разрядке аккумулятора его можно легко снять и заменить на запасной из комплекта.
- Время работы от аккумулятора — 20 минут.
- Анодное напряжение АРИНА-3 М составляет 160 кВ.
- Остальные рентгенографические характеристики аналогичны родственным моделям серии АРИНА.

— Модернизация

Что делать с импульсными аппаратами, которые были выпущены раньше? Мы предлагаем добавить к ним дистанционный пульт управления. Это позволяет заменить длинный высоковольтный кабель на гибкий силиконовый длиной всего лишь 5 метров. Достигаемая цель — уменьшение веса комплекта, более легкое и удобное обращение с кабелем, морозоустойчивость.



+7 (812) 602-12-58,
+7 (812) 602-12-54,
+7 (921) 406-91-07

— www.spectroflash.ru

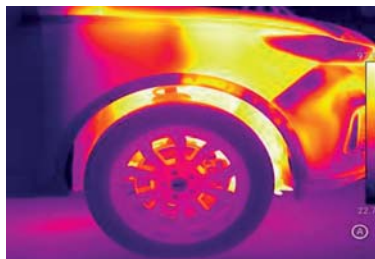
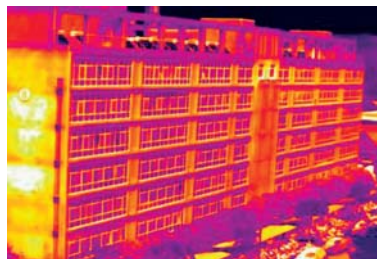
Профессиональные тепловизоры Guide серии PT

Первые в мире камеры с разрешением

более 1 МП



Камеры серии PT оснащены ИК-детектором с разрешением 1280×1024 собственной разработки Guide. Имеют систему ручной и непрерывной автоматической фокусировки для получения более чётких изображений. Современное оснащение и программное обеспечение гарантируют PT серии статус флагмана отрасли.



- Разрешение сенсора до 1280×1024
- Технология сверхвысокого разрешения IR-Perfclear позволяет увеличить разрешение в четыре раза до 2560×2048
- Система непрерывного автофокуса и плавная ручная фокусировка
- Диапазон измерения температур от -40 до 2500 °C
- Сменные объективы (45°, 15°, 7°, 25°, высокотемпературный фильтр, макрообъектив)
- Частота ИК изображения 30 Гц, поддержка передачи радиометрического ИК видео на ПК с частотой 20 Гц
- Новейшая технология создания панорамных изображений



X МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ ТЕРРИТОРИЯ NDT. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ. ИСПЫТАНИЯ. ДИАГНОСТИКА



23–25 ОКТЯБРЯ 2023
МОСКВА. ЭКСПОЦЕНТР

X ЮБИЛЕЙНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

Крупнейшая специализированная выставка
средств и технологий неразрушающего контроля, технической
диагностики, мониторинга состояния и оценки ресурса
на территории СНГ и Восточной Европы



15+

КРУГЛЫХ СТОЛОВ
С УЧАСТИЕМ ЭКСПЕРТОВ



3000+

РУКОВОДИТЕЛЕЙ
И СПЕЦИАЛИСТОВ



50+

КОМПАНИЙ-ЛИДЕРОВ
В ОБЛАСТИ НК И ТД



В РАМКАХ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ НЕДЕЛИ

32 000 +
ПОСЕТИТЕЛЕЙ

7 000 +
М² ВЫСТАВОЧНОЙ ПЛОЩАДИ

350 +
КОМПАНИЙ - УЧАСТНИЦ



МЕРОПРИЯТИЯ ФОРУМА

- Всероссийский конкурс по НК «Дефектоскопист»
- Всероссийский конкурс выпускных квалификационных работ «Новая генерация»
- Национальная премия по НК И ТД
- Молодежная научно-техническая конференция
- Салон инноваций и стартапов

Официальный спонсор



КОНСТАНТА

Официальный спонсор
Национальной премии РОНКТД
в области НК и ТД

ECHOPLUS

EXPO.RONKTD.RU
+7 (499) 245-56-56

VK.COM/RONKTD
T.ME/RSNTTD



РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

3 (июль – сентябрь), 2023

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

Заместитель главного редактора:
Клейзер П.Е. (Россия)

Редакционный совет:
Азизова Е.А.
(Узбекистан,
заместитель председателя УзОНК)
Аугутис В. (Литва)
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)
Муравин Б.
(Израиль,
зам. президента INA TD&CM)
Ригишвили Т.Р.
(Грузия, президент GEONDT)
Скордев А.Д.
(Болгария,
почетный председатель BGSNDT)

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 тех-
нологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор). Свидетельство
о регистрации средства массовой ин-
формации ПИ № ФС77-47005

Учредители:
ЗАО Московское научно-производ-
ственное 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 10 июля 2023
Подписано в печать 8 августа 2023
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

Российско-Китайская платформа НК 6

ВЫСТАВКИ. СЕМИНАРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ

Всероссийская научно-техническая конференция. Прошлое и настоящее 8

Визит делегации РОНКТД в Китайскую Народную Республику 10

Дядичев В.В., Менюк С.Г. Международная научно-практическая конференция
«Материаловедение, формообразующие технологии и оборудование 2023»
(ICMSSTE 2023) 14

Велько Н.А. Уральский форум сварки и контроля 18

ИНФОРМАЦИЯ ОТ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НК

Визит директора Цзининской электромеханической технологической
компанияи Kanghua г-н Чена (Shen) Дуаньтина 24

ПОЗДРАВЛЯЕМ

В.И. Матвееву – 85 лет! 28

С.С. Сергееву – 70 лет! 29

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Asia Trinity – цифровая радиография, томография и ламинография
в неразрушающем контроле 30

Пепеляев А.В. Проблемы износа ультразвуковых преобразователей
и способы их решения для фазированных решеток 34

Толмачев И.И. Метрологическое обеспечение высокочастотной
электроискровой дефектоскопии защитных покрытий 40

ИСТОРИЯ НК

Разыграев Н.П. 50 лет – головные волны в ультразвуковой дефектоскопии металлов
(часть 3) 46

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС РОНКТД ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ «ДЕФЕКТОСКОПИСТ»



ФЕВРАЛЬ-ОКТАБРЬ 2023

НОМИНАЦИИ:

- Визуальный и измерительный контроль (ВИК)
- Ультразвуковой контроль (УК)
- Радиационный контроль (РК)
- Магнитный контроль (МК)

МУЛЬТИНОМИНАЦИЯ (комбинация методов НК)

- ВИК+УК
- ВИК+РК
- ВИК+ПВК+МК
- ВИК+УК+РК

ОТБОР В 2 ЭТАПА:

РЕГИОНАЛЬНЫЙ

с 01 апреля по 8 сентября 2023

на базах
аттестационных
центров
СНК ОПО РОНКТД

ФИНАЛЬНЫЙ

с 23 по 25 октября 2023

в Москве в рамках X Международного промышленного
форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль.
Испытания. Диагностика» в ЦВК «Экспоцентр»
на Красной Пресне

В 2022 году в конкурсе приняли участие



32 РЕГИОНА



390 УЧАСТНИКОВ



230 ОРГАНИЗАЦИЙ

Актуальная информация, условия участия и перечень документов
cmp.naks.ru ronktd.ru naks.ru

Участие в отборочном
этапе **БЕСПЛАТНОЕ**

центральный
орган
СНК ОПО



организатор
RONKTD.RU



Официальный спонсор



КОНСТАНТА-М

Спонсор конкурса
в номинации УК



Константа УК

Спонсор конкурса
в номинации РК



Спонсор конкурса
в номинации ВИК



АЗ Инжиниринг

Спонсор конкурса
в номинации ВИК+РК



при поддержке



МИНСТРОЙ ЖКХ



РОСТЕХНАДЗОР



ПРАВИТЕЛЬСТВО
МОСКВЫ



МИНТРУД РОССИИ

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ «НОВАЯ ГЕНЕРАЦИЯ – 2023»



ОРГАНИЗАТОР
RONKTD.RU



Возраст участников – до 30 лет

К УЧАСТИЮ В КОНКУРСЕ ПРИГЛАШАЮТСЯ СТУДЕНТЫ:

- 4 курса бакалавриата
- 2 курса магистратуры
- 5 курса специалитета

НОМИНАЦИИ:

- Разработка и развитие методов и средств неразрушающего контроля
- Автоматизация и роботизация неразрушающего контроля
- Комплексирование методов неразрушающего контроля

1 ЭТАП:

01.05.2023 – 31.08.2023

- регистрация на сайте конкурса (01.05.2023 – 31.08.2023)
- прием конкурсных заявок (01.05.2023 – 31.08.2023)

2 ЭТАП:

01.09.2023- 02.10.2023

- работа конкурсной комиссии

3 ЭТАП:

05.10.2023 - 26.10.2023

- подведение итогов конкурса (до 05.10.2023)
- награждение победителей и призеров (до 26.10.2023)

Заявки на конкурс принимаются
до 31 августа 2023

Участие в конкурсе **БЕСПЛАТНОЕ**

ПОДАТЬ ЗАЯВКУ: konkurs.ronktd.ru



РОССИЙСКО-КИТАЙСКАЯ ПЛАТФОРМА НК



В июле 2023 г. РОНКТД закончена работа по формированию Российско-Китайской Платформы НК (Платформа). Основная цель Платформы — предоставить рос-

сийским и китайским компаниям в области НК возможность выхода на рынки Китая и России соответственно. Для этого разработаны понятные и надежные инструменты, позволяющие сделать такой выход эффективно и с минимальными инвестициями.

Как показывает опыт, для выхода на любой зарубежный рынок одной из основных проблем является поиск надежного партнера, компетентного и заинтересованного во взаимовыгодном сотрудничестве и готового оказать административную и юридическую поддержку как минимум на первом этапе. Именно такую проблему решает Российско-Китайская Платформа НК.

Для китайских компаний таким партнером в России станет Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике.

Для российских компаний партнером выступит Бизнес-инкубатор «ПУЭ» (Шанхай).

Группа компаний «ПУЭ» на протяжении 15 лет специализируется на развитии российско-китайских проектов в различных отраслях экономики и имеет большой практический опыт и успешно реализованные проекты.

Одним из таких проектов стало создание Представительства Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого в Шанхае и руководство представительством на первом этапе развития. Также были реализованы проекты по выходу на китайский рынок ряда российских производителей медицинского оборудования с прохождением всех необходимых сертификационных процедур. В завершающей стадии находится проект по локализации производства инновационных

наноматериалов, разработанных российскими учеными, включающий трансфер технологий и инвестирование проекта.

ПУЭ имеет тесные связи и опыт работы со многими государственными фондами, специализирующимися на привлечение в Китай современных технологий, среди них крупнейший китайский фонд развития JITRI (Научно-исследовательский институт промышленных технологий провинции Цзянсу), который уже организовал в рамках нашей Платформы онлайн-конференцию с участием компаний — членов Гильдии российских производителей оборудования НК и китайских потенциальных заказчиков из различных отраслей промышленности. В конференции приняли участие более 40 китайских фирм.

В настоящее время для выхода на китайский рынок складываются уникальные условия. КНР, понимая, что против нее все больше и дальше будут вводиться западные санкции, взяла курс на импортозамещение и активное привлечение технологий из дружественных стран. Фонды развития и бизнес-инкубаторы получают огромные финансовые возможности и государственную поддержку в части научно-технического развития современных технологий для привлечения в страну высококвалифицированных специалистов и инновационных компаний. А Россия исторически является одним из мировых лидеров в области теории и практики методов, средств и технологий НК, МС и ТД, опирающихся на мощный научный и производственный опыт.

Именно поэтому, понимая колоссальный потенциал огромного китайского рынка, РОНКТД приняло активное участие в создании Платформы для взаимовыгодного научно-технического и производственного сотрудничества.

Сегодня Российско-Китайская платформа НК предлагает для российских разработчиков и производителей большой набор инструментов и услуг: 1) проведение экспертной оценки потенциала предложений российского оборудования и мето-





дик неразрушающего контроля для китайского рынка с участием специалистов национального Института материаловедения, Пекинского института технологий, Китайского общества НК, специалистов из китайских органов технадзора;

- 2) подготовка и проведение онлайн-презентации компании, оборудования и технологий неразрушающего контроля для потенциальных заказчиков из согласованных отраслей промышленности для установления первых контактов;
- 3) возможность организовать рабочее место или представительство на площадях бизнес-инкубатора в Шанхае на первый период оценки рынка и поиска первых заказчиков на период от одного дня с предоставлением русскоговорящего сотрудника для подготовки и проведения переговоров, последующего сопровождения контактов, продвижения на китайских маркетинговых площадках;
- 4) юридическое и бухгалтерское сопровождение для заключения договоров и организации работы, проведения платежей;
- 5) поиск дилеров и дистрибуторов;
- 6) поиск поставщиков китайского оборудования НК в Россию;
- 7) поиск китайских поставщиков электронных компонентов и комплектующих по запросам российских компаний, закупка и поставка в РФ;
- 8) подбор производственных площадок для организации производства оборудования и компонентов в Китае;
- 9) сопровождение проекта в целях получения финансирования от государственных фондов и крупных корпораций для разработки совместных технологий и оборудования НК.

В процессе создания Платформы российскими компаниями успешно были протестированы многие из вышеуказанных инструментов.

- Запущены в работу два пилотных проекта по разработке нового оборудования и технологий применения по заказу китайских заказчиков. На один из них получено финансирование в провинции Шандунь.
- Реализован проект по локализации производства российского оборудования в Шанхае.
- Проведены встречи более чем с 15 корпорациями, которые подтвердили свою заинтересован-

ность в развитии совместных проектов с российскими разработчиками. РОНКТД составлен и передан китайским коллегам список более чем из 20 перспективных направлений, которые могут быть интересными для китайского рынка.

- Состоялись первые комплексные поставки в РФ оригинальных китайских комплектующих по заказу российских компаний.
- Организовано участие РОНКТД в Дальневосточном форуме (2023 Far East NDT Forum) в Тяньцзинь, проведен отбор наиболее востребованных российскими промышленными предприятиями решений, предлагаемых китайскими производителями оборудования.
- Проведена онлайн-конференция с презентацией оборудования шести российских компаний, в которой приняли участие более 70 китайских специалистов из 40 фирм. Получены первые запросы о расширении сотрудничества.
- Восстановлен контакт с Китайским обществом НК (ChSNDT), ведется обмен журналами обществ, достигнуты договоренности об обмене научными и рекламными статьями.
- В рамках X Международного форума «Территория NDT» в октябре 2023 г. на Красной Пресне будут организованы круглые столы, посвященные первым результатам работы Российско-Китайской Платформы НК. На выставке будет представлен коллективный стенд китайских производителей.
- На Конференции и выставке ChSNDT в Шанхае, в октябре 2023 г. запланированы участие специалистов РОНКТД и организация стенда с презентацией Российско-Китайской Платформы НК.

Можно с уверенностью сказать, что Платформа создана и уже доказала свою работоспособность. Члены Гильдии российских предприятий — производителей оборудования и технологий НК уже начали активно пользоваться предоставленными возможностями.

РОНКТД приглашает все заинтересованные компании к сотрудничеству в рамках данного проекта.

Больше информации о Российско-Китайской Платформе НК можно получить на сайте РОНКТД, а также в дирекции РОНКТД по электронной почте info@ronktd.ru

РОНКТД

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ. ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

23–25 октября 2023 г. состоится XXIII Всероссийская научно-техническая конференция «Умные технологии НК. Единство теории и практики».

Первая конференция по методам неразрушающего контроля сварных соединений была проведена в 1958 г. и положила начало традиции, продолжающейся уже многие десятилетия. Это событие проходит раз в три года и собирает лучших специалистов со всего мира, презентует новейшие разработки и намечает тенденции в области неразрушающего контроля и технической диагностики.



О том, какое значение приобрело за прошедшие годы это событие и как трансформировалось за 50 лет, рассказывают мэтры в области НК — Валерий Иванович Иванов, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник АО «НИИИН МНПО «Спектр», и Владимир Тимофеевич Бобров, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ.

Земля и небо

Владимир Тимофеевич Бобров: «Первая конференция, в которой мне довелось участвовать, проходила в Кишиневе, и она произвела на меня неизгладимое впечатление. Однако, сравнивая с современными конференциями по НК в России, можно сказать, что это просто земля и небо! Ни в какое сравнение с советскими не идет!»

На мой взгляд, сегодня конференции более интересные и яркие, связано это с компьютеризацией. Сейчас выступление докладчика дополнено не только графиками и таблицами, но и интересными снимками, рисунками. Это очень наглядно и способствует

быстрому раскрытию проблемы. Раньше же нам приходилось делать плакаты вручную, на что уходило много времени.

Второй момент, который я бы хотел отметить, — возможность общения специалистов НК со всего мира. Ведь по итогам конференции публикуются материалы в свободном доступе, и как мы можем посмотреть зарубежные труды, так и наши разработки пользуются интересом у иностранных специалистов. Несколько лет назад по итогам прошедшей конференции у меня вышла статья в одном из наших журналов, и вот уже несколько лет иностранные специалисты приглашают к совместным публикациям, пишут отзывы на статью... В советское время такое невозможно было вообразить!»

«Конференция – это многомерность общения в сфере профессиональных интересов»

Валерий Иванович Иванов: «Мы начинаем говорить о конференции, и у меня в памяти всплывает конференция, на которой В.В. Ключев собрал около тысячи человек. Возможно, это была одна из последних конференций, которую он организовывал. Но она проходила на высочайшем уровне: было много иностранных делегаций, ведущие мировые специалисты, интересные доклады.

Недооценить важность конференции для научного сообщества нельзя. Она собирает лучших специалистов, общение становится предельно конкретным, иногда детальным. Конференция — это многомерность общения в сфере профессиональных интересов!

Если сравнивать советские и российские конференции, я бы отметил, что по соотношению научности и прикладному наполнению конференция





сохраняет традиции — нет перевеса в одну или другую сторону. Главным неоспоримым достоинством современных конференций является техника подготовки, если раньше рассылки были затруднены, сейчас это элементарно, и таких моментов множество.

Когда я выступаю, я ставлю перед собой задачу донести до слушателей какие-то новые идеи, чтобы заинтересовать их работать в этом направлении.

Если говорить про НК, то сейчас относительно важным моментом является использование новых характеристик НК. Например, использование POD- и ROC-диаграмм, последнюю я называю диаграммой информативности РК. Это не новые подходы, но они слабо используются на практике. И важно донести до слушателей, что эти диаграммы определяют квалификацию и качество НК.

Сегодня достаточно много интересных технических разработок, но затрагивают они преимущественно неразрушающий контроль, а вот техническому диагностированию уделено меньше внимания. А информация, получаемая при выполнении ТД, позволяет оценить риск аварии. И это новый шаг в оценке безопасности технических устройств.

Одна из основных задач технического диагностирования — оценить безопасность объекта. Для расчетов риска аварии необходимо обнаружение дефектов и измерение их параметров с определением погрешностей измерения. Раньше вопрос не ставился комплексно. Основной целью НК было выявление дефекта и оценка его параметров согласно требованиям от браковки. Уровень браковки играл большую роль.

Сейчас должен быть другой подход: выявить дефект, измерить его параметры (а это уже дефектометрия) и понять, насколько он серьезный (его размеры, расположение, форма и ориентация). Эти параметры, которые дает НК, должны быть использованы в оценке вероятности разрушения объекта, в котором этот дефект выявлен. Это и есть момент включения НК в техническое диагностирование. В результате мы должны получить вероятность разрушения объекта. Это важнейшая задача сейчас, но ей уделяют недостаточно внимания. Единственное решение этой задачи представлено на сегодняшний день в документе НП-084-15. Там вопрос поставлен



так: сколько времени может эксплуатироваться объект после обнаружения в нем дефекта такого-то размера. Не просто брак—небрак, а как долго может эксплуатироваться объект с таким дефектом, который ранее считался браком. Причем надежность объекта должна сохраняться на заданном уровне».

Интрига с темой доклада и студенты

Владимир Тимофеевич Бобров: «Я уже начал подготовку к конференции. Но выдержу интригу пока и тему доклада не буду озвучивать. На конференцию этого года по моей инициативе приглашены студенты кафедры РК-9 МГТУ им. Н.Э. Баумана. Надеюсь, некоторых ребят заинтересует тема НК, и что-то из услышанных докладов ребята смогут использовать в дипломных работах магистров и бакалавров».

Четыре класса источников АЭ и вероятность разрушения объекта

Валерий Иванович Иванов: «Сейчас я готовлюсь к предстоящей конференции. Думаю, моя тема будет связана с методом акустической эмиссии. В свое время я ввел четыре класса источников АЭ. Эти классы связаны с параметрами сигналов. Сейчас я акцентирую внимание на том, чтобы по параметрам АЭ сигнала не просто определять класс источника АЭ, но оценить вероятность разрушения объекта, если обнаружен тот или иной дефект. Основная идея заключается в том, что мы должны оценивать безопасность объекта количественно».

Дирекция РОНКТД



ВИЗИТ ДЕЛЕГАЦИИ РОНКТД В КИТАЙСКУЮ НАРОДНУЮ РЕСПУБЛИКУ



С 12 по 23 июня состоялся второй визит делегации РОНКТД в Китайскую Народную Республику. Основными задачами визита стали:

- 1) установление партнерских отношений с представителями китайских промышленных предприятий, сервисных организаций, выполняющих неразрушающий контроль, научных институтов;
- 2) разработка «дорожной карты» по созданию платформы для организации эффективного взаимодействия российских и китайских предприятий при решении задач в области неразрушающего контроля, технической диагностики, мониторинга состояния.

В рамках решения первой задачи члены делегации приняли участие в Дальневосточном форуме по неразрушающему контролю (<https://www.fendti.com/En>), были проведены рабочие встречи с представителями китайских промышленных предприятий и организована китайско-российская конференция по неразрушающему контролю.



В период с 13 по 15 июня член делегации РОНКТД А.Е. Шубочкин ознакомился с оборудованием НК, производимым китайскими компаниями и представленном на Дальневосточном форуме по неразрушающему контролю, провел встречи для уточнения перечня импортируемых в Китай техно-

логий НК. Также на форуме состоялось выступление д-ра техн. наук А.Е. Шубочкина, в котором он рассказал о практике замены пленочной радиографии на цифровую по критерию информативности.

В период с 14 по 16 июня делегация РОНКТД посетила первое государственное предприятие общественного благосостояния провинции Шандунь «Шаньдунский институт инспекции специального оборудования» (<http://en.sei.sd.cn/>), ряд промышленных предприятий провинции Шандунь (подшипниковые заводы, завод по изготовлению алмазного покрытия), а также Научно-технический парк Тайшаньского университета.





В рамках состоявшихся встреч стороны обсудили актуальные задачи в области НК, решение которых требуется китайским предприятиям, и рассмотрели механизмы привлечения к решению данных задач российских разработчиков (<https://clck.ru/34sqjo>).

На базе научно-технического парка Тайшаньского университета китайские коллеги продемонстрировали возможности по локализации производства оборудования российских приборостроительных предприятий.

20 июня состоялась китайско-российская конференция по неразрушающему контролю, организованная отделом зарубежного сотрудничества Национального инновационного центра технологий дельты реки Янцзы (<http://en.jitri.cn>), PUE (Shanghai) innovation incubator management Co. (<http://pueincubator.ru>) и РОНКТД. В мероприятии с российской стороны приняли участие шесть организаций — членов Гильдии РОНКТД производителей оборудования и технологий неразрушающего контроля (<http://rosgild.com>), которые рассказали о решениях, обладающих потенциалом для использования китайскими предприятиями. Перечень российских компаний и презентуемых ими решений представлен в таблице.



С китайской стороны в конференции приняли участие представители более 40 предприятий из различных промышленных секторов: нефтегазовый комплекс, ТЭК, строительная и железнодорожная индустрия.

Одним из организаторов конференции стал Национальный технологический инновационный центр дельты реки Янцзы — JITRI (<http://en.jitri.cn>). Центр JITRI фокусируется на анализе отраслевых потребностей, которые могут быть удовлетворены новыми технологиями, и на сопоставлении этих потребностей с инновационными ресурсами как в Китае, так и во всем мире. Ориентируясь на национальные стратегические потребности в области передовых материалов, JITRI построила ряд специализированных научно-исследовательских институтов и реализовала ключевые проекты (стартап-компании) в области высококачественных металлических материалов, передовых полимерных материалов, углеродного волокна и его композитов, материалов для энергетического сектора. Учитывая, что вопросы оценки качества занимают важную роль при разработке, производстве и эксплуатации новых материалов, JITRI открыт для проектов, направленных на совершенствование оборудо-

«АКС»	Ультразвуковой 3D-томограф бетона	ЭМА-толщиномер	Роботизированный комплекс для контроля труб газораспределительных станций	
«НИИИИ»	Поточный вихретоковый дефектоскоп	Ручной вихретоковый дефектоскоп	Магнитный структуроскоп	Универсальный шаблон специалиста НК
«ЭХО+»	Контроль банджа вращающихся печей, распространенных в промышленности строительных материалов для различных видов операций (сушка, обжиг и т.д.)	УЗ-контроль кольцевых сварных соединений при строительстве магистральных трубопроводов (УК вместо РК)	УЗ-контроль внутренних сварных швов тройников сварных с накладками	УЗ-контроль толсто-стенных (до 300 мм) сварных соединений из аустенитных и высоколегированных сталей
«Константа»	Электроискровой дефектоскоп для контроля покрытий	Толщиномеры покрытий	Твердомеры	—
«Фирма ТВЕМА»	Системы диагностики железнодорожной инфраструктуры	Система диагностики шахтных подъемников и вертикальных проводников	Системы по анализу больших данных НК рельсового пути	—
«Алькор»	Система мониторинга изотермических резервуаров сжиженных газов	—	—	—



дования и технологий НК. Директор департамента зарубежного сотрудничества г-н Ван Лян рассказал о мерах поддержки, которые предлагаются центром для реализации инновационных идей.

По результатам мероприятия китайскими коллегами были направлены конкретные запросы в адрес российских разработчиков и запланированы последующие встречи для их уточнения.

21 июня состоялась встреча с руководством департамента неразрушающего контроля Шанхайского института материаловедения. По результатам встречи китайскими коллегами была выражена готовность включиться в работу по оценке рынка для продвижения тех или иных решений, апробации решений, подготовке «дорожной карты» по адаптации/внедрению технологий, проведению исследований и разработке методик применения технологий.

22 июня в офисе компании «Бизнес-инкубатор «ПуЭ» прошла итоговая встреча, предметом которой стала разработка «дорожной карты» по созданию площадки для организации эффективного взаимодействия российских и китайских предприятий при решении задач в области неразрушающего контроля, технической диагностики, мониторинга состояния.

ПуЭ имеет 10-летний опыт вывода российских компаний и проектов на китайский рынок, опыт



поиска заказчиков как со стороны государственных институтов развития, так и со стороны частных корпораций. Это особенно актуально сейчас, когда китайская индустрия попадает все больше и больше под западные санкции и КНР берет курс на приоритет разработки собственных технологий и локализацию зарубежных из дружественных стран, среди которых Россия занимает особое место, особенно в области неразрушающего контроля.

Проект РОНКТД и ПуЭ строится на принципах взаимного интереса, в нужном месте и в правильное время!

Проект поможет российским производителям оборудования и технологий НК выйти на китайский рынок, а китайским промышленным компаниям найти партнеров для решения задач в области НК. Аналогичные утверждения действуют и в обратном направлении.

По результатам встречи были выделены различные варианты взаимодействия российских производителей оборудования и технологий НК с ПуЭ, принято решение о целесообразности создания экспертно-методического центра, который станет мостом, связывающим разработчиков и представителей промышленных предприятий в обоих направлениях.

По материалам дирекции РОНКТД

II МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИННОВАЦИЙ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ



В РАМКАХ X ЮБИЛЕЙНОГО ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT»



10 ЛУЧШИХ ПРОЕКТОВ

КРИТЕРИИ ОТБОРА:

- степень готовности;
- актуальность;
- востребованность на внутреннем рынке;
- конкурентоспособность на внешнем рынке;
- экономический эффект (создание высокотехнологичных рабочих мест, сокращение затрат на операции по контролю качества, импортозамещение, потенциал применения для целей цифровой трансформации);
- инвестиционная привлекательность;
- технико-экономический эффект (повышение достоверности и повторяемости контроля, повышение прослеживаемости результатов, повышение производительности контроля);
- качество презентации.

ЗАЯВКИ ПРИНИМАЮТСЯ с 10 июля по 15 сентября 2023
ПОДАЧА ЗАЯВОК: project@niiin.ru

ОРГАНИЗАТОР



EXPO.RONKTD.RU

УЧАСТИЕ В САЛОНЕ БЕСПЛАТНОЕ

Официальный спонсор



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ 2023» (ICMSSTE 2023)



ДЯДИЧЕВ
Валерий Владиславович
Д-р техн. наук, профессор ФГАОУ
ВО «Крымский федеральный
университет им. В.И. Вернадского»,
Симферополь



МЕНЮК
Сергей Григорьевич
Канд. экон. наук,
директор ООО «ИЦ НДТ»,
Симферополь

В г. Ялта Республики Крым 16–19 мая 2023 г. прошла ежегодная Международная научно-практическая конференция «Материаловедение, формообразующие технологии и оборудование 2023» (ICMSSTE 2023). Организатором научного мероприятия выступил ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». Соорганизаторами были: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»; ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»; ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»; Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринговый центр Наилучшие доступные технологии». Также в этом году соорганизатором было Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД).

В конференции приняло участие более 180 специалистов от более 90 предприятий, в том числе из 7 зарубежных стран — Индии, Беларуси, Китая, Казахстана, США, Германии, Израиля. В очном и дистанционном формате молодые ученые, студенты, работники университетов, научных учреждений и организаций РФ делились своими достижениями и научными результатами.

Работа конференции была направлена на предоставление возможности для ученых и представителей бизнеса из различных стран обобщить и поделиться инновационными и новейшими резуль-



татами последних научных исследований в области материаловедения, свойств материалов, технологий производства новых материалов и изделий, промышленного оборудования и инструмента, обсудить направления развития наноматериалов и нанотехнологий, новой техники и технологий, установить новые научные связи между участниками конференции в целях интеграции науки и бизнеса различных стран, проведения дальнейших совместных исследований, реализации новых исследовательских проектов и внедрения научных результатов в реальный сектор экономики.

Тематика конференции

- Материаловедение и физикохимия материалов.
- Металлические материалы: структура, свойства, технологии, оборудование.
- Неметаллические материалы: структура, свойства, технологии, оборудование.
- Композиционные и порошковые материалы.
- Строительные материалы: структура, свойства, технологии, оборудование.
- Наноматериалы.
- Нанесение покрытий и обработка поверхности.
- Моделирование структуры, свойств материалов.



- Современные проблемы литейного производства, стали, сплавы.
- Обработка материалов давлением.
- Теория и технология сварочного производства.
- Химические и гидрометаллургические технологии.
- Теория и технология металлургических и металлообрабатывающих процессов.
- Методы контроля и анализа материалов.
- Аддитивные технологии.

Активное участие в работе конференции приняла исполнительный директор РОНКТД Алиса Владимировна Шабаева, которая выступила с докладом, поделилась опытом организации работы РОНКТД и рассказала о планах мероприятий общества.

Среди большого количества докладов и выступлений большой интерес вызвал доклад профессора Sandeep Chaudhary «Усовершенствованная 3D-печать бетона с использованием термоотверждаемого геополимера» из Индийского технологического института (Индаур, Индия).

Автор доклада отметил, что 3D-печать бетона сокращает потери материала и считается экологич-



ным решением для строительства. В строительстве 3D-печать возможна только с помощью специальной смеси, которая имеет в 1,5–2 раза больше цемента, часто используются наноразмерные элементы и волокна, что резко увеличивает стоимость и связанные с этим выбросы CO₂. Однако 3D-печать экономит материал. Автор отметил, что настоящее исследование демонстрирует потенциал термического отверждения для продвижения 3D-печати в области строительных материалов. Результаты показывают, что реологические свойства геополимера зависят от его состава (активирующего раствора) и температуры воздействия. Протестированный геополимер GGBS 4M показывает очень низкое сопротивление сдвигу (≤ 100 Па) при комнатной температуре (20 °C) и очень высокое сопротивление сдвигу ($> 20\,000$ Па) при термическом отверждении (60 °C). Переход из жидкообразного (низкое сопротивление сдвигу) состояния в твердое (высокое сопротивление сдвигу) может быть достигнуто путем приложения теплоты в любой момент времени. Было продемонстрировано термическое отверждение для активной 3D-печати геополимера. В заключении ученый из Индии по-

казал, что реологическое исследование и демонстрация обеспечивают подтверждение концепции 3D-печати на основе термического отверждения, которая может быть использована для разработки передовых инструментов для 3D-печати строительных материалов.

В обсуждениях выступлений и научных дискуссиях ученые из разных стран обменялись опытом и наметили планы в дальнейшем сотрудничестве, которое не имеет преград.

Материалы конференции опубликованы в сборнике «Материаловедение, формообразующие технологии и оборудование 2023 (ICMSSTE 2023)», индексируемом в базе данных РИНЦ.

Практическая значимость и важность прошедшей международной научно-практической конференции подтверждается возрастающим интересом со стороны как российских, так и зарубежных участников. В рамках деловой программы конференции в дальнейшем планируется совместная с РОНКТД организация проведения выставки с приглашением к участию промышленных предприятий и организаций.

Республика Крым — территория NDT!



Спектр
Издательский дом

В. Н. Данилов, Л. В. Воронкова

ПРОСТО О ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ С ФАЗИРОВАННЫМИ РЕШЕТКАМИ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ



390 руб.

ISBN 978-5-4442-0144-2. Формат - 60х90 1/16, 136 страниц. Год издания - 2019, издание 1-е.

Практически без формул дается простое описание физических основ работы преобразователей с фазированными решетками (ПФР), доступное дефектоскопистам любого уровня подготовки, отмечаются особенности, отличающие ПФР от преобразователей с обычными (цельными) пьезопластинами, обращается внимание на преимущества и ограничения их применения. Рассматриваются особенности формирования сигнала прямого линейного ПФР и влияния ряда факторов на его характеристики, особенности формирования сигналов прямого и наклонного ПФР с линейными решетками при наличии акустической задержки, влияющей на их характеристики.

Рассматриваются особенности излучаемых и регистрируемых сигналов прямых ПФР с прямоугольной (двухмерной) решеткой с различным отношением размеров сторон. Показано влияние формы решетки на изменение амплитуды излучаемого ПФР-сигнала вдоль акустической оси, диаграмму направленности, зависимость амплитуды донного сигнала и др.

Приводятся некоторые результаты сравнения теоретических и экспериментальных характеристик ПФР и описываются особенности и возможности их практического применения при ультразвуковом контроле. Показано, что теоретические модели прямых и наклонных преобразователей с линейной фазированной решеткой в целом адекватно описывают работу ПФР. Приведен ряд примеров использования ПФР в практическом контроле, показывающих их особенности и реальные возможности.

Монография полезна для повышения квалификации специалистов по ультразвуковому методу контроля и как учебное пособие для студентов и аспирантов при изучении соответствующего курса.



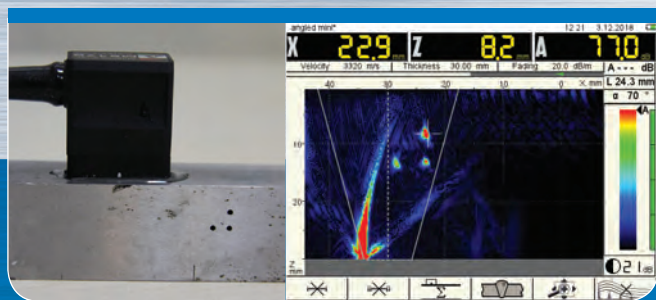
АКУСТИЧЕСКИЕ
КОНТРОЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ

142712, МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, ЛЕНИНСКИЙ РАЙОН,
ПОС. ГОРКИ ЛЕНИНСКИЕ, ПРОМЗОНА «ТЕХНОПАРК»,
УЛ. ВОСТОЧНАЯ, ВЛ. 12, СТР. 1
ТЕЛ.: +7 (495) 984-74-62 | +7 (495) 800-74-62
WWW.ACSYS.RU | MARKET@ACSYS.RU

A1525 Solo

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП – ТОМОГРАФ В КОМПАКТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

ЛЁГКИЙ И УДОБНЫЙ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП - ТОМОГРАФ С ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ СВАРНОГО ШВА И ТЕЛА МЕТАЛЛА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

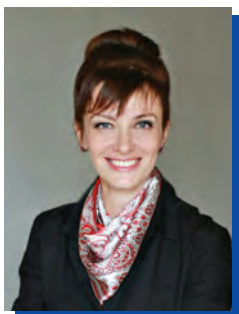


- Доступная цена
- Быстрота и эффективность контроля благодаря наглядному отображению сечения объекта (В-Скан) в режиме реального времени с частотой смены кадров до 35 Гц
- Улучшенная чувствительность в ближней зоне (ЦФА/TFM метод)
- Скорость сканирования вдоль сварного соединения до 70 мм/с (при шаге сканирования 2 мм)
- Малогабаритная 16 элементная антенная решетка поперечных волн с центральной частотой 4 МГц и сектором обзора от 35° до 80° для контроля сварных швов
- Отображение образов объёмных (поры) и вертикально ориентированных (трещины) дефектов благодаря специальным режимам



ПЕРВЫЙ В МИРЕ!

УРАЛЬСКИЙ ФОРУМ СВАРКИ И КОНТРОЛЯ



ВЕЛЬКО Наталья Андреевна
Руководитель АЦСНК-15 ЗАО «Западно-Уральский
аттестационный центр», Пермь

В рамках празднования 300-летия города Перми и к 135-летию изобретения Николаем Гавриловичем Славяновым электродуговой сварки плавящимся электродом впервые в истории Прикамья Пермь стала местом притяжения специалистов в области сварки и контроля.

Уральский форум сварки и контроля, объединивший сварщиков и дефектоскопистов Российской Федерации, посетило более 315 участников.

Среди знаковых мероприятий, прошедших на площадке форума, ставшего уже традиционным, 15-й конкурс профессионального мастерства сварщиков г. Перми и Пермского края им Н.Г. Славянова. В этом юбилейном году 35 предприятий Пермского края направили 70 сварщиков, чтобы определить лучшего из них.

Конкурсанты выступали по четырем номинациям.

Номинация «Дуговая сварка плавящимся покрытым электродом труб»

В ней выступило 19 сварщиков, лучшими стали:

- 1 место – Сыропятов Дмитрий Аркадьевич,
АО «Энергоремонт Плюс»
- 2 место – Пирожков Денис Игоревич,
ООО «ГЛОБАЛИНВЕСТСТРОЙ»
- 3 место – Шувалов Петр Николаевич,
ООО «Вертикаль»

Номинация «Дуговая сварка плавящимся покрытым электродом для строительной отрасли»

В ней выступило 12 сварщиков, лучшими стали:

- 1 место – Мещлер Сергей Александрович,
АО «Метафракс Кемикалс»
- 2 место – Сабуров Сергей Александрович,
ООО «Вертикаль»
- 3 место – Лимин Никита Дмитриевич,
ООО «Горнозаводскцемент»





Номинация «Дуговая сварка неплавящимся электродом в защитном газе»

В ней выступило 17 сварщиков, лучшими стали:

- 1 место — Гладких Сергей Александрович,
ООО «Монтаж Контроль Сервис»
- 2 место — Пласкунов Дмитрий Сергеевич,
КБФ филиал АО «Гознак»
- 3 место — Лекомцев Александр Владимирович,
АО «Протон-ПМ»

Номинация «Дуговая сварка плавящимся электродом в защитном газе»

В ней выступило 22 сварщика, лучшими стали:

- 1 место — Половинкин Эдуард Вячеславович,
ООО «Уралкалий-Ремонт»
- 2 место — Баландин Михаил Андреевич,
ПАО «НПО «Искра»
- 3 место — Тебенков Никита Сергеевич,
АО «ОДК-Пермские моторы»



Вторым, не менее важным, мероприятием форума стал межрегиональный конкурс специалистов неразрушающего контроля «Дефектоскопист Урала 2023». В нем 37 дефектоскопистов Пермского края, Свердловской области и Республики Башкортостан боролись за право стать номинантом премии на кубок Р.К. Мусина—А.А. Сигаева и носить гордое имя лучшего дефектоскописта Урала. Результатами конкурса стали:

Номинация «Визуальный и измерительный контроль»

В ней выступило 5 специалистов, лучшими стали:

- 1 место — Беляков Илья Алексеевич,
ООО «Газпром Трансгаз»
- 2 место — Десятков Алексей Юрьевич,
ООО «Газпром Трансгаз Чайковский»
- 3 место — Шуклин Андрей Витальевич,
АО «Сибур-Химпром»

Номинация «Радиографический контроль»

В ней выступило 13 специалистов, лучшими стали:

- 1 место — Грабарчук Константин Павлович,
АО «Газпром Газраспределение Пермь»
- 2 место — Ужegov Алексей Петрович,
ООО «Экспертная лаборатория»





3 место – Чепчугова Любовь Александровна,
ПАО «Уралмашзавод»

Номинация «Ультразвуковой контроль»

В ней выступило 16 специалистов, лучшими стали:

1 место – Суворов Илья Алексеевич,
АО «Пермский завод «Машиностроитель»

2 место – Малько Наталья Евгеньевна,
АО «НПК «Уралвагонзавод»

3 место – Лаптев Евгений Валерьевич,
ООО «НПЦ «ВТД»

Номинация «Магнитный контроль»

В ней выступили 3 специалиста, лучшей стала:

1 место – Тишкина Анна Викторовна,
АО «НПК Уралвагонзавод»

На конкурсе также определились победители отборочных (региональных) этапов Всероссийского конкурса РОНКТД по неразрушающему контролю «Дефектоскопист 2023» Пермского края и Свердловской области.

Отборочный этап по Пермскому краю:
Номинация «Визуальный и измерительный контроль»

1 место – Десятков Алексей Юрьевич,
ООО «Газпром Трансгаз»

Номинация «Радиографический контроль»

1 место – Грабарчук Константин Павлович,
АО «Газпром Газраспределение Пермь»

2 место – Артемьев Руслан Евгеньевич,
ООО «АЦ СТС»

3 место – Бадртдинов Рустам Нурдинович,
АО «Сибур-Химпром»

Номинация «Ультразвуковой контроль»

1 место – Суворов Илья Алексеевич,
АО «Пермский завод «Машиностроитель»

2 место – Савичев Максим Павлович,
ООО «ГАЦ РБ»

3 место – Кочнев Станислав Игоревич,
АО «Сибур-Химпром»



Отборочный этап по Свердловской области:

Номинация «Радиографический контроль»

- 1 место – Ужegov Алексей Петрович,
ООО «Экспертная лаборатория»
- 2 место – Чепчугова Любовь Александровна,
ПАО «Уралмашзавод»
- 3 место – Кузнецов Дмитрий Анатольевич,
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

Номинация «Ультразвуковой контроль»

- 1 место – Малько Наталья Евгеньевна,
АО «НПК «Уралвагонзавод»
- 2 место – Лаптев Евгений Валерьевич,
ООО «НПЦ «ВТД»
- 3 место – Карпова Марина Александровна,
АО «НПК «Уралвагонзавод»



Не менее важной частью форума стала научная составляющая. На два дня в столицу Пермского края съехались лучшие умы в области сварки и контроля, чтобы рассказать о научных достижениях и новых технологиях в рамках сразу двух конференций: Международной научно-технической конференции, посвященной 135-летию изобретения Н.Г. Славяновым электродуговой сварки плавящимся электродом и XXXIV Уральской конференции «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения)».

Столь высокая концентрация специалистов в области сварки и контроля привлекла внимание российских производителей из данных отраслей. На площадке форума была организована выставка, а также прошло совещание Национального промышленного сварочного сообщества (НПСО), где российские производители оборудования и материалов обменивались мнениями и пытались выработать консолидированное решение для успешного развития отрасли в непростых внешнеполитических условиях.

Такое крупное событие в области сварки не могло пройти без участия Национального агентства контроля сварки НАКС, форум в Перми, ко-



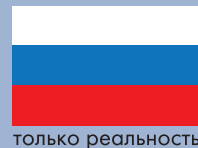


нечно же, не стал исключением. Специалисты центров НАКС приняли активное участие во всех мероприятиях форума, а также провели отдельное совещание с руководителями организаций – членов СРО Ассоциация «НАКС», на котором руководители ассоциации генеральный директор Андрей Иванович Прилуцкий, заместитель генерального директора Николай Николаевич Марков и заместитель генерального директора по техническому регулированию и оценке квалификации Александр Иванович Чупрак рассказали о ситуации в области правового регулирования и актуальных вопросах по проверке предприятий к готовности работы на опасных производственных объектах.

Сварка является межотраслевым технологическим процессом, поэтому общественные организации, представители власти, крупного, среднего и малого бизнеса приняли активное участие в работе форума. Владимир Юрьевич Капитонов – начальник управления промышленности Министерства промышленности, торговли и предпринимательства Пермского края, Екатерина Владимировна Листратова (заместитель руководителя Западно-Уральского управления Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному

надзору), Владимир Александрович Сясько (президент РОНКТД), Яков Гаврилович Смородинский (вице-президент РОНКТД), Денис Игоревич Галкин (вице-президент РОНКТД), Вячеслав Артурович Белов (президент Пермской торгово-промышленной палаты), Алексей Андреевич Новиков (начальник отдела промышленной политики департамента экономики и промышленной политики администрации города Перми), Ирина Станиславовна Южанинова (председатель Пермского регионального отделения «ОПОРА РОССИИ») выступали на площадках форума.

Аккордным мероприятием стало совместное заседание Пермского регионального отделения «ОПОРЫ РОССИИ» и Комиссии «ОПОРЫ РОССИИ» по оценке соответствия в области сварочного производства и родственных технологий. «ОПОРА РОССИИ» как организация, объединяющая предприятия малого и среднего бизнеса, придает огромное значение развитию сварочных технологий, особенно учитывая тот факт, что основные игроки в этой отрасли – это предприятия малого и среднего бизнеса. Результатом совместного заседания стал протокол решений наиболее острых вопросов сварки и контроля.



Ультразвуковой ТОЛЩИНОМЕР УТ907 с А-сканом и В-сканом



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

ВИЗИТ ДИРЕКТОРА ЦЗИНИНСКОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ KANGHUA г-на ЧЕНА (SHEN) ДУАНЬТИНА

В рамках совместного проекта РОНКТД и PUE (Shanghai) innovation incubator management Co. по продвижению российских технологий на китайском рынке и создания совместного НИЦ НК России в период с 27 апреля по 2 мая посетил один из экспертов PUE в области неразрушающего контроля, директор Цзининской электромеханической технологической компании Kanghua г-н Чен (Shen) Дуаньтин.



Основной целью визита г-на Чена было установление контактов с руководителями российских предприятий – разработчиков оборудования и технологий НК, ознакомление с передовыми российскими решениями для оценки их потенциала на китайском рынке и определение направлений совместных исследований в рамках развития российско-китайских отношений. Информацию, полученную в ходе визита, г-н Чен доведет до сведения коллег из PUE, которые в настоящее время совместно с РОНКТД разрабатывают площадку для организации эффективного российско-китайского взаимодействия предприятий из области НК и промышленных предприятий.

В рамках запланированных мероприятий г-н Чен посетил ООО «НПЦ «Эхо+», ООО «АКС», АО «Фирма ТВЕМА», АО «НИИИН МНПО «Спектр», ООО «Константа».

27 апреля в НПЦ «Эхо+» г-на Чена принял заместитель технического директора НПЦ «Эхо+» канд. техн. наук А.Е. Базулин.

В рамках совещания г-ну Чену были продемонстрированы следующие решения НПЦ «Эхо+»:

- контроль бандажа вращающихся печей, распространенных в промышленности строительных материалов для различных видов операций (сушка, обжиг и т. д.). Решение позволяет проводить контроль сварного соединения бандажа и обечайки толщиной 500 мм в рабочем режиме эксплуатации оборудования при скорости вращения до 1 м/с. По результатам контроля проводится визуализация выявленных внутренних и поверхностных дефектов;
- контроль кольцевых сварных соединений при строительстве магистральных трубопроводов. Решение направлено на замену трудозатратного радиографического контроля на механизированный ультразвуковой контроль, что позволяет значительно сократить срок подготовки трубопровода к запуску в эксплуатацию;
- контроль внутренних сварных швов тройников сварных с накладками, который за счет трехмерной голографической обработки позволяет визуализировать дефекты на удалении до 1–2 м с хорошим разрешением и отношением сигнал/шум. Решение может быть пригодно для ка-



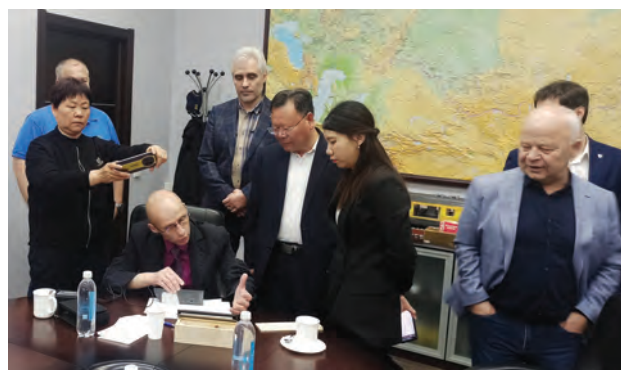
чественного контроля изделий, недоступных для непосредственной установки датчиков;

- контроль толстостенных (до 300 мм) сварных соединений из аустенитных и высоколегированных сталей. Решение стало возможным благодаря использованию дефектоскопа ультразвукового многоканального с поддержкой технологий фазированных решеток и TOFD с поддержкой двухкоординатного сканирования и последующей обработке данных.

28 апреля г-н Чен посетил ООО «АКС». Генеральный директор д-р техн. наук, профессор А.А. Самокрутов познакомил г-на Чена с концепцией, реализованной в ООО «АКС» и заключающейся в интеграции производственных, научно-исследовательских и технологических процессов в единый комплекс. Г-ну Чену были продемонстрированы приборы, производимые ООО «АКС».

В процессе обсуждения особое внимание было уделено таким разработкам, как:

- инновационный, компактный и удобный в использовании томограф с возможностью быстрого построения 3D-изображения внутренней структуры бетона;
- сканер-дефектоскоп A2072 IntroScan, предназначенный для обнаружения, селекции типов и





измерения параметров дефектов основного металла труб и сварных дефектов при проведении внутритрубной диагностики технологических трубопроводов компрессорных станций без нарушения их целостности.

28 апреля руководители АО «Фирма ТВЕМА» (В.Ф. Тарабрин, канд. техн. наук, генеральный директор, Е.В. Юрченко, первый заместитель генерального директора, А.В. Лохач, канд. техн. наук, начальник департамента ДИАС, Д.М. Щеглов, заместитель начальника департамента ДОСД, Д.А. Кононов, руководитель проектов лаборатории НК и ТД) продемонстрировали г-ну Чену следующие разработки:

- программную платформу управления измерительными системами диагностического комплекса, позволяющую получать исходные данные от различных средств контроля, осуществлять анализ поступающих данных в целях планирования работ по содержанию технических устройств и сооружений по фактическому состоянию;
- скоростные диагностические комплексы для контроля объектов железнодорожной инфраструктуры;
- решение по контролю состояния направляющих шахтных грузовых подъемников;
- ручной ультразвуковой дефектоскоп «ЭХО-ПУЛЬС», реализующий принцип адаптивного порога для автоматической настройки чувствительности каналов, сбора данных о проводимом контроле в формате единого протокола, автоматизированную расшифровку результатов контроля.

29 апреля было организовано посещение г-ном Ченом АО «НИИИИ МНПО «Спектр». В рамках данного мероприятия генеральный директор канд. техн. наук Д.И. Галкин провел для г-на Чена экскурсию по Научно-исследовательскому институту интроскопии, рассказал об истории и основных разработках института. Заместитель генерального директора по науке и инновациям д-р техн. наук А.Г. Ефимов и заведующий отделом перспективных разработок д-р техн. наук А.Е. Шубочкин продемонстрировали актуальные решения, полученные в стенах института:



- выявление дефектов (трещин) глубиной от 0,1 мм на поверхности объектов контроля при сканировании с зазором до 10 мм;
- оценка степени поврежденности металла элементов конструкций, появляющейся в процессе эксплуатации;
- контроль в целях обнаружения производственных дефектов (трещины, волосовины, закаты, непровары шва, плены, рванины и т.п.) при заводском изготовлении бесшовных, сварных, сварно-паяных труб в прокатном и метизном производстве, машиностроительных заводах, заводах по изготовлению и ремонту штанг, предприятиях черной и цветной металлургии;
- обнаружение дефектов соединений между элементами многослойных конструкций из неметаллических и металлических пластиков, а также дефектов в слоистых пластиках.

Также в процессе совещания было проведено обсуждение технического задания на разработку системы вихретокового контроля резинотросовых лент и проведение исследовательских работ по оценке состояния заклепочных соединений в лопастях шахтных вентиляторов главного проветривания.



2 мая г-н Чен был принят генеральным директором ООО «Константа», президентом РОНКТД д-ром техн. наук, профессором В.А. Сясько. В рамках встречи г-ну Чену были продемонстрированы приборы, производимые ООО «Константа», и решения по контролю изоляционных покрытий объектов промышленного и гражданского строительства, машино-, авиа- и ракетостроения, а также приборы учета расхода жидкостей и газов.

По материалам дирекции РОНКТД



КОНСТАНТА

Константа ФБ

Прибор для измерения блеска и коэффициента яркости

Госреестр СИ РФ № 86095-22

Измерение блеска в геометриях освещения-наблюдения:
20°/20°, 60°/60°, 85°/85° (ГОСТ 31975-2013)
45°/45° (ГОСТ 896-2021)

Измерение коэффициента яркости в геометрии освещения-наблюдения: 45°/0°

Доступна модификация прибора с тремя геометриями измерений
20°/20°, 60°/60°, 85°/85°



constanta.ru

ЮБИЛЯРЫ НОМЕРА

От имени Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллективов АО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Белорусско-Российского университета, редакций журналов «Контроль. Диагностика» и «Территория NDT», а также коллег и друзей сердечно поздравляем Владимира Ивановича Матвеева и Сергея Сергеевича Сергеева с Юбилеями, желаем крепкого неразрушаемого здоровья, благополучия и успехов.

ВЛАДИМИРУ ИВАНОВИЧУ МАТВЕЕВУ – 85 ЛЕТ!



Известный ученый в области радиоволнового СВЧ-метода измерений, методов и средств неразрушающего контроля, технической диагностики и систем безопасности Владимир Иванович Матвеев родился 19 июля 1938 г. в г. Москва.

В 1955 г. Владимир Иванович поступил на радиотехнический факультет Московского авиационного института, который окончил в 1961 г. по специальности «радиоинженер».

С 1961 по 1964 гг. Владимир Иванович был разработчиком спецтехники — магнетронов (предприятие п/я 3345), с 1964 по 2020 гг. работает в НИИ интроскопии МНПО «Спектр» инженером, зав. сектором, зав. лабораторией, зав. отделом, научным сотрудником.

В 1971 г. после окончания аспирантуры Владимир Иванович в диссертационном совете при Ленинградском институте точной механики и оптики успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.00.00 на тему «Измерение толщины диэлектрических изделий с помощью микрорадиоволн» под руководством известного ученого в области квантовой электроники и лазерной техники, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, доктора технических наук, профессора Константина Ивановича Крылова.

В.И. Матвеев автор 400 научных работ, в том числе трех учебников и 23 авторских свидетельств СССР и патентов РФ на изобретения, включая учебное пособие серии «Диагностика безопасности» под общей редакцией В.В. Ключева «Радиоволновой контроль», рекомендованное Научным советом по автоматизированным системам диагностики и испытаний РАН в качестве учебного пособия для подготовки специалистов по неразрушающему контролю и технической диагностике, допущенное Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизация технологических процессов и производств». Учебное пособие также рекомендуется для подготовки к аттестации специалистов 1, 2 и 3 уровней НК по международной и европейской системам аттестации, а также в качестве базового материала для дистанционного обучения специалистов по НК.

В.И. Матвеев разработал теорию и методику СВЧ-методов неразрушающего контроля диэлектрических материалов и конструкций в области толщинометрии, дефектоскопии и влагометрии, создал пять типов СВЧ-приборов НК, разработал три государственных стандарта по радиоволновым методам неразрушающего контроля.

В.И. Матвеев — член редсовета журнала Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике «Контроль. Диагностика».

Владимир Иванович проявляет себя как популяризатор науки и публицист. Среди его многочисленных оригинальных статей и обзоров важно отметить опубликованную в журнале «Контроль. Диагностика» статью к 100-летию со дня рождения выдающегося ученого, инженера и изобретателя, профессора, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, заслуженного изобретателя РСФСР Павла Кондратьевича Ощепкова, явившегося инициатором и одним из создателей первых в мире радиолокационных станций, организатором нового научно-технического направления — интроскопии, инициатора и первого директора НИИ интроскопии.

За научные достижения Владимир Иванович Матвеев награжден почетным знаком «Отличник приборостроения».

СЕРГЕЮ СЕРГЕЕВИЧУ СЕРГЕЕВУ – 70 ЛЕТ!



Известный ученый в области физических методов неразрушающего контроля (НК) Сергей Сергеевич Сергеев родился 1 августа 1953 г. в Могилеве.

В 1970 г. он поступил и в 1975 г. окончил Могилевский машиностроительный институт по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». С 1978 по 1981 гг. С.С. Сергеев обучался в аспирантуре Могилевского машиностроительного института.

В 1983 г. С.С. Сергеев прошел переподготовку в Ленинградском технологическом институте им. Ленсовета по специальности «Неразрушающие физические методы контроля». В 1984 г. в диссертационном совете К 063.25.08 Ленинградского технологического института им. Ленсовета защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13. Приборы и устройства контроля веществ, материалов и изделий на тему «Методы и средства технологического контроля процесса контактной точечной сварки в ультразвуковом поле» под руководством д-ра техн. наук, проф. Анатолия Ивановича Потапова. В 1985 г. С.С. Сергееву была присуждена ученая степень кандидата технических наук, а в 1986 г. присвоено звание доцента.

С 1975 г. Сергей Сергеевич работает в Белорусско-Российском университете сначала инженером, затем зав. лабораторией, ассистентом, старшим преподавателем, доцентом и с 1986 г. зав. выпускающей кафедрой «Физические методы контроля».

С.С. Сергеев проводит большую и плодотворную работу по организации подготовки и переподготовки специалистов по неразрушающему и экологическому контролю по белорусским и российским образовательным программам. За период руководства кафедрой получили путевки в жизнь 1300 инженеров по НК и технической диагностике.

Научное направление деятельности Сергея Сергеевича – развитие основ акустооптического метода неразрушающего контроля, совершенствование волоконно-оптических и акустических методов и средств контроля и измерений. Он является автором шести монографий: «Акустическое поле излучения пьезоэлектрических преобразователей», «Световодные способы и технологии комбинированной дефектоскопии», «Бесконтактная термометрия», «Современные литейные технологии», «Оптико-волоконная мутнометрия технических сред и масел», «Волоконно-оптические системы технологического контроля динамических объектов», трех учебных пособий: «Приборы и методы акустического контроля», «Источники и первичные преобразователи для приборов неразрушающего контроля», «Источники и приемники физических полей и излучений», 290 научных и учебно-методических работ, 33 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

С. С. Сергеевым внедрено в учебный процесс четыре авторских учебных курса: «Приборы и методы акустического контроля», «Организация контроля и управление качеством», «Акустические аппараты и системы» и «Неразрушающий контроль на АЭС», по которым разработаны учебно-методические комплексы с уникальной материально-технической базой. При кафедре создан учебный центр НК для подготовки специалистов к сертификации по основным видам контроля для специалистов промышленности Республики Беларусь. Данная структура имеет европейскую аккредитацию через Словацкий институт сварки (Братислава).

На базе кафедры «Физические методы контроля» с 2004 г. проводятся международные научно-технические конференции «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов». На сегодняшний день проведено восемь конференций.

Кафедра, которой руководит С. С. Сергеев, достигла значительных успехов в учебно-методической и научно-исследовательской работе и является одной из лучших выпускающих кафедр Белорусско-Российского университета. С. С. Сергеев является членом диссертационного совета и редакционного совета журнала «Неразрушающий контроль и диагностика».

За многолетний добросовестный труд, значительные успехи в организации и проведении научной, учебной, методической и воспитательной работы в подготовке высококвалифицированных специалистов, развитие международного образования и сотрудничества Сергей Сергеевич Сергеев отмечен грамотами Министерства образования РБ, Министерства науки и высшего образования РФ, знаками «Почетный работник высшего профессионального образования РФ», «Отличник образования», «Изобретатель СССР».

ASIA TRINITY – ЦИФРОВАЯ РАДИОГРАФИЯ, ТОМОГРАФИЯ И ЛАМИНОГРАФИЯ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Asia Trinity Enterprises Ltd. — компания, созданная в 2009 г. на территории Китая, расположенная в городе Шэньчжэнь. Основное направление деятельности:

- разработка и производство высокоточного оборудования для неразрушающего контроля;
- разработка цифровых систем тестирования;
- инженерно-технические услуги по тестированию.

HATATEST

В целях развития бизнеса и технологий в 2016 г. в городе Чжэнчжоу в сотрудничестве с компанией Weijia была создана компания HATATEST. На сегодняшний день это высокотехнологичное предприятие, обладающее следующими **достижениями**:

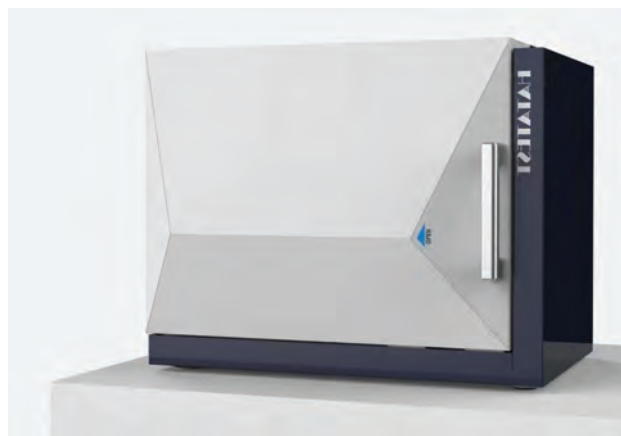
- первое место в области портативного неразрушающего контроля DR в Китае;
- более 70% доли рынка в Китае (более чем в 2 раза превышает общий объем продаж со 2-го по 10-е места);
- сертифицированный поставщик таких известных групп, как CNPC, Sinopec, China Aerospace и т.д.;
- первый в Китае центр исследований и разработок приборов неразрушающего контроля.

Сферы применения разработок компании Asia Trinity Enterprises Ltd.:

- электроэнергетика;
- судостроение;
- нефть и нефтехимия;
- аэрокосмическая промышленность;
- испытания специального оборудования;
- военная промышленность и т.д.

Также компания получила одобрение на 21 авторское право на программное обеспечение и зарегистрировала 12 национальных патентов (промышленный неразрушающий контроль).

Установка для неразрушающего контроля качества пластинчатых деталей с использованием компьютерной томографии/ламинографии



Предназначена для неразрушающего контроля качества сложных, многослойных пластинчатых образцов (например, печатных плат). Установка может работать в режимах компьютерной томографии и ламинографии. Использование режима ламинографии позволяет улучшить обнаружение дефектов.

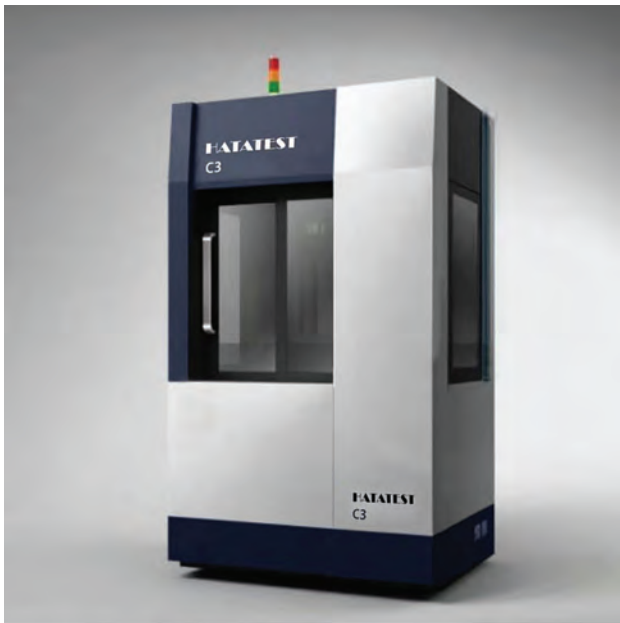
Параметры микрофокусной рентгеновской трубки

Напряжение питания, В	+24 VDC
Напряжение на рентгеновской трубке, кВ	90/120/130/150
Фокусное пятно, мкм	min 5
Минимальное фокусное расстояние (FoD), мм	7

Параметры плоскопанельного детектора

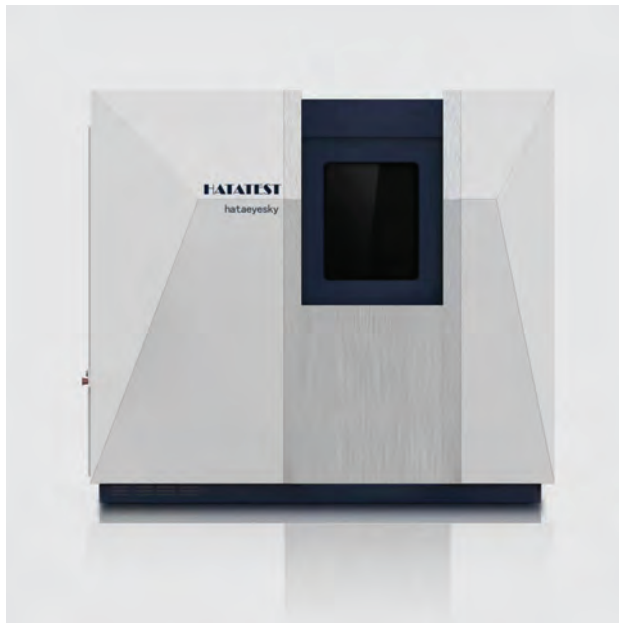
Тип детектора	IGZO
Тип сцинтиллятора	CS/DRZ-STD
Размер пикселя, мкм	76/85/100
Разрешение матрицы, пикс	1536×1536
Рабочая область, мм	130×130 / 300×243
Пространственное разрешение, пар линий на мм	4,3/5,8

Малогабаритная установка цифровой радиографии для контроля отливок



Напряжение на рентгеновской трубке, кВ	160
Рабочая область, мм	430×430
Размер пикселя, мкм	100/139
Пространственное разрешение, пар линий на мм	3,2 / 4,3

Установка для высокоточной компьютерной томографии



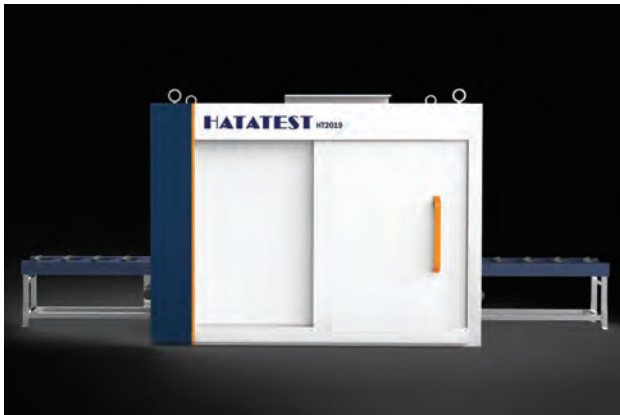
Напряжение на рентгеновской трубке, кВ	160	225	320	450
Рабочая область, мм	430×430	430×430	430×430	430×430
Размер пикселя, мкм	100/139	100/139	100/139	100/139
Пространственное разрешение, пар линий на мм	3,6/4,3	3,6/4,3	3,6/4,3	3,6/4,3
Габаритные размеры, м	2,7×1,6×2,0	2,7×1,6×2,0	2,7×1,6×2,0	2,7×1,6×2,0

Установка цифровой радиографии для контроля отливок



Напряжение на рентгеновской трубке, кВ	160	225	320	450
Рабочая область, мм	430×430	430×430	430×430	430×430
Размер пикселя, мкм	100/139	100/139	100/139	100/139
Пространственное разрешение, пар линий на мм	3,6/4,3	3,6/4,3	3,6/4,3	3,6/4,3
Производительность контроля (образцов в час)	≤60	≤60	≤60	≤60

Конвейерная цифровая система обнаружения дефектов отливок



Напряжение на рентгеновской трубке, кВ	160	225	320	450
Рабочая область, мм	4343	4343	4343	4343
Размер пикселя, мкм	100/139	100/139	100/139	100/139
Пространственное разрешение, пар линий на мм	3,6/4,3	3,6/4,3	3,6/4,3	3,6/4,3
Производительность контроля (образцов в час)	≤150	≤150	≤150	≤150
Возможность автоматического распознавания дефектов	Имеется	Имеется	Имеется	Имеется

Контактная информация

Asia Trinity Enterprises Limited.

(Китай, г. Шэньчжэнь)

Тел./факс: 0755-23942087

0755-23907646

Тел. (РФ) +7 (981) 900-07-57

www.quamtec.com

quam@asiatrinity.com

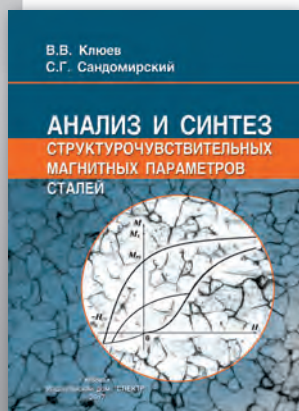


Спектр

Издательский дом

Клюев В. В., Сандомирский С. Г.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СТРУКТУРОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАЛЕЙ



700 руб.

ISBN 978-5-4442-0135-0. Формат - 60х90 1/16, 248 страниц, год издания - 2017.

В монографии показано, что происходящие при структурных изменениях в сталях «специфические» изменения магнитных параметров основной кривой намагничивания, частных петель магнитного гистерезиса и релаксационных магнитных параметров обусловлены только происходящими при этом изменениями коэрцитивной силы H_{CS} , остаточной намагниченности M_{rs} и намагниченности M_s технического насыщения материала на предельной петле гистерезиса. Разработаны и экспериментально обоснованы простые и точные формулы для расчета начальной, максимальной и максимальной дифференциальной магнитных проницаемостей сталей, всех релаксационных магнитных параметров сталей и стальных изделий, всех параметров частных петель магнитного гистерезиса сталей по H_{CS} , M_{rs} и M_s . Определены условия, при которых результаты прямых или косвенных измерений магнитных параметров сталей имеют высокую чувствительность к изменениям их структурного состояния и фазового состава, происходящих при термических обработках, напряженного состояния под действием механических нагрузок. Разработаны принципы формирования структурочувствительных магнитных параметров сталей из их H_{CS} , M_{rs} и M_s и приведены примеры.

Использование полученных результатов позволит сосредоточиться на повышении точности измерения H_{CS} , M_{rs} и M_s материала изделий и отказаться от сложных и не точных измерений других магнитных параметров.

Книга рассчитана на научных сотрудников, работников заводских лабораторий, инженеров и аспирантов, занимающихся разработкой и применением методов и средств магнитного структурного анализа, магнитными измерениями и дефектоскопией.

119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»

Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615-17-16.

E-mail: zakaz@idspektr.ru. [Http://www.idspektr.ru](http://www.idspektr.ru)

С. В. Шаблов, Е. И. Косарина, Н. А. Михайлова, А. А. Демидов

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИКА РАДИАЦИОННОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ISBN 978-5-4442-0173-2. Формат - 60x88 1/8, мягкий переплет, 168 страниц, год издания - 2023.

Содержит краткое описание физических основ радиографического контроля, используемых технических средств и материалов, описание видов дефектов. Уделено внимание процессам формирования скрытого изображения в эмульсии радиографической пленки. Приводится более 30 репродукций радиографических снимков с артефактами и объяснением вероятных причин их происхождения, а также рекомендациями по их предотвращению. Представлены алгоритмы физических процессов, расчета параметров и оптимальных режимов, которые обеспечивают формирование и преобразование радиационных изображений с объемом полезной информации, позволяющим определить качество объекта контроля. Приведены примеры последовательности разработки технологии, задачи и контрольные вопросы.

В разделе о цифровой радиографии рассмотрены вопросы преобразования, дискретизации, квантования, оцифровки и тестирования дуплексным индикатором цифровых радиационных изображений.

Описаны устройство, принцип работы, калибровка и характеристики плоскопанельных детекторов прямого и непрямого преобразования, а также энергетические уровневые переходы в многоразовых фотостимулируемых пластинах при их возбуждении, метастабильном состоянии и индуцировании светового излучения лазером.

Предназначена для специалистов по радиографическому методу неразрушающего контроля для любых отраслей промышленности, проводящих радиационный контроль изделий, полезна для специалистов радиационного контроля, проходящих аттестацию.

Книга издана при финансовой
поддержке:



ПРОДИС.НДТ
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ



1090 руб.

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК



ПЕПЕЛЯЕВ Андрей Валентинович
ООО «ТЕХКОН», Москва

Проблема износа рабочей поверхности пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) хорошо известна в практике УЗК. И это понятно — например, при сканировании сварного шва протяженностью 1 м по поперечно-продольной схеме пробег ПЭП достигает 100 м и более.

ПЭП может оставаться работоспособным, пока его акустическая задержка (призма) не износится до пьезопластины. Но по мере износа меняются некоторые характеристики ПЭП, которые существенно влияют на результаты контроля. Это одна из причин, по которой нужно с установленной периодичностью определять точку выхода, стрелу, угол ввода ПЭП, настройку глубиномера, чувствительность и другие параметры в соответствии с документацией на контроль.

При настройке дефектоскопа следует применять не номинальные характеристики ПЭП, указанные, например, на его корпусе, а действительные, определенные по калибровочным и настроечным образцам. Проверка соответствующих характеристик ПЭП проводится, как правило, не реже одного раза за смену перед началом контроля, чувствительность контроля и точность глубиномера должны проверяться чаще.

Перечислены проблемы, связанные с износом ультразвуковых преобразователей, приведены способы защиты преобразователей от износа и компенсации его влияния на результаты контроля. Рассмотрена полезная функция дефектоскопа с преобразователями — фазированными решетками (ПФР) по определению профиля рабочей поверхности призм. Показано, как эта функция позволяет использовать для расчета законов фокусировки и определения координат отражателей не номинальные, а действительные параметры изношенной призмы, что повышает достоверность результатов контроля. Одновременно рассмотрены некоторые практические вопросы по технологии проведения УЗК с ПФР.

Но даже такие строгие меры не решают всех проблем изношенных призм. Например, увеличение стрелы ПЭП может снизить контроледоступность корневой части сварного шва, а увеличение угла ввода может привести к возбуждению поверхностной волны и появлению сигналов-помех от нее. В подобных случаях требуется замена изношенных ПЭП.

В настоящее время есть достаточно большой выбор ПЭП со сменными или износостойкими призмами.

С применением дорогостоящих многоэлементных ПФР проблема износа стала еще более актуальной. Это справедливо даже при том, что ПФР заменяет некоторые виды механического сканирования электронным, например позволяет избавиться от поперечных перемещений при контроле сварных швов, что намного сокращает пробег ПФР.

Первый способ защиты от износа, применимый и к обычным ПЭП: большинство моделей ПФР используют со сменными призмами. Они не только защищают ПФР, но и делают их более универсальными, что позволяет с одной ПФР решать разнообразные задачи УЗК.

Теоретически с помощью одной ПФР можно вводить в объект контроля (ОК) ультразвуковые волны разных типов под различными углами в соответствии с законами преломления и трансформации волн. Но чтобы обеспечить приемлемую чувствительность и отношение амплитуды полезного сигнала к уровню шумов и помех, лучше применять призмы для заданного типа волн с определенным базовым углом ввода. Далее можно, например, в режиме секторного сканирования качать луч в ОК относительно базового угла ввода, обычно в диапазоне $\pm 15...20^\circ$.

Таким образом, сменная призма, кроме защиты ПФР, обеспечивает ввод разных типов ультразвуковых волн с заданными характеристиками в ОК, а также создает акустический контакт и позволяет установить ПФР в держатели сканеров.

С одной ПФР можно применять призмы нескольких типов: прямые разной высоты, наклонные на продольные волны, наклонные на поперечные волны, с различным базовым углом ввода, а также притертые под разные диаметры и с различными параметрами фокусировки. В некоторых случаях применяют ПФР без призмы, но для этого на ее рабочую поверхность нужно наклеить тонкий протектор. В качестве такого протектора в простейших случаях подойдет обычная изолента.

Для защиты самих призм используют специальные износостойкие вставки, например, из карбида вольфрама, которые устанавливаются в призме или крепятся к ней снаружи. При контроле эти же вставки создают щелевой акустический контакт с зазором между призмой и поверхностью ОК примерно 0,2 мм, что достигается регулировкой вставок по высоте. Конкретные значения зазора при щелевом контакте зависят от различных

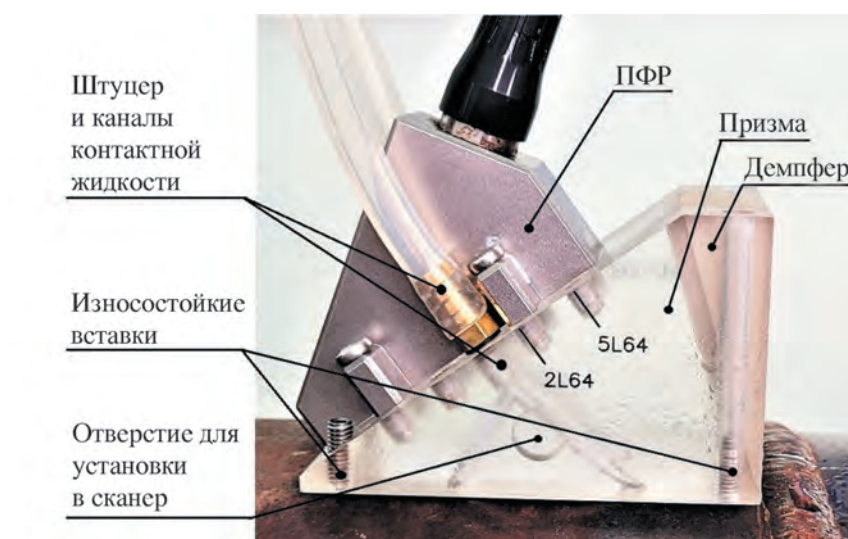


Рис. 1. ПФР со сменной призмой для АУЗК и МУЗК

факторов, включая состояние поверхности сканирования ОК и характеристики применяемых средств контроля. В указанный зазор по специальным каналам, также находящимся в призме, подается под давлением контактная жидкость. Кроме того, защитные вставки фиксируют призму на цилиндрической поверхности ОК.

ПФР с подобной сменной призмой показан на рис. 1. В качестве примера взята модель SA2-N55S-ИНС, изготовленная из рексолита, с базовым углом ввода 55° для поперечных волн в стали, со встроенными износостойкими вставками регулируемой высоты, каналами для подачи контактной жидкости и отверстиями для установки в сканеры различных моделей. На такие призмы устанавливают 64-элементные ПФР с апертурой до 48×12 мм и рабочей частотой от 2,25 до 10 МГц. ПФР с такими призмами или их аналоги чаще применяют в системах автоматизированного и механизированного УЗК (АУЗК и МУЗК) на базе дефектоскопов OmniScan и некоторых других. В более простых случаях вместо сканера к призме можно прикрепить миниатюрный датчик

пути ENC1 (Mini-Wheel) или его аналоги.

Как пример универсальности на рис. 2 показан тот же ПФР, но установленный на призму для продольных волн SA2-N60L-ИНС. Эта призма имеет те же конструктивные элементы, что и показанная на рис. 1, но ее базовый угол ввода составляет 60° для продольных волн в стали. Наклонный ввод продольных волн вместо поперечных применяют при УЗК сварных швов нержавеющей сталей, чтобы уменьшить уровень структурных шумов.

Чтобы еще расширить область применения, тот же ПФР можно установить на прямую призму и проводить УЗК основного металла, композитов и полимеров, а также толщинометрию.

Решения, которые хорошо показали себя для АУЗК и МУЗК, не всегда подходят для ручного УЗК (РУЗК). Одна из причин — РУЗК обычно выполняет один человек, а не бригада из нескольких. Кроме того, РУЗК часто проводят на большом числе контрольных участков с разной толщиной и диаметром ОК, удаленных друг от друга, а также с ограниченным доступом. Иначе говоря, РУЗК выполняют на тех объектах, где

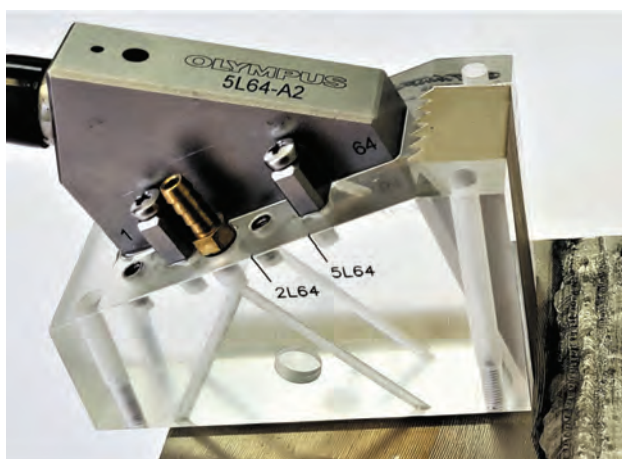


Рис. 2. ПФР со сменной призмой для УЗК нержавеющей сталей

невозможно или неэффективно по разным причинам проведение АУЗК и МУЗК.

В частности, для объектов РУЗК бывает сложно применить сканеры, а также обеспечить акустический контакт щелевым способом. Для такого типа контакта нужно использовать резервуар с помпой для подачи контактной жидкости или постоянно наносить вязкую контактную жидкость на поверхность ОК толстым слоем, что неудобно и отнимает много времени. Поэтому при РУЗК часто применяют ПФР со сменными призмами, но без защитных вставок, с контактным способом ввода ультразвука. В результате такие призмы постепенно изнашиваются.

Пример изношенной призмы показан на рис. 3. Рядом для сравнения находится новая призма той же модели. Это призма популярной модели SA10-N55S, изготовленная из рексолита, с базовым углом ввода 55° для поперечных волн в стали. Такие призмы или их аналоги применяют с 16- или 32-элементными ПФР, имеющими апертуру до 10×10 мм и рабочую частоту от 2,25 до 10 МГц. При необходимости на призмы данной модели устанавливают специальную рамку с износостойкими вставками, каналами для подачи контактной жидкости и отверстиями для закрепления в сканере (модификация ИНС).

Призма имеет небольшие габаритные размеры ($Д \times Ш \times В$) $23 \times 23 \times 14$ мм без износостойких вставок, поэтому ее удобно использовать при РУЗК. Но возможно применение данных призм и при МУЗК. Для этого в простейшем случае к призме крепится миниатюрный датчик пути ENC1 (Mini-Wheel) или его аналоги.

Как видно на рис. 3, в изношенной призме от втулки для крепления ПФР до боковой поверхности образовалась характерная трещина. Эта трещина не перекрывает ход лучей, втулка остается закрепленной в призме, поэтому призму пока можно применять. Но при таком дефекте втулка может в любой момент выпасть, поэтому в подобных случаях всегда надо иметь наготове запасную призму.

Чтобы понять, как можно учесть износ призмы при настройке дефектоскопа, рассмотрим способ задания параметров призмы ПФР. Данный способ применяют при моделировании хода лучей и расчете законов фокусировки в дефектоскопе Omni-Scan и некоторых других. Для линейного ПФР задают скорость продольных ультразвуковых волн в призме c_W (для рексолита 2330 м/с при 20°C , подробнее см. работу [1]), угол призмы β , расстояние от центра первого элемента ПФР до передней грани призмы X_1 и высоту призмы под центром первого элемента H_1 , как это показано на рис. 4. При известном шаге ПФР параметры призмы для остальных элементов ПФР вычисляются автоматически.

В результате износа значения β и H_1 изменяются на β' и H_1' . Практика показывает, что в большинстве случаев при РУЗК наклонные призмы как ПФР, так и обычных ПЭП изнашиваются сильнее к задней грани призмы, т.е. при износе угол призмы обычно увеличивается от номинального β до действительного β' (см. рис. 4). Это связано с тем, что при ручном сканировании заднюю часть призмы обычно сильнее прижимают к поверхности ОК, чем переднюю. Именно такой характер износа имеет призма, показанная на рис. 3.

Если не предпринять дополнительных мер, то при расчете законов фокусировки в дефектоскопе будут использованы номинальные значения па-



Рис. 3. Изношенная и новая призма ПФР для РУЗК

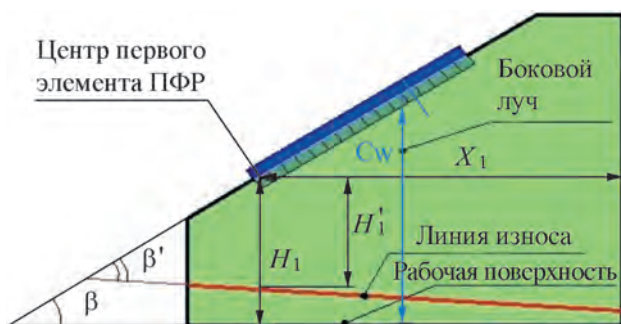


Рис. 4. Параметры призмы линейного ПФР

раметров призмы ПФР. Отклонение действительных значений от номинальных, вызванное износом призмы, приводит в первую очередь к росту погрешности при определении координат отражателей.

Практика показывает, что при незначительном износе приемлемая точность измерения координат достигается калибровкой задержки в призме. Калибровка чувствительности, может проводиться для всех лучей электронного сканирования, генерируемых ПФР. Такая функция в том или ином виде есть во всех известных дефектоскопах с ПФР. Для калибровки задержки в призме чаще всего используют контрольный отражатель в виде вогнутой цилиндрической поверхности или бокового цилиндрического отверстия в калибровочных образцах.

При значительном износе призмы, особенно с изменением ее угла, калибровки задержки становится недостаточно. Поэтому в дефектоскопе OmniScan X3, начиная с версии программного обеспечения MXU 5.13, появилась новая функция — определение профиля контактной поверхности призмы.

Выполняется эта функция после выбора в базе данных дефектоскопа модели ПФР и призмы следующим образом. На призму устанавливают ПФР, рабочая поверхность призмы остается в воздухе, с

нее удаляют контактную жидкость. После входа в соответствующее меню автоматически включается режим линейного сканирования с апертурой в один элемент для всех элементов ПФР. Для наклонной призмы боковым лучом каждого элемента ПФР получают донный сигнал от рабочей поверхности (см. рис. 4, для примера показан боковой луч одного из элементов). Индикации указанных донных сигналов отображают профиль рабочей поверхности призмы, по ним определяется высота призмы под каждым элементом ПФР, включая H_1' , и, соответственно, угол призмы β' .

На рис. 5 приведен пример определения профиля и измерения параметров изношенной призмы ПФР SA10-N55S, которая показана на рис. 3. Отметим, что в результате износа угол призмы увеличился от номинального значения $\beta = 36,1$ до значения $\beta' = 38,6^\circ$, что привело к изменению базового угла ввода призмы для поперечных волн в стали с 55 до 60° (при расчете угла ввода по закону синусов).

Далее при расчете законов фокусировки, возбуждении и приеме сигналов в соответствии с этими законами, а также при определении координат отражателей можно использовать не номинальные, а измеренные параметры призмы, для этого нужно нажать кнопку дисплейного интерфейса «Принять профиль». Для отмены корректировки параметров призмы нажимается кнопка «Переустановить номинал».

Для демонстрации работы данной функции был проведен простой эксперимент. На изношенную призму SA10-N55S, показанную на рис. 3, установили 16-элементный ПФР с рабочей частотой 2,25 МГц, для эхометода включили режим секторного сканирования поперечным волнами в диапазоне от 40 до 70° , далее при среднем угле указанного сектора 55° определили координаты отражателя — отверстия $\varnothing 6$ мм на глубине 44 мм в калибровочном образце СО-2.

Без корректировки параметров изношенной призмы разница между измеренным и действи-

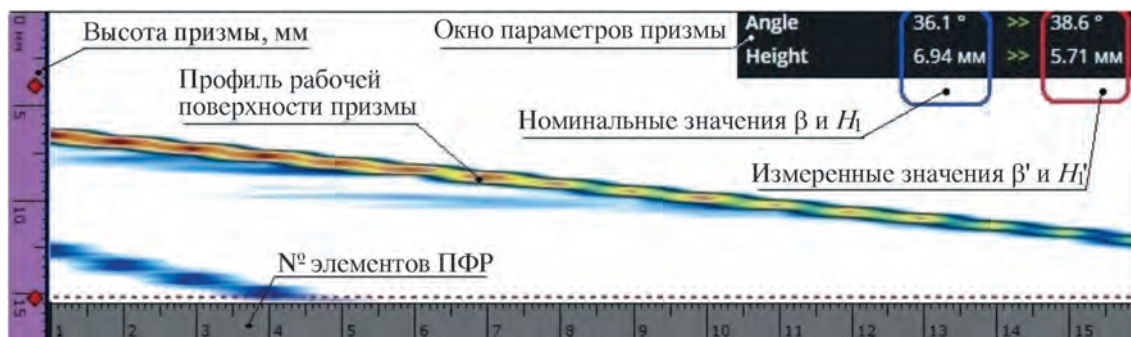


Рис. 5. Определение профиля и измерение параметров призмы ПФР

тельными значениями глубины залегания отражателя $y_{изм} - y_d$ составила 3,8 мм, такая же разница для проекционного расстояния (расстояние от передней грани призмы до проекции отражателя на поверхность ввода ультразвука) $x_{изм} - x_d$ составила –3,3 мм. После применения корректировки параметров призмы погрешность измерения указанных координат не превышала $\pm 0,5$ мм.

Определение точки выхода и угла ввода, выполненное по калибровочным образцам СО-3 и СО-2, показало, что без корректировки параметров призмы вместо луча с углом ввода 55° генерируется луч с углом ввода 59° . В результате при максимальной амплитуде эхосигнала от отражателя увеличивается расстояние до отражателя по лучу и ширина диаграммы направленности для соответствующей активной группы элементов ПФР. Это дополнительно снижает точность определения координат отражателя и соотношение полезный сигнал/шум.

После корректировки параметров призмы измеренный угол ввода стал соответствовать своему номинальному значению 55° , при этом амплитуда эхосигнала от отражателя увеличилась примерно на 3 дБ при том же уровне шумов.

Для угла ввода 70° после корректировки параметров призмы амплитуда эхосигнала от отражателя $\varnothing 6$ мм на глубине 15 мм в СО-2 увеличилась уже на 8 дБ по сравнению со значением до корректировки. Это еще раз показывает, что износ призм может сильнее влиять на результаты контроля именно при больших углах ввода.

Тут нужно учитывать следующую особенность ПФР. Формально при настройке многих моделей дефектоскопов можно увеличить угол ввода, например, до 89° . Но демпфер на передней грани наклонных призм (показан на рис. 1 и 3) частично или полностью ослабляет сигналы, которые вводятся в ОК под большими углами. С приемлемой потерей энергии в большинстве моделей призм распространяются только те сигналы, для которых угол ввода не превышает $70-75^\circ$. Некоторые средства моделирования хода лучей позволяют это учитывать, например программа Veam Tool, которая отображает ход лучей не только в ОК, но и в призме.

Использование ПФР с углами ввода больше чем $70-75^\circ$, возможно, но это реализуется без призм или с призмами специальных моделей.

Выше были рассмотрены примеры корректировки параметров изношенной призмы для эхометода. Для метода TFM/FMC в режиме ТТ (подробнее о данном методе и его режимах рассказано, например, в работе [2]) и отражателя $\varnothing 6$ мм на глубине 44 мм в СО-2 без корректировки параметров изношенной призмы разница $y_{изм} - y_d$ составила

2,3 мм, а разница $x_{изм} - x_d = -4,8$ мм. После корректировки параметров призмы погрешность измерения координат также не превысила $\pm 0,5$ мм.

Таким образом, функция автоматического определения профиля изношенной рабочей поверхности призм ПФР позволяет следующее:

- 1) применить при моделировании хода лучей и расчете законов фокусировки не номинальные, а фактические параметры призмы;
- 2) повысить точность определения координат отражателей;
- 3) улучшить соотношение полезный сигнал/шум.

Если в дефектоскопе нет такой автоматической функции, то аналогичную корректировку для изношенной призмы ПФР можно выполнить вручную. Один из способов следующий. Настроить ноль глубиномера для ПФР без призмы. Настроить скорость ультразвука в материале равной скорости продольных волн в призме. Установить ПФР на наклонную призму, но выбрать в настройках вариант его применения «без призмы», чтобы обнулить задержку развертки. Далее включить режим линейного сканирования с апертурой один элемент, получить индикации эхосигналов от рабочей поверхности призмы для всех элементов ПФР, как это показано на рис. 5. После этого по указанным индикациям определить высоту призмы под центром первого элемента ПФР и рассчитать угол призмы. Затем внести в базу данных дефектоскопа маркировку изношенной призмы и ее параметры для дальнейшего применения.

Таким образом, есть различные и весьма действенные способы, которые можно использовать для борьбы с износом призм и его негативным влиянием на результаты УЗК. Призмы с сильным износом и другими значительными повреждениями, с учетом упомянутых выше проблем, рекомендуется менять на новые. Для этого должен быть создан запас применяемых призм. В противном случае дефектоскоп или вся система МУЗК или АУЗК могут оказаться негодными к применению.

В статье рассмотрено влияние геометрических параметров призмы на результаты контроля. Кроме этого, результаты могут существенно зависеть от скорости ультразвука в призме, которая изменяется с температурой. Подробнее данная тема изложена в работе [1].

Библиографический список

1. Пепеляев А.В. Влияние температуры на результаты ультразвукового контроля методом TFM // Территория NDT. 2022. № 2. С. 38–42.
2. Чи-Ханг Кван. Оптимизация выбора преобразователя для контроля методом TFM/FMC // Территория NDT. 2019. № 4. С. 36–43.

Более 15 лет
предлагаем решения
для самых сложных задач НК

ТЕХКОН
технический контроль

SyncScan 3

ДЕФЕКТОСКОП на фазированных решетках



**СОВРЕМЕННЫЙ
Быстрый
Точный
Надежный**

**Сканер
WPS-02**
для коррозионного
мониторинга
100% контроль

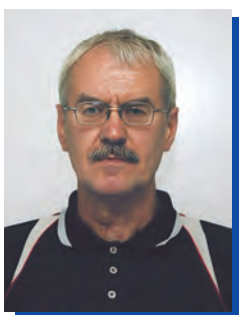


**ВЫГОДНОЕ!
ПРЕДЛОЖЕНИЕ!**



www.techkontrol.ru
+7 (495) 133-58-62

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ



ТОЛМАЧЕВ Игорь Иванович

Канд. техн. наук, специалист III уровня по электрическому контролю, ООО «Аттестационный региональный центр специалистов неразрушающего контроля», Томск

Защита стальных металлических конструкций от коррозии включает в себя как активные методы защиты (катодная или протекторная защита, обьезательные для подземных сооружений), так и пассивные методы, заключающиеся в применении всевозможных защитных антикоррозионных покрытий — лакокрасочных, пленочных, битумных и т.д. На этапе строительства любого подземного трубопровода перед засыпкой трубопровода грунтом проводится полный контроль целостности защитного покрытия на всем протяжении трубопровода. Обнаруженные сквозные нарушения изоляции ремонтируют и затем выполняют повторный контроль этих участков изоляции. Следовательно, речь идет об очень больших объемах контроля, который осуществляется с помощью высокочастотной электроискровой дефектоскопии. Качество проведения такого контроля определяется технико-экономическими показателями трубопровода, в частности временем его безопасной эксплуатации. Цель данной статьи заключается в анализе технологии практического применения высокочастотной электроискровой дефектоскопии и состояния метрологического обеспечения этого вида контроля.

Важнейшим разделом процедуры дефектоскопии (ультразвуковой, вихретоковой, магнитной и, конечно, электроискровой) является настройка порога срабатывания дефектоскопа с применением метрологического обеспечения — стандартных образцов (СО), стандартных образцов предприятия (СОП) или настроечных образцов (НО). Поскольку физические основы методов дефектоскопии различны, метрологическое обеспечение для них тоже весьма различается по параметрам и условиям применения. Как правило, в соответствующих ГОСТах можно найти такой важный параметр, как **минимальные размеры обнаруживаемого дефекта**. В зависимости от метода контроля это могут быть объем внутреннего дефекта, глубина поверхностного дефекта, раскрытие поверхностного дефекта и т.д. Соответственно, минимальные размеры обнаруживаемого дефекта определяют **физический порог чувствительности метода**. Выявление дефектов меньшего размера не гарантировано. При этом следует понимать, что выявление дефектов на уровне порога чувствительности метода предъявляет очень высокие требования к свойствам объекта контроля (параметры материала детали, форма, шероховатость, геометрия дефекта), условиям контроля, параметрам оборудования. Такой уровень чувствительности на практике реализовать сложно.

Поэтому в практической деятельности в задачах дефектоскопии очень важно установить **минимальные размеры выявляемого дефекта** для конкретного случая с учетом свойств детали и параметров применяемого оборудования. То есть необходимо ответить на простой вопрос: каков минимальный размер дефекта, который выявляет выбранное нами оборудование (при рекомендованных режимах контроля) на детали с заданными свойствами? Как правило, этот размер будет несколько выше физического порога чувствительности. Для обеспечения этого **важнейшего** условия контроля необходимо использовать настроечный образец (НО) с известным параметром дефекта (дефектов). Процедура

настройки позволяет установить регулятор «Чувствительность» на лицевой панели прибора (либо соответствующий параметр в меню прибора на дисплее) в положение, гарантирующее при проведении контроля выявление дефектов, размер которых равен или превышает заранее оговоренный размер дефекта.

В настоящее время для электроискровой дефектоскопии выпускается серийно и применяется значительное количество дефектоскопов (российских и зарубежных), различающихся диапазоном испытательных напряжений и набором электродов. При подготовке приборов к работе и проведении контроля необходимо установить испытательное напряжение в зависимости от типа и толщины диэлектрического покрытия. Эта процедура, как правило, не вызывает затруднений, поскольку действует значительное количество отраслевых нормативных документов, позволяющих правильно выбрать данный параметр контроля [1–23]. Наиболее часто встречается норма испытательного напряжения 5 кВ/мм [2–6, 9, 12–18, 20]. Возможен вариант 5 кВ/мм + 5 кВ для некоторых типов покрытий [1, 3, 10, 12, 19]. В ГОСТ 9.602–2016 [14] для однослойных эпоксидных покрытий и СП 42-102.2004 [15] для битумных мастичных покрытий дана рекомендация 4 кВ/мм. В ОТТ-25.220.01-КТН-097–16 [8] дана рекомендация 6 кВ/мм. В европейских стандартах [21, 22] испытательное напряжение в вольтах устанавливается по формуле

$$U = M\sqrt{T},$$

где T – толщина покрытия, мм; M – справочный коэффициент, зависящий от диапазона контролируемых толщин. Определение фактической толщины покрытия также не вызывает затруднений, так как выпускается значительное количество моделей магнитных толщиномеров покрытия, основное назначение которых – измерение толщины диэлектрических и немагнитных покрытий на стальном основании. Приборы достаточно просты в эксплуатации.

А вот дальнейшая практика применения электроискровой дефектоскопии, на взгляд автора, содержит скрытую проблему, суть которой хотелось бы обсудить в рамках данной статьи. Дело в том, что все без исключения перечисленные нормативные документы содержат одинаковый критерий отбраковки – **отсутствие пробоя при правильно установленном испытательном напряжении**. При этом на практике возможны два варианта. Первый – пробой виден визуально, при этом звуковая и световая сигнализация прибора срабатывает. Второй вариант – пробой виден визуально, но сигнализация прибора не срабатывает. Ни один из рассмотрен-

ных документов не устанавливает параметры чувствительности электроискрового контроля в виде абсолютных значений обнаруживаемой несплошности изоляции, например минимальный эквивалентный диаметр сквозного нарушения сплошности изоляции. Такая практика существует уже многие десятилетия, какие-либо другие критерии браковки на практике не применяются. И хотя формально лаборатории, применяющие в качестве критерия браковки «отсутствие пробоя», не нарушают положений и требований нормативных документов, с метрологической точки зрения такое состояние электроискровой дефектоскопии нельзя признать удовлетворительным.

Сегодня в практике электроискрового контроля применяются разнообразные модели приборов, которые условно можно разделить на две группы. В приборах первой группы (например, дефектоскопы ДКИ-1, ДКИ-3) при контроле устанавливается испытательное напряжение, регулировка порога срабатывания отсутствует. При правильно установленном уровне испытательного напряжения приборы такого типа для разных материалов покрытий (и даже для разных экземпляров приборов) будут срабатывать при разных величинах минимального дефекта. Если никакие метрологические средства для настройки не используются, это означает, что проводится **контроль с неустановленным уровнем чувствительности**, при этом возможна недобраковка (пропуск недопустимых дефектов) или перебраковка покрытия.

Второй тип приборов – большая группа приборов типа «Крона 1», «Корона 2.2», Elcometer 236 или 266, PND и т.д. Отличительной особенностью этой группы приборов является наличие на лицевой панели этих приборов регулятора «Чувствительность», которая, безусловно, предполагает процедуру настройки порога срабатывания дефектоскопа с помощью настроечного образца (НО) с дефектом установленного размера.

В ГОСТ Р 51164–98 какие-либо упоминания о настройке порога чувствительности электроискровых дефектоскопов отсутствуют, но это не означает, что такая настройка не должна проводиться, поскольку, как уже было сказано, такая настройка является обязательной при любом виде дефектоскопии. Фирмы, производящие электроискровые дефектоскопы, метрологическое обеспечение не разрабатывают и к комплекту дефектоскопов никаких средств (например, стандартных образцов или настроечных образцов) не прилагают. В технических описаниях приборов раздел метрологического обеспечения отсутствует. Многолетний опыт обучения и аттестации специалистов в области электроискрового контроля и опыт эксперта по аттестации лабораторий неразрушающего контроля

позволяет заявить, что среди практических специалистов существует глубокое непонимание принципов и значения метрологии в данном виде контроля. Общение со специалистами и анализ технологических карт контроля, применяемых в аттестованных лабораториях, показывает, что в ряде случаев в качестве метрологической процедуры предлагается проверка работы дефектоскопа в режиме короткого замыкания. Очевидно, что такая проверка к метрологии не имеет ни малейшего отношения и говорит лишь об исправности собранной электрической цепи. Попытки выяснить, по какой методике устанавливается положение регулятора «Чувствительность» дефектоскопа, часто приводит специалистов в затруднение. Из курьезов можно привести варианты ответов: в среднее положение, в соответствующее положение, без какого-либо упоминания о метрологических средствах, примененных при настройке.

Какова должна быть конструкция настроечного образца для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа? Необходимо соблюдение трех условий: наличия стального основания, наличия диэлектрического материала известного типа с известной толщиной и наличия сквозного нарушения сплошности с известным диаметром и координатами расположения дефекта. Марка стали стального основания принципиальной роли не играет (ст.3, сталь 20 или сталь 09Г2С вполне подойдут), толщины стали в пределах 0,5–1,0 мм вполне достаточно для уверенного пробоя покрытия.

Каков должен быть размер дефекта (сквозного нарушения изоляции) на настроечном образце? Подсказку можно найти в технических описаниях (ТО) приборов. В ТО дефектоскопа «Крона 1РМ» сказано, что дефектоскоп выявляет сквозные дефекты диаметром $0,6 \pm 0,2$ мм и более. Похожее значение приведено в ТО дефектоскопа «Корона 2.2» — сквозные дефекты диаметром 0,8 мм и более. Все сказанное позволяет рекомендовать простую конструкцию плоского настроечного образца ЭК-01П (рис. 1, вариант для трех различных толщин покрытий от $T_{\min}$ до $T_{\max}$).

Автор в течение многих лет при обучении и аттестации специалистов электроискрового контроля применяет подобную конструкцию плоского настроечного образца (см. рис. 1), состоящую из двух зон с разной толщиной покрытия (1,6 и 2,4 мм) на общем стальном основании. В каждой из зон имеется сквозное нарушение сплошности диаметром 0,9 мм. Выбор диаметра отверстия связан с тем, что применяется дефектоскоп «Корона 2.2». Общие размеры образца составляют 50×50 см. Очевидно, что при необходимости можно изготовить подобную конструкцию криволинейной, радиус кривизны основания должен быть близок к радиусу конт-

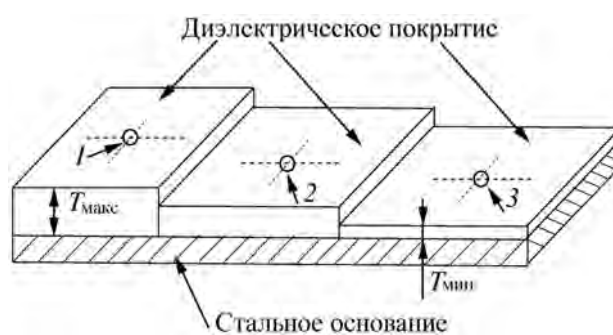


Рис. 1. Настроечный образец для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа ЭК-01П для трех различных толщин покрытий: 1–3 — сквозные отверстия в диэлектрическом покрытии диаметром D (рекомендованные значения от 0,6 до 1,0 мм)

ролируемого объекта. К образцу прилагается паспорт с описанием его характеристик. Наличие такого настроечного образца позволяет объективно настроить порог чувствительности дефектоскопа перед проведением контроля и в дальнейшем при проведении контроля гарантировать выявление сквозных нарушений сплошности установленного размера. Применение настроечного образца обязательно отражается в технологической карте контроля и в заключениях по контролю при проведении практического экзамена.

Предложенная конструкция настроечного образца проста в изготовлении и рекомендуется в случае применения дефектоскопов с возможностью регулировки чувствительности. А как быть при использовании дефектоскопов без регулировки чувствительности? В этом случае рекомендуется на настроечном образце изготавливать ряд сквозных нарушений сплошности изоляции с возрастающими диаметрами (например, выбрать диаметры из ряда 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 мм) и на таком образце определить фактическую чувствительность примененного прибора при заданном испытательном напряжении. Дефекты должны находиться на рас-

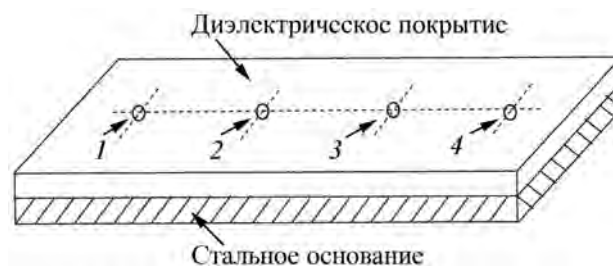


Рис. 2. Настроечный образец для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа ЭК-02П с равной толщиной покрытия: 1–4 — сквозные отверстия в диэлектрическом покрытии с возрастающим диаметром (рекомендованный ряд диаметров 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 мм)

стоянии, при котором они фиксируются прибором раздельно (рис. 2). Конструкция также может быть плоской либо криволинейной.

Также необходимо отметить, что в ряде случаев возможен вариант контроля, при котором необходимо обнаруживать не только недопустимые сквозные дефекты изоляционных покрытий, но также и недопустимые утонения изоляции, например пропуск слоя изоляции. Для настройки прибора в этом случае рекомендуется применять настроечный образец с убывающим рядом значений толщин покрытия ЭК-ЗП (рис. 3), который позволит дать ответ на вопрос: какова минимальная толщина покрытия, которую регистрирует данный прибор, либо настроить прибор на необходимую минимальную толщину покрытия (корректируя испытательное напряжение). Конструкция такого стандартного образца также может быть плоской или криволинейной.



Рис. 3. Настроечный образец для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа ЭК-03П с изменяющейся толщиной покрытия

Заключение

1. В электроискровом контроле существующие браковочные нормы в действующих нормативных документах не позволяют определить размер минимального сквозного нарушения сплошности изоляции, который гарантированно обнаруживается при контроле.
2. Предлагаются простые конструкции настроечных образцов, позволяющие настроить порог срабатывания электроискровых дефектоскопов для сквозных нарушений сплошности изоляции, а в случае дефектоскопов, у которых нет регулировки чувствительности, определить этот порог. Также предлагается конструкция настроечного образца для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа при необходимости обнаружения недопустимых утонений изоляции.
3. Лаборатория неразрушающего контроля, аттестованная в области электрического контроля (СДАНК 01–2020) имеет право самостоятельно изготовить подобные настроечные образцы,

паспортизировать их и внести сведения об их применении в технологические карты и технологические инструкции лаборатории по применению электроискровой дефектоскопии на объектах, где проводит работы данная лаборатория.

4. Решения, предлагаемые в данной статье, не требуют изменения существующей нормативной базы, но являются необходимым дополнением, организующим метрологическое обеспечение и повышающим достоверность электроискрового контроля и надежность диэлектрических антикоррозионных покрытий.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 55436–2013. Системы газораспределительные. Покрытия из экструдированного полиэтилена для стальных труб. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2014. 15 с.
2. ГОСТ Р 51164–98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. М.: Изд-во стандартов, 1998. 45 с.
3. ГОСТ Р 58284–2018. Нефтяная и газовая промышленность. Морские промысловые объекты и трубопроводы. Общие требования к защите от коррозии. М.: Стандартинформ, 2018. 37 с.
4. СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы: Актуализированная редакция СНиП (III-42-80). М.: Минстрой, 2014. 149 с.
5. СП 409.1325800.2018. Трубопроводы магистральные и промысловые для нефти и газа. Производство работ по устройству тепловой и противокоррозионной изоляции, контроль выполнения работ. М.: Стандартинформ, 2019. 41 с.
6. ОТТ-25.220.01-КТН-054–15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Заводское эпоксидное покрытие труб. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2015. 53 с.
7. ОТТ-25.220.60-КТН-103–15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Заводское полиэтиленовое покрытие труб. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2015.
8. ОТТ-25.220.01-КТН-097–16. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Антикоррозионные покрытия для защиты наружной поверхности резервуаров, надземных трубопроводов, конструкций и оборудования. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2016. 68 с.
9. ОТТ-25.220.01-КТН-200–14. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Антикоррозионное покрытие сварных стыков трубопроводов. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2014. 56 с.

10. ОСТ-25.220.01-КТН-214—10. Заводское полипропиленовое покрытие труб. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2010.
11. СП 106-34—96. Свод правил по сооружению магистральных газопроводов. Свод правил по сооружению линейной части газопроводов. Укладка газопроводов из труб, изолированных в заводских условиях. М.: РАО «Газпром», 1996. 34 с.
12. ГОСТ 31448—2012. Трубы стальные с защитными наружными покрытиями для магистральных газонефтепроводов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 24 с.
13. ГОСТ 31445—2012. Трубы стальные и чугунные с защитными покрытиями. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
14. ГОСТ 9.602—2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. М.: Стандартинформ, 2016. 93 с.
15. СП 42-102—2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. М.: Полимергаз, 2004. 99 с.
16. РД 153-39.4-091—01. Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии. СПб.: ДЕАН, 2002. 240 с.
17. ВСН 008—88. Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция. М.: Миннефтегазстрой, 1990. 102 с.
18. ТУ 2245-024-82119587—2007. Лента защитная термоусаживающаяся «ТЕРМА». СПб.: ООО «ТЕРМА», 2007. 25 с.
19. ТУ 1390-004-86695843—2010. Трубы стальные электросварные диаметром до 1420 мм с наружным антикоррозионным полиэтиленовым покрытием для строительства магистральных нефтепроводов. Набережные Челны: Изоляционный трубный завод, 2010. 17 с.
20. ТУ 1390-003-30098597—2016. Стальные трубы с внутренним антикоррозионным покрытием. Ижевск: Ижевский завод изоляции, 2016. 38 с.
21. ASTM D 5162. Standard Practice for Discontinuity (Holiday) Testing of Nonconductive Protective Coating on Metallic Substrates. West Conshohocken, 2008. 5 p.
22. ASTM G 62—14. Standard Test Methods for Holiday Detection in Pipeline Coating. West Conshohocken, 2014. 4 p.
23. NACE RP0188—99. Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates. Houston, 1999. 8 p.



Спектр
Издательский дом

Г.С. Шелихов

МАГНИТОПОРОШКОВЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ



990 руб.

Под общей редакцией академика РАН В.В. Клюева

ISBN 978-5-4442-0017-9. Формат - 60х90 1/8, 176 страниц, год издания - 2013.

Изложены физические основы и технология магнитопорошкового контроля в вопросах и ответах. На каждый вопрос дан один правильный ответ в виде рисунка, схемы или фотографии.

Дано большое количество фотографий индикаторных рисунков, образуемых осаждением порошка над различными дефектами. Рассмотрены схемы и фотографии индикаторных рисунков над мнимыми дефектами и даны способы их расшифровки. Всего в книге содержится более 400 рисунков и фотографий.

Указаны области применения и технические характеристики магнитопорошковых дефектоскопов и приборов, выпускаемых на отечественных предприятиях.

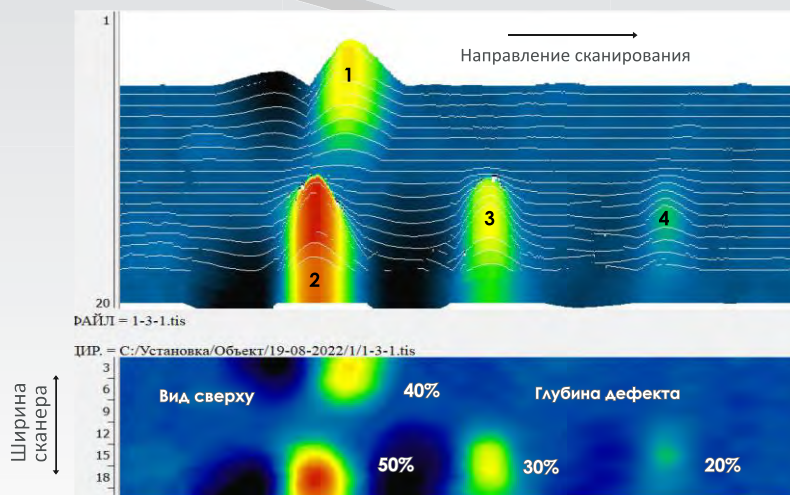
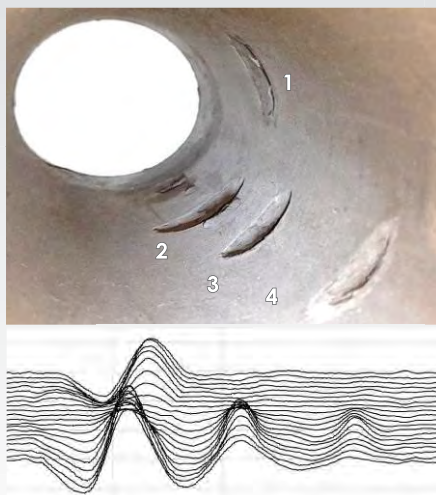
Изложены методики, которые были разработаны и применены при контроле деталей авиационной техники в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

Изложенный методический материал соответствует требованиям стандарта по магнитопорошковой дефектоскопии.

Пособие предназначено для специалистов, занимающихся магнитопорошковым контролем различных объектов. Оно может быть использовано при подготовке специалистов по магнитным методам контроля I—III уровней в соответствии с международной системой квалификации по неразрушающему контролю.

СКАНИРУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП

- ✓ Обследование трубопроводов, резервуаров, сосудов, теплообменного оборудования
- ✓ Прибор Российского производства
- ✓ Внесен в государственный реестр средств измерений



Пример обнаружения коррозионного повреждения на внутренней поверхности стенки трубопровода

ПРЕИМУЩЕСТВА ДЕФЕКТОСКОПА

- ✓ Сплошной высокопроизводительный контроль через покрытие толщиной до 6 мм или зазор
- ✓ Минимальные требования к подготовке поверхности. Равномерная ржавчина, окалина, грязь не оказывают влияния на сигнал
- ✓ Бесконтактный контроль, не требуется контактная жидкость
- ✓ Наличие в трубопроводе продукта не влияет на результаты
- ✓ Обнаружение сплошной, точечной коррозии, эрозии, областей наводороживания и науглероживания и других дефектов на внутренней и внешней поверхности
- ✓ Контроль объектов толщиной до 22 мм, как ферромагнитных, так и неферромагнитных
- ✓ Автоматическое определение глубины дефекта (после предварительной калибровки)



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



50 ЛЕТ – ГОЛОВНЫЕ ВОЛНЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ МЕТАЛЛОВ (часть 3)*



РАЗЫГРАЕВ Николай Павлович
Канд. техн. наук
АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва

7. Технологии ультразвуковой дефектоскопии головными волнами

7.1. При- и подповерхностные дефекты и УЗК головными волнами в неразрушающем контроле металлов

При рассмотрении эпюры (рис. 24) напряженного состояния стенки сосуда, трубопровода или других металлоконструкций становится понятно, почему наиболее опасными дефектами являются поверхностные и приповерхностные дефекты, в особенности трещины. Максимальные напряжения растяжения (сжатия) приходится на приповерхностную часть нагруженного элемента, что может привести к развитию дефектов и разрушению элементов. Этому также способствуют условия эксплуатации трубопроводов, сосудов и металлоконструкций, поверхности которых подвергаются тепловым, радиационным, физическим (механическим) и/или химическим (коррозионным) воздействиям. С другой стороны, анализ действующих технологий и методик НК, в том числе методик УЗК,

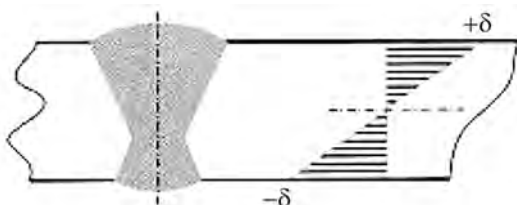


Рис. 24. Эпюра распределения нормальных напряжений по толщине стенки сосуда:
 δ – значения максимальных нормальных напряжений

показывает, что в ряде случаев контроль приповерхностного слоя недостаточно эффективен. Способ УЗК эхо-методом сварных соединений с использованием ГВ показан на рис. 2 (см. часть 1 статьи).

УЗК ГВ обладает следующими важными достоинствами:

- ГВ распространяются почти по нормали к возможной поверхностной трещине. Как известно, при таком взаимодействии волны и трещины

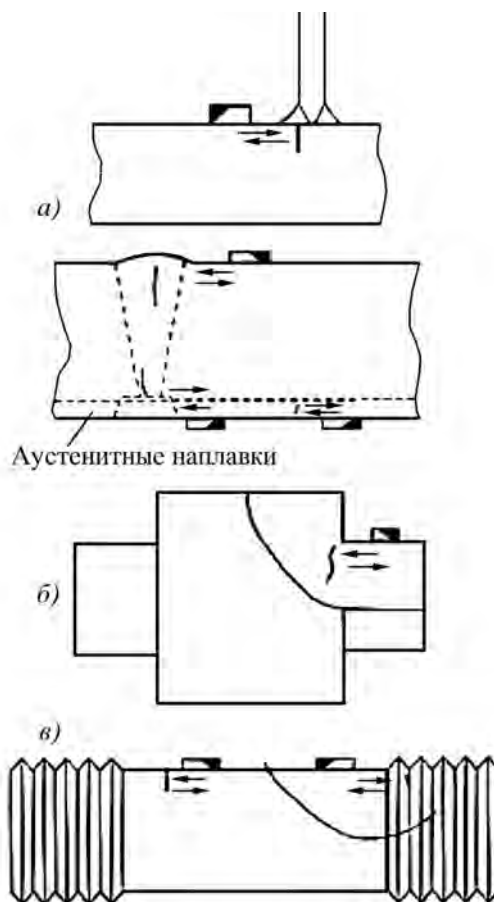


Рис. 25. Примеры элементов металлоконструкций, трубопроводов и сосудов и приповерхностных дефектов в них: а – в сварных соединениях, в аустенитных наплавках и под ними; б – в основном металле валков и роторов; в – в шпильках, которые могут быть выявлены при УЗК ГВ

* Часть 1 см. «Территория NDT», 2023. № 1. С. 54. Часть 2 см. «Территория NDT», 2023. № 2. С. 46.

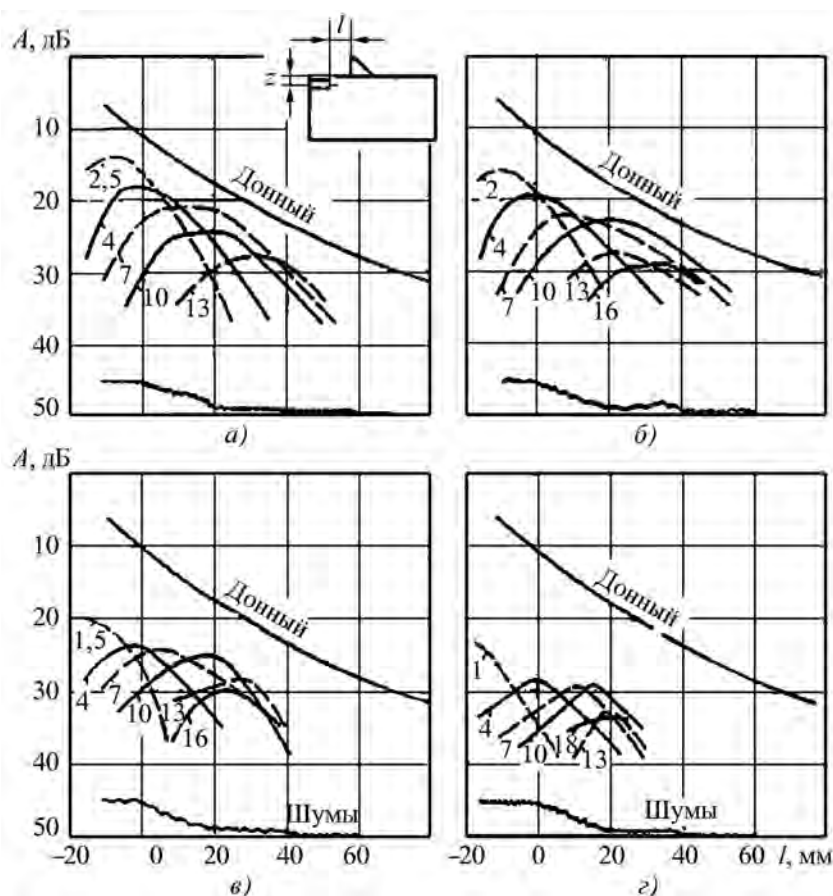


Рис. 26. Огибающие последовательности (полученные при контроле искателем ИЦ-61) амплитуд эхо-сигналов ГВ от отражателей, расположенных на различной глубине (цифры у кривых – глубина расположения плоскодонного отражателя):

диаметр отражателя: а – 5 мм; б – 4 мм; в – 3 мм; г – 2 мм; l – расстояние от искателя ИЦ-91 до эпицентра отражателя

обеспечиваются наилучшие условия для ее выявления;

- ГВ имеют максимальную скорость распространения по сравнению с другими волнами. Это в ряде случаев дает наилучшую интерпретацию сигнала и идентификацию отражателя.

Важным свойством способа контроля ГВ является возможность обнаружения дефектов под грубо обработанной или необработанной поверхностью. В ЦНИИТМАШ на основе первичного физического представления об УЗК ГВ и апробации способа контроля в 1974 г. была разработана первая в мире «Методика дефектоскопии подповерхностной части сварных со-

единений головными волнами». Она была включена в «Основные положения по ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений котлоагрегатов и трубопроводов тепловых электростанций» ОП № 501ЦД-75 [23] и в 1976 г. на выставке Министерства энергетического машиностроения СССР награждена бронзовой медалью ВДНХ СССР.

В дальнейшем эта методика была включена в НТД по УЗК оборудования и трубопроводов АЭС ОСТ 108.004.108–80 [24] и ее последующие редакции. В 1986 г. была разработана «Технология контроля изделий головными ультразвуковыми волнами», включающая в себя методику контроля

ИЦУ-3–84 и физическое представление об УЗК металлов ГВ. Она действует и сейчас.

На рис. 25 представлены некоторые примеры приповерхностных дефектов в элементах металлических конструкций, трубопроводах и сосудах, которые могут быть выявлены при использовании УЗК ГВ.

Накоплен большой опыт применения УЗК ГВ различных объектов, разработаны специальные методики контроля различных изделий, сварных соединений, металлоконструкций. Ниже представлены исследования при разработке и внедрении методик УЗК ГВ.

7.2. Выявление подповерхностных дефектов искателями головных волн

В ЦНИИТМАШ для обнаружения подповерхностных дефектов, в первую очередь трещиноподобных, которые ориентированы нормально к внешней поверхности проведены исследования выявляемости таких дефектов с помощью УЗК ГВ. Для этой цели разработаны и изготовлены образцы с подповерхностными трещиноподобными дефектами, которые моделируются дном плоскодонного отверстия, ориентированным нормально к контактной поверхности. В исследованиях использовали искатели ГВ ИЦ-61(-91) и ИЦ-70 [25, 26].

На рис. 26 и 27 приведены графики, характеризующие огибающие последовательности амплитуды эхо-сигналов ГВ для различных размеров дефектов. Параметром каждой кривой является глубина расположения дефекта. Зависимости, полученные при контроле искателем ИЦ-61 (рис. 26), свидетельствуют о следующем:

- для каждой глубины залегания дефекта имеется расстояние, при котором он выявляется с максимальной амплитудой эхо-сигнала;

- максимум чувствительности достигается вдоль луча с максимальной амплитудой поля излучателя 2;
- дефекты, расположенные ближе к поверхности, в том числе поверхностные, выявляются с меньшей амплитудой по срав-

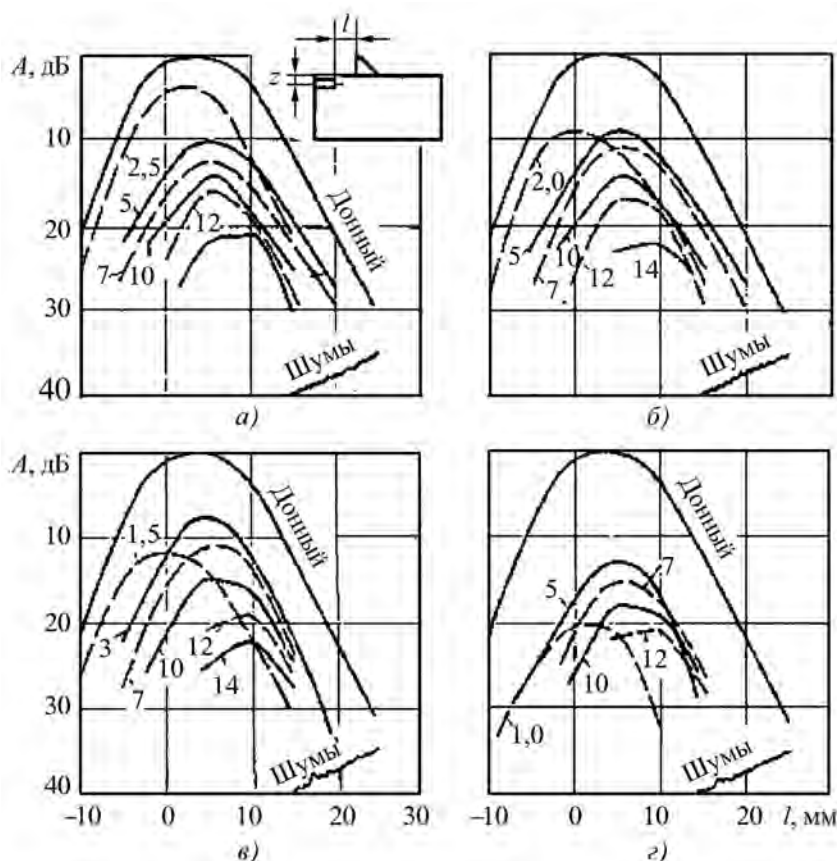


Рис. 27. Огибающие последовательности (полученные при контроле искателем ИЦ-70) амплитуды эхо-сигнала ГВ от отражателя, расположенного на различной глубине (цифры у кривых – глубина расположения плоскодонного отражателя): диаметр отражателя: а – 5 мм; б – 4 мм; в – 3 мм; г – 2 мм; l – расстояние от искателя до эпицентра отражателя

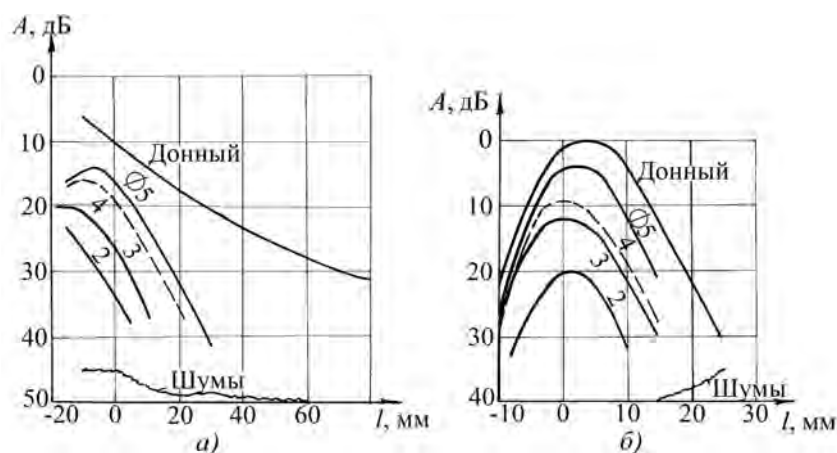


Рис. 28. Изменение амплитуды эхо-сигнала ГВ от поверхностного дефекта в функции от расстояния между искателем и отражателем: а – для ИЦ-61; б – для ИЦ-70; цифры у кривых соответствуют диаметру дефекта

нению с дефектами, находящимися на луче с максимальной амплитудой поля излучателя.

Для ИЦ-70 (рис. 27) максимальная чувствительность достигается на глубине, соответствующей пересечению лучей с максимальной амплитудой поля излучателя и приемника. Здесь же дефекты, расположенные ближе к поверхности, выявляются с меньшей амплитудой эхо-сигнала. Полученные зависимости аналогичны тем же для отражателей, дно которых перпендикулярно лучу с максимальным значением поля излучателя. Ввиду того что отражатели, имитирующие вертикальные трещины, ориентированы неблагоприятно по отношению к полю излучения-приемника (повернуты на угол 12° к лучу с максимальным значением поля излучателя), они выявляются при более высокой чувствительности дефектоскопа. Этим же объясняется уменьшение дальности обнаружения таких дефектов с помощью ИЦ-70. Кроме кривых, характеризующих изменение амплитуды сигнала от дефекта, на каждом графике изображена кривая донного сигнала и уровень шумов при контроле. Кривая донного сигнала соответствует изменению амплитуды эхо-сигнала от грани образца, перпендикулярной контактной поверхности и оси искателя.

7.3. Выявление поверхностных дефектов и дефектов под грубой поверхностью с помощью головных волн

Исследована выявляемость поверхностных дефектов при УЗК ГВ сталей перлитного класса [27]. Поверхностные дефекты имитировали с помощью отверстий с плоским дном, образующие которых касались контактной поверхности, и сегментных отражателей (в виде полукруга), выходящих на поверхность. Использовали два вида сегментных отражателей: 1) дно отражателей

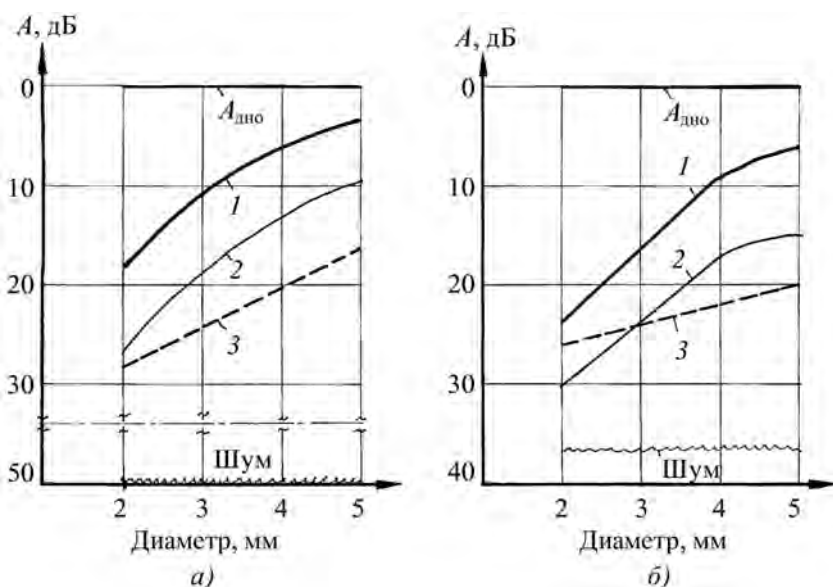


Рис. 29. Зависимости амплитуды эхо-сигнала ГВ от размера поверхностного дефекта: а – ИЦ-70; б – ИЦ-61; 1 – плоскодонные отверстия; 2 – сегментные отражатели, нормальные к поверхности; 3 – сегментные отражатели, образующие с поверхностью угол 78° ; $A_{\text{дно}}$ – амплитуда донного сигнала

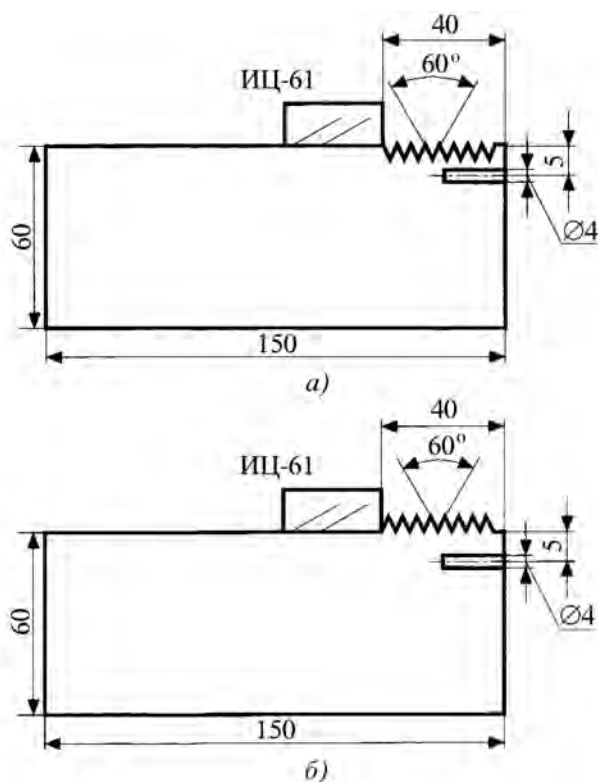


Рис. 30. Схема ультразвукового контроля головными волнами под грубо обработанной поверхностью или резьбой

ориентировано перпендикулярно контактной поверхности; 2) дно отражателей образует с контактной поверхностью угол 78° , т.е. расположено нормально лучу

с максимальным значением амплитуды поля ГВ.

Исследования проводили при показателях шероховатости поверхности $Rz = 40$ мкм ($\nabla 4$) и

$Rz = 100$ мкм ($\nabla 2$) с помощью искателей ИЦ-61 и ИЦ-70 с частотой ультразвука 1,8 МГц. Экспериментальные данные показали, что для обоих значений шероховатости поверхности нормированная относительно опорного сигнала амплитуда эхо-сигнала от дефекта остается постоянной величиной со среднеарифметической погрешностью не более 0,5 дБ. Нормированные зависимости амплитуды донного сигнала эхо-сигнала от дефектов различных размеров и уровень шумов от расстояния между искателем и плоскостью отражателя (АРД-диаграммы) показаны на рис. 28. Видно, что можно обнаруживать поверхностные дефекты не только при $Rz = 40$ мкм, но и при $Rz = 100$ мкм, а по амплитуде эхо-сигнала ГВ можно определять эквивалентные и условные размеры поверхностных дефектов.

Дополнительным источником информации о размере дефекта может служить максимальное расстояние, на котором обнаруживается поверхностный дефект. На рис. 28, а четко прослеживается зависимость между размером (глубиной проникновения) поверхностного дефекта и максимальным расстоянием, на котором дефект обнаруживается: большему размеру дефекта соответствует большее расстояние.

На рис. 29 показаны зависимости амплитуды эхо-сигнала ГВ от размера поверхностного дефекта (плоскодонных отверстий и сегментов) при нулевом расстоянии между искателем и дефектом, т.е. когда дефект находится под передней гранью искателя.

Такое расстояние выбрано для упрощения методики определения местоположения (под передней гранью искателя) и размера дефекта, а также в связи с тем, что при нулевом расстоянии наиболее просто распознается ГВ по ее отражению от грани изделия или тест-образца. Экспериментальные данные показы-

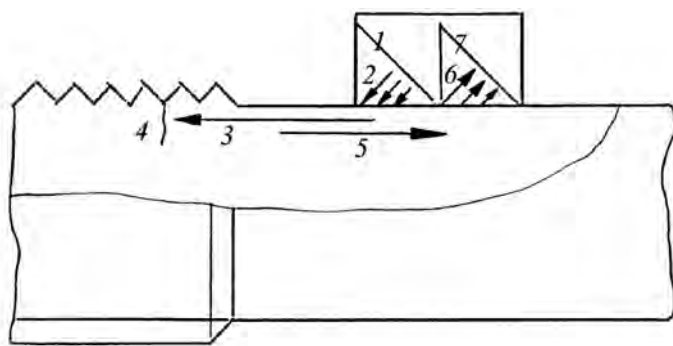


Рис. 31. Способ УЗК шпилек головными волнами:
1 – призма излучателя; 2 – падающая продольная волна; 3 – подповерхностная волна; 4 – трещина в металле; 5 – отраженная от трещины подповерхностная волна; 6 – боковая продольная волна в призме приемника; 7 – призма приемника искателя ГВ

вают, что с помощью ИЦ-70 и ИЦ-61 можно обнаруживать достаточно мелкие поверхностные дефекты, при этом искателем ИЦ-70 выявляют поверхностные дефекты при большем соотношении полезный сигнал/шум, чем искателем ИЦ-61.

Другой случай использования ГВ – это обнаружение дефектов под необработанной поверхностью или под резьбой, т.е. под поверхностью, по которой невозможно осуществлять сканирование искателем, но вблизи которой имеется поверхность, шероховатость и конфигурация которой допускают проведение контроля.

В стальном образце под поверхностью с регулярной насечкой изготавливали плоскодонное отверстие, имитировавшее дефект. Исследовали два случая: *а* – вершины насечки расположены заподлицо с контактной поверхностью; *б* – ее основание располагалось на одном уровне с контактной поверхностью (рис. 30). В каждом случае изучали четыре варианта глубины (высоты) насечки: 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 мм. С помощью ИЦ-61, установленного вплотную с краем насечки (как показано на рис. 30), измеряли амплитуду эхо-сигналов ГВ от края насечки и от плоскодонного отверстия, которые наблюдаются (каждый в соответствующем месте развертки дефектоскопа) од-

новременно. После этого амплитуду эхо-сигнала от насечки сравнивали с амплитудой донного сигнала от торца образца, а амплитуду сигнала от отверстия сравнивали с сигналом от такого же отверстия под гладкой поверхностью. Соответствующие расстояния от излучателя до отражателя были равны. Обнаружено, что в обоих случаях имеется эхо-сигнал от края насечки, амплитуда которого на 13–18 дБ меньше амплитуды соответствующего донного сигнала в случае *а* и на 17–22 дБ – в случае *б*. Эхо-сигнал от насечки в случае *б* образуется в результате дифракции ультразвука на краю насечки. При этом часть энергии входит в зуб, отражается от его грани и фиксируется искателем. Заметим, что эхо-сигнал от ступеньки, выступающей над контактной поверхностью (т.е. случай *б* до изготовления зуба), не наблюдается. Эхо-сигнал от дефекта во всех случаях уверенно фиксировался.

В случае *а* его амплитуда не изменялась по сравнению с сигналом от дефекта под гладкой поверхностью при глубине зуба 0,5 и 1,0 мм, уменьшалась на 5 дБ при глубине насечки 2 мм и на 8 дБ – при глубине 3 мм. Это уменьшение амплитуды связано с отражением части энергии ГВ от края насечки. В случае *б* амплитуда эхо-сигнала от отверс-

тий под насечкой и под гладкой поверхностью в пределах точности измерений ± 1 дБ оставалась постоянной.

Данные по выявляемости дефектов под насечкой говорят о том, что при контроле под резьбой эталонирование чувствительности можно проводить по гладкому тест-образцу, а в случае *а* необходимо вносить поправку в значение уровня контрольной чувствительности при настройке по тест-образцу с гладкой поверхностью или использовать тест-образец с такой же формой поверхности. С учетом исследований по выявляемости дефектов под поверхностью типа резьбы и под резьбой на шпильках, опыта применения способа сначала были разработаны «Методические указания по ультразвуковой УЗК шпилек на заводах и на тепловых и атомных станциях (рис. 31) дефектоскопии шпилек головными волнами» МЦУ-7–90, а затем «Методика ультразвукового контроля шпилек головными волнами» МЦУ-15–98.

7.4. Ультразвуковой контроль головными волнами аустенитных сварных соединений трубопроводов Ду300 на АЭС

В 1997 г. в связи с массовым появлением трещин в аустенитных сварных соединениях (АСС) трубопроводов $\varnothing 325 \times 15$ мм (Ду300) концерн «Росэнергоатом» поставил вопрос о разработке эффективной методики УЗК АСС данных трубопроводов.

Исследования и анализ показали, что основные сложности УЗК АСС трубопроводов Ду300 состоят в следующем:

- 1) высокий уровень радиационного фона, что обуславливает высокую производительность и простоту методики УЗК из-за невозможности длительного пребывания контролера на объекте;
- 2) сложная конструкция сварного соединения, включающая про-

точки различных размеров (по ширине и высоте) и углы ее ско-
са на внутренней поверхности, а
также возможные технологиче-
ские отражатели и дефекты в
корне шва (провисания, утяжи-
ны, несоосность труб);

3) сложная крупнозернистая струк-
тура околосшовной зоны (ОШЗ)
и металла шва сварного соеди-
нения, нагруженность внут-
ренним давлением, усилиями
от самокомпенсации труб и
оборудования. Кроме того, в
нем присутствуют остаточные
сварочные напряжения;

4) ширина (валика) усиления в
диапазоне 16–20 мм, но встре-
чается и более. Вблизи усиления
могут иметь место техно-
логические утяжины и неров-
ности, образованные при ме-
ханическом удалении брызг от
сварки, которые препятствуют
созданию качественного аку-
стического контакта преобро-
зователя с металлом;

5) расположение сварных соеди-
нений в различных простран-
ственных положениях, в стес-
ненных условиях.

При постановке работы про-
ектировщики и эксплуатацион-
ники исходили из реального по-
ложения дел в УЗД аустенитных
сварных соединений – эффек-
тивной методики нет, трудности
для УЗК существенные – мето-
дик нет в России, в Украине, в за-
падных странах. В связи с этим
перед разрабатываемой техноло-
гией УЗК поставили задачи:

- выявлять кольцевые протяжен-
ные (более 10 мм) трещинопо-
добные несплошности (эксп-
луатационные трещины) вы-
сотой 2 мм и более в сварном
шве и ОШЗ;
- технология не должна пред-
усматривать выявления техно-
логических (объемных) не-
сплошностей, регламентируе-
мых требованиями правил
контроля по радиографии.

В этот период исследования
ЦНИИТМАШ и опыт работ поз-

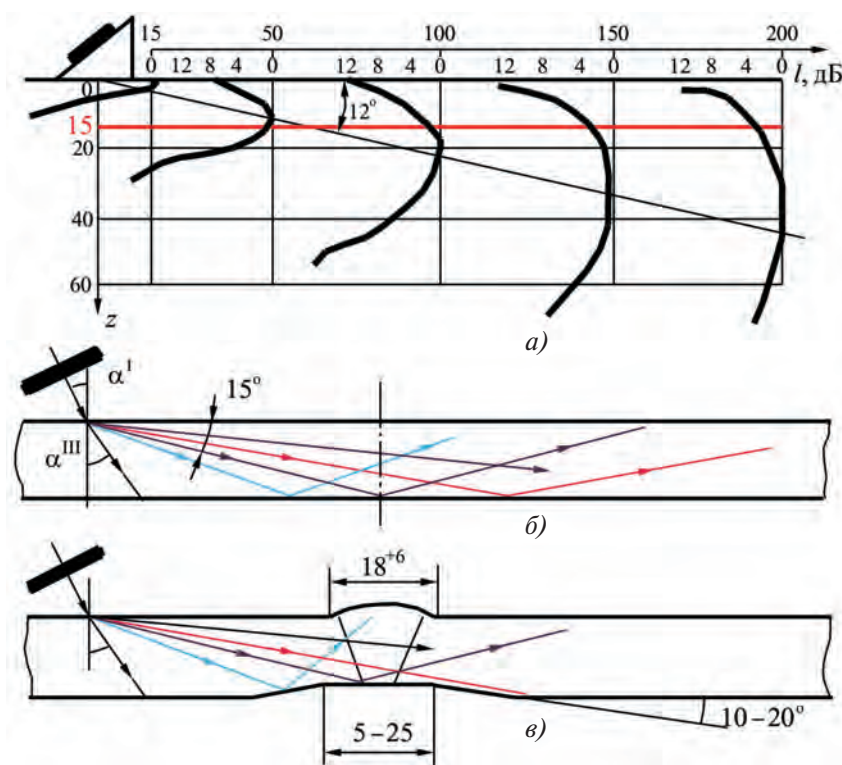


Рис. 32. Поле головной волны в полубезграничной среде (а), в листе (б) и трубо-
проводе со сварным соединением (в)

волили разработать эффективные
методики выявления трещин в
наплавках и под наплавками в
биметаллических сосудах, трубо-
проводах и их сварных соедине-
ниях: корпусах реакторов ВВЭР-
1000, трубопроводах главного
циркуляционного контура Ду850
ВВЭР-1000 и контура многократ-
ной принудительной циркуляции
Ду800 РБМК-1000 и др., была ис-
следована применимость норм
оценки качества при УЗК по
Правилам контроля ПК 1514–72
[28], обоснована целесообраз-
ность их корректировки, разра-
ботаны, предложены и приняты
новые нормы по УЗК сначала ан-
тикоррозионных наплавов [29],
а затем и сварных соединений
[30], впервые были разработаны
методики определения толщины
аустенитных наплавов и плаки-
ровок с помощью УЗК [31].

С учетом перечисленных фак-
торов и обнаружения новых за-
кономерностей мы вновь пред-
ложили использовать для УЗК

АСС трубопроводов Ду300 про-
дольные волны головного типа
[32]. При этом мы опирались на
следующие базовые положения:

- при использовании ГВ они
распространяются почти по
нормали к преимущественной
ориентации трещины в свар-
ном соединении;
- ГВ имеют максимальную ско-
рость распространения по
сравнению с другими волнами.
Это обеспечивает наилучшие
возможности для интерпрета-
ции сигнала о наличии отража-
теля и его идентификации;
- ГВ на одной и той же частоте в
сравнении с другими волнами
имеют максимальную длину
волны. Это обеспечивает воз-
можность получения сравни-
тельно высокого соотношения
сигнал/шум от несплошности
на фоне крупнозернистой
структуры шва и ОШЗ;
- до проведения настоящих ис-
следований к негативным фак-
торам мы относили сравни-

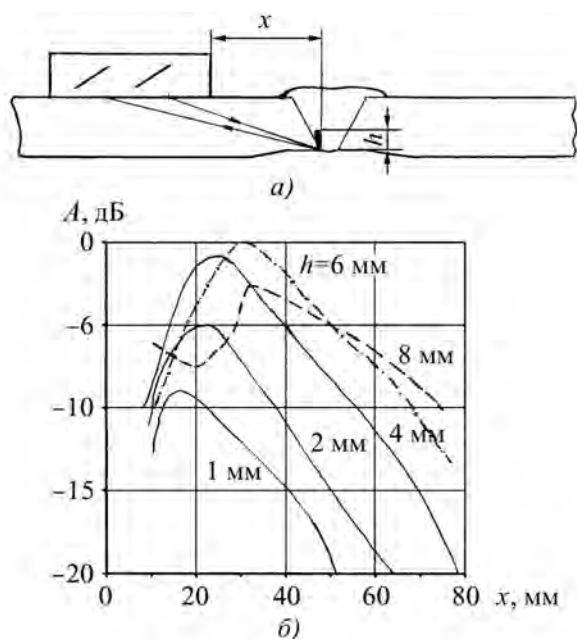


Рис. 33. Схема УЗК (а) и зависимость амплитуды эхо-сигнала ГВ от расстояния между искателем и отражателем для различной высоты трещины (б). Прозвучивание через основной металл и околошовную зону АСС; h – высота трещины

тельно небольшую толщину трубы – 15 или 16 мм, а в случае с проточкой – 11–12 мм. Считалось, что близость донной поверхности может мешать дефектоскописту из-за образования ложных сигналов в стробируемой зоне контроля.

Важным фактором оказался правильный выбор конструкции и разработка специализированного искателя ПГЦ-300.

Проведены дополнительные исследования структуры поля подповерхностной ГВ в контролируемом металле. На рис. 32 представлены известные закономерности для поля подповерхностной ГВ в полубезграничной среде: луч с максимальной амплитудой как бы отжимается от контактной поверхности, распространяется под углом 12–15° к ней, а амплитуда ГВ достаточно быстро убывает с расстоянием.

Исследования в листах толщиной 8–20 мм показали, что в них имеет место концентрация акустической энергии подповерхностной волны в ограниченном объеме, в том числе за счет переотражений на донной поверхности при больших углах падения продольных волн (они как бы скользят над донной поверхностью), как показано в листе и в сварном соединении на рис. 32. Было обнаружено, что при расстояниях 30–40 мм и более от точки выхода излучателя подповерхностная ГВ с максимальной амплитудой распространяется вдоль внутренней поверхности и располагается на высоте 2–5 мм от донной поверхности. Таким образом, вблизи донной поверхности образуется ультразвуковой поток, распространяющийся параллельно донной поверхности. Исследование акустического поля на трубах $\varnothing 325 \times 15$ мм показало наличие закономерностей, полученных на листах.

Результаты этих исследований и полученные закономерности в значительной мере спо-



Экран дефектоскопа



Реальные изображения на экране дефектоскопа при выявлении трещины на разных расстояниях

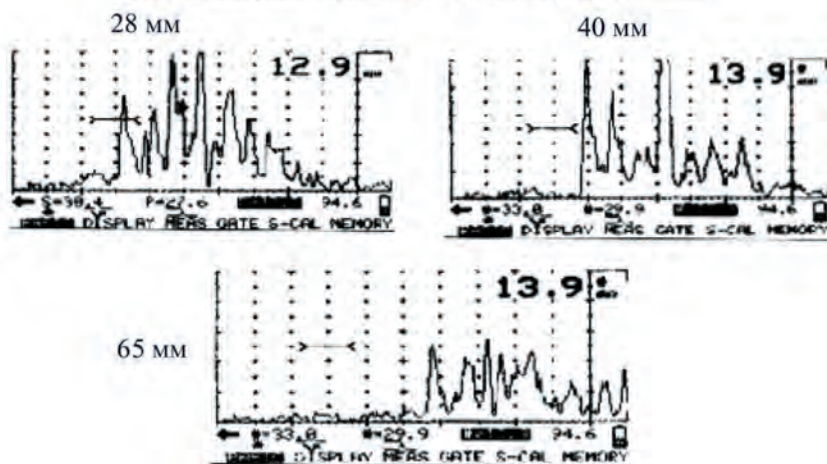


Рис. 34. Дефектоскопия аустенитного сварного соединения толщиной 12–15 мм головными волнами (в стробе импульс ГВ от трещины)

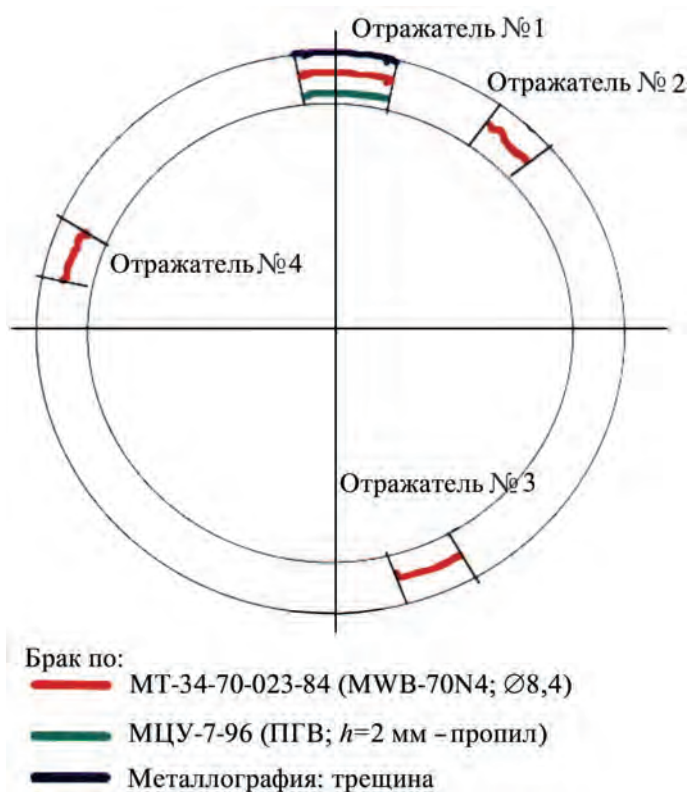


Рис. 35. Дефектограмма УЗК сварного соединения 23М2

способствовали разработке технологии УЗК корневых трещин в сварных соединениях трубопроводов Ду300. На рис. 33 и 34 представлены схемы прозвучивания и результаты измерений зависимости амплитуды эхо-сигнала ГВ от трещины различной высоты в функции расстояния между излучателем и отражателем. На рис. 33 показаны зависимости при прозвучивании через основной металл, когда трещина расположена со стороны кромки шва, ближней к излучателю. Анализ полученных зависимостей показал, что при выявлении корневых трещин высотой 2 мм и более имеется возможность обнаружения трещин с соотношением сигнал/шум 12 дБ и более при прозвучивании как через основной металл, так и через сварной шов.

Результаты показали, что предложенный способ УЗК позволяет:

- обнаруживать корневые трещины различной высоты в

сварных соединениях аустенитных трубопроводов и сосудов, выполненных по рекомендуемой технологии;

- обнаруживать корневые протяженные (более 10 мм) трещины высотой 1 мм и более;
- использовать при УЗК несколько информативных признаков, а именно: амплитуду эхо-сигнала; условную протяженность трещины; эквивалентную высоту трещины, определяемую через условную ширину отражателя как разницу расстояний между излучателем и отражателем при различных уровнях чувствительности (или при различных амплитудах эхо-сигнала) для оценки высоты корневой трещины.

В процессе исследований возможности УЗК ГВ АСС трубопроводов Ду300 на образцах была выявлена специфическая особенность данной технологии УЗК. На рис. 34 показаны схема хода лучей в контролируемой трубе, экран

дефектоскопа и реальные изображения сигналов от трещины при различных расстояниях излучателя от сварного шва. Особенность состоит в том, что наряду с эхо-сигналом подповерхностной ГВ, а он, как мы и предполагали, располагается ближе всех к зондирующему импульсу, имеют место сопровождающие его импульсы других головных, продольных и поперечных волн, которые распространяются по различным траекториям, показанным на рис. 34. Научиться правильно настраивать дефектоскоп с излучателем на настроечном образце (НО) с имитатором трещины и отличать основной сигнал ГВ от сопровождающих на НО и реальном АСС трубопровода, как впоследствии оказалось, являлось одной из главных задач контролера УЗК при освоении новой технологии контроля.

На всех АЭС, где методика предполагалась к применению, осуществлялись специальные работы по определению эффективности и достоверности методики, в особенности эффективности выявления реальных трещин межкристаллитного коррозионного растрескивания под напряжением (МКРПН). На Курской АЭС проведено исследование сварного соединения 23М2 водоопускного трубопровода, вырезанного по результатам РГК. Исследование выполняли с применением разработанного ЦНИИТМАШ проекта «Методика УЗК аустенитных сварных соединений трубопроводов Ø325×15 АЭС с реакторами РБМК» МЦУ-7-96 и «Методике УЗК АСС с толщиной стенки 10–25 мм» МТ 34-70-023-86 [34]. Дефектограмма представлена на рис. 35.

Методика МТ 34-70-023-86 (УЗК поперечными волнами) выявила и забраковала четыре отражателя.

УЗК по методике ЦНИИТМАШ на поисковом уровне чувствительности зафиксировал отражатель № 1 с максимальным

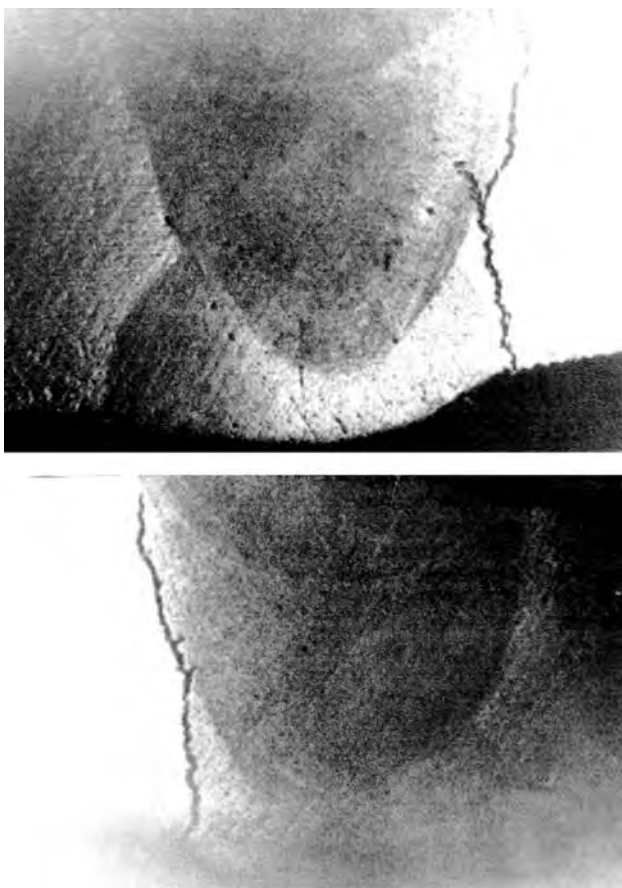


Рис. 36. Несплошности в сечении сварного соединения 23М2 на участке отражателя № 1 (две стороны реза)

превышением по амплитуде на 6 дБ с одной стороны шва и на 4 дБ с другой стороны шва, условная протяженность 37 мм. Отражатель № 2 выявлялся в виде отдельного сигнала (без соответствующего сопровождения другими импульсами) с амплитудой на 4 дБ больше браковочного уровня и условной протяженностью 40 мм. Отражатель № 3 давал эхосигнал меньше поискового уровня, точечный. Отражатель № 4 выявлялся как точечный с амплитудой, равной поисковому уровню. Участок № 1 по способу ЦНИИТМАШ был забракован, участок № 2 был отмечен как участок с повышенным шумом, участки № 3 и 4 не фиксировались.

В результате проведенных металлографических исследований было установлено:

- на участке № 1 выявлена протяженная несплошность (трещина) высотой от 3,1 до 7,0 мм в рассмотренных сечениях (см. рис. 35);
- на участках № 2–4 несплошностей не обнаружено. Анализ результатов УЗК показал:
- возможность ложной браковки сварных соединений при использовании методики МТ 34-70-023–86;
- удовлетворительные результаты контроля при применении способа и методики ЦНИИТМАШ.

Результаты исследований и апробации проекта «Методика УЗК аустенитных сварных соединений трубопроводов $\varnothing 325 \times 15$ АЭС с реакторами РБМК» МЦУ-7–97 (рис. 36) позволили главному конструктору реакторной установки и концерну «Росэнергоатом» рекомендовать методику МЦУ-7–97 для использования при эксплуатационном контроле сварных соединений трубопроводов РБМК.

В табл. 1 представлены результаты УЗК АСС трубопроводов Ду300 первого блока Курской АЭС. Из таблицы видно, что методика МЦУ-7–97 позволила оценить реальную дефектность сварных соединений и определить объем сварных соединений для ремонта. Заключение по результатам 100%-ного УЗК по МЦУ-7–97 явилось основанием для оценки качества АСС трубопроводов Ду300 и позволило своевременно пустить блок в эксплуатацию.

Наибольшие подготовительные работы были проведены на Чернобыльской АЭС. Информация о разработке новой методики МЦУ-7–97 и отдельные результаты использования ее на АЭС России поступила и в Украину. Работы по реновации третьего блока ЧАЭС проводились за счет Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР). Для обеспечения нормативного использования новой технологии УЗК АСС трубопроводов Ду300 на Чернобыльской АЭС Администрации ядерного регулирования (АЯР) Украины, НАЭК «Энергоатом» и ЕБРР предложили осуществлять работы по двум направлениям.

1. Провести приемочные испытания методики МЦУ-7–97 в соответствии с рекомендациями

Таблица 1. Результаты исследований аустенитных сварных соединений трубопроводов Ду300 первого блока Курской АЭС

Метод контроля		Количество швов, шт.	Брак, шт.	Примечание
Радиография		444 (100%)	14 – непровары, шлак; 5 – трещины; 12 – технические отклонения	Нет трещин с коррозией под напряжением
УЗК	МТ-34-70-023–86	444 (100%)	222 (50%) (по амплитуде, протяженности)	Предположили перебраковку при чувствительности $\varnothing 8,4$ мм
	МЦУ-7–97	226	34 ($1 < 100$ мм)	Ремонт и допуск по техрешению

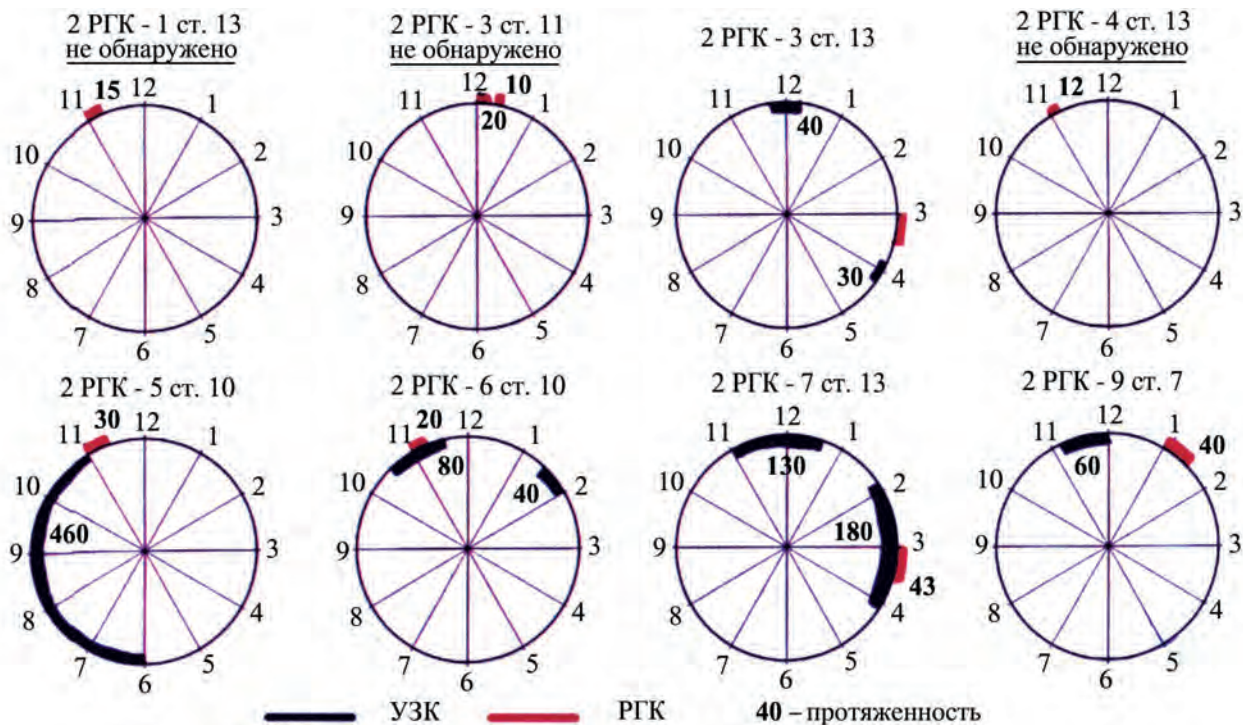


Рис. 37. Расположение дефектов по периметру АСС

Европейского сообщества по неразрушающему контролю ENIQ «Европейская методология по аттестации» [33]. (Отметим, что такие работы проводились впервые на территории бывшего СССР.)

2. Провести опытный экспертный УЗК по методике МЦУ-7-97 на трубопроводах третьего блока ЧАЭС.

Сразу после принятия этого решения из России на ЧАЭС прибыла команда российских контролеров для представления методики и экспертного УЗК АСС трубопроводов Ду300. Контролеры имели аттестацию по МЦУ-7-97 и свежий опыт УЗК на Курской и Смоленской АЭС.

В процессе выполнения экспертного УЗК проходила подготовка, обучение и тренинг контролеров УЗК Чернобыльской и других АЭС Украины. Они были аттестованы и в дальнейшем принимали участие в работах по аттестации методики и по сплошному УЗК. При экспертном УЗК было проконтролировано 135 АСС опускных трубопроводов

и 45 на напорных трубопроводах, не имевших замечаний по результатам РГК.

Результаты УЗК и металлографических исследований:

- из 135 АСС опускных трубопроводов в 19 обнаружены протяженные отражатели;
- из 45 АСС напорных трубопроводов в шести были обнаружены протяженные отражатели;
- выборочные разрушающие испытания темплетов шириной 42–47 мм (долом на разрывной машине), вырезанных на участках расположения по результатам УЗК трещинообразных отражателей, подтвердили наличие трещин различной высоты.

В табл. 2 представлены сравнительные результаты неразрушающего контроля (РГК и экспертного УЗК по МЦУ-7–97) сварных соединений трубопроводов Ду300. Они показали, что, во-первых, при радиографическом контроле возможна значительная перебраковка по количеству дефектных сварных соединений, а во-вторых, воз-

Таблица 2. Сравнительные результаты РГК и УЗК по МЦУ-7-97 АСБ трубопроводов Ду300 КМПЦ 3-го энергоблока ЧАЭС

Метод контроля	Количество СС, где дефектов не обнаружено, шт.	Количество сварных соединений с протяженностью несплошностей, мм						Суммарная протяженность по всем СС
		50 и менее	51-100	101-150	150-200	>200	Всего	
РГК	—	32	11	2	—	—	45	1882
УЗК	6	5	16	8	5	5	39	4945

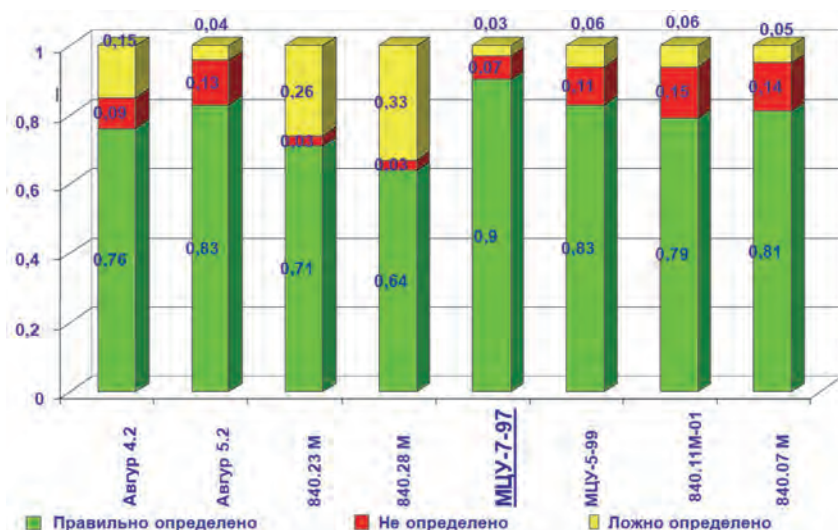


Рис. 38. Сравнительные характеристики выявляемости трещин МКРПН в АСС трубопроводов Ду300 и достоверность контроля (по РД ЭО 0488–03) при использовании методики МЦУ-7–97 и других допущенных к применению

можно недобраковка по протяженности трещин. В последнем столбце таблицы видно, что суммарная протяженность трещин по результатам УЗК более чем в 2,5 раза превышает данные по РГК. Данные по протяженности хорошо иллюстрируются диаграммами расположения дефектов по периметру сварных швов на рис. 37.

В соответствии с положениями Европейской методологии по аттестации [34] была разработана «Программа аттестации «Методики УЗК аустенитных сварных соединений трубопроводов Ø325×15 АЭС с реакторами РБМК» МЦУ-7–97», утверждена руководством НАЕК «Энергоатом» и Чернобыльской АЭС и согласована АЯР МЭБУ. Она определила: цели и задачи аттестации, требования к аттестационной комиссии, требования к тест-образцам, требования к персоналу, этапы аттестации, оценку результатов аттестации.

По результатам работы аттестационная комиссия решила:

- применение методики обеспечивает выявление трещин МКРПН высотой от 2 мм в реальных сварных соединениях и несплошностей в виде искус-

ственных отражателей высотой от 2 мм и более;

- результаты УЗК, полученные при использовании методики, являются основанием для оценки качества сварного соединения.

Положительные результаты аттестации позволили выполнить и принять результаты сплошного УЗК АСС Ду300 третьего блока Чернобыльской АЭС. Главный инженер ЧАЭС доложил об этом на заседании комиссии ЕБРР в докладе «Повышение безопасности энергоблока № 3 Чернобыльской АЭС в период ремонтной кампании 1997–1998 гг. Основные направления».

Следует особо отметить, что в рамках Комплексной программы Росэнергоатома 2001–2005 гг. были выполнены работы, позволившие обосновать и обеспечить безопасную эксплуатацию аустенитных трубопроводов Ду300 на АЭС с РБМК. НИКИЭТ были проведены работы по экспериментальной оценке достоверности методик контроля, допущенных Ростехнадзором, Росэнергоатомом и главным конструктором РБМК для УЗК АСС трубопроводов Ду300 и используемых

на АЭС. Работы были выполнены в рамках «Программы экспериментальных испытаний «30 катушек» на образцах сварных соединений аустенитных трубопроводов Ду300 с реальными дефектами, вырезанными на АЭС с РБМК-1000 без привлечения ЦНИИТМАШ. На рис. 38 представлены результаты работ по этой программе [35]. Они продемонстрировали существенные преимущества методики МЦУ-7–97 в сравнении с другими методиками ручного, полу- и автоматизированного контроля. Несомненно, эти преимущества связаны с тем, что методика МЦУ-7–97 основана на применении продольных волн головного типа.

7.5. Ультразвуковой контроль трещинообразования под антикоррозионной аустенитной наплавкой на сосудах и трубопроводах

Правила контроля устанавливают объем неразрушающего контроля наплавки и нормы допустимых дефектов. В частности, для антикоррозионной наплавки корпуса реактора правилами предусматривается проведение УЗК зоны сплавления наплавки с основным металлом, внешнего осмотра и капиллярной дефектоскопии поверхности наплавки. Трещины во всех случаях не допускаются, а размеры других дефектов наплавки регламентируются нормами Правил контроля.

В начале 1970-х гг. в литературе появились сведения о трещинах, расположенных в зоне сплавления антикоррозионной наплавки с основным металлом. Результаты исследований [36] показали, что в целом трещинообразование под антикоррозионной аустенитной наплавкой является составной частью общей закономерности образования трещин в сварных соединениях при термической обработке. Об-

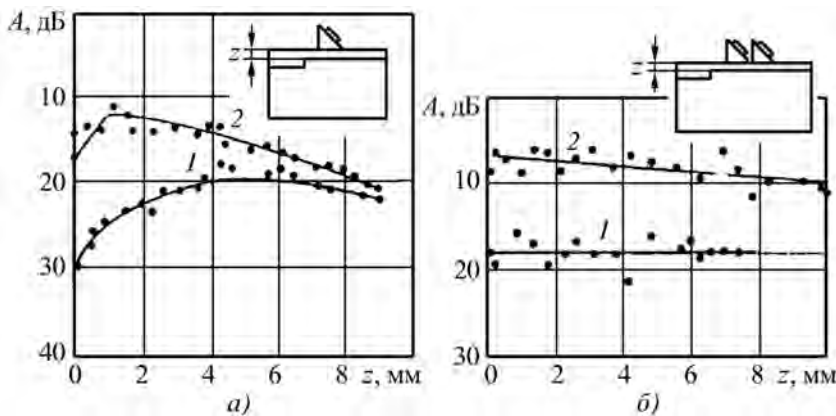


Рис. 39. Зависимости амплитуды эхо-сигнала головной волны от толщины аустенитной наплавки для искателей ИЦ-70 (а) и ИЦ-61 (б): 1 – для отражателей диаметром 2 мм; 2 – диаметром 4 мм

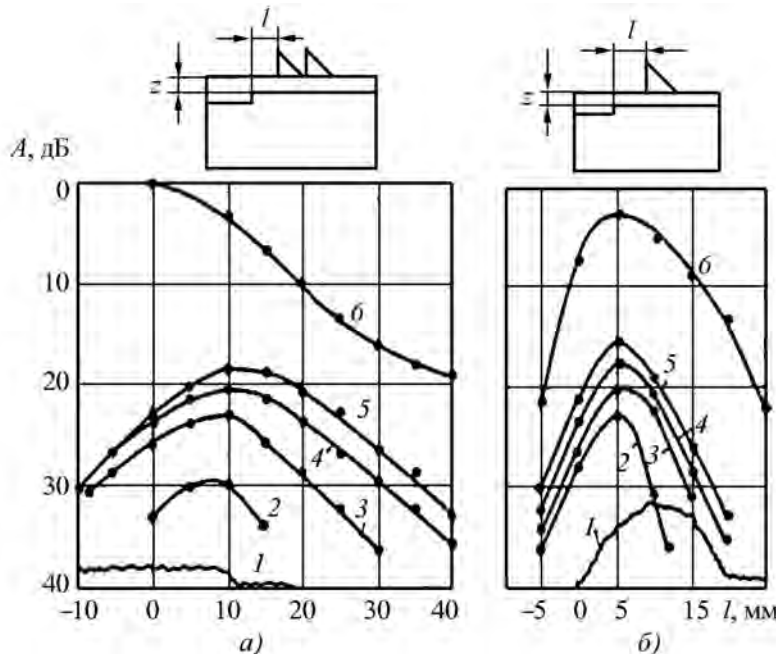


Рис. 40. Изменение амплитуды эхо-сигнала ГВ от дефекта под аустенитной наплавкой и уровень шумов в зависимости от расстояния между искателем и отражателем при толщине наплавки 5, 6 мм: а – ИЦ-61; б – ИЦ-70; 1 – шумы; 2–5 – цифры соответствуют величине диаметра отражателя; 6 – донный сигнал

разование трещин было обнаружено под наплавкой, выполненной и лентой, и электродами. Как правило, трещины возникали в переходной зоне основного металла под перекрытиями двух рядом лежащих валиков. Непосредственно после наплавки трещины не образуются, они возникают лишь в процессе последующей термической обработки наплавленного элемента. Размеры

таких трещин лежат в пределах от незначительных граничных разделений между зернами до максимально встречающихся (длиной от 8 до 10 мм и высотой от 2 до 3 мм). Трещины ориентированы под определенным углом к направлению наплавки, обычно в пределах от 45 до 90°.

Наряду с выбором исходных материалов, параметров наплавки и термообработки, исключая

щих появление трещин в зоне сплавления антикоррозионной наплавки с основным металлом, встал вопрос о разработке метода неразрушающего контроля, позволяющего обнаруживать такие трещины. Для решения задачи обнаружения трещин под антикоррозионной наплавкой ЦНИИТМАШ предложил использовать головные волны (ГВ).

Возможность выявления трещин под наплавкой ГВ с помощью искателей ИЦ-61 и ИЦ-70 изучали на образцах [37]. Трещины в зоне сплавления наплавки с основным металлом имитировали дном плоскодонного отверстия, которое располагалось перпендикулярно линии сплавления. Контактной поверхностью являлась поверхность наплавки.

Наряду с амплитудой эхо-сигналов от отражателей измеряли уровень шумов. На рис. 39–41 представлены графики, характеризующие выявляемость трещинообразных дефектов под антикоррозионной наплавкой искателями ИЦ-61 и ИЦ-70 на частоте 1,8 МГц. Результаты показали способность и возможности с помощью ГВ обнаруживать трещины под наплавкой толщиной от 0,1 до 10,0 мм.

Изменение амплитуды эхо-сигналов от отражателей диаметром 2 и 4 мм в зависимости от толщины наплавки показано на рис. 39. Различный качественный характер зависимостей амплитуды от толщины наплавки (рис. 40) обусловлен конструкцией искателей и структурой акустического тракта. При использовании ИЦ-61 («тандем») ГВ падает на подповерхностный отражатель, отражается от всей поверхности плоскодонного отражателя и принимается приемником, расположенным после излучателя. На рис. 39, б точками представлены значения максимальных эхо-сигналов для каждой толщины наплавки. Имеют место значительные флуктуации

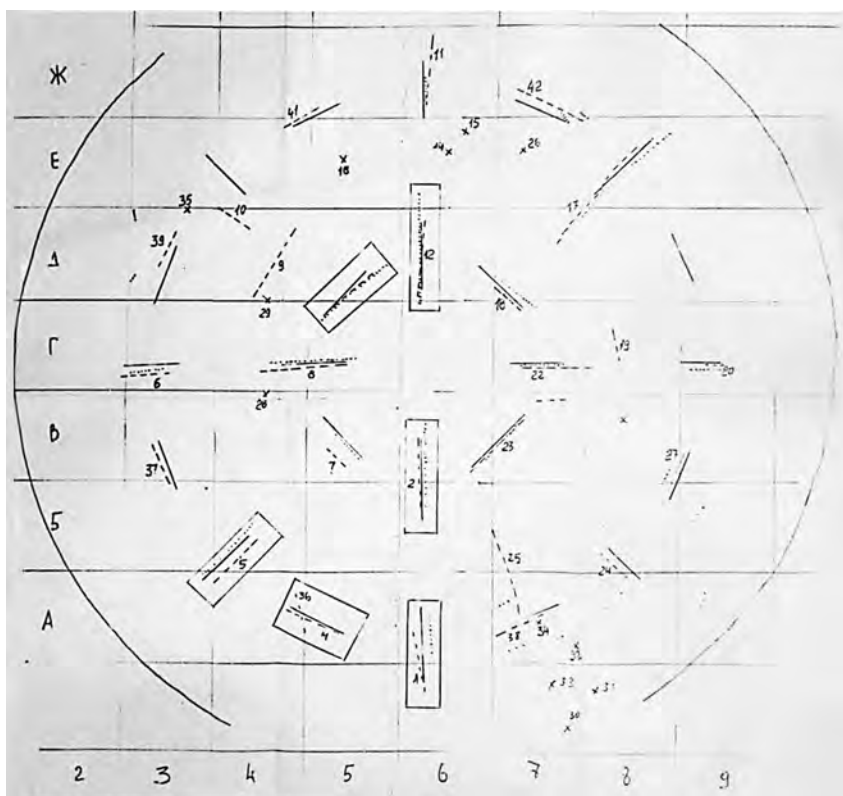


Рис. 41. Дефектограмма УЗК биметаллической плиты с поднаплавочными трещинами (прямоугольниками выделены несплошности, подвергшиеся металлографическим исследованиям)

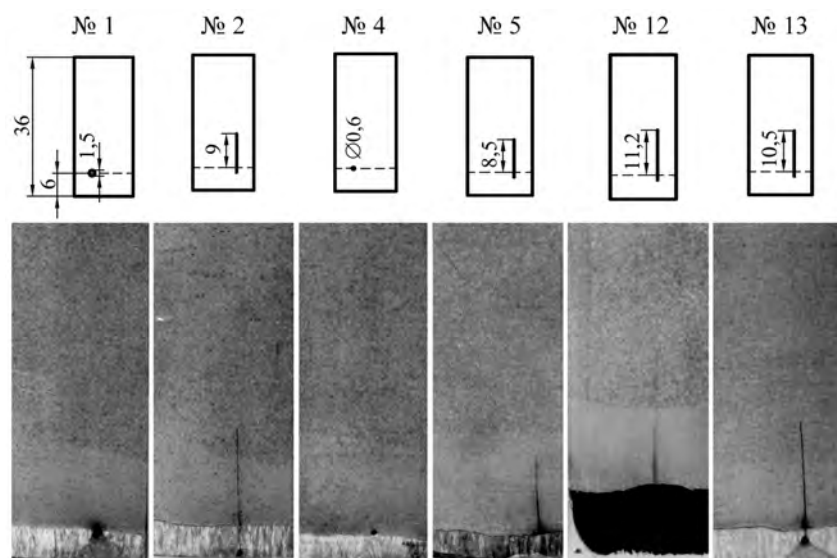


Рис. 42. Форма, ориентация и размеры выявленных несплошностей

амплитуд максимальных эхо-сигналов от отражателей на разной глубине.

ИЦ-70 обладает большей чувствительностью по глубине в сравнении с ИЦ-61, так как поз-

воляет выявлять отражатели диаметром 2 мм при толщине наплавки 10 мм и менее, но при толщине наплавки от 7 до 10 мм имеет меньшую разрешающую способность по амплитуде между

отражателями от 2 до 5 мм. ИЦ-61 выявляет отражатели диаметром 2 мм при толщине наплавки 8 мм и менее.

Наряду с корпусами реакторов важным оказалось иметь средства и методику УЗК, обеспечивающие выявление поднаплавочных трещин в биметаллических трубопроводах ГЦК Ду850 на АЭС с ВВЭР-1000 и КМПЦ Ду800 на АЭС с РБМК-1000. На рис. 40 показано исследование УЗК ГВ трещин на трубопроводах: изменение амплитуды эхо-сигнала в зависимости от расстояния между искателем и отражателем. Показан также относительный уровень шумов. Эти зависимости аналогичны полученным для перлитных сталей. В то же время при использовании ИЦ-61 имеется большее соответствие между амплитудой эхо-сигнала и размером отражателя и большая разрешающая способность при определении эквивалентного размера и высоты отражателя.

Эффективность и работоспособность методики УЗК ГВ при выявлении поднаплавочных трещинообразных и других несплошностей исследовалась на специально изготовленном испытательном образце с заложенными и выращенными дефектами (рис. 41). Исследования ставили своей целью оценить и сравнить способность различных методик обнаруживать дефекты, определять и выбирать параметры УЗК при выявлении и интерпретации различных несплошностей ГВ и со стороны перлитного металла наклонными искателями поперечных волн с углами ввода 40, 45, 50, 60 и 65°. Из всех дефектов в плите, выявленных при УЗК, выбраны шесть типичных (№ 1, 2, 4, 5, 12, 13, рис. 42).

Металлографические исследования показали, что:

№ 1 – шлаковое включение в зоне сплавления: максимальный размер 1,5 мм;

- № 2 – трещина под наплавкой и шлак в наплавке – 9 мм высота;
 № 4 – мелкое шлаковое включение (Ш0,6 мм) в зоне сплавления (ГВ не выявляется);
 № 5 – трещина под наплавкой высотой 8,5 мм и шлак в наплавке;
 № 12 – трещина под наплавкой высотой 11,2 мм;
 № 13 – трещина под наплавкой высотой 10,5 мм.

Цифры при несплошностях – высота в направлении, перпендикулярном зоне сплавления, по результатам металлографических исследований. При выборе этих несплошностей учитывалось, что все они зафиксированы при УЗК наклонными искателями, пять из них зафиксированы при УЗК ГВ, а один ГВ не фиксировался. Сравнительные ультразвуковые характеристики несплошностей представлены в табл. 3.

УЗК ГВ (правая часть табл. 3) определил несплошности № 2, 5, 12 и 13 как недопустимые (дефекты) по эквивалентному размеру и коэффициенту относительной условной ширины $K_{ш}$. С помощью УЗК зафиксирована несплошность № 1 с допустимыми эквивалентным размером и $K_{ш}$ и не зафиксирована несплошность № 4. Оказалось, что для высоких трещин о размере и глубине их проникновения при УЗК можно судить по коэффициенту относительной условной ширины $K_{ш}$. Трещина № 12 распространяется прямолинейно в направлении, перпендикулярном к поверхности образца (наплавки). При увеличении $\times 500$ наблюдались незначительная извилистость и изредка ответвления протяженностью 20–60 мкм. Трещина не была обнаружена непосредственно при вскрытии, травлении и визуальном осмотре. Наличие такой высоты трещины в перлитном металле было установлено только после исследования образца под микроскопом, что связано с малым раскрытием трещины.

Несплошности № 2, 5 и 13, так же как и № 12, при вскрытии оказались вертикальными трещина-

ми (рис. 42). Несплошность № 1 при вскрытии представляла собой шлаковое включение в зоне сплавления наплавки с основным металлом. Несплошность № 4, которая не была зафиксирована УЗК ГВ, оказалась мелким шлаковым включением. Размеры и форма всех несплошностей на шлифах показаны на рис. 42. Таким образом, исследования показали, что УЗК ГВ обеспечивает эффективное выявление трещин под аустенитной наплавкой, а также позволяет судить о типе и размерах дефектов под наплавкой по амплитуде сигнала и коэффициенту относительной условной ширины. Полученные результаты показали эффективность УЗК ГВ при выявлении трещин под наплавкой и возможность отстроиться от несущественных несплошностей. ЦНИИТМАШ разработана технологическая инструкция «Ультразвуковая дефектоскопия ГВ сварных соединений трубопровода ГЦК Ду850 ВВЭР-1000 (трещины под наплавкой)». Она используется при изготовлении, монтаже и предэксплуатационном контроле ВВЭР-1000 в России и за рубежом.

7.6. Головные волны в ДВМ и TOFD

В разделах 7.1–7.5 представлены работы по развитию эхо-метода УЗД головными волнами. Следует отметить также работы по использованию ГВ в режиме прозвучивания (теневом). Они приведены при исследовании законов возбуждения, приема и ослабления ГВ. Исследования прохождения ГВ в антикоррозионной наплавке показали, что ГВ могут быть возбуждены в изделиях с аустенитной наплавкой и зарегистрированы на расстоянии от 200 до 300 мм от излучателя, почти как в перлитных сталях.

Наряду с этим выявлена важная особенность закономерности изменения амплитуды ГВ с расстоянием, которая заключается в наличии ярко выраженных минимума и максимума в зависимости амплитуды от расстояния. Более того, установлено, что расстояние между излучателем и приемником,

Таблица 3. Сравнительные УЗ-характеристики несплошностей

Номер несплошности	УЗК наклонными поперечными волнами				УЗК головными волнами			
	Эквивалентная площадь $S_{э(max)}$, мм ²	Угол ввода, °	S , мм ² , при угле ввода, °		Максимальная амплитуда в сравнении с имитатором трещины ($\varnothing 4$ мм), $S=12$ мм ² , $A_{max}/A_{деф}$	Эквивалентная площадь $S_{э}$, мм ²	Коэффициент относительной условной ширины $K_{ш}$	
			50°	65°			Сторона	
							1	2
1	10,0	65	4,0	10,0	+3 дБ	9	0,36	0,68
2	10,0	45	6,4	5,6	+8 дБ	27	0,92	1,56
5	10,0	60	8,8	8,8	+13 дБ	50	1,28	1,64
12	7,2	65	6,4	7,2	+7 дБ	25	1,24	1,16
13	7,2	65	4,0	7,2	+13 дБ	50	1,36	1,48
4	2,8	50	2,8	–	Не зафиксировано	–	–	–

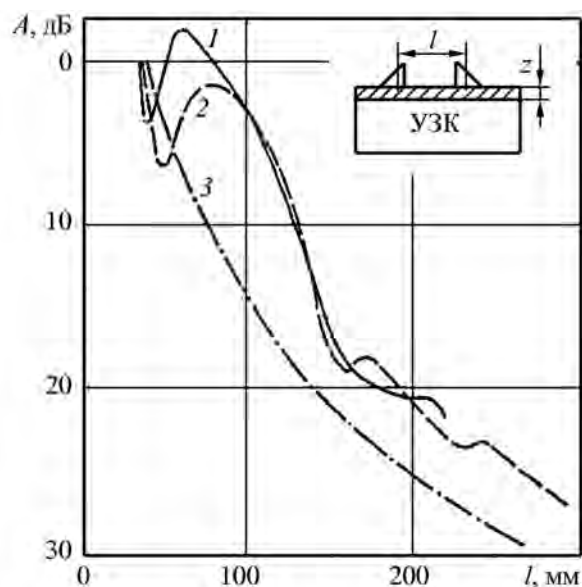


Рис. 43. Изменение амплитуды ГВ при распространении в изделии с аустенитной наплавкой: 1 – $z = 8$ мм; 2 – $z = 11$ мм; 3 – перлитная сталь; z – толщина наплавки; И – излучатель ГВ; П – приемник ГВ; на вставке схема прозвучивания

при котором имеет место минимум (или максимум), находится в прямой зависимости от толщины наплавки: большей толщине наплавки соответствует большее расстояние между излучателем и приемником в момент достижения максимума (минимума) (рис. 43) [37]. Наличие максимума и минимума связано с тем, что скорость ультразвука в аустенитной наплавке меньше, чем в основном металле. Подобное распределение скоростей создает условия, аналогичные приповерхностному звуковому каналу в гидроакустике при положительном градиенте скоростей.

В результате этого продольная подповерхностная волна, достигая зоны сплавления, рефрагирует в сторону среды с меньшей скоростью звука, т.е. в сторону поверхности наплавки. При выходе на поверхность она регистрируется приемником с соответствующим увеличением (уменьшением) амплитуды сигнала ГВ, которая достигает максимума (минимума) при сложении подповерхностной волны прямого прохождения и рефрагированной волны. Расстояние между излучателем и приемником в момент достижения максимума (минимума) прямо связано с толщиной наплавленного слоя. Позже тот же эффект обнаружен при исследовании закаленного слоя валков холодной прокатки [38].

Особенно полезным и эффективным оказалось совместное в одном методе использование ГВ и дифракционно-временного метода (ДВМ) (рис. 44) [39]. В нем для слежения за параметрами УЗК в качестве опорного сигнала используют им-

пульс ГВ, возбуждаемый лучом диаграммы направленности излучателя, падающим на поверхность контролируемого элемента под первым критическим углом одновременно с частью пучка, озвучивающим зону контроля и трещину. Ранее ЦНИИТМАШ зарегистрировал такой способ УЗК а.с. № 502311 (рис. 44, б), а МНПО «Спектр» на его основе разработал УЗ-толщиномер (рис. 44, в).

Теперь сравним первый (см. рис. 1) и последний (см. рис. 44) рисунки настоящей статьи. Мы видим, что круг замкнулся: та схема прозвучивания, которая была использована при исследовании акустических свойств металла в 1972 г. и привела к обнаружению неизвестных в УЗД металлов быстрых головных волн, полностью повторяется (красные линии на рис. 44, а) в современной технологии УЗК. Но сейчас мы знаем о головных волнах очень и очень много!!! И много для этого сделали.

Заключение и приоритет СССР и России

Здесь представлена история обнаружения, результаты исследований закономерностей и становления физики, терминологии, технологии ультразвукового контроля головными волнами. В ней показано, что ЦНИИТМАШ был первым при:

- обнаружении и идентификации ГВ в металлах;
- исследовании и выявлении закономерностей возбуждения, распространения и приема ГВ;
- разработке физического представления о ГВ;
- разработке и изобретении новых способов УЗК ГВ;
- уяснении и обосновании новой терминологии ГВ как комплекса волн;
- обосновании и разработке концепции построения конструкций искателей головных волн в виде «тандем» и «дуэт»;
- исследовании технологических особенностей УЗК ГВ различных объектов энергомашиностроения и энергетики;
- разработке пионерских методик, инструкций и технологий УЗК ГВ, обосновании их эффективности и работоспособности;
- обосновании включения новых технологий и методик УЗД ГВ в методические документы, основные положения, отраслевые и государственные стандарты по НК;
- разработке технологий изготовления специализированных искателей ГВ, обеспечении ими заводов, предприятий, электростанций и компаний;
- обучении и тренинге специалистов и контролеров, оказании помощи во внедрении и использовании методик контроля на различных объектах и предприятиях;
- распространении новых научных знаний и опыта через публикации, выступления на конференциях и выставках, семинарах и совещаниях.

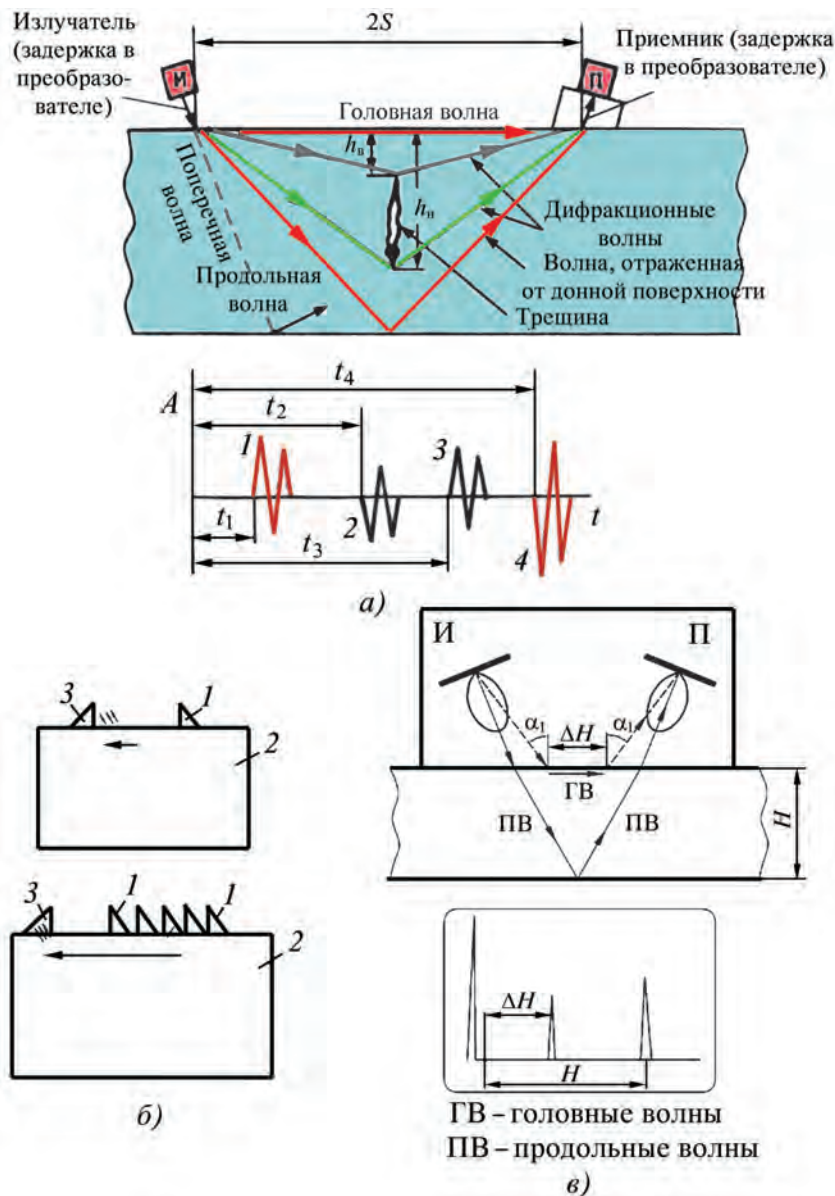


Рис. 44. Применение ГВ и сравнение способов УЗК: а – дифракционно-временной метод + ГВ (ТОFD); б – способ УЗК по а.с. 502311; в – безталонный способ УЗ-толщинометрии; ГВ – головная волна; ПВ – продольные волны; t – время распространения импульсов; S – половина расстояния между точками выхода излучателя и приемника; h – глубина залегания верхнего и нижнего краев трещины; H – толщина детали; 1, 2, 3 – искатели УЗК (а.с. 502311)

В заключение отметим и сравним первые доклады, патенты (авторские свидетельства) и публикации специалистов СССР (России) и Федеративной Республики Германии как наиболее передовых стран по УЗ-дефектоскопии металлов в 1970–1990 гг.

А. Авторские свидетельства и патенты

1. Первое а.с. СССР № 491092 с приоритетом от **1 июня 1973 г.** на «Способ ультразвукового контроля качества материалов», авторы: Н.П. Разыграев, И.Н. Ермолов, В.Г. Щербинский, Бюл. изобр. 1975. № 41.

2. Патент ФРГ № 2802278 с приоритетом от **15 января 1981 г.** на «Способ и устройство для неразрушающего контроля приповерхностного слоя», авторы: Х. Вюстенберг, А. Эрхард, В. Мехрле.

Б. Доклады на конференциях

1. Первый (пионерский) доклад СССР на VII Всесоюзной конференции «Неразрушающий контроль материалов изделий», **Киев, 1974 г.**: Разыграев Н.П., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. «О выявлении подповерхностных дефектов ультразвуковым методом» (Труды конференции).
2. Доклад ФРГ на 9-й Всемирной конференции по неразрушающему контролю в **Мельбурне, Австралия, 1979 г.**: Wuestenberg H., Erhard F., Mundry E., Schulz E. Improved techniques for the ultrasonic inspection of welds (Улучшенные методики для УЗК сварных соединений).

В. Первые публикации по физике и технологии

1. СССР (Россия):

- Разыграев Н.П., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. Использование волн головного типа для УЗК // **Дефектоскопия. 1978. № 1. С. 33.**
- Разыграев Н.П. Экспериментальные исследования продольных подповерхностных волн и применение их для обнаружения подповерхностных дефектов в деталях энергетических установок: **дис. ... канд. техн. наук. М.: ЦНИИТМАШ, 1979.**

2. Германия:

- Erhard A., Wuestenberg H., Schulz E., Mundry E. Anwendungen der longitudinalen Kriechwelle in der zerstörungsfreien Prüfung mit Ultraschall und Erfahrungen beim Einsatz von Kriechwellenprüfköpfen // **Materialprüfung. 1982. V. 24. P. 43–48.**
- Erhard A., Kroning M. Erzeugung, Ausbreitung und Anwendung von

Ultraschall-Kriechwellen // **Materialprüfung**. 1984. V. 26, No. 9. VDI-Verlag GmbH, P. 323–326. (Эрхард А., Кренинг М. Генерация, распространение и применение ультразвуковых ползучих волн).

Г. Независимый эксперт

Krautkramer J., H. Werkstoffprüfung mit Ultraschall, Funfte, Neubearbeitete Auflage. Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag, 1986. 752 S.

- Ссылки в журнале «Дефектоскопия» на статьи по ГВ в СССР № 411 (1979 г.), 412 (1978 г.), 413 (1978 г.), 1240 (1981 г.);
- Ссылки в журнале Materialprüfung на труды по ГВ (creeping wave) в ФРГ № 400 (1982 г.). 395 (1984 г.)

Д. Награды за результаты работ по ГВ

- СССР – премия Минэнергомаш – 1974 г. Н.П. Разыграеву молодому ученому за первые исследования ГВ.
- ФРГ – Германское общество NDT, приз и медаль Бертольдса (основатель неразрушающего контроля в Германии) – 1984 г. за исследования (B2) ползучей волны (creeping wave) А. Эрхарду, М. Кренингу.

Сопоставление показывает и подтверждает приоритет СССР во времени в обнаружении, физических исследованиях, разработках, технологической проработке УЗД головными волнами и creeping wave. Исключение – призовой фонд. Здесь можно отдать преимущество призу Германского общества неразрушающего контроля, которым наградили немецких ученых.

В завершение нынешней 50-летней истории головных волн хочу поблагодарить многих соратников и коллег за совместную плодотворную работу. При подготовке к юбилею совместно с А.Н. Разыграевым и с помощью редакции Издательского дома «Спектр» (особая благодарность!!!) была подготовлена и выпущена книга «Головные волны в ультразвуковой дефектоскопии металлов». Надеюсь, настоящая работа послужит нашей науке, поможет коллегам при разработке новых технологий УЗК, молодым ученым, инженерам и дефектоскопистам – в понимании физических процессов в ультразвуковой дефектоскопии металлов. А исследования ГВ продолжаются: д-р техн. наук В.Н. Данилов (АО «НПО «ЦНИИТМАШ») выполнил и опубликовал теоретические исследования УЗ ГВ в металле и вновь показал существование продольной подповерхностной ГВ [40]; а д-р техн. наук В.Г. Шевалдыкин (ООО «АКС») – исследования ГВ, возбуждаемых ЭМА-преобразователем [41].

СПАСИБО ВСЕМ!

Библиографический список

23. Разыграев Н.П. Основные положения по УЗД сварных соединений котлоагрегатов и трубопроводов тепловых электростанций «Методика дефектоскопии подповерхностной части сварных соединений головными волнами». ОП № 501 ЦД-75. М.: ЦНИИТМАШ, 1977.
24. ОСТ 108.004.108–80. Соединения сварные и наплавки оборудования атомных электростанций. Методы ультразвукового контроля. М.: Минэнергомаш, 1980.
25. Разыграев Н.П. О выявлении подповерхностных дефектов искателями головных волн ИЦ-61, ИЦ-70 // Дефектоскопия. 1981. № 3. С. 97–105.
26. Разыграев Н.П. Некоторые особенности ультразвукового контроля головными волнами // Дефектоскопия. 1982. № 6. С. 36–42.
27. Разыграев Н.П. Обнаружение поверхностных дефектов и дефектов под грубой поверхностью с помощью головных волн // Дефектоскопия. 1982. № 3. С. 21–23.
28. ПК-1514–72. Правила контроля сварных соединений и наплавки узлов и конструкций атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок. М.: Металлургия, 1975.
29. Зубченко А.С., Разыграев Н.П., Рунов А.Е. и др. Оценка технологии изготовления и норм качества при ультразвуковом контроле наплавленных антикоррозионных покрытий // Энергомашиностроение. 1988. № 12. С. 16–20.
30. ПНАЭГ-7-010–89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля. М.: Энергоатомиздат, 1990.
31. ПНАЭГ-7-031–91. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Ч. 3. Измерение толщины монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий. М.: ЦНИИАтоминформ, 1992.
32. Разыграев А.Н., Разыграев Н.П. Ультразвуковой контроль аустенитных сварных соединений трубопроводов Ду300/ РАН // Дефектоскопия. 2006. № 10. С. 59–71.
33. ENIQ. Отчет № 2, EUR 17229 Ru. Европейская методология по аттестации. 2-е изд. / Генеральный директорат, Объединенный исследовательский центр. ECSC-EEC-EAEC. Brussels-Luxemburg, 1997.
34. МТ 34-70-023–86. Методика УЗК аустенитных сварных соединений с толщиной стенки 10–25 мм в процессе монтажа и эксплуатации атомных станций. М.: ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского, 1986.

35. Стрелков Б.П., Арефьев А.А., Ловчев В.Н., Гупцев Д.Ф. Анализ результатов ЭНК сварных соединений трубопроводов Ду300 КМПЦ РУ РБМК-1000 // МНТК-2008. Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики. Направление «Материаловедение». 21–23 мая 2008 г. М., 2008.
36. Vinoker A.L., Pense A.W. Review of underclad cracking in pressure vessel components WRS // Bulletin ASME. 1974. No. 197. P. 18–39.
37. Разыграев Н.П. УЗК трещинообразования под антикоррозионной аустенитной наплавкой // Дефектоскопия. 1984. № 2. С. 60–66.
38. Басацкая Л.В. Разработка теории и усовершенствованного метода ультразвукового контроля параметров поверхностного слоя изделий, закаленных токами повышенной частоты: дис. ... канд. техн. наук. М.: ЦНИИТМАШ, 1984. 210 с.
39. EN583-6 Non-destructive testing / Ultrasonic examination / Part 6. Time of fly diffraction as a method for detection and sizing of discontinuities, 2009.
40. Данилов В.Н. О головных и подповерхностных продольных волнах, излучаемых прямым преобразователем, находящимся на свободной плоской поверхности упругой среды // Контроль. Диагностика. 2021. Т. 24, № 4. С. 4–19.
41. Шевалдыкин В.Г. Головная поверхностная продольная акустическая волна: основные свойства и возможности применения // Контроль. Диагностика. 2021. Т. 24, № 7. С. 4–13. ■

ЖУРНАЛ

«ТЕРРИТОРИЯ NDT»

У нашей ТЕРРИТОРИИ нет границ –
попасть на нее можно ИЗ ЛЮБОЙ ТОЧКИ МИРА.

В свободном доступе
НА САЙТЕ

www.tndt.idspektr.ru



СВЕЖИЙ НОМЕР журнала

http://tndt.idspektr.ru/
index.php/current-issue



АРХИВЫ номеров

http://tndt.idspektr.ru/
index.php/archive



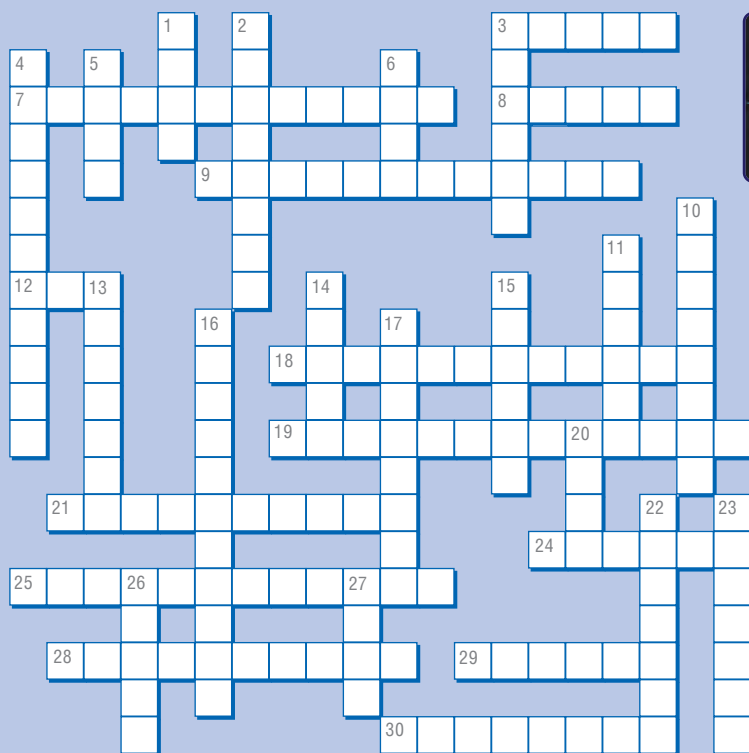
Редакция: +7 (499) 393-30-25 • tndt@idspektr.ru

Ответы на кроссворд

По горизонтали: 3. Порог. 7. Реверберация. 8. Рэлей. 9. Длительность. 12. Луч. 18. Азотирование. 19. Трансформация. 21. Катастрофа. 24. Баббит. 25. Несплошность. 28. Коллиматор. 29. Бейнит. 30. Раковина.

По вертикали: 1. Пора. 2. Снеллиус. 3. Период. 4. Преломление. 5. Свищ. 6. Цикл. 10. Критерий. 11. Оценка. 13. Частота. 14. Зазор. 15. Прожог. 16. Радиоскопия. 17. Стандарт. 20. Мода. 22. Обмотка. 23. Стоунли. 26. Полнос. 27. Сбой.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ + МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



Программное обеспечение «Интерскан»

«Интерскан» – встроенное ПО для ультразвукового контроля. ПО, предлагаемое ООО «ПАНАТЕСТ», позволяет загружать чертежи сложных объектов контроля (ОК) в дефектоскоп и при этом точно отображать трассировку лучей внутри ОК. ПО предназначено для разработки методик и сокращает количество субъективных ошибок оператора при интерпретации результатов контроля.

По горизонтали

3. Фиксированный уровень, сигналы с амплитудой выше или ниже которого вызывают срабатывание АСД. **7.** Явление многократного отражения акустических импульсов в ограниченном объеме. **8.** Британский физик и механик, предсказавший существование поверхностных волн. **9.** Интервал времени между передней и задней границами импульса, измеренный на определенном уровне от максимальной амплитуды импульса. **12.** Линия, перпендикулярная фронту волны и определяющая направление распространения волны в рассматриваемой точке. **18.** Вид химико-термической обработки сплавов, заключающийся в диффузионном насыщении азотом поверхностного слоя изделий. **19.** Изменение типа волны при отражении или преломлении на границе раздела сред или в результате дифракции. **21.** Крупная промышленная авария, повлекшая за собой ущерб здоровью людей либо разрушение и уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей природной среде. **24.** Антифрикционный сплав на основе олова или свинца с добавками сурьмы, кальция, меди и других элементов, используемый для заливки вкладышей подшипников скольжения. **25.** Нарушение однородности материала, вызывающее скачкообразное изменение его акустических характеристик – плотности, скорости звука, волнового сопротивления. **28.** Устройство, изготовленное из материала, поглощающего излучение, такого как свинец или вольфрам, сконструированное для ограничения и определения направления и сечения пучка излучения. **29.** Структурная составляющая стали, образующаяся при промежуточном превращении аустенита и состоящая из пересыщенного углеродом феррита и цементита. **30.** Дефект в виде полости или впадины, образованный при усадке металла шва в условиях отсутствия питания жидким металлом.

По вертикали

1. Дефект в виде полости округлой формы, заполненной газом. **2.** Голландский астроном и математик, установивший закон преломления света. **3.** Наименьший промежуток времени, за который совершается один цикл колебания. **4.** Изменение направления распространения волны при переходе через границу раздела сред с разными скоростями распространения волн. **5.** Дефект в сварном шве в виде воронкообразного углубления. **6.** Совокупность состояний колебательной системы, ограниченная состояниями, в которых колебательная величина имеет локальные максимумы или минимумы. **10.** Признак, основание, правило принятия решения по оценке чего-либо на соответствие предъявленным требованиям. **11.** Окончательный анализ результатов контроля и выдача заключения о годности или негодности объекта контроля либо о необходимости его ремонта. **13.** Количество периодов (циклов) колебаний в единицу времени (обычно в секунду). Единица измерения герц (Гц). **14.** Расстояние между торцевой плоскостью вихретокового преобразователя и поверхностью объекта контроля. **15.** Дефект в сварном шве в виде сквозного отверстия, образовавшийся в результате вытекания части металла сварочной ванны. **16.** Процесс получения видимого изображения с помощью ионизирующего излучения на детекторе излучения, таком как флюоресцирующий экран, и выводаемого на экран телевизионного монитора. **17.** Документ, в котором устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. **20.** Тип упругой волны, определяемый характером колебаний частиц среды. **22.** Совокупность витков провода, образующих электрическую цепь. **23.** Британский сейсмолог, открывший тип волн, распространяющихся вдоль границы твердого или жидкого полупространства, а также (если плотности и упругие модули различаются незначительно) вдоль границы двух твердых полупространств без дисперсии. **26.** Участок поверхности объекта контроля или намагничивающего устройства, в который входят или из которого выходят магнитные силовые линии. **27.** Самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора.



Составил: А.В. Семеренко, ООО «ПАНАТЕСТ»

Кроссворды по теме НК он-лайн см. http://www.sonatest.ru/defektoskop_11.html