

Территория NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

X-Vizor

ПО для цифровой
и компьютерной
радиографии

Свидетельство о регистрации программы
для ЭВМ № 2012610620 от 10.01.2012г.

плоскопанельные детекторы
рентгеновского излучения (DR)
Perkin Elmer



сканеры запоминающих пластин:
Duerr HD-CR 35 NDT Plus,
Duerr HD-CR 43 NDT



3, 2014

июль – сентябрь (11)

оцифровщик рентгеновских плёнок
Vidar NDT PRO



newcom-ndt www.newcom-ndt.ru +7 812 313 9874
info@newcom-ndt.ru +7 812 313 9875

X-Vizor ver. 3.14.0101

и др. оцифровщики:
Array 2095 HD,
Epson Expression 10000XL,
Microtek MII 900Plus

ПО работает по следующим стандартам:

- СТО Газпром 2-2.4 - 083 - 2006,
- РД МГ Бованенково - Ухта,
- ТРАНСНЕФТЬ РД 19.100.00-КТН-001-10,

- ГОСТ 23055 + ГОСТ 7512,
- ISO 14096 и ISO 16371,
- ASTM E2339-04 DICONDE,
- возможно добавление нормативов под проекты заказчика.



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

Компьютерная радиография со сканером запоминающих пластин

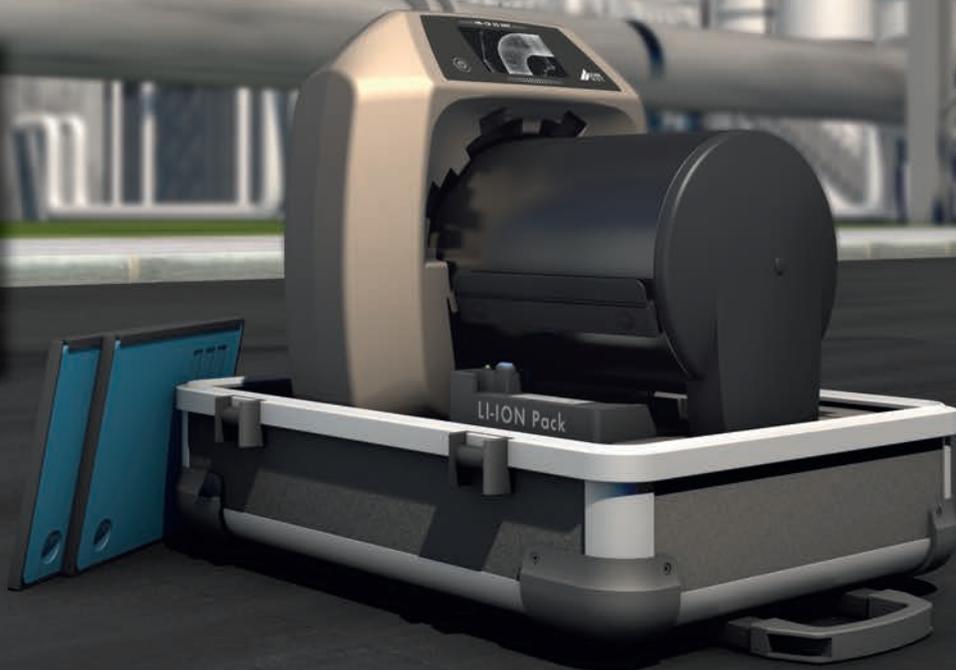
FROST & SULLIVAN

2014

BEST
PRACTICES
AWARD

GLOBAL INDUSTRIAL COMPUTED RADIOGRAPHY
NEW PRODUCT INNOVATION LEADERSHIP AWARD

▶
HD-CR 35 NDT Plus - самый
легкий полноформатный сканер
на рынке. Его вес всего 17,5 кг.
Это позволяет работать в полевых
условиях проще, чем когда-либо
прежде.



Почему в промышленном неразрушающем контроле существенно реже применяются цифровые методы по сравнению с другими рынками, например, медициной?

С новым сканером DÜRR HD-CR 35 NDT Plus стало намного проще перейти на компьютерную радиографию.

Переход на цифровые технологии в основном уже завершён во многих областях нашей повседневной жизни. Особенно хорошо это видно в медицине по причине большого количества обслуживаемых людей: плёночные технологии были и остаются очень медленными и неэкономичными! Эти факторы и привели к возникновению компьютерной радиографии как альтернативы плёночной.

Такой переход уже произошёл в полиграфической промышленности, в стоматологии, ветеринарии. Личную жизнь почти каждого человека невозможно представить без цифровой фотографии.

Международные опросы называют различные причины медленного перехода на цифровые технологии в неразрушающем

контроле. Большинство из них не выдерживают никакой критики, но чаще всего объективно называются следующие: требуется изменение привычного рабочего процесса и необходимость обучения персонала. Однако, эти причины не помешали в переходе на «цифру» в других областях. Так в чем же дело?

К дефектоскописту «в поле» предъявляются минимальные требования, в основном они касаются умения заряжать плёнку в кассеты, устанавливать источник/ детектор и подбирать режимы экспозиции. Также дефектоскопист должен уметь проявлять плёнки, пользоваться проявочными машинами. Как правило, такой контроль осуществляется дефектоскопистом I или II уровня.

При переходе на компьютерную радиографию требуется существенная смена подхода к процессу контроля, поскольку цифровые изображения могут быть получены непосредственно на месте. Они могут быть оперативно обработаны и по ним должны быть выданы заключения. Такой подход

требует перестройки рабочего процесса и вложений в обучение и повышение квалификации персонала.

Появляется необходимость в специалистах, умеющих использовать специальное оборудование, программное обеспечение и способных с помощью него провести расшифровку снимка.

Это влечет за собой некоторые расходы на обучение. Однако в связи с отсутствием требований к проявке, появляется возможность привлечь к работе специалистов I уровня, которые занимались бы только установкой и экспонированием пластин. Это сократит расходы на аттестацию специалистов. Важным моментом при переходе на технологию компьютерной радиографии является улучшение условий труда дефектоскопистов, так как при использовании компьютерной радиографии отсутствуют химикаты, а, значит, нет вредного воздействия на дыхательные пути и кожу рук человека.



▲ Большой 4,3 " сенсорный полноцветный дисплей позволяет предварительно оценить годность рентгеновского снимка.

храненными снимками передается дефектоскопистам для расшифровки, таким же образом, как обычные пленки.

Организуя с помощью уникального портативного сканера процесс контроля привычным образом, дефектоскопист может не использовать «в поле» компьютер и программное обеспечение.

Таким образом, новый сканер позволяет сохранить привычный рабочий процесс и работать с ним могут те же самые дефектоскописты, которые могут легко и быстро повысить свою квалификацию и научиться работать на цифровом сканере за очень короткое время. Т.е. исключается необходимость привлечения дополнительного или более квалифицированного персонала.

Традиционная прямая связь между ПК / ноутбуком и сканером HD-CR 35 NDT Plus, конечно, возможна. Также в качестве альтернативы сетевому соединению через кабель, в сканере установлен Wi-Fi модуль.

Для получения дополнительной информации о новом сканере и других инновационных решениях, предлагаемых DÜRR NDT, пожалуйста, посетите веб-сайт www.duerr-ndt.ru или обратитесь к Вашему локальному дилеру для демонстрации на Вашем предприятии: www.newcom-ndt.ru

Как же могут быть внедрены цифровые технологии (получения изображений) без полного пересмотра процессов и инвестиций в персонал в широком масштабе?

Недавно разработанный и полностью обновленный HD-CR 35 NDT Plus создан с учетом вышеуказанных ограничений. Он предлагает уникальное решение для этого: при весе всего 17,5 кг, сканер идеально подходит для проведения радиографического контроля на месте контроля, кроме того требуется только один заряд батареи для целой смены, в случае отсутствия се-

тевого питания. С помощью встроенного мини-ПК с сенсорным цветным 4,3 " монитором, все операции сканирования можно выполнить просто и интуитивно понятно. Запоминающие пластины экспонируются дефектоскопистами привычным образом, как пленки, используя те же методы. Прокси-экспонируемая запоминающая пластина сканируется HD-CR 35 NDT Plus и снимок отображается на встроенном мониторе для оценки его пригодности к расшифровке. При этом расшифровка на месте не проводится. Оператор просто проверяет, различимы ли все эталоны и маркировка, и записалось ли изображение. После этого, снимки сохраняются на SD карту емкостью до 32 Гб. В конце смены SD-карта с со-

Сканирование без ограничений

Мобильная CR-система HD-CR 35 NDT Plus



TreFoc
TECHNOLOGY



info@newcom-ndt.ru - www.newcom-ndt.ru

19th WCNDT 2016

World Conference on Non-Destructive Testing

June 13 – 17 in **Munich** Germany

CONFERENCE TOPICS Energy Generation | Semi-Finished Products | Structural Engineering | Traffic Engineering | Reliability and Statistic Procedures | Modelling and Data Processing | Materials Characterisation | Monitoring | Cultural Heritage | Medical Products | Nano-Technologies and High-Resolution NDT | Public Security and Humanitarian Safety | Standards and Training of NDT Personnel | New Methods

- ▶ **Call for Papers:** January 2015
- ▶ **Deadline for Abstract Submissions:** June 30, 2015
- ▶ **Final Programme:** December 2015

EXHIBITION – online booking available

NDT service providers, NDT equipment developers and NDT research institutes are invited to present their newest developments, NDT applications and research results:

- ▶ more than 300 exhibition booths located on two floors
- ▶ well placed between lecture rooms and catering areas
- ▶ excellent opportunity to gain new customers and build up new business relationships

Secure your exhibition space in time!

MUNICH

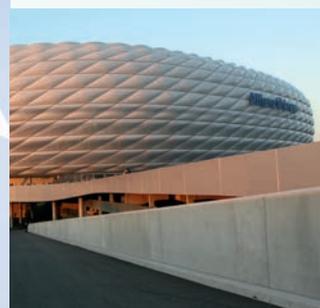
www.wcndt2016.com



GERMAN
SOCIETY FOR
NON-DESTRUCTIVE
TESTING



Contact: DGZfP | conference@wcndt2016.com or exhibition@wcndt2016.com



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НК? ЭТО К НАМ.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ // ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ // 3D-СКАНИРОВАНИЕ // УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ // ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ // ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ // РЕНТГЕНОВСКИЙ КОНТРОЛЬ // МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ // ВИБРОДИАГНОСТИКА И ЛАЗЕРНАЯ ЦЕНТРОВКА

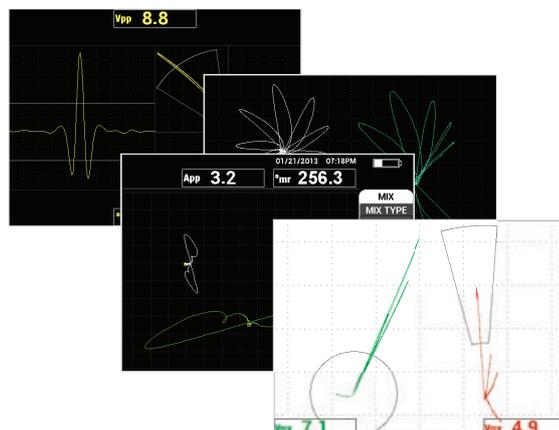




Новый вихретоковый дефектоскоп NORTEC 600

Вихретоковый дефектоскоп NORTEC 600 производится в четырех моделях, которые обладают широким набором передовых функций, включая: меню выбора настроек под конкретные приложения, отображение всей информации в едином экране, отображение результатов контроля в реальном времени, упрощенная настройка прибора в режиме Фиксации сигнала. Перечисленные характеристики позволяют просто и быстро производить настройки прибора и выполнять качественный вихретоковый контроль.

- Степень защиты IP66.
- Соответствует стандарту EN-15548.
- Продолжительная работа от аккумулятора (до 10 часов).
- Качественный VGA дисплей с диагональю 5,7 дюйма.
- Вывод изображения на полный экран в любом режиме работы.
- Улучшенные настройки фильтрации сигналов при контроле отверстий с помощью сканеров.
- Интуитивный интерфейс с возможностью выбора готовых настроек под основные приложения.



Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№3 (июль – сентябрь), 2014

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

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

Редакционный совет:

Азизова Е.А.
(Узбекистан, председатель УзОНК)

Аугутис В. (Литва)

Клюев С.В.
(Россия, вице-президент РОНКТД)

Кожаринов В.В.
(Латвия, президент LNTV)

Маммадов С.
(Азербайджан, президент АОНК)

Миховски М.
(Болгария, президент BSNT)

Муравин Б.
(Израиль, зам. президента
INA TD&CM)

Ригишвили Т.Р.
(Грузия, президент GEONDT)

Страгнефорс С.А.
(Казахстан, президент КАНКТД)

Ткаченко А.А.
(Молдова, президент НОНКТД РМ)

Редакция:

Агапова А.А.
Клейзер Н.В.
Сидоренко С.В.
Чепрасова Е.Ю.

Адрес редакции:

119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1,
ООО «Издательский дом «Спектр»,
редакция журнала «Территория NDT»
[Http://www.tndt.idspektr.ru](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, ин-
формационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетель-
ство о регистрации средства массовой ин-
формации ПИ № ФС77-47005

Учредители:

ЗАО Московское научно-производственное
объединение «Спектр»
(ЗАО МНПО «Спектр»);
Общероссийская общественная организа-
ция «Российское общество по неразруша-
ющему контролю и технической диагнос-
тике» (РОНКТД)

Издатель:

ООО «Издательский дом «Спектр»,
119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1
[Http://www.idspektr.ru](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 05.06.2014

Подписано в печать 14.07.2014

Формат 60x88 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.

Заказ Тираж 6000 экз.

Оригинал-макет подготовлен
в ООО «Издательский дом «Спектр».
Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика
офсетной печати»,
142100, Московская область, г. Подольск,
Революционный проспект, д. 80/42

НОВОСТИ

РОНКТД вступило в Международное общество по мониторингу состояния (ISCM) ... 4

Дубов А.А. Европейская конференция по методу магнитной памяти металла 5

Необычайно представительный и авторитетный состав посетителей
6-й специализированной выставки «Экспо Контроль 2014» 6

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

ESNDT 2014: 11-я Европейская конференция по неразрушающему контролю 8

Матвеев В.И. «Экспо Контроль – 2014» и Metrol Expo – 2014 10

ИНФОРМАЦИЯ ОТ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

Страгнефорс С.А. Продвижение тепловизионного оборудования
на рынке Республики Казахстан через программы подготовки специалистов
и участие по разработке стандартов 20

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Вавилов В.П.
Активный тепловой контроль: ретроспективный взгляд 24

Вихров М.А., Петроченко И.В., Милованов С.В.
Расширение возможностей тепловой диагностики силового электротехнического
оборудования методом полиспектральной радиометрии 30

Троицкий В.А., Глуховский В.Ю.
Повышение эффективности тепловизионной диагностики потенциально опасных
и удаленных объектов 36

Троицкий В.А., Глуховский В.Ю.
Использование тепловизионной диагностики для контроля качества паяных
соединений при производстве статорных обмоток мощных электродвигателей 40

Дубов А.А., Дубов Ал.А.
Оценка остаточного ресурса и риска на опасных производственных объектах
с использованием экспресс-методов НК 45

Гаврилов Д.Е.
Рентгенотелевизионные системы для неразрушающего контроля трубопроводов
и соединительных деталей 50

Гиль Н.Н., Коновалов Г.Е., Майоров А.Л., Парадинец В.В.
Автоматизированный контроль поршней двигателей внутреннего сгорания
в условиях производства 54

Иванов В.И. О развитии технологии ультразвукового контроля 58

РОНКТД ВСТУПИЛО В МЕЖДУНАРОДНОЕ ОБЩЕСТВО ПО МОНИТОРИНГУ СОСТОЯНИЯ (ISCM)



В мае текущего года РОНКТД получило сертификат члена Международного общества по мониторингу состояния (International Society for Condition Monitoring – www.bindt.org/iscm). ISCM со штаб-квартирой в Нортгемптоне, Великобритания, объединяет специалистов и ученых, общественные организации, вузы и бизнес-структуры, занимающиеся научными исследованиями, разработками и практикой в сфере мониторинга состояния конструкций и оборудования. Цель общества заключается в консолидации международного профессионального сообщества для развития и совершенствования контроля состояния и связанных с ним технологий и методов диагностики.

Направления деятельности ISCM включают в себя: создание всемирной сети для обмена профессиональной информацией, поддержку национальных и международных семинаров и конференций по средствам и методам неразрушающего контроля, выпуск специализированного интернет-журнала, содействие развитию обучения и квалификационных программ, международных стандар-

тов, поощрение и поддержку издательских инициатив, постоянный контакт с национальными и международными организациями в области контроля состояния и NDT в целом.

Руководство общества осуществляется секретариатом Британского института неразрушающего контроля (BINDT), объединяющего на сегодняшний день значительную часть международного профессионального сообщества (общественные и коммерческие организации, вузы, физические лица) и обладающего большим опытом в организации международных мероприятий, форумов, изданий и публикаций по неразрушающему контролю и технической диагностике, контролю состояния и смежных отраслей. Британский институт неразрушающего контроля осуществляет содействие развитию теории и практики неразрушающего контроля, мониторинга состояния, технической диагностики, является аккредитованным органом сертификации персонала в соответствии с международными и европейскими стандартами.

Как национальная общественная организация РОНКТД входит в Консультативный совет ISCM для осуществления и поддержания связей с российскими специалистами и организациями по мониторингу состояния и смежным отраслям.

Также в рамках сотрудничества РОНКТД с Международным обществом по мониторингу состояния может осуществляться совместная научная деятельность по направлениям работы Научно-технического комитета в составе ISCM и под эгидой Британского института неразрушающего контроля. Деятельность Научно-технического комитета направлена на развитие теории и практики контроля состояния и связанных с ним технологий в промышленности, в частности изучение возможностей и критериев в области мониторинга состояния, тесно связанного со сферой неразрушающего контроля, определение исследовательских задач. Для осуществления деятельности по названным направлениям в составе общества работают также комитеты по промышленности, образованию, менеджменту и издательской деятельности.

Председателем общества является профессор университета Кренфилда Л. Гелман, специалист по виброакустическому мониторингу состояния сложных систем. Среди членов общества – поставщики оборудования для мониторинга состояния, сервисные, консалтинговые компании, вузы, аккредитованные учебные центры по подготовке и повышению квалификации специалистов неразрушающего контроля.

РОНКТД

ЕВРОПЕЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МЕТОДУ МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА



8 мая 2014 г. в Будапеште под председательством президента Венгерского общества по неразрушающему контролю профессора Петера Трампуса состоялась Европейская конференция по методу магнитной памяти металла.

Темы конференции:

- теоретические основы метода магнитной памяти металла (МПМ);
- практические примеры применения метода МПМ в нефтегазовой

промышленности, машиностроении, энергетике и транспорте.

Организаторами конференции выступили Венгерское общество по неразрушающему контролю и TUV Rheinland InterCert.

В работе конференции приняли участие около 50 специалистов научных и производственных организаций Венгрии, Чехии, Польши и России.

Основным докладчиком был автор метода МПМ профессор А.А. Дубов (Россия).

На конференции заслушаны доклады об опыте применения метода МПМ в промышленных условиях: представителя TUV Rheinland InterCert П. Ладани (Венгрия), технического директора фирмы TLW Л. Мадьяра (Венгрия), директора фирмы Preditest профессора В. Свобода (Чехия), менеджера фирмы «Ресурс» А. Шозда (Польша).

В дискуссиях выступили около 10 специалистов – представителей технических университетов и диагностических фирм Венгрии. По итогам конференции принято решение:

- подготовить информацию о конференции для публикации в технических журналах по неразрушающему контролю и техническому надзору;
- рекомендовать диагностическим фирмам Чехии и Венгрии, применяющим метод МПМ на практике, инициировать адаптацию международных стандартов ISO 24497-1:2007(E), ISO 24497-2:2007(E) и ISO 24497-3:2007(E) по методу МПМ на территории этих стран. Учесть опыт проведения такой адаптации в России, Польше, Китае, Украине, Иране.

А.А. Дубов

*ООО «Энергодиагностика»,
Москва*

ГРУППА КОМПАНИЙ
ИУ ИНТЕРЮНИС

**IV Международная научно-практическая конференция
«Акустическая эмиссия. Возможности метода в условиях современного
риск-ориентированного подхода к обеспечению безопасности
производственных и социально значимых объектов»**

РИСКОМ
НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СОЮЗ

**IV школа-семинар
«Оценка и управление индустриальными рисками в промышленной
безопасности»**

10-14 ноября 2014 г.

Основные темы семинара и конференции:

- Обоснование и управление промышленной безопасностью на основе анализа и мониторинга рисков;
- Метод АЭ в системе мониторинга рисков и технической диагностики;
- Роль метода АЭ в системах комплексного мониторинга технического состояния опасных производственных объектов;
- Перспективные пути развития и интеграции систем комплексного мониторинга технического состояния на опасных производственных объектах;
- Нормативные документы по рискам. Гармонизация российских норм и правил с международными стандартами;
- Новые технологии акустико-эмиссионного контроля;
- Мониторинг технического состояния и оценка остаточного ресурса технических устройств, зданий и сооружений.

Место проведения:

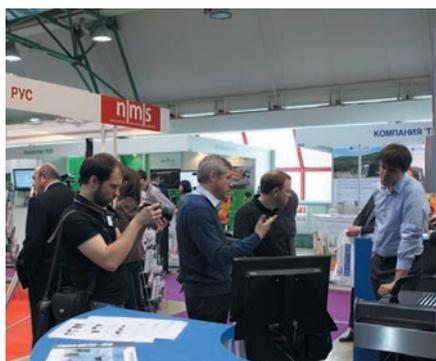
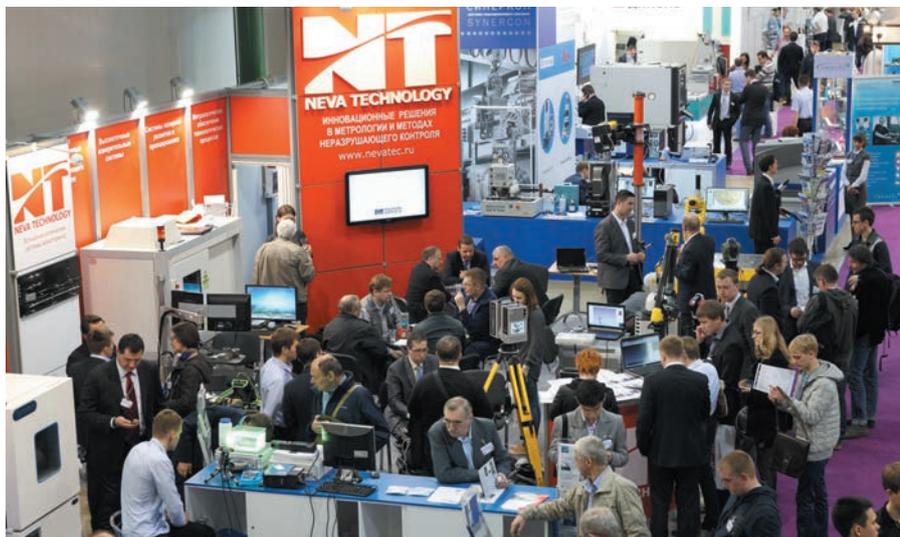
Московская область, Истринский район, д. Лечищево, ул. Песчаная, д. 2, бизнес-отель «АВАНТЕЛЬ КЛАБ ИСТРА».

Заявки на участие принимаются до 15.08.2014 г.

По организационным вопросам обращаться:

ШЕЛЕХОВА Вера Владимировна • Тел.: (495) 621-35-19; 623-67-05 • E-mail: ShelekhovaVV@interunis.ru

НЕОБЫЧАЙНО ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЙ И АВТОРИТЕТНЫЙ СОСТАВ ПОСЕТИТЕЛЕЙ 6-й СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ВЫСТАВКИ «ЭКСПО КОНТРОЛЬ – 2014»



«Синеркон», «Тесис», «Техинтест», «Уран НПФ» и многие другие.

В 2014 г. выставку «Экспо Контроль» посетили более 3500 ведущих специалистов российских научных центров и промышленных предприятий России и стран СНГ.

По оценкам организаторов и участников, количество посетителей выставки «Экспо Контроль – 2014» было весьма высоким, а состав посетителей – необычайно представительным и авторитетным.

На выставке «Экспо Контроль – 2014» впервые было представлено оборудование более 200 мировых производителей. Посетители выставки «Экспо Контроль – 2014» смогли познакомиться с уникальными технологиями, некоторые из которых были представлены в России впервые. Приборы и оборудование, экспонируемые на выставке, широко применяются во всех секторах промышленности и научных исследованиях.

Согласно данным опроса участников выставки «Экспо Контроль – 2014»:

- 87 % экспонентов оценили организацию выставки как отличную;
- 79 % экспонентов заявили, что достигли на выставке поставленных целей;
- 33 % экспонентов впервые приняли участие в выставке в 2014 г.;
- 85 % экспонентов оценили состав посетителей как отличный;
- 93 % экспонентов заявили о готовности участвовать в «Экспо Контроль – 2015».

Экспоненты отмечают, что среди всего многообразия средств маркетинга участие в выставке «Экспо Контроль» приобрело для них совершенно особый статус. «Экспо Контроль» – больше, чем маркетинговый инструмент для компаний-экспонентов, это по сути – их рынок.

Исследование мнения участников и посетителей выставки показало, что абсолютное большинство довольны результатами, а участники выставки уже подтверждают свое участие в следующей – «Экспо Контроль – 2015».

Подробнее о выставке читайте на сайте: <http://expo-control.com/>, <http://экспо-контроль.рф/>

Материал предоставлен организаторами выставки

С 23 по 25 апреля 2014 г. в Москве, в Экспоцентре на Красной Пресне, успешно прошла 6-я специализированная выставка «Экспо Контроль – 2014» и традиционно представила вниманию посетителей все разнообразие и многогранность систем и технологий для проведения промышленных и научных измерений, испытаний и контроля качества.

Выставка в очередной раз подтвердила статус выставки как ведущего российского форума в области информационно-измерительных систем и технологий.

Так, в 2014 г. площадь выставки «Экспо Контроль» составила 2700 м². В выставке приняли участие более 70 компаний из Армавира, Екатеринбургa, Зеленограда, Калуги, Москвы, Новосибирска, Самары, Санкт-Петербурга, Смоленска, Челябинска, а также стран Германии и Швейцарии.

Традиционными тематическими секциями выставки «Экспо Контроль – 2014» являются: «Испытания и тестирование», «Контроль и измерения», «Датчики и сенсоры», «3D», «Неразрушающий контроль», «Обработка изображений и машинное зрение» и др.

В рамках секции «Неразрушающий контроль» в этом году экспонировали свои разработки: National Instruments, Steinbichler, ZETLab, АСМ тесты и измерения, «Висом», ЕМТ, «Инверсия – Сенсор», МКОИ, «Мелитэк», МС «Системы Электроникс», «Новатест», «Остек – Арттул», РВС, «Сенсорика-М» (Москва), «Сенсорика-М» (Самара),

ВЫСТАВКА



МОСКВА 2015

ВЫСТАВКА СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ «ТЕРРИТОРИЯ NDT»

Даты проведения	3 – 6 марта 2015 г.
Организатор	Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД)
Место проведения	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне 2-й Павильон Площадь более 5 700 кв. м
Деловая программа	Круглые столы по актуальным вопросам применения НК в различных отраслях промышленности
Участники	Разработчики и поставщики оборудования Сервисные компании Учебные и сертификационные центры Специализированные издания Национальные общества НК
On-line-бронирование	www.expo.ronktd.ru



на правах рекламы

3 - 6 МАРТА 2015, «ЭКСПОЦЕНТР» НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

www.expo.ronktd.ru

info@ronktd.ru



ЕСNDТ 2014: 11-я ЕВРОПЕЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

(6–10 октября 2014 г., Чешская Республика, Прага, Пражский конгресс-центр)

Европейская конференция по неразрушающему контролю (ЕСNDТ) проводится каждые четыре года в одной из стран – членов Европейской федерации НК (EFNDТ) и в этот раз состоится в Чехии. Напомним, предыдущая конференция, в 2010 г., организованная РОНКТД, прошла в Москве.

ЕСNDТ традиционно становится крупнейшей площадкой для обмена опытом между коллегами не только из стран Европы, но со всего мира. В Москву, к примеру, приехали специалисты из 65 стран.

Организаторами 11-й Европейской конференции и выставки оборудования и услуг НК в 2014 г. являются EFNDТ и Чешское общество по неразрушающему контролю (СNDТ, <http://www.cndt.cz>). Председатель оргкомитета – президент СNDТ Павел Мазал (Pavel Mazal), профессор механико-машиностроительного факультета Технологического университета г. Брно. Консультативный совет возглавляет президент EFNDТ Маттиас Пуршке. Кроме него в совет вошли Г. Ауфрихт (G. Aufricht), Австрия, М. Фарлей (M. Farley) и Р. Лайон (R. Lyon), Великобритания, Ф. Гомес (F. Gomez), Испания, Я. Грум (J. Grum), Словения, М.Л. Казакевич, Украина, В. Крстели (V. Krstelj), Хорватия, Э. Мартен (E. Martin), Франция, Д. Мусебуа (D. Moussebois), Бельгия, П. Трампус (P. Trampus), Венгрия. Россию в Консультативном совете представляет вице-президент РОНКТД А.В. Муллин.

В научный комитет конференции, возглавляемый профессором З. Преворовским (Z. Prevorovsky), вошли представители национальных об-

ществ НК из 44 стран, в том числе от нашей страны: президент РОНКТД академик РАН д-р техн. наук Э.С. Горкунов, вице-президенты РОНКТД д-р техн. наук В.П. Вавилов и д-р техн. наук Н.Р. Кузелев, почетные члены РОНКТД академик РАН д-р техн. наук В.В. Клюев, д-р техн. наук В.В. Сухоруков и д-р техн. наук А.К. Гурвич, член правления РОНКТД д-р техн. наук В.В. Муравьев, а также д-р физ.-мат. наук А.А. Карабутов, О.В. Коробейникова, д-р техн. наук Ю.В. Ланге, канд. техн. наук И.Ю. Пушкина.

В рамках 11-й Европейской конференции запланировано проведение генеральной ассамблеи EFNDТ, генеральной ассамблеи Международного комитета по неразрушающему контролю (ICNDТ), заседания рабочей группы Международной организации по стандартизации (ISO). Кроме того, 8 октября состоится совместный семинар Academia NDT International и ICNDТ, на котором выступит нобелевский лауреат профессор Питер Хиггс (Peter Higgs).

Работа секций будет организована по следующим разделам: «Методы неразрушающего контроля», «Сферы применения НК», «Характеристика материалов», «Мониторинг состояния конструкций».

В раздел «Методы неразрушающего контроля» входят доклады по основным методам НК. В разделе «Сферы применения НК» будут рассмотрены вопросы применения методов НК в различных отраслях промышленности. Раздел «Характеристика материалов» включает в себя обсуждение проблем по микроструктуре, трещинам и деградации мате-

риалов, коррозии и изгибам, металлам, композитам, полимерам, керамике, дереву, резине, бетону. В раздел «Мониторинг состояния конструкций» включены вопросы диагностики и прогнозирования состояния конструкций и оборудования.

На начало июля уже зарегистрировано почти 600 докладов. Материалы планируется выпустить и распространять в электронном виде, а также выложить в открытом доступе по окончании конференции на портале www.ndt.net (ISSN 1435-4934).

В программу конференции включены 31 устный и 32 стендовых доклада российских участников. Среди почти шестидесяти докладчиков из нашей страны – представители МГУ им. М.В. Ломоносова, Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Томского и Кубанского госуниверситетов, Института машиноведения и Института физики металлов Уро РАН, ВНИИИМ им. А.А. Бочвара, ЦНИИТМАШ, Ижевского государственного технического университета и др. Доклады представят также специалисты ведущих российских компаний – партнеров РОНКТД: «Акустические Контрольные Системы», «ИНТРОН ПЛЮС», «Константа», ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр», Центр «СМТ-Качество», «Энергодиагностика».

Во время работы выставки запланированы ежедневные презентации компаний по НК и ТД. Организаторы представят новые технологии, методы, оборудование и услуги более 100 ведущих компаний. Среди экспонентов – производители и поставщики оборудования НК, предприятия, участвующие в производстве и эксплуата-

Программа конференции

Дата	Время	Конференция	Выставка	EFNDT, ICNDT	ISO
Воскресенье 5 октября	17:00 – 19:00	Рабочие совещания Приветственный ужин	Подготовка	Совет директоров EFNDT Встреча ICNDT/IEC	ISO SC Meetings
Понедельник 6 октября	10:00 – 13:00 14:00 – 18:00	Открытие конференции Пленарное заседание Концерт	Подготовка 13:00 – 17:00	Рабочая группа 1 14:00 – 17:00	Встречи рабочих групп ISO
Вторник 7 октября	9:00 – 13:00 14:00 – 18:00	Сессии	09:00 – 17:00	Генеральная ассамблея EFNDT Рабочая группа 2 15:00 – 17:00	
		Презентации компаний			
Среда 8 октября	9:00 – 13:00 14:00 – 18:00	Сессии	09:00 – 17:00	Академия NDT Совещание ICNDT/ Академия NDT	
		Праздничный ужин			
Четверг 9 октября	9:00 – 13:00 14:00 – 18:00	Сессии	09:00 – 17:00	PGP Генеральная ассамблея ICNDT Рабочее совещание	
		Презентации компаний			
Пятница 10 октября	9:00 – 11:00 11:00 – 13:00	Сессии Заккрытие конференции	09:00 – 12:00		
Суббота 11 октября					Пленарная встреча ISO Chair's Reception

ции оборудования, инжиниринговые, сервисные компании, лаборатории неразрушающего контроля, научно-исследовательские институты, органы стандартизации, специализированные издания. Посетители ознакомятся с разработками Vaugh & Weedon, CLEMESY NDT, FUJIFILM, Helling, INDETEC, NDT systems Germany, Nikon, Olympus, Phoenix, Socomate, Sonaxis, SONOTEC, Tecnatom, Varian Medical System, VOGT Ultrasonics, Zetec и других компаний.

Регистрационный взнос для участников конференции составляет 770 евро при оплате до 28 сентября, 800 евро – с 29 сентября. Для участников без докладов стоимость 385 и 450 евро соответственно. Регистрационный взнос включает в себя доступ ко всем мероприятиям про-

граммы и посещение выставки, кофе-брейки и обеды, приветственный ужин 5 октября и праздничный ужин 8 октября (только для полных участников), буклет конференции, проездной билет на общественный транспорт. Перечень отелей для проживания представлен на сайте конференции, предусмотрена возможность on-line-бронирования. Все мероприятия программы, а также выставка будут проходить в Пражском конгресс-центре, крупнейшем из современных комплексов чешской столицы.

Организаторы также предлагают культурную программу: органнй концерт в церкви Св. Николая, дополнительные экскурсионные туры по достопримечательностям Праги, поездки в Карловы Вары, Чешский Крумлов и др.

РОНКТД оказывает организационную поддержку всем своим членам и партнерам, планирующим посетить конференцию (подробную информацию можно получить на сайте www.ronktd.ru или в дирекции РОНКТД по тел. + 7 (499) 245-56-56 и по e-mail: info@ronktd.ru).

Официальный сайт конференции:
www.ecndt2014.com.

Контакты организаторов:
GUARANT International spol. s r.o.,
Na Pankrbcí, 17, CZ 140 21 Prague 4,
Czech Republic,
тел.: +420 284 001 444,
факс: +420 284 001 448,
e-mail: ecndt2014@guarant.cz.

*Материал подготовлен
дирекцией РОНКТД*



ЭКСПО КОНТРОЛЬ – 2014 и METROL EXPO – 2014



МАТВЕЕВ
Владимир Иванович
Канд. техн. наук,
ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр»,
Москва

Очередная 6-я специализированная выставка приборов и средств измерений, испытаний и контроля качества состоялась 23–25 апреля 2014 г. в Москве, в Экспоцентре на Красной Пресне.

Выставка была организована компанией ООО «Руаль Интерэкс» при поддержке Экспоцентра и под эгидой Торгово-промышленной палаты РФ.

Площадь выставки составила около 2700 м². В ней приняли непосредственное участие 63 компании из России и зарубежных стран. Однако эти компании представили оборудование более 200 мировых производителей. За три дня выставку посетили свыше 3600 профессиональных посетителей – ведущих специалистов российских научно-технических центров и промышленных предприятий.

Среди постоянных участников

ЭКСПО КОНТРОЛЬ – 2014

выставки компании: National Instruments, Zwick/Roell GmbH, «АСМ Тесты и Измерения», «Контрольно-измерительная и Весовая Техника», «Мелитэк», «Новатест», «Инжиниринговый центр», НПФ «Диполь», MT-Solutions GmbH и многие другие.

Важной составляющей работы выставки была научная программа, включившая в себя открытые тематические семинары от ведущих специалистов компаний-экспонентов: «АСМ Тесты и Измерения», «Диполь», «Октава+» и др.

«Экспо Контроль» – премиум выставка, показавшая все разнообразие методов и технологии измерений, испытаний и контроля качества:

- контроль и измерения: линейно-угловые, бесконтактные и 3D-измерения;
- испытания и тестирование, микроскопия, неразрушающий контроль;
- датчики и сенсоры, обработка изображений и машинное зрение.

В целом экспонируемые приборы и оборудование широко применяются во всех секторах промышленности: в авиации и космонавтике, ракетостроении и двигателестроении, атомной энергетике и автомобилестроении, вертолетостроении и судостроении, электронике и радиотехнике, металлургии и машиностроении, химической, нефтегазовой и других отраслях.

Демонстрацию новейших **систем измерения геометрических пара-**

метров и формы конструкций можно было наблюдать на ряде стендов. В частности, фирма Taylor Hobson показала новый трехмерный оптический профилометр CCI для замеров характеристик поверхности и толщины пленок с сверхвысоким разрешением. Уникальная 4-мегапиксельная камера прибора с вертикальным разрешением 1/10 Å позволяет исследовать с невероятным уровнем детализации любые поверхности – от очень неровных до исключительно гладких. Сегодня фирма производит самые точные в мире приборы для контроля параметров формы и шероховатости поверхностей. Они позволяют проводить измерения круглости, концентричности, эксцентриситета, угла эксцентриситета, плоскостности, перпендикулярности, соосности, отклонений от дуги и т.п.

Оптические методы размерного контроля стали преобладающими в технологических циклах производства любой продукции. Так, компания Ostec предложила универсальный цифровой видеомикроскоп высокого разрешения Hirox KH-8700 Hi-End класса для получения плоских и объемных оцифрованных видеоизображений и выполнения геометрических измерений по трем координатам. Другая фирма – Mitutoyo представила свои видеомикроскопы QS для линейных измерений контуров и геометрии деталей сложной формы из различных материалов. Компания Steinbichler пока-

зала новое оптическое устройство 3D-слежения T-TRACK CS для использования в качестве портативной машины координатного измерения.

Свою концепцию построения мобильных координатно-измерительных машин представила компания FARO Technologies Inc. (США). Ее мобильный вариант FARO Laser Scanner Focus X330/X130 успешно применяется для измерений крупногабаритных изделий, машин и конструкций, для контроля сборки и позиционирования любых больших объектов с микронной точностью.

Наконец на стенде ООО «Нева Технолоджи» можно было увидеть лазерный радар бельгийской компании Nikon Metrology NV для бесконтактных мобильных измерительных систем контроля геометрии и настройки крупногабаритных изделий. Основное развитие связано с внедрением новых методов определения расстояний до любых поверхностей с точностью 10 мкм + 2,5 мкм/м.



Лазерный измерительный робот, «Нева Технолоджи»

Для динамических измерений геометрии деталей компанией Micro-Epsilon разработано новое поколение лазерных микрометров типа ODC 1200 и ODC 2500, работающих по принципу измерений параметров тени с разрешающей способностью 1 мкм. Сенсорный модуль содержит лазерный источник и приемник в виде CCD-камеры. Во многих отраслях промыш-

ленности (производство строительных материалов, бумаги, картона, труб, кабеля, особенно в прокатной металлургии) существует острая необходимость в автоматизации процессов с точным измерением длин и скоростей продукции. Бесконтактные лазерные измерители длины и скорости обеспечивают простую интеграцию в системы АСУ.

Вибрационные методы нашли наибольшее применение при испытаниях и диагностике узлов, механизмов и конструкций в динамике их работы, особенно в двигателях. Данные методы также являются необходимым этапом приемосдаточных испытаний в любой отрасли машиностроения, в приборостроении и электронике.

Свою продукцию (вибростенды, виброметры, калибраторы, шумомеры) представили на выставке более 9 компаний: Briel & Kjaer Vibro, «Новатест», Zetlab, «Аврора», «Октава+», Microflown Technologies и др. На стендах этих компаний можно было увидеть в действии вибродатчики и вибростенды различного принципа действия и конструктивного исполнения, учитывающие огромный диапазон применения и решаемых задач. Особое внимание уделено эталонному оборудованию для калибровки датчиков и стендов.

Компания Briel & Kjaer Vibro, являющаяся одним из мировых лидеров в области виброиспытаний, охватывает практически весь диапазон потребностей и производит: виброметры, переносные устройства сбора и анализа данных, модульные системы контроля вибраций с функциями индикации и защиты, компьютерные, интегрированные в АСУ ТП системы вибродиагностики, а также практически все виды датчиков, используемых в системах вибромониторинга. Области применения продукции охватывают: производство электроэнергии, включая традиционные, атомные и новейшие ветровые станции; добычу, транспортировку и переработку нефти и газа, включая морские платформы; горнорудную промышленность; производство металла и цемента. Одним из направлений оценки

качества оборудования является анализ шумовых характеристик, оцениваемых с помощью новейших шумомеров компании Briel & Kjaer.

Лазерные вибротехнологии прочно внедрились во все области машиностроения. Новую разработку показала компания Polytec – сканирующий виброметр PSV-500, представляющий собой пятое поколение систем сканирующей виброметрии, сердцем которого является лазерный доплеровский виброметр для определения виброскорости и виброперемещения в заданной точке. Сканируя от точки к точке, можно построить вибропортрет анализируемого участка поверхности, найти источник вибрации и шума. Эту процедуру назвали сканирующей виброметрией, что является инновационным подходом к решению задач. Вызвал также интерес портативный цифровой виброметр PDV-100 для измерений виброскорости с высоким разрешением.

Аналогичную сканирующую вибросистему фирмы MetroLaser Inc (США) представила на выставке компания «АСМ Тесты и Измерения». Система содержит хорошо известный лазерный доплеровский виброметр Vibromet TM 500V, измеряющий скорости в диапазоне от 5 мкм/с до 800 мм/с при частотах вибрации 0,1 Гц–40 кГц на расстоянии до 5 м.

Новую технологию построения звуковых карт Scan & Paint предложила компания Microflown Technologies, основанную на визуализации стационарного звукового поля в широком диапазоне частот. Звуковое поле наглядно выявляет неисправности динамических объектов.

Любые автоматизированные системы выполнения технологических циклов базируются на многочисленных **сенсорах и датчиках** перемещений. Значительную линейку подобных датчиков демонстрировала известная компания Micro-Epsilon. Датчики на различных физических принципах (токовых, реверные, оптические, лазерные, индуктивные, емкостные, потенциометрические, тросовытяжные) обеспечивают точное измерение

перемещений в диапазоне от 50 мкм до 250 м. В частности, емкостные датчики успешно используются для юстировки оптических линз с нанометровой точностью. Перспективными становятся оптоволоконные датчики, показанные на стенде ООО «Инверсия-Сенсор».



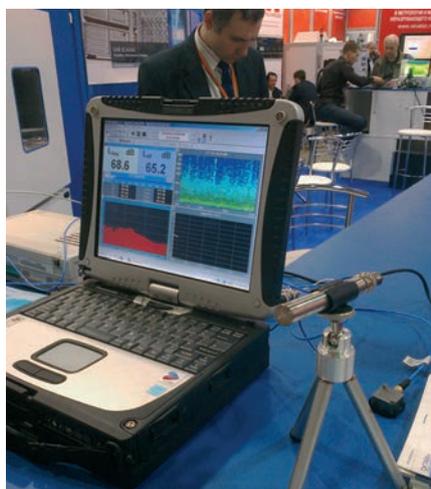
Многоканальные регистраторы National Instruments

Большой опыт в создании систем тестирования и проведения стендовых испытаний продемонстрировала компания National Instruments. Приоритетными отраслями, использующими контрольно-измерительные системы и технологии компании, традиционно являются авиационная и ракетно-космическая промышленность, железнодорожный транспорт и объекты энергетики. Значительный выбор оборудования и технических средств для наземных и летных испытаний конструкций и материалов представили известные компании Zwick/Roell, HBM, Agilent Technologies, Curtiss-Wright, EMT, «Мелитэк» и «Октава+». А компания «Новатест» (от PCB Piezotronics) предложила новейшие системы для поверки и калибровки датчиков.

Компания MT-Solutions GmbH представила современное решение сбора информации с многочисленных датчиков на вращающихся или движущихся деталях, используя сенсорную телеметрию, с помощью которой осуществляется двух-



Стенд «Новатест»



Направленный микрофон, стенд компании «Октава+»

сторонняя передача и обмен данными вплоть до бесконтактной дистанционной калибровки датчиков.

На стенде «Инжинирингового центра» можно было ознакомиться с продукцией по меньшей мере восьми зарубежных фирм, специализирующихся на разработке и развитии систем лабораторных и полевых испытаний различных сложных объектов, в том числе двойного назначения. Центр оказывает квалифицированное содействие российским предприятиям в оснащении их экспериментальными и испытательными баз новейшим высокотехнологичным оборудованием, программными средствами для исследований в области динамики конструкций и механизмов,

вибрационного и акустического воздействия, а также для проведения испытаний на воздействие факторов окружающей среды.

Широкий спектр контрольно-измерительного и весового оборудования для создания полной измерительной цепи – от тензорезисторов и тензодатчиков до тензометрических систем сбора и обработки данных продемонстрировала компания ООО «КВТ» («Контрольно-измерительная и Весовая Техника»), в частности первичные преобразователи (датчики веса, силы, давления, крутящего момента), вторичные преобразователи (системы сбора и обработки данных, промышленные усилители, индикаторы, метрологическое оборудование) и программное обеспечение.

Продукция ряда компаний была предназначена для решения задач **материаловедения**. Так, на стенде «Синеркон» можно было увидеть оборудование для пробоподготовки и металлографических операций, а на стенде «С-Инструментс» – специализированные материаловедческие микроскопы серии Axio Vert.A1 с использованием всех основных методов контрастирования.

В области традиционного **неразрушающего контроля** наибольший интерес был проявлен к системам радиографии и компьютерной томографии таких известных компаний, как North Star Imaging и Nikon Metrology, для решения широкого круга задач: диагностики электронных компонентов, композитов, металлоконструкций сложной формы, геологических исследований и контроля объектов медицинского назначения.

В свою очередь, компания «Тесис» (от Olympus) продемонстрировала значительный ряд современных дефектоскопов, толщиномеров и твердомеров для широкого применения в области неразрушающего контроля и технической диагностики.

В современном мире **применение видеокamera** стало неотъемлемой частью множества процессов, обеспечивая наблюдение, управление, получение информации, контроль и безопасность при взаимодействии различных систем в промышлен-

ных, оборонных и научно-исследовательских комплексах. Так, компания IDS Imaging Development Systems предложила целую линейку высокоскоростных камер для решения широкого спектра задач в промышленности, научных исследованиях и медицине. Камеры USB uEye серии HDR обладают расширенным динамическим диапазоном порядка 120 дБ, что в 1000 раз больше, чем камеры на обыкновенных ПЗС-сенсорах. Данные видеокamеры успешно применяются для съемки при сильной задней подсветке, сильном освещении, при изменяющемся уровне освещенности, а также при съемке объектов, отражающих свет. Использование камер сопровождается мощным программным обеспечением, в частности приложением uEye Socris, позволяющим осуществлять захват видеоданных с камеры, проводить линейные и угловые измерения объектов съемки и устанавливать нужные настройки.

Контроль и диагностику закрытых полостей и труднодоступных мест проводят с использованием эндоскопов и видеоскопов. Лидером в разработке и производстве такого оборудования по-прежнему является известная фирма Olympus, представленная на стенде компании «С-Инструментс». Здесь можно было увидеть несколько типов промышленных видеоскопов, в том числе IPLEX TX с арти-

куляцией и диаметром зонда 2,4 мм для осмотра чрезвычайно труднодоступных мест.

В современных видеоскопах введены измерительные функции наблюдаемых изображений. Последние модели этой компании оснащены новой системой обработки изображений WiDER (расширенным динамическим диапазоном). Эта уникальная технология позволяет различать детали как на затемненных, так и на освещенных участках, получать яркие, но сбалансированные по контрастности изображения в пределах всей глубины резкости объектива.

Привлек внимание новый бороскоп малого диаметра (мини-бороскоп). В приборах этой серии наружный диаметр рабочей части уменьшен до 0,9 мм и увеличен угол поля зрения до 70°. В отличие от ранее разработанных моделей с твердотельными линзами Sefoc, новое поколение мини-бороскопов для передачи изображения использует волоконно-оптический информационный жгут со сверхтонким волокном, не ухудшающий качества изображения.

Для передачи подсветки используется отдельный волоконно-оптический жгут. Применение волокна (отсутствие твердотельных стержневых линз) в рабочей части новых моделей существенно увеличивает их надежность, позволяя выдерживать на порядок большие изгибные деформации без поломки прибора.

Специально для новых мини-бороскопов разработан и производится миниатюрный источник света ILK-M1, питаемый от пальчиковой батареи. Стандартные окуляры Ø 32 мм обеспечивают легкость монтажа телевизионных и фотокамер (в том числе цифровых) для документирования результатов осмотра. Типовые задачи применения мини-бороскопов включают в себя: осмотр литых деталей (особенно внутренних полостей точного литья по выплавляемым моделям), отверстий топливных форсунок и деталей топливной арматуры, электронных компонентов и внутренней конструкции замков.

Тепловизионное оборудование было представлено небольшим количеством компаний – всего 3 стенда. На первом из них «НПП Фотон» продемонстрировало инфракрасные камеры Xenics:

- охлаждаемый инфракрасный модуль XSW-640 высокого разрешения для диапазона 0,9–1,7 мкм (InGaAs, 640×512, размер пикселя 20 мкм, 110 г);
- неохлаждаемая камера Bobcat-1.7-320 для диапазона 0,9–1,7 мкм (InGaAs, 320×256, размер пикселя 20 мкм, 380 г);
- неохлаждаемая камера Gobi-640-17 μm высокого разрешения для диапазона 8–14 мкм (микроболометр α-Si, 640×480, размер пикселя 17 мкм, 220 г);
- охлаждаемая камера Xeva-2.5-320 для диапазона 0,85–2,5 мкм (HgCdTe, 320×256, размер пикселя 30 мкм, 1,8 кг). Данная камера особенно рекомендуется для исследования пластиков, полупроводников и производений искусства.

На другом стенде – компании «Тесис» можно было увидеть тепловизионную продукцию двух известных зарубежных фирм – Fluke (США) и Optris (Германия). Применение тепловизоров Fluke (TiR, TiS, Ti10, ..., Ti125) зависит от поставленной задачи, причем практически все модели тепловизоров имеют встроенную функцию IR-Fusion (совмещение видимого и тепловизионных изображений). Миниатюрные тепловизоры серии Optris PI идеальны для контроля миниатюрных объектов, печатных



Видеоэндоскопы среднего (слева) и малого (справа) диаметров (компания «С-Инструментс»)

плат, электронных компонентов, измерения температурных технологических процессов, позволяя анализировать быстропротекающие изменения с частотой до 128 Гц.

На третьем стенде компания «Камера Ай-Кью» показала тепловизионные модули Raptor photonics (Северная Ирландия): одна часть камер работает в диапазоне 0,9–1,7 мкм, другая – в диапазоне 0,4–1,7 мкм. Для эффективной работы и высокой чувствительности матриц они снабжены источником термоэлектрического охлаждения до -111°C . Основное предназначение данной серии

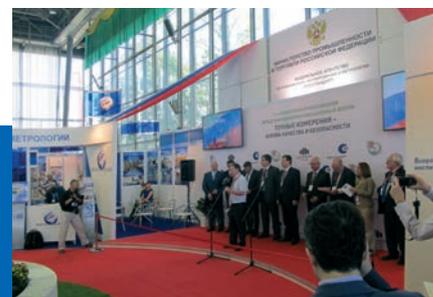
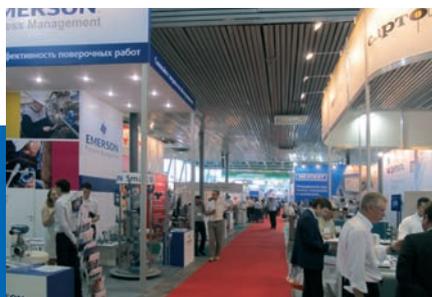
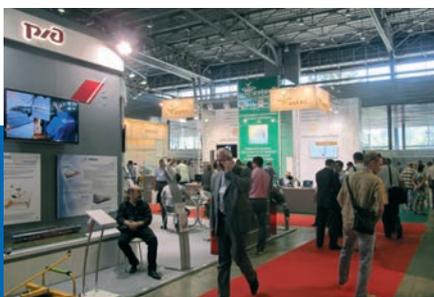
видеокамер – область научных исследований.

Такой большой выбор камер по регистрируемому спектральному ИК-диапазону обеспечивает возможность решения не только охранных задач, но и проведение широких научных исследований в биологии, криминалистике, электронных технологиях и т.п.

Ну и наконец, на выставке в полной мере было представлено современное **контрольно-измерительное** оборудование на стенде известной компании «Диполь»: генераторы сигналов различных последовательностей и форм, широко-

полосные усилители, спектроанализаторы и осциллографы, источники питания, системы сбора данных и приборы общего назначения.

6-я Специализированная выставка приборов и средств контроля, измерений и испытаний предоставила всем участникам и посетителям замечательную возможность получить самую свежую и точную информацию об уникальных разработках и достижениях, позволяющих решать сложные задачи как в научных исследованиях, так и в промышленном производстве, используя современную контрольно-измерительную и испытательную технику.



METROL EXPO – 2014

20–22 мая в ВВЦ г. Москвы под знаком **Всемирного дня метрологии** (20 мая) состоялся 10-й юбилейный Московский международный форум «Точные измерения – основа качества и безопасности» в поддержку государственной политики в области модернизации и технологического развития экономики России. Организатор мероприятия – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) при содействии Правительства Российской Федерации. Это крупнейший и авторитетный в области приборостроения форум, на котором представители научно-технического сообщества, власти и бизнеса знакомятся с последними достижениями мирового приборостроения, решают актуальные проблемы, стоящие перед российской промышленностью, для обеспечения глобальной конкурентоспособности и полномасштабной интеграции в современный мировой рынок товаров и услуг за счет вне-

рения инновационных измерительных технологий.

С приветствиями к участникам форума обратились Stephen Patoray – директор Международного бюро законодательной метрологии и Martin Milton – директор Международного бюро мер и весов.

Основная цель форума – обсуждение производителями и потребителями средств измерений путей решения основных задач обеспечения точности, качества и безопасности за счет применения современных приборов, технологий и стандартов с участием государственных регулирующих органов и госкомпаний. В наши дни значение точных измерений кратно возрастает. Это обусловлено взятым государством курсом на модернизацию, эффективность, энергосбережение и повышение качества жизни. Достижение этих целей невозможно без овладения все большими и большими точностями, обеспечения достоверности и единства измерений.

В рамках форума состоялись специализированные выставки средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения, средств неразрушающего контроля и диагностики, учета энергоресурсов и лабораторное оборудование. На площади 6500 м² выставочные экспозиции представили более 300 компаний из 12 стран мира. Форум посетили около 5000 специалистов из России, СНГ и стран Балтии. В рамках форума прошло также Всероссийское совещание метрологов.

В форуме участвовали свыше 39 региональных центров стандартизации и метрологии (ЦСМ), которые продемонстрировали огромное значение их разветвленной сети в обеспечении единства измерений на закрепленных территориях. Трудно назвать сферу человеческой деятельности, которая обходилась бы без метрологии и стандартизации. Эти центры имеют статус федеральных государственных учреждений, подчиненных

Федеральному агентству по техническому регулированию и метрологии РФ. Мощность центров напрямую зависит от экономического потенциала регионов. Так, например, ФБУ «Нижегородский ЦСМ» охватывает весь Приволжский федеральный округ, а в некоторых направлениях деятельность выходит далеко за его пределы. Центр обеспечивает и поддерживает единство измерений в самых разных сферах хозяйственной деятельности: в обороне и медицине, строительстве и ресурсосбережении, связи, промышленности, экологии и сфере обеспечения безопасности труда. Современная эталонная база центра позволяет закрыть практически все потребности региона в поверке и калибровке средств измерений (СИ). Нижегородский ЦСМ аккредитован на техническую компетентность в области поверки свыше 900 групп СИ, причем как отечественного, так и импортного производства. В составе центра насчитывается 9 филиалов, более 450 высококвалифицированных специалистов и 15 лабораторий. Наряду с самой современной поверочной техникой на стенде центра можно было увидеть музейные образцы старых довоенных и послевоенных средств



Рычажные весы



Миниметр, 1930 г.

измерений (см. фото): микрометр, водосчетчик, рычажные весы двух типов, миниметр для измерения отклонения диаметра и др.

Собственная эталонная база Омского ЦСМ позволяет осуществлять ежегодную поверку и калибровку около 300 тыс. ед. средств измерений для более 3600 предприятий Омской области различных отраслей промышленности и форм собственности.

Кроме региональных ЦСМ созданы метрологические центры при крупных государственных корпорациях и объединениях. В 2010 г. при ОАО «Роснано» был создан Метрологический центр Роснано для эффективного удовлетворения потребностей компаний наноиндустрии в метрологическом обеспечении, необходимом для выпуска качественной, конкурентоспособной, безопасной продукции и минимизации барьеров при ее выводе на международные рынки.

В реализации своей миссии Метрологический центр Роснано опирается на высококвалифицированные кадры на базе ведущих вузов России (МФТИ, МГУ, МИФИ, МИСиС, МИТХТ и др.), обладаю-

щие опытом работы на промышленных предприятиях, в академических и образовательных учреждениях, в том числе за рубежом.

Специализированные метрологические службы созданы также при силовых структурах федерального уровня, в частности при МВД России.



«Барьер»



«Барьер-2»



«Визир»

Три модели (см. фото), представленные на стенде МВД, показывают динамику развития радиолокационных измерителей скоро-



Микрометр, 1931 г.



Водосчетчик, 1968 г.

сти транспортных средств: вторая модель «Барьер-2» уже имеет селекцию по скорости и в 1,5 раза выше точность измерений; третья модель «Визир» имеет программное обеспечение с видеозаписывающим устройством и в 2 раза выше точность измерений.

Значительное внимание уделено организации коллективных стендов, таких как Росстандарт, ГК «Росатом», ОАО «Роснано», ОАО «РЖД» и др. На коллективном стенде Росстандарта свою продукцию представили более 6 подведомственных ему организаций: ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, ФГУП УНИИМ (Уральский научно-исследовательский институт метрологии, г. Екатеринбург, где хранятся 13 государственных эталонов и ряд установок высшей точности), ФГУП СНИИМ (Сибирский научно-исследовательский институт метрологии, г. Новосибирск), ФГУП ВНИИМС, ФГУП ВНИИОФИ, ГНМЦ ВНИИФТРИ и всем известный постоянный участник метрологических выставок – НИЦПВ, подтвердивший свой высокий статус, продемонстрировав наноразмерные шаговые структуры, а также лазерный измеритель наноперемещений с дискретностью отсчета 0,1 нм, столь необходимый при калибровке и поверке систем сканирования и позиционирования в нанотехнологиях.

На другом коллективном стенде ОАО «Роснано» также был приведен ряд примеров разработок, выполненных различными организациями в области нанотехнологий с сверхвысоким разрешением (например, ООО «НПП Центр перспективных технологий» демонстрировал сканирующий зондовый микроскоп нового поколения «ФемтоСкан»).

Известная компания ОАО «ВНИИИМ им. А. А. Бочвара» (входит в состав ТК «ТВЭЛ») и ООО «НПП «Наноэлектро» (проектная компания Роснано) запустили производство наноструктурных проводников – принципиально новых композиционных электротехнических изделий, совмещающих в себе высокую проводимость и прочность.

На коллективном стенде ОАО «РЖД» можно было ознакомиться с современным дефектоскопическим оборудованием, работающим на различных физических принципах. Кроме того, ОАО «НИИТКД» представило ультразвуковую установку УМП для мойки и пропитки якорей электрических машин тягового подвижного состава с применением энергии ультразвуковых колебаний, что обеспечивает высокую производительность и качество работ. Заслуживает внимания комплекс оперативной диагностики «Прогноз-3М» для обеспечения безаварийной эксплуатации узлов роторного типа: подшипников качения и механических передач путем анализа вибраций. Вызвали также интерес многоканальный измерительный комплекс «Эвклид» для диагностики и испытаний подвижного состава и мобильный комплекс «ДРЭД» для диагностики железнодорожных путей.



Мобильный комплекс «ДРЭД»

Новые программы развития работ в области нанотехнологий представил Центр коллективного пользования Томского государственного университета: это выполнение разработок и исследований объемных наноматериалов, тонких пленок, функциональной нанокерамики и нанокompозитов, а также конструкционных материалов с наноструктурным поверхностным слоем. Одним из практических результатов исследований явилось создание современного блока детектирования для малодозовых систем рентгеновского контроля.

Томский региональный центр коллективного пользования проводит не только оценку соответствия продукции наноиндустрии, но и тестирование наноматериалов на биобезопасность. Работы ведутся совместно с другими метрологическими институтами РФ. Был проявлен интерес к весьма перспективной разработке – рентгеновскому микротомографу для исследования структуры органических и неорганических объектов на основе теневых проекций и построения трехмерных изображений.

В целом тематика общей выставки была весьма разнообразной: средства измерений, испытательное оборудование, средства диагностики и неразрушающего контроля (в том числе в строительстве, экологии и медицине), лабораторное, аналитическое и весовое оборудование, автоматика и КИП, 3D-метрология, программное обеспечение и т.п. Однако общим для всех очень разнообразных по применению технических и программных средств стал высокий уровень и точность измерений, стимулируемые современными стандартами международного уровня и метрологическим обеспечением.

ЗАО «НПФ «Уран» предложило новые автоматические измерительные машины для контроля отклонений формы и положения объектов на производственных участках или в измерительных лабораториях. Одна из моделей MarForm MMQ 200 оптимизирована для точных измерений цилиндричности, округлости, прямолинейности, конусности, биений с микронной точностью. В последнее время получили развитие бесконтактные дистанционные методы контроля формы и размеров. Многие организации уже сегодня успешно используют электронно-оптические методы обмера (поверки) резервуаров различных форм и размеров. Использование электронных тахеометров позволяет значительно повысить точность, скорость и безопасность измерений по сравнению с традиционными методами. НПФ «Измерон-В» представило свою автоматическую систему лазерного 3D-сканирования и измерения для быстрого построения

3D-модели объекта с точностью измерения 2 мм. Системы профилометрии серии TopMap были продемонстрированы фирмой Polytec с высокоточной оптической метрологией для контроля качества прецизионных механических элементов.

Широкий спектр антенн, антенных систем, антенно-аппаратных частей радиолокационных станций показала компания ЗАО «СКАРД-Электроникс». Данная организация имеет большой опыт работы и принимает активное участие в реализации важных государственных проектов по радиосвязи, осуществляя производство контрольно-измерительных средств в области радиометрологии.



Стенд компании ЗАО «СКАРД-Электроникс»

На стенде «Диагност» можно было ознакомиться с огромным перечнем средств неразрушающего контроля и технической диагностики различных компаний, в том числе: с тепловизорами компании NEC Avio (Япония), пирометрами, дефектоскопами, толщиномерами, твердомерами, электроизмерительными приборами, течеискателями, эндоскопами, системами вибродиагностики и трассоискателями. Определенный интерес был проявлен к жестким и гибким микрооптическим эндоскопам SIRIUS, а также ультрафиолетовым эндоскопическим видеосистемам EASY 600 французской компании EFER.

Свою версию методик промышленной и строительной термогра-



Тепловизор NEC Avio G100

фии с тепловизорами Testo представила компания «Тэсто Рус». Оптимальное качество изображений основано на инновационной технологии применения матриц высокого разрешения 640×480 пикселей в совокупности с использованием запатентованной технологии SuperResolution, что приводит к эквивалентному увеличению числа пикселей термограмм в 4 раза, повышая в такое же количество раз разрешение. Вызвали интерес измерительные решения Testo AG для фармацевтической отрасли и здравоохранения. На самом деле качество фармацевтической продукции целиком зависит от микроклимата производственных помещений и мест хранения. Для этих целей компанией предложены автоматизированные измерительные решения мониторинга всех параметров микроклимата на основе прецизионных датчиков и калибраторов. Вызвал также интерес люминометр SystemSURE Plus, явившийся по существу представителем абсолютно нового поколения приборов для мониторинга гигиены. Работа прибора основана на принципе биолюминесценции и относится к скрининговым методам, что позволяет быстро и безопасно выявлять потенциально опасные биологические риски.

Универсальные испытательные стенды (стационарные и передвижные) демонстрировал ряд компаний. Такие стенды предназначены

не только для испытаний и поверки средств измерений, но и для их ремонта и наладки. Стенды снабжаются различным по выбору составом калибраторов и контроллеров, а также удобным для работы программным обеспечением. В свою очередь ОАО «Смоленское СКТБ СПУ» представило современные камеры тепла-холода типа КТХ-200, столь необходимые при климатических испытаниях любой аппаратуры. Для испытания электрической прочности изоляции силовых высоковольтных кабелей и различных изоляционных материалов ЦНИИ «Волна» разработал современный аппарат «ВОЛНА-АИД-70В».

Интересными и информативными были отдельные стенды на выставке. Так, очень насыщенным был стенд компании ОАО «НПП «ЭТАЛОН» (г. Омск), посвященный температурным измерениям. На нем можно было увидеть: государственную поверочную схему для средств измерений температуры, сводную таблицу технических характеристик датчиков температуры, измерители, преобразователи и регуляторы температуры, пирометры, метрологическое оборудование для контактной термометрии, в том числе криостаты и термостаты, эталонные датчики температуры, установки для поверки и калибровки датчиков температуры, вспомогательное оборудование для поверки датчиков температуры и воспроизведения реперных точек температурной шкалы.



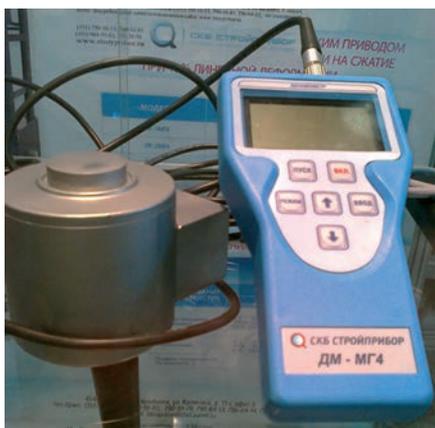
Термометры – Термосопротивления

Существенно повысился класс диагностических приборов для строительной индустрии, о чем свидетельствовали экспонаты на стенде СКБ «Стройприбор». Перечень приборов достаточно велик, из этого ряда следует назвать прежде всего: УЗ-приборы для контроля прочности



100-канальный измеритель тепловых полей

материалов, измерители адгезии и прочности сцепления, измерители защитного слоя бетона, силы натяжения арматуры, напряжений в арматуре, измерители теплопроводности и т.д. Большинство приборов в качестве средств измерений внесены не только в Госреестр РФ, но и в Госреестры Казахстана и Беларуси. Еще одна разработка швейцарской компании Proseq достойна упоминания, так как прибор Profoscope имеет функцию визуализации стержней арматуры в реальном времени, позволяя пользователю фактически видеть расположение стержней арматуры под поверхностью бетона.



ДМ – МГ4

Много стендов было организовано для демонстрации новейшего высокоточного электро- и радиоизмерительного оборудования. Среди экспонентов следует в первую очередь отметить такие компании, как

National Instruments, Rohde & Schwarz, Elmika-M, «ПриСТ», «Диполь», МНИПИ, «Техноякс», ОАО «ФНПЦ ННИПИ «Кварц», ЗАО «ПФ «Элвира», ЗАО «НПП «Родник» и др. Все компании представили также поверочное и калибровочное оборудование для соответствующих измерительных приборов многочисленных электрических и радиотехнических параметров. Радиоизмерительные приборы компании National Instruments применяются в ведущих компаниях мира, работающих в самых различных отраслях (аэрокосмической, нефтегазовой и энергетической, электронной, телекоммуникационной, связи и т.п.). Приборы управляются с помощью среды графического программирования LabVIEW, разработанной National Instruments. Данная компания является признанным лидером в разработке и производстве систем автоматизированного тестирования электронной продукции. Оригинальными стали СВЧ-анализаторы спектра «СК4-БЕЛАН 240М» (9 кГц–24 ГГц) и «СК4-БЕЛАН 400М» (9 кГц–40 ГГц) отечественной компании ЗАО «ПФ «Элвира» для обслуживания различной радиоэлектронной аппаратуры в телекоммуникационной, оборонной и аэрокосмической отраслях. Целый инструментарий для энергетиков был представлен компанией «Связь-Комплект».

ЗАО «НПФ Техноякс» показало стационарный метрологический комплекс для обслуживания средств измерений и подвижную лабораторию измерительной техники «ПЛИТ-А2-4/4», смонтированную на базе автомобиля КамАЗ-5350. Лаборатория функционирует в автономном режиме.

Специалисты ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга» разработали плоскостойкое ферритодиэлектрическое радиопоглощающее покрытие, работающее в диапазоне частот от 26 МГц до 40 ГГц. Покрытие выполнено в виде многослойного сэндвича с уникально малой толщиной, пожаробезопасное и экологически чистое. Оно предназначено для построения безэховых камер. Особая актуальность исследований в безэховых камерах

определяется тем, что экспорт отечественной медицинской, автомобильной, авиационной, военной и космической техники возможен только при сертификации продукции на электромагнитную совместимость согласно международным стандартам. Соблюдение норм по электромагнитной совместимости обеспечивает не только высокое качество функционирования электро- и радиоэлектронной аппаратуры, но и безопасность пользователей и обслуживающего персонала.

Хотелось бы отметить еще ряд оригинальных разработок, представленных на выставке: климатическое и виброиспытательное оборудование компании «НПФ Виброн», вычислители расхода энергоресурсов СКБ «Промавтоматика», ультразвуковую систему неразрушающего контроля SONAPHONE компании «Теккноу» и др. НПФ «Виброн» продемонстрировала новинку – вибропреобразователь АНС 114-07С для непрерывного контроля динамических режимов агрегатов гидроэлектростанций, а компания «Технекон» – поверочную виброустановку DVC-500 в качестве средства измерения 2-го разряда по МИ 2070-90.

Большое внимание в измерительных технологиях уделяется сервисному обслуживанию и сертификации оборудования и персонала. На примере двух представленных компаний (Agilent Technologies и АСМС) участники выставки могли узнать о проводимых в этом направлении мероприятиях и законодательных актах при выполнении сервисных работ.

Вопросам экологии и безопасности уделяют все большее внимание. Так, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (стенд «Росатом») ознакомила посетителей с проводимыми работами и разработанной информационной системой RIS-M, содержащей Перечень основных нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности данной федеральной службы. В свою очередь компания «Атомтех» представила целую линейку современных дозиметров рентгеновского и гамма-излучения, а также калибровочный стенд АТ-03.

Всероссийский симпозиум метрологов «Точность. Качество. Безопасность», сопровождавший выставку, прошел под международным девизом «Измерения и глобальная энергетическая проблема» и продолжался в течение трех дней. После приветственных и программных выступлений (на пленарном заседании) было заслушано более 30 секционных докладов на актуальные темы метрологического обеспечения измерений в промышленных отраслях, крупных компаниях, а также в плане международного сотрудничества. Симпозиум метрологов «Точность. Качество. Безопасность» – одна из самых авторитетных общероссийских конференций в области приборостроения, на которой представители научно-технического сообщества, бизнеса и государственного регулирования обсуждают актуальные проблемы, стоящие перед российской про-

мышленностью для обеспечения глобальной конкурентоспособности и полномасштабной интеграции в современный мировой рынок товаров и услуг за счет внедрения инновационных измерительных технологий. В программе симпозиума прозвучали следующие основные темы:

- нормативно-правовое регулирование в области обеспечения единства измерений на государственном и международном уровнях;
- технические регламенты;
- метрология и проблемы взаимного признания результатов измерений и испытаний;
- неразрушающий контроль и техническая диагностика, КИП и А;
- АСУТП и проблемы промышленной безопасности;
- коммерческий и технологический учет энергоресурсов;
- единство измерений при лабораторном анализе;

- обеспечение высокотехнологичного производства, в том числе нано- и биотехнологий;
- стандартизация как инструмент управления;
- аккредитация, сертификация, лицензирование как формы оценки соответствия;
- метрологический менеджмент качества.

В качестве модераторов на заседаниях выступали руководители Росстандарта и ведущие ученые метрологических организаций и служб.

22 мая Метрологическим центром Роснано был организован и проведен расширенный семинар на тему «Актуальные вопросы нанометрологии».

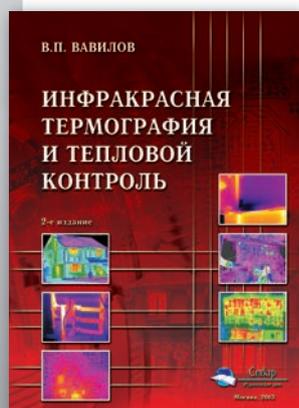
В заключение можно выразить уверенность, что такие мероприятия и активное участие всех заинтересованных сторон являются залогом дальнейшего развития отрасли на ближайшие годы. ■



Спектр
Издательский дом

Вавилов В.П.

ИНФРАКРАСНАЯ ТЕРМОГРАФИЯ И ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ



ISBN 978-5-4442-0013-1. Формат - 70x100 1/16, 544 страницы.

Год издания - 2013, издание 2-е, дополненное.

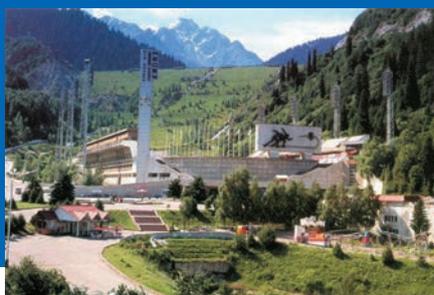
Рассмотрены физические модели теплового контроля (ТК), теплопередача в дефектных и бездефектных структурах, теплофизические свойства материалов, оптимизация процедур ТК, тепловая дефектометрия, обработка данных в ТК, системы активного и пассивного ТК, элементы статистической оценки данных и принятия решений, области применения ТК, аттестация специалистов в области ТК, нормативные документы, типовая программа подготовки персонала по ТК и рекомендуемые вопросы общего экзамена по ТК.

Для специалистов промышленности, работников служб контроля, эксплуатации и ремонта, а также для научных работников, преподавателей и студентов вузов.

880 руб.

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



ПРОДВИЖЕНИЕ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РЫНКЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ЧЕРЕЗ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ И УЧАСТИЕ ПО РАЗРАБОТКЕ СТАНДАРТОВ



СТРАГНЕФОРС
Светлана Александровна
Президент КАНКТД,
Республика Казахстан

С июля 2012 г. в Республике Казахстан вступил в силу закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», который направлен на снижение энергоёмкости ВВП страны за счет эффективного использования энергоресурсов.

В отличие от старого закона РК «Об энергосбережении» новый закон отличается строгой регулятив-

ностью, включает в себя новые нормы для повышения энергоэффективности и направлен преимущественно на промышленный сектор, который, как известно, потребляет около 70 % всей электроэнергии страны.

Согласно новому закону к концу текущего десятилетия промышленный сектор Казахстана претерпит значительное индустриально-инновационное изменение, которое в результате позволит нашей промышленности достичь конкурентоспособного уровня на международном рынке и обеспечить энергетическую безопасность страны, а также способствовать сокращению выбросов углекислого газа в окружающую среду.

В нормативном обеспечении данный законодательный акт дополнен «Правилами аккредитации в области энергосбережения и повышения энергоэффективности», которые в свою очередь имеют в «Перечне состава информационно-измерительных комплексов и технических средств» обязательные требования к экспертным организациям по оснащению тепловизорами. Надо отметить, что на сегодняшний день данный перечень достаточно свободно интерпретируется и не содержит конкретных требований к техническим характеристикам и специализации самих тепловизоров. Тем самым основная масса компаний формально приобретает самые дешевые модели для прохождения процедуры аккредитации, что достаточно характерно для начального этапа развития нового вида деятельности.

Отсутствие государственного опыта в проведении работ по энергоаудиту первоначально привело к перегибу и в системе аккредитаций экспертных организаций, где государственным уполномоченным органом является Комитет по энергетическому надзору и контролю Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан, он же представляет собой надзорную организацию в этой сфере деятельности. Данная схема совмещения разрешительной и надзорной функций государственным уполномоченным органом не соответствует требованиям законодательства Республики Казахстан. Тем не менее система технического регулирования Казахстана в лице Комитета по техническому регулированию и метрологии этого же министерства не готова на сегодняшний день взять на себя функции по аккредитации экспертных организаций по энергоаудиту в виду отсутствия квалифицированных кадров и волевого решения самого министерства.

В сложившейся ситуации субъектам рынка приходится самостоятельно нарабатывать конкурентные преимущества и прежде всего искать партнеров в сфере энергоаудита в Российской Федерации, где данный процесс был запущен пятью годами ранее и уже сформировался опыт проведения работ. В этой связи ОПС-П КАНКТД совместно с НПО «Институт термографии» Российской Федерации запустил программы подготовки и сертификации специалистов неразрушающего контроля на 1-й и 2-й уровни по СТ РК ISO 9712, который является единственным стандартом и схемой сертификации специалистов неразрушающего контроля в Республике Казахстан. Программы подготовки рассчитаны на специалистов экспертных организаций в области энергоаудита и испытательных лабораторий, аккредитованных в системе СТ РК ISO/IEC 17025. Надо отметить, что область аккредитации испытательных лабораторий, содержащих тепловой контроль, не получила в данный момент широкого распространения в Казахстане в виду отсутствия нормативных документов/стандартов и аттестованных методик проведения работ.

Программы подготовки специалистов реализуются совместно с казахстанскими представителями ведущих компаний-производителей тепловизионного оборудования FLIR, ТОО «ПЕРГАМ КАЗАХСТАН» в городе Астане и FLUKE, ТОО «LINK MASTER KAZAKHSTAN» в городе Алматы. Данное объединение коммерческих компаний с ОПС-П КАНКТД позволило проводить практические занятия непосред-

ственно на последних новинках производителей, а также дало возможность формировать сравнительный анализ технических характеристик предлагаемого на рынке тепловизионного оборудования для применения на различных объектах обследования.

Одновременно для вовлечения большего количества испытательных лабораторий к проведению работ в области энергоаудита ТК 76 «Неразрушающий контроль и техническая диагностика» был принят план разработки национальных стандартов, содержащих требования к методам неразрушающего контроля (термографический, тепловой), испытаний и оценки тепловых характеристик, теплоизоляционных свойств зданий, сооружений и механизмов (машин, электрооборудования, станков и т.п.) с применением термографов (тепловизоров, инфракрасных радиометров, калориметров и т.п.) на основе международных и иностранных стандартов на 2015 – 2017 гг., который включил в себя:

1. СТ РК «Теплоизоляционные свойства зданий. Определение воздухонепроницаемости зданий. Метод нагнетания воздуха вентилятором».
2. СТ РК «Теплоизоляция. Строительные элементы. Измерение теплового сопротивления и коэффициента теплопередачи, проводимое по месту применения».
3. СТ РК «Теплоизоляция зданий. Методы качественного обнаружения в строительных покрытиях. Метод с применением инфракрасных лучей».
4. СТ РК «Контроль неразрушающий. Термографические методы. Часть 1. Основные принципы».
5. СТ РК «Контроль неразрушающий. Термографические методы. Часть 2. Оборудование».
6. СТ РК «Контроль неразрушающий. Термографические методы. Часть 3. Термины и определения».
7. СТ РК «Теплоизоляция. Качественное выявление теплотехнических нарушений в ограждающих конструкциях. Инфракрасный метод».
8. СТ РК «Мониторинг состояния и диагностика машин. Термография. Часть 1. Общие процедуры».
9. СТ РК «Стандартный метод испытаний для минимального разрешимого перепада температур систем термического формирования изображений».
10. СТ РК «Стандартный метод испытаний перепада эквивалентной шумовой температуры систем термического формирования изображений».
11. СТ РК «Стандартный метод испытаний для минимального обнаружимого перепада температур для



- систем термического формирования изображений».
12. СТ РК «Общепринятая практика теплового контроля полых углублений в ограждающих конструкциях зданий».
 13. СТ РК «Общепринятая практика обнаружения сквозных дефектов в ограждающих конструкциях и воздушных перегородках зданий».
 14. СТ РК «Стандартный метод испытаний для определения огня и тепловых параметров материалов, продуктов и систем с использованием калориметра (ICAL)».
 15. СТ РК «Стандартные методы испытаний для измерения и компенсации способности к излучению с использованием видеорадиометра инфракрасного диапазона».
 16. СТ РК «Стандартные методы испытаний для измерения и компенсации отраженного тепла с использованием видеорадиометра инфракрасного диапазона».
 17. СТ РК «Руководство по исследованию электрооборудования и механического оборудования инфракрасной термографией».

Настоящие стандарты разрабатываются на основе следующих международных стандартов: ISO 9869: 1994, ISO 9972: 2006, EN 13187: 1998, DIN 54190-1: 2004, DIN 54190-2-2011, DIN 54190-3-2006, ISO 6781: 1983, ISO 18434-1: 2008, ASTM E1213-97(2009), ASTM E1543-00 (2011), ASTM E1311-89 (2010), ASTM C1060-11a, ASTM E1186-03 (2009), ASTM E1623-11, ASTM E1933-99a (2010), ASTM E1862-97 (2010), ASTM E1934-99a (2010).

Настоящие стандарты взаимосвязаны с СТ РК ИСО 17025.



Эту огромную методическую работу ТК 76 провели совместно с заинтересованными в продвижении своего оборудования на рынке Казахстана компании, представляющие оборудование под маркой FLIR и FLUKE. В своей деятельности они также учли опыт работ в области энергоаудита НПО «Институт термографии» и ЗАО «ТТМ». Личную благодарность хотелось бы высказать Денису Юревичу Лездину и Елене Вячеславовне Абрамовой, которые активно продвигают идеи инструментального энергоаудита через аккредитованные в системе ISO 17025 испытательные лаборатории.

В этой связи не могу не обратить внимание общества на тот факт, что если бы наш Межгосударственный технический комитет 515 «Неразрушающий контроль» был способен отвечать потребностям рынка в продвижении новых технологий, то данный перечень стандартов и даже в более расширенном варианте мы могли бы получить в скором времени в формате ГОСТа для всех стран ЕврАзЭС.



М.А. Исаев, И.А. Круглов ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ФОТОАЛЬБОМ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ISBN 978-5-4442-0037-7. Формат - 60x88 1/8, 84 страницы, год издания - 2013.

Фотоальбом дефектов сварных соединений составлен в виде презентации, содержащей более 100 иллюстраций дефектов с макрошлифами и текстовыми комментариями. Рассмотренные типы визуальных дефектов, являются наиболее распространенными в производстве сварных конструкций.

В альбоме рассмотрены термины и определения:

- ГОСТ 2601–84. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий;
- РД 03-606–03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

Фотоальбом предназначен для подготовки и повышения квалификации сварщиков и специалистов по визуальному и измерительному контролю I, II, III уровней.

2200 руб.

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



СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПРОДОЛЬНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБ УНИСКАН-ЛУЧ ПШ-11 ERW



Автоматизированный
ультразвуковой контроль
продольного сварного шва
и околошовной зоны труб на
наличие внутренних дефектов типа
продольно-ориентированных
трещин в зоне 20 мм
от линии сплавления.
Измерение профиля
линии сплавления.

- Диаметр труб от 60 до 168 мм
- Толщина стенки от 3 до 10 мм



ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
НПП "ПРОМПРИБОР"

Россия, 107023, г. Москва,
Измайловский Вал, дом 30,
тел./факс: (495) 580-37-77
(многоканальный)

E-mail: pp@ndtprompribor.ru
www.ndtprompribor.ru

Автоматизированный
ультразвуковой контроль
проводится в соответствии
с требованиями
нормативных документов:

- Спецификации API 5 CT
«Спецификации на обсадные и
насосно-компрессорные трубы»,
восьмая редакция
- Спецификации API Spec 5 L
«Спецификации на магистральные
трубы», 44 издание

АКТИВНЫЙ ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ВЗГЛЯД



ВАВИЛОВ Владимир Платонович

Вице-президент РОНКТД, д-р техн. наук, проф., Институт неразрушающего контроля, Томский политехнический университет, Томск, Россия

Настоящая статья по основным аспектам развития активного теплового контроля (ТК) написана специально для журнала «Территория NDT». И поскольку автор в свободной форме высказывает свои суждения, то статья неизбежно несет отпечаток субъективизма. Автор имел возможность наблюдать развитие инфракрасной (ИК) термографии (тепловидения) и активного теплового контроля в бывшем СССР и затем в России с начала 1970-х гг. и был свидетелем появления, расцвета и заката многих научных групп (см. монографии автора 1984 г. [1] и 2013 г. [2]).

1. Исторический экскурс

Если в широком смысле к ТК отнести военные аспекты тепловидения, в особенности ночного видения, а также тепловизионную техническую диагностику, то признаки этого метода можно обнаружить уже в XIX веке. Прекрасный обзор пионерских исследований в этой области сделан в неувядающей монографии Р. Хадсона [3]. В 1914 г. Р. Паркер получил патент на ИК-детектор айсбергов. В 1934 г. Г. Баркер предложил использовать ИК-

датчики для обнаружения лесных пожаров. Одно из первых промышленных применений ИК-техники было связано с анализом температурных полей горячекатаных металлических листов (Д. Никольс, 1935).

В годы Второй мировой войны и последующие основное внимание уделялось военным аспектам ИК-техники, однако уже в 1960-х гг. правительство Швеции субсидировало развитие гражданского тепловидения в целях внедрения программ энергосбережения. На рынке тепловизоров утвердилась шведская фирма AGA (затем AGEMA Infrared Systems, в настоящее время фирма FLIR Systems), тепловидение стало широко использоваться при испытаниях электротехнических установок и радиоэлектронных компонент (сам термин «тепловидение» – это калька брэнда фирмы AGA – Thermovision). Кстати, известно, что термин «тепловой контроль» предложил один из зачинателей ТК в СССР Н.А. Бекешко, поскольку само слово «инфракрасный» в СССР было запрещено для использования в открытых научных статьях. Во всяком случае в США применяют термин «тепловой инфракрасный метод неразрушающего контроля (НК)».

В узком смысле одна из первых процедур активного ТК была реализована в 1965 г. в США У. Беллером, который предложил испытывать корпуса двигателей ракеты «Поларис» путем перемещения их из холодного помещения в теплое [4]. В те же годы Д. Грин выполнил исследование по активному ТК тепловыделяющих элементов ядерных реакторов, в котором успешно решил проблему учета коэффициента излучения путем деления разновременных тепловых сигналов, что широко используется и в современных алгоритмах обработки данных [5]. В целом 60-е гг. XX века стали периодом расширяющегося применения

ИК-техники в промышленности, прежде всего при анализе стационарных тепловых полей.

В эти же годы в СССР появились первые публикации по ТК Н.А. Бекешко, а затем Ю.А. Попова, А.Е. Карпельсона и А.А. Кетковича, которые были вдохновлены соответствующими зарубежными, прежде всего американскими, работами.

Тем не менее к концу 1970-х гг. применение ИК-техники оставалось скорее качественными, что не позволило ТК успешно конкурировать с другими методами НК. «Теплофизический» подход к ТК стали использовать в своих работах D. Balageas, В.П. Вавилов и R. Taylor, P. MacLaughlin и Н. Mirchandani, А.Е. Карпельсон и др. [6–9]. Отечественные исследования по ТК радиоэлектроники были инициированы Н.С. Данилиным, Ю.А. Концевым, В.Д. Кудиным, В.М. Скобелиным и др. [10, 11]. К сожалению, в связи с исчезновением производства радиоэлектронных компонент отечественные достижения тех лет были утеряны в годы перестройки.

В рамках небольшой статьи невозможно подробно рассказать о развитии отечественного тепловидения, хотя в его истории был ряд поучительных моментов, например, в части медицинского тепловидения, где усилиями М.А. Собакина, М.М. Мирошникова, В.П. Мельниковой и других был выполнен колоссальный объем исследований, положивших начало внедрению медицинской тепловизионной диагностики. Несмотря на то что тепловизоры фирмы AGA, потом AGEMA, эпизодически появлялись в советских организациях, имевших возможность приобретать аппаратуру за валюту, в целом о покупке западных тепловизоров в те годы можно было только мечтать. Разработку отечественных тепловизоров в СССР вели параллельно несколько групп, в результате чего был налажен мас-

совый выпуск таких приборов, как ТВ-03 (А.Г. Жуков), «Рубин» и «Радуга» (Г.А. Падалко), АТП (Н.Д. Куртев), в последние годы «Иртис» (М.И. Щербаков), ТН (А.В. Ковалев и В.Г. Федчишин) и др. Интересно, что для активного ТК статоров турбогенераторов был создан специализированный тепловизор «Статор», что являлось уникальным мировым опытом.

В целом уровень ТК в СССР был весьма высоким, особенно в части теории и методологии. Чтобы подтвердить старую истину о том, что все новое есть хорошо забытое старое, можно вспомнить исследования В.Б. Ранцевича (Белорусская ССР) по циклическому нагружению материалов, предложение В.Н. Пустового (Украинская ССР) обнаруживать дефекты сварных соединений в фермах порталных кранов под ветровой нагрузкой, работы Д.А. Рапопорта, О.Н. Будагина, Е.В. Абрамовой, С.В. Богдановича (Москва) и В.А. Стороженко (Украинская ССР) по активному ТК стеклопластиковых цилиндров, специализированные тепловые дефектоскопы Ю.В. Гавинского (Бийск), программу работ, возглавлявшуюся В.В. Конновым и А.Б. Упадышевым, по количественному определению влагосодержания в теплозащите челнока «Буран», исследования Ю.Л. Степанова (Ленинград) по ТК пленок. Тем не менее лидером в развитии теплового метода до сих пор являются США (см. справочник ASNT [12]). Например, интересно отметить, что еще в 1967 г. до 70 % докладов на ежегодной конференции Американского общества НК (ASNT) было посвящено ИК ТК. Число американских университетов, крупных и мелких частных фирм, вовлеченных в ТК, настолько велико, что заслуживает отдельного обзора (отдельно упомянем только S. Shepard, который первым коммерциализировал в широком масштабе портативные устройства ТК). Значителен вклад французских исследователей, традиционно сильных в теории теплопередачи (D. Balageas, A. Degiovanni, J.-C. Krapez, J.-C. Batsale). В Канаде профессор Университета Лавала Х. Maldague опубликовал две фундаментальные монографии по ТК [13, 14]. В Италии разнообразные иссле-

дования высокого уровня выполнили E. Grinzato. P. Bison и S. Marinetti. В скандинавских странах (Швеции, Финляндии) акцент был сделан на тепловизионную диагностику в энергетике и строительстве (S. Ljungberg, T. Kauppinen). Лидером германских исследований в течение многих лет была группа профессора G. Busse в Университете г. Штутгарта, в Великобритании — группа D. Almond из Университета г. Бата). ИК-технологии весьма популярны в Польше (A. Nowakowski, P. Pregowski, B. Wiecek, W. Swiderski и др.). В Австрии в последние годы интенсивно разрабатывается метод индукционного ТК трещин в металлах (B. Oswald-Tranta). Японские исследования по ТК немногочисленны, но по крайней мере оригинальны: так, T. Sakagami с коллегами успешно обнаруживал трещины в сварных фермах автомобильных мостов при их малоциклическом нагружении проходящими грузовиками.

В современной России наблюдается определенное возрождение интереса к ТК как академических и университетских организаций, так и промышленных предприятий, что обусловлено и новыми аппаратными возможностями, и все более широким применением композиционных материалов в авиации и энергетике (работы О.Н. Будагина и Е.В. Абрамовой, В.А. Захаренко, О.А. Плехова, В.Г. Торгунакова, В.П. Вавилова и Д.А. Нестерука и многих других). Крупным проектом последних лет являются совместные исследования корпорации Airbus и Томского политехнического университета по разработке и внедрению количественной ИК-термографии для испытаний самолетных панелей, изготовленных из композиционных материалов.

Ссылки на работы большинства упомянутых авторов можно найти в [1, 2, 12 – 14].

2. Регистрация температурных полей

«Тепловизор» можно определить как бесконтактный многоточечный высокочувствительный термометр низкого качества, реализующий принцип экспрессного косвенного измерения температуры по собственному тепловому (ИК) излучению

объектов. Зачастую стыдливо умалчиваемая характеристика тепловизора как термометра низкого качества связана с их сравнительно низкой основной погрешностью (обычно $\pm 2\%$ и $\pm 1\%$ в лучшем случае). К счастью, для тепловой дефектоскопии важнее высокая чувствительность метода, а не точность измерения температуры, поскольку скрытые дефекты обнаруживают по тепловым аномалиям, причем весьма важен опыт оператора (это утверждение не относится к тепловизионной диагностике электрооборудования, где нормативы связаны с пороговыми температурами, однако и в этом случае вряд ли есть смысл гарантировать погрешность лучше 1–3 °С).

Требуемые в активном ТК параметры тепловизоров можно кратко прокомментировать следующим образом:

- спектральный диапазон (доступны 3–5 и 7–13 мкм) не является критичным;
- температурная чувствительность (до 10–20 мК у лучших моделей) важна во многих случаях, поскольку ограничивает минимальные размеры обнаруживаемых дефектов; в особенности это относится к тем процедурам ТК, где реализуют принцип «темного поля», когда объект контроля при стимуляции не изменяет температуры, а дефектные отметки создаются только дефектами (ультразвуковая ИК-термография, исследования процесса разрушения материалов под механической нагрузкой);
- частота смены ИК-изображений (скорость цифровой записи) становится все более важным параметром при анализе быстропротекающих процессов (разрушение материалов, ТК металлов); значение этого параметра на уровне 50–100 Гц становится общепринятым;
- формат ИК-термограмм (размер ИК-матриц) в активном ТК не столь важен, как в технической диагностике в полевых условиях, однако исследователи, которые начали работать с матрицами большого формата (640 480 и более), редко возвращаются к тепловизорам с низким пространственным разрешением (160 120, 80 80 и менее);

- выбор угла поля зрения может быть оптимизирован благодаря широкой номенклатуре объективов, поставляемых с тепловизорами;
- проблема оптимизации массогабаритных показателей тепловизоров практически решена с появлением множества моделей тепловизионных модулей.

Следует заметить, что темпы появления на рынке новых моделей ИК-тепловизоров даже опережают темпы появления информа-

ции о них в Интернете. Некоторое представление о современных тепловизорах дает табл. 1.

3. Тепловые дефектоскопы

Термин «тепловой дефектоскоп» до сих пор не получил широкого распространения, хотя фактически в последние два десятилетия появились специализированные устройства ТК, соответствующие этому термину. В табл. 2 приведено краткое описание таких устройств.

4. Устройства нагрева

Для возбуждения в объекте контроля динамического теплового процесса используют оптическую, конвективную, ультразвуковую (УЗ), индукционную и механическую стимуляцию.

Эффективность обнаружения подповерхностных дефектов связана с обеспечением ввода необходимой энергии и времени стимуляции. Наибольший объем исследований связан с оптическими источни-

1. Технические параметры некоторых тепловизоров

Модель, фирма, страна	Диапазон измеряемых температур, °С	Температурная чувствительность, °С	Формат кадра и битность цифрового представления	Частота изображений, Гц	Цена, дол.*
Российские приборы					
«ИРТИС-2000», «ИРТИС», Россия	-20 ... +350	0,05	25 256	1/1,5	18 000
ТКВр-ИФП, ИФП, Россия	20...41 (медицина)	0,03	128 128	—	20 000
ТН-4604МБ, МНПО «Спектр», Россия	-30...+500	0,12	160 120	—	—
Зарубежные приборы					
FLIR P640, FLIR Systems, США	-40...+500 (до 2000)	0,08 °С (±2 % , ±2 °С)	640 480	50	43 000
FLIR A615 (модуль) FLIR Systems, США	-20 ... +2000	0,05	640 480	50	—
FLIR SC 7000 FLIR Systems, США	-2 ... +3000 (научные исследования)	0,018 (±1% , ±1 °С)	HgCdTe InSb QWIP 64 512	380 (до 30 кГц)	до 200 000
i5 FLIR Systems, США	-20...+250	0,1 (±2% , ±2 °С)	80 80	9	2650
FLIR ONE FLIR Systems, США	Для iPhone 5, 5s	—	—	—	350 (США) 500 (Россия)
FlexCAM Ti55 Flute, США	-20...+600	0,05	320 240	50	—
Testo 875 Testo AG, Германия	0...+280 (-20...+100)	0,1	160 120 32 23° 9 7°	9	4000— 7000
T6-P, Dali, Китай	-20...+350 (до 600)	0,06	384 288	50	13 000
VarioCAM Inspect 170/25 и 130/25, Jenoptik Laser Optik System GmbH, Германия	-40...+2000	0,1	320 240	50	60 000
Thermosensorik System СМТ 384М, Thermosensorik, Германия	Показывающий прибор	0,015	384 288	130	—
Miricle 110K (370K), Thermotechnics Systems, Великобритания	Модуль (режим измерения)	0,06 (0,05)	384 288 (640 480)	50 (240)	—

* Цены завода-изготовителя или отпускные цены в России. Ряд цен указан на основе частной информации и не может быть использован в качестве официальных данных; цена зависит от комплектации программным обеспечением и аксессуарами.

ками нагрева, из которых наиболее популярны ксенонные импульсные (для тонких материалов) и галогенные непрерывного действия (для материалов значительной толщины) лампы. В первом случае длительность импульса нагрева составляет 5–10 мс при плотности энергии до нескольких десятков килоджоулей на квадратный метр, в то время как галогенные лампы обеспечивают до 50 кВт/м² в течение 5–20 с. Лазеры представляют большой интерес, поскольку могут рабо-

тать на длинах волн вне области спектральной чувствительности тепловизоров, однако их стыковка с тепловизорами требует значительной расфокусировки луча, что приводит к снижению поглощенной энергии. В последние годы началось исследование светодиодных нагревателей, работающих в основном в видимом диапазоне.

Главным преимуществом конвективных устройств является независимость поглощенной энергии от коэффициента поглощения (из-

лучения) и более низкий уровень отраженной засветки, хотя это сопровождается уменьшением поглощенной энергии.

Индукторы позволяют обнаруживать трещины в металлах путем сканирования, однако применение этих устройств требует оптимизации частоты и разработки антенн специальной конструкции для обеспечения приемлемого КПД.

Важными преимуществами УЗ-стимуляции является высокая чувствительность метода, поскольку

2. Современные коммерческие системы активного ТК

Система (фирма-производитель)	Краткое описание
EchoTherm (Thermal Wave Imaging, США)	Портативная и относительно универсальная система ТК, реализующая ряд запатентованных фирмой технологий
ThermoScope (Thermal Wave Imaging, США)	Развитие системы EchoTherm. Интегрированная система импульсного нагрева, сбора данных и анализа
Sapphire (CEDIP, Франция, ныне FLIR Systems)	Система компьютерной обработки данных, включая Фурье-анализ
TIP (Bales Scientific, США)	Система импульсного ТК и компьютерной обработки данных с помощью специализированного процессора
Altapr LI (CEDIP, Франция, ныне FLIR Systems)	Система для визуализации механических напряжений в материалах в диапазоне частот от 0,1 до 1000 Гц; диапазон напряжений ±2000 МПа (по алюминию); разрешение по напряжению 0,4 МПа (по алюминию); температурное разрешение 0,02 °С. Возможно решение задач НК методом синхронной и фазовой термографии
MECIR (Университет г. Реймса и фирма Avion Marcel Dassault, Франция)	Система импульсного ТК изделий авиакосмической техники на базе тепловизоров фирмы AGEMA Infrared Systems (FLIR Systems)
ThermoSoniX (Indigo Systems, США, ныне FLIR Systems)	Система для синхронной ультразвуковой ИК-термографии
Thermal Bond Inspection Systems (NASA, США)	Система импульсного ТК изделий авиакосмической техники
Системы ТК фирмы THERMOSENSORIK, Германия	На базе собственных QWIP- и FPA-тепловизоров фирма предлагает системы импульсного ТК, в частности роботизированную систему испытаний покрытий турбинных лопаток
Системы ТК фирмы InfraTec, Германия	В сотрудничестве с фирмой CEDIP (ныне FLIR Systems) предлагаются системы импульсного ТК
Системы ТК фирмы EDEVIS, Германия	Системы ТК на базе тепловизоров CEDIP «под ключ»: оптический термоволновой метод, УЗ-термография, фазовый анализ, анализ механических напряжений
Аппаратура и программные средства фирмы Automation Technology, Германия	На базе тепловизоров фирмы FLIR Systems предлагаются аппаратно-программные решения IrNDT для ТК с использованием импульсного и периодического нагрева
Система контроля коррозии (NASA, США)	Система линейного сканирования с полосовым нагревом
«ИНТРОТЕРМ» (Центр лазерных технологий, Россия)	Система лазерного фототермического контроля
«ИнфраТест» (Научный парк МГУ, Россия)	Система лазерного фототермического контроля
Установка активного ТК проката («ВЕМО», Россия)	Система разработана для российских металлургических предприятий. Использует кварцевые лампы или газовые горелки для нагрева движущегося металлического листа
Система активного ТК турбинных лопаток (ФГУП «ММПП «Салют», Россия)	Система для тепловизионного контроля внутренних каналов турбинных лопаток
Тепловой дефектоскоп (ТПУ, Россия)	Модульная система ТК с использованием оптической, конвективной и ультразвуковой стимуляции. Обнаружение коррозии металлов и испытания композиционных материалов

бездефектный материал остается холодным, а также парадоксальное повышение эффективности метода в случае «слипнутых» дефектов, поскольку в них более интенсивно внутреннее трение.

Механическое нагружение как циклическое, так и путем сжатия/растяжения приобрело в последние годы большую популярность в связи с исследованием прочностных характеристик композитов, керамик и нанометаллов.

5. Проблемы ТК

В кратком виде можно констатировать следующее.

- Актуальной остается необходимость повышения отношения сигнал/шум в любых задачах ТК. Это достигается применением общих и специализированных алгоритмов обработки ИК-термограмм как изображений, а также нестационарных временных рядов, возникающих при анализе пиксельных температурных функций. Известно большое число таких алгоритмов; опыт автора говорит о предпочтительности использования нейронных сетей, метода анализа главных компонент и вейвлет-анализа.
- Проблема контроля металлов, в особенности высокотемпературных и низкоэмиссионных, остается нерешенной. Перспективным является индукционный нагрев (в случае сталей) и стимуляция мощным ультразвуком, например, при проверке качества сварки трением алюминия.
- При использовании оптического нагрева необходим компромисс между максимальной допустимой мощностью и временем нагрева, возможным перегревом материала и необходимостью выявления глубоких дефектов при использовании одностороннего ТК. От возможности такой оптимизации зависит конкурентоспособность ТК по размерам и глубине залегания дефектов.
- Разработка принципов дефектометрии в одностороннем ТК требует учета отраженной засветки (остаточного излучения нагревателя), поскольку теоретические модели, как правило,

используют классические функции нагрева: импульсом Дирака, прямоугольным импульсом, гармоническими тепловыми волнами и т.п. Способы одно- и многомерной тепловой дефектометрии, а также тепловая томография развиваются в Томском политехническом университете.

- Возможности ТК при определении остаточного ресурса, степени дефектности и других показателей качества остаются нереализованными, хотя в этой области выполнен ряд многообещающих исследований (работы О.Н. Будагина по ТК больших сетчатых конструкций).
- Имеются предпосылки к созданию отечественного парка тепловых дефектоскопов, прежде всего для использования в авиакосмической промышленности.

6. Заключение

В настоящее время ИК-техническая диагностика и методы теплового НК представляют собой высокотехнологичную область прикладных исследований, которая объединяет достижения в теории теплопередачи, ИК-технологии и компьютерной обработки экспериментальных данных. Современный интерес к ТК обусловлен его универсальным характером, иллюстративностью результатов, высокой производительностью и безопасностью обслуживания ИК-аппаратуры.

Исследования, описанные в настоящей статье, выполнены при финансовой поддержке в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России на 2014–2016 гг., НИР № 445 (ОНГ).

Библиографический список

1. Вавилов В.П. Тепловые методы контроля композиционных структур и изделий радиоэлектроники. М.: Радио и связь, 1984. 152 с.
2. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. 2-е изд. М.: Издательский дом «Спектр», 2013. 575 с.

3. Хадсон Р. Инфракрасные системы. М.: Мир, 1972. 530 с.
4. Beller W.S. Navy sees promise in infrared thermography for solid case checking // Missiles and Rockets. 1965. V. 16. N 22. P. 1234–1241.
5. Green D.R. Principles and applications of emittance-independent infrared nondestructive testing // Appl. Optics. 1968. V. 7. N 9. P. 1796–1805.
6. Balageas D.L., Krapez J.-C., Cielo P. Pulsed photo-thermal modeling of layered materials. // J. Appl. Physics. 1986. V. 59. N 2. P. 348–357.
7. Vavilov V., Taylor R. Theoretical and practical aspects of the thermal NDT of bonded structures // Res. Techn.in NDT / ed. by R. Sharpe. V. 5. London: Academic Press, 1982. P. 239–280.
8. MacLaughlin P.V., Mirchandani H.G. Aerostructure NDT evaluation by thermal field detection (Phase II). Final Rep., AIRTASK, Naval Air System Command AIR-310G. Wash., 1984. 198 p.
9. Попов Ю.А., Карпельсон Е.А., Строков В.А. и др. Тепловой контроль качества многослойных изделий // Дефектоскопия. 1976. № 3. С. 76–81.
10. Данилин Н.С., Бакланов О.Д., Загоревский Ю.И. Теория и методы неразрушающего инфракрасного контроля радиоэлектронных схем. М.: МО СССР, 1974. 164 с.
11. Концевой Ю.А., Кудин В.Д. Методы контроля технологии производства полупроводниковых приборов. М.: Энергия, 1973. 142 с.
12. Nondestructive Testing Handbook. V. 3. Infrared and Thermal Testing. Columbus: ASNT, 2001. 714 p.
13. Maldague X. Nondestructive evaluation of materials by infrared thermography. London: Springer-Verlag, 1993. 440 p.
14. Maldague X. Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing. New York: John Wiley & Sons, 2001. 682 p. (Wiley Series in Microwave and Optical Engineering).

HARFANG



Лучшим быть легко...



Система ультразвукового контроля
с фазированными решетками



Оборудование неразрушающего контроля
+7 495 587-82-98 +7 495 789-37-48
www.panatest.ru www.harfang.ru mail@panatest.ru

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕПЛОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ ПОЛИСПЕКТРАЛЬНОЙ РАДИОМЕТРИИ



ВИХРОВ
Михаил Алексеевич
Специалист по ТК,
3-й уровень



ПЕТРОЧЕНКО
Игорь Витальевич
Специалист по применению
оптических методов
диагностики



МИЛОВАНОВ
Сергей Васильевич
Специалист по ТК,
3-й уровень

ООО «ПАНАТЕСТ», Москва

Оптические методы и аппаратура занимают особое место при обнаружении и контроле технического состояния электрического оборудования на рабочем напряжении благодаря оперативности процесса измерения, высокой информативной способности, а также возможности точного позиционирования дефекта.

Наиболее распространенным на данный день является тепловой (тепловизионный) метод диагностики оборудования, уверенно закрепившийся в нормативных документах различных отраслей производства, энергетики, строительства. Наряду с этим сейчас успешно внедряется метод диагностики силового энергетического оборудования, основанный на дистанционном детектировании разрядных явлений, сопровождающих работу практически любого энергетического

оборудования. Это, как правило, стримерные и коронные электрические разряды, сопровождающиеся работой силового энергетического оборудования в газовой атмосфере в определенных условиях, наряду с генерацией электромагнитных импульсов высокой частоты порождающие ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение. Поэтому становится актуальным развитие новых перспективных направлений дистанционных методов и средств оптической диагностики оборудования с расширением спектрального диапазона измерений как микроволновой, так и ультрафиолетовой областей спектра электромагнитного излучения. Проекты в этом направлении на протяжении последних 10 лет ведут и внедряют технологически развитые страны, например США, ЮАР, Израиль. Накоплен обширный практический опыт

использования новых методик, которые постепенно внедряются и в базовых отраслях российской экономики.

Для технического персонала, использующего тепловой метод диагностики как один из основных, не составит большой сложности освоить новые средства со схожим принципом детектирования и некоторыми неоспоримыми преимуществами. Так, при оценке технического состояния объектов со слабым тепловыделением (вводы силовых трансформаторов и реакторов, трансформаторов тока, ограничителей перенапряжения, изоляторы различного назначения) во время термографического контроля возникают серьезные проблемы, связанные с определением малых температурных изменений на фоне значительных температурных изменений, вызванных влиянием вариаций коэффициента излучения ребер фарфора или стекла, их свойством отражать излучение других объектов. Устранить эти проблемы можно с помощью дополнительного обследования в ультрафиолетовой области. Существующие измерительные системы контроля ультрафиолетового излучения позволяют дополнить данные теплового метода и обнаружить развитие рассматриваемых дефектов задолго до перехода изоляторов в состояние пробоя. Например, системы регистрации разрядных явлений в ультрафиолетовом диапазоне производства CSIR-UVIRCO (ЮАР) имеют пороговую чув-

ствительность, соответствующую энергии излучения источника не более $2 \cdot 10^{-18}$ Вт/см², что позволяет говорить о возможности регистрации очень незначительных по энергетике явлений и подробно исследовать процесс зарождающихся дефектов [2]. Сейчас доступны новейшие мобильные двухспектральные SogoCAM6 и даже трехспектральные дефектоскопы MultiCAM указанного производителя. Следует отметить достоинство данных систем — нечувствительность ультрафиолетового канала к излучению ультрафиолета солнечного излучения, пропускаемого атмосферой Земли, что позволяет выполнять диагностику независимо от условий освещенности объекта и его оптических свойств. Здесь можно ввести понятие полиспектрального метода диагностики объектов энергетического оборудования. Информацию, полученную в инфракрасном диапазоне, дополняют данные ультрафиолетового диапазона оптического излучения.

Приведем несколько примеров работ по диагностике, проведенной на одних и тех же объектах с использованием тепловой и ультрафиолетовой диагностики, подтверждающих хорошую корреляцию этих методов.

На рис. 1 представлен классический пример дефекта керамического изолятора (продольная трещина), зафиксированный с использованием тепловизора (слева) и подтвержденный ультрафиолетовым дефектоскопом (справа) испытаниями в высоковольтной лаборатории. На рис. 2 показан еще один пример такого соответствия результатов. Дефект изолятора разъединителя в области армировочного шва установлен как тепловым, так и ультрафиолетовым методами (рис. 3). Данные предоставлены компанией CSIR-UVIRCO (ЮАР).

Особый класс элементов высоковольтных устройств с незначительным уровнем тепловыделения — опорно-подвесная и натяжная изоляция и элементы ее

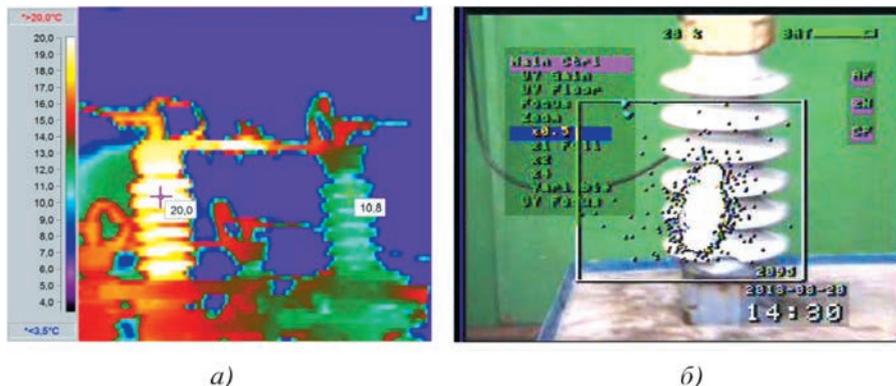


Рис. 1. Подтверждение дефекта изолятора тепловым и ультрафиолетовым методами



Рис. 2. Дефект изоляторов, выявленный тепловизором и подтвержденный результатами контроля в ультрафиолетовом спектре излучения

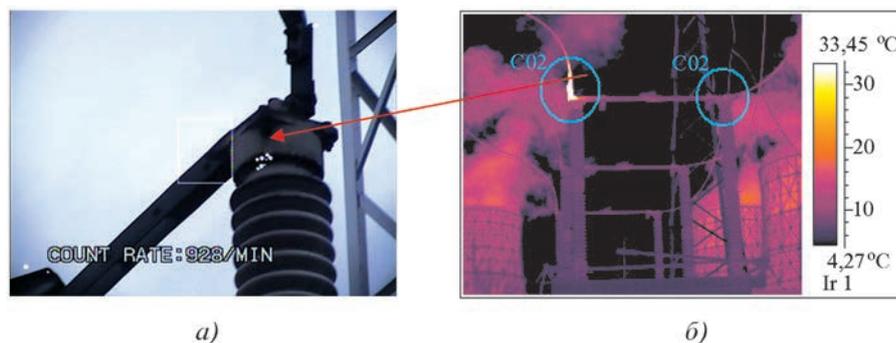


Рис. 3. Коронный разряд в области оголовка при механическом повреждении опорного изолятора разъединителя (а) и термограмма его дефектного контактного соединения (б)

монтажа. Именно на них четко проявляются достоинства ультрафиолетового метода. При повреждении трех-четырех изоляторов (критическое значение) в гирлянде увеличивается общее тепловыделение в элементах гирлянды, что позволяет дистанционно обнаружить дефект гирлянды тепловизионной системой (рис. 4, а). Дефекты опорных фарфоровых изоляторов можно обнаружить по тепловым аномалиям, например, при наличии уже развитой про-

дольной трещины в условиях повышенного увлажнения или загрязнения поверхности изолятора (рис. 4, б).

Обнаружение дефектов изоляторов на более ранней стадии возможно именно по ультрафиолетовому излучению зон изоляции с повышенным уровнем напряженности электрического поля (рис. 4, в), здесь же приложена фотография обнаруженного дефекта — трещины чашки изолятора. Высокая чувствительность из-

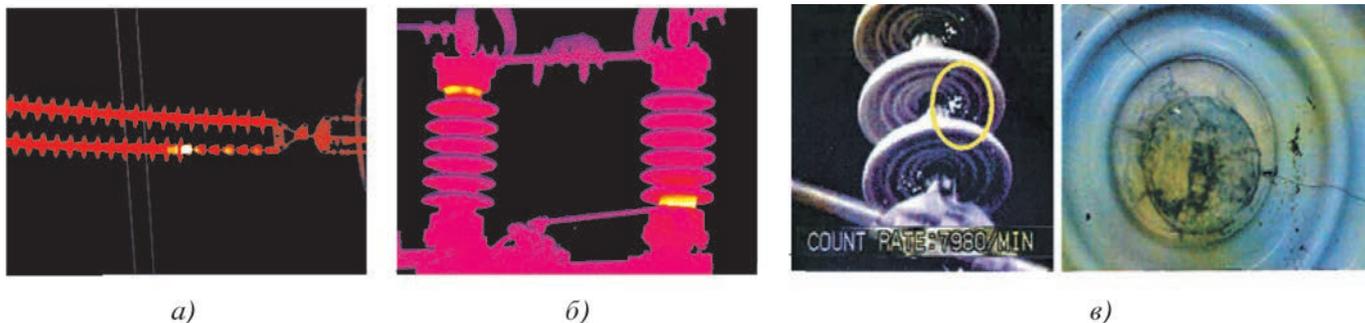


Рис. 4. Дефекты опорно-подвесной и натяжной изоляции: а – дефект натяжной гирлянды, выявленный тепловым методом; б – дефект опорных изоляторов, выявленный тепловым методом; в – дефект керамического изолятора, выявленный ультрафиолетовой камерой, и его фотография

мерений в ультрафиолете позволяет обнаруживать данным методом повреждения изоляции в глубине пазов без прямого оптического доступа к зоне контроля. Это связано с процессом выброса ионизованного газа из области разряда в зону наблюдения, где происходит рекомбинация возбужденных молекул с излучением ультрафиолета. Подобные дефекты обнаруживать тепловым методом весьма проблематично. Распределение потенциала по длине изолятора изменяется, концентрируясь на ближних к высокой стороне потенциала изоляторах, и плавно спадает до нуля на заземленной стороне. При наличии повреждений в изоляторах максимум напряженности поля смещается к исправному элементу гирлянды, что важно учитывать при сопоставлении результатов теплового и ультрафиолетового методов [1, 6].

Достоверность результатов диагностики изоляторов подтверждена многолетним опытом приме-



Рис. 6. Дефектная гирлянда из трех фарфоровых изоляторов типа ПФ-70: а – двухспектральное (УФ + видео) изображение гирлянды; б – внешний вид дефекта нижнего изолятора (скол фарфора в районе стержня)

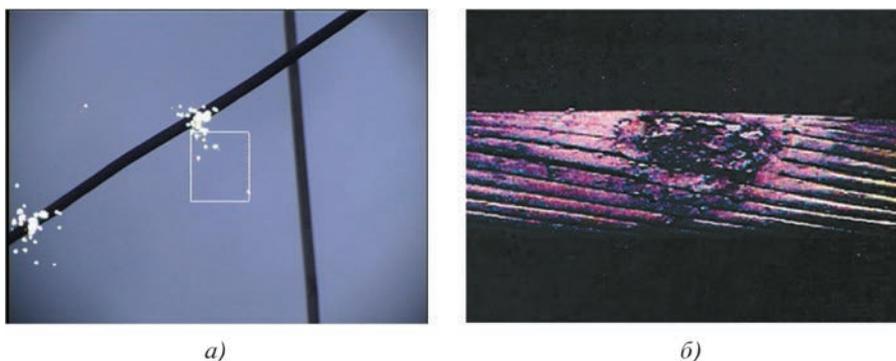


Рис. 7. Определение локальных повреждений элементарных проводников высоковольтных линий: а – коронный разряд в зонах коррозии ошиновки линии 500 кВ; б – фотография поврежденного ударом молнии проводника ВЛ

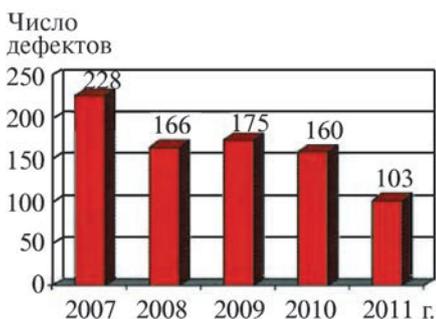


Рис. 5. Диаграмма выявленных дефектов изоляторов на Горьковской железной дороге за период с 2007 по 2011 гг.

ния УФ-дефектоскопов ОАО «РЖД» России. На сегодняшний день все электрифицированные железные дороги России 27,5 кВ переменного тока используют в составе вагонов-лабораторий испытаний контактной сети (ВИКС) ультрафиолетовые камеры для диагностики подвесной изоляции контактной сети и тепловизоры

для оценки теплового состояния контактных соединений.

По данным дорожной электротехнической лаборатории (ДЭЛ) Горьковской дороги, с 2007 по 2011 гг. число перекрытий изоляции контактной сети (КС) было снижено примерно в 2–2,5 раза (рис. 5), а достоверность результатов обнаружения дефектов ультрафиолето-

вым методом составила 96 % [3]. Поскольку после выявления дефектов изоляцию заменяли, число обнаруженных неисправных изоляторов постоянно снижалось.

Анализ повреждаемости по видам и типам изоляторов показал, что основная часть повреждений приходится на подвесную фарфоровую (более 50%) и подвесную стеклянную (20–25 %) изоляцию.

На рис. 6 показана дефектная гирлянда из трех фарфоровых изоляторов типа ПФ-70.

Особое место метод дистанционного обнаружения по ультрафиолетовому излучению может занять при определении локальных повреждений элементарных проводников высоковольтных линий (ВЛ) при коррозии (рис. 7, а) или их повреждении (рис. 7, б). Эти дефекты имеют очень небольшие размеры локализации и чаще всего не создают заметных термографических отклонений.

Не следует забывать, что повышенная коронная активность и стримеры, возникающие при снижении изоляционного промежутка, являются потенциально пожароопасными источниками и легко обнаруживаются по ультрафиолетовому излучению.

Напоследок необходимо затронуть тему нормативной документации изложенных технологий диагностики. Впервые тепловой метод неразрушающего контроля был включен в РД 34.45-51.300-97 («Объем и нормы испытаний электрооборудования») в 1997 г., в этой же редакции РД (п. 30.6.4) был рекомендован контроль изоляторов с использованием тепловизоров и электронно-оптического дефектоскопа «ФИЛИН», который частично визуализирует ночью ультрафиолетовый спектр, не оцифровывая сигнал и не имея возможности привязки дефекта к объекту [4, 5]. Возможно, поэтому в редакции РД с изменениями и дополнениями на 1 марта 2001 г. пункт 30.6.4 был незаслуженно исключен, а пунктом 30.6.3. предписывается осуществлять контроль изоляторов всех типов для подвес-

ки грозозащитного троса и полимерных изоляторов методом внешнего осмотра. Однако такой подход может «предсказать пожар только по факту его обнаружения». Спустя десятилетие техника стала на пять-шесть порядков более чувствительной, работающей практически в любых погодных и световых условиях, имеющей современные интерфейсы обмена и сохранения данных [8]. Таким образом, становится совершенно очевидной необходимость внесения дополнений в нормативную документацию, касающуюся полиспектрального метода диагностики, который не ограничивается только диагностикой электроизоляции, но может эффективно применяться для контроля ремонта статорных обмоток, электрических двигателей, монтажа электрических агрегатов [6]. Первые шаги в этом направлении сделаны в концерне «Росэнергоатом», в результате чего был принят отраслевой руководящий документ [7], следующий этап – создание таких нормативных баз для других отраслей, использующих энергетическое силовое оборудование и механизмы.

Выводы

Современные тепловизионные системы и системы контроля ультрафиолетового излучения дополняют друг друга и позволяют повысить вероятность обнаружения дефектов практически любого электрического оборудования на рабочем напряжении и под нагрузкой.

Описанный полиспектральный метод позволяет по совокупности измеряемых характеристик принимать обоснованные технические решения о поддержании эксплуатационной надежности действующего оборудования, регламентировать своевременное проведение ремонтов, на ранней стадии обнаруживать и предупреждать возможные аварийные ситуации.

Весьма перспективным представляется применение ультрафиолетовых систем для обнаружения и локализации мест горения водоро-

да, спирта, метилена и ряда других газов, горение которых не наблюдается в видимой области спектра, а также использование в экологическом мониторинге окружающей среды при обнаружении радиоактивных продуктов и отходов.

Библиографический список

1. Крупенин Н.В., Голубев А.В., Завидей В.И., Головичер В.А. Биспектральный метод контроля технического состояния опорно-подвесной изоляции сетей и подстанций на рабочем напряжении // Энергетик. 2007. № 4.
2. Железнов Ф.Д., Плотников Ю.И., Акулов В.А. и др. Повышение достоверности ультрафиолетовой диагностики изоляции контактной сети // Железные дороги мира. 2011. № 4. С. 60–68.
3. Лосев В.Г., Железнов Ф.Д., Плотников Ю.И. и др. Мобильная система диагностики изоляторов контактной сети по ультрафиолетовому излучению // Локомотив. 2012. № 9. С. 40–42.
4. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е изд. М.: ЭНАС, 1998.
5. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е изд., с изм. и доп. по сост. на 01.03.2001. М.: ЭНАС, 2003.
6. Завидей В.И. Дистанционные методы и системы дефектоскопии высоковольтной изоляции электрооборудования по оптическому излучению // Энергетик. 2010. № 9.
7. МД 1.3.3.99.041-2009. Методические рекомендации по раннему выявлению дефектов внешней изоляции токоведущих частей электрооборудования АЭС с использованием средств УФ-контроля. М.: ОАО «Концерн Энергоатом», 2009.
8. Плотников Ю.И., Демидов В.А., Демидов С.В. и др. Испытания портативного УФ-дефектоскопа CoroCAM6D в хозяйстве электроснабжения // Железные дороги мира. 2014. № 1.

Полиспектральный метод как комплексное решение для диагностики подстанций и ВЛ

Мы предлагаем:

- Уникальные приборы.
- Сертификацию и обучение персонала.
- Методики диагностики.
- Метрологические услуги по поверке приборов.



UViRSCO - полиспектральные системы,
совмещающие тепловизор и
UV дефектоскоп

NEC - тепловизоры класса "Premium"

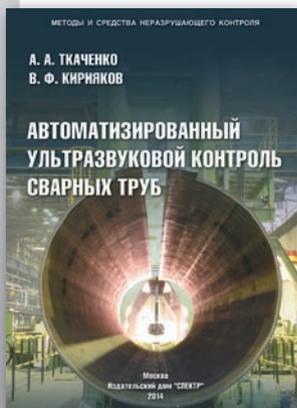
www.panatest.ru



Спектр
Издательский дом

Ткаченко А. А., Кирияков В. Ф.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ ТРУБ



700 руб.

ISBN 978-5-4442-0065-0. Формат - 60x90 1/16, 190 страниц, год издания - 2014.

Рассмотрены способы сварки труб в поточных линиях современных высокоскоростных трубоэлектросварочных агрегатов и характеристики дефектов сварных швов и тела труб. Выполнена классификация основных факторов, влияющих на достоверность автоматизированного ультразвукового контроля электросварных труб, разработаны способы уменьшения их влияния. Приведены результаты исследований акустического тракта применительно к условиям автоматизированного контроля сварных швов труб с целью выбора зоны контроля металла шва, автоматического слежения за его положением относительно акустической системы и компенсации дестабилизирующих воздействий. Теоретически на основе вероятностного и корреляционного способов решена задача повышения достоверности автоматизированного ультразвукового контроля и определения вида дефекта электросварных труб.

Выполнена разработка аппаратно-программных комплексов автоматизированного ультразвукового контроля электросварных труб, как составной части систем интеллектуальной диагностики технологического процесса сварки труб. Изложены принципы и варианты построения автоматизированных установок ультразвукового контроля сварных швов и краевых зон концов труб, описаны структурные схемы аппаратного комплекса. Приводятся конструктивные особенности акустических блоков, краткие технические данные автоматизированных установок, результаты их испытаний и внедрения. Приведено структурное описание программного обеспечения и упрощенные алгоритмы работы каналов установок, порядок метрологического обеспечения аппаратуры, технология автоматизированного ультразвукового контроля сварного шва и краевых полос труб в потоке производства.

Для научных работников, специалистов и инженеров металлургической промышленности, трубопроводного транспорта, занимающихся созданием и внедрением в промышленность систем ультразвукового контроля, может быть полезна студентам вузов.

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)

НОВЫЙ СТАНДАРТ КАЧЕСТВА
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКОСКОПОВ

УСД-50



Ультразвук как искусство



«Аналоговая» динамика сигнала
Яркий и контрастный цветной TFT
дисплей с разрешением 640×480
Регулируемая амплитуда и
форма импульса возбуждения
Высокая разрешающая способность
В-скан
Функции ВРЧ и АРК
Два независимых строга
Высокая точность определения
координат дефекта и измерения толщины
Гарантия 3 года

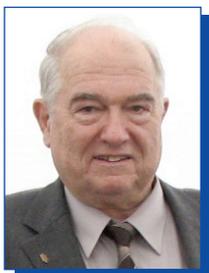
WWW.KROPUS.RU

МОСКВА • САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • ЕКАТЕРИНБУРГ • ПЕРМЬ

Научно-производственный центр «Кропус»
142400, г. Ногинск, МО, ул. 200-летия города, 2
e-mail: sales@kropus.ru

Тел/факс: (495) 500 2115, 506 2130
(496) 515 8389, 515 5056

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ И УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ



ТРОИЦКИЙ
Владимир Александрович
Доктор технических наук,
профессор, заведующий отделом

ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев, Украина



ГЛУХОВСКИЙ
Виктор Юрьевич
Ведущий инженер

Тепловые методы контроля позволяют проводить дистанционную диагностику в процессе эксплуатации промышленных объектов, что особенно актуально для непрерывных производственных процессов и потенциально опасных объектов. Эти методы базируются на измерении избыточного температурного поля на поверхности объекта контроля (ОК), которое возникает в ходе его функционирования или принудительного теплового облучения. Наибольшее распространение тепловые методы получили в металлургии, химической и нефтехимической промышленности, энергетике, трубопроводном транспорте, машиностроении, строительстве и т.д.

Одним из наиболее важных инструментальных методов является дистанционная инфракрасная тепловизионная диагностика, в основе которой лежит процесс регистрации температурного поля с помощью специального устройства – тепловизора и которая визуализируется в виде термограмм. Применение тепловизоров позволяет выявлять локальные аномалии температурного поля на поверхности ОК [1]. При этом, будучи известной на протяжении более чем 30 лет, тепловизионная диагностика остается по сути качественным методом.

Нерешенной проблемой для тепловизионной диагностики различных объектов является проблема определения размеров и координат дефектов в зависимости от картины распределения температурного поля на поверхности объекта контроля. На наш взгляд, для определения размеров и координат

дефектов на поверхности ОК на сегодняшний день отсутствуют подходы к созданию средств и специального программного обеспечения, а также методик и соответствующей нормативной базы, которые позволили по распределению температуры на начальных термограммах оценить техническое состояние различных объектов в реальных эксплуатационных условиях.

При определении размеров и координат дефектов на поверхности ОК ключевая роль тепловизионной диагностики заключается в дистанционном определении распределения температурного поля с точки одинаковой температуры, т.е. изотермических поверхностей или линий, которые соответствуют одинаковой температуре по толщине ОК. Для фиксации контура изотермической поверхности можно использовать современные средства лазерной измерительной техники и с помощью программного обеспечения рассчитывать площадь дефектов ОК [2].

В последнее время к информативности теплового контроля предъявляются все большие требования. Сегодня уже мало знать о наличии дефектов в ОК. Поэтому ставится задача на основании пространственного распределения изображений температурных полей определить числовые параметры дефектов и сделать вывод о техническом состоянии ОК.

Поэтому во время проведения тепловизионной диагностики возникает задача определения геометрических размеров как участка контроля, так и выявленных на нем дефектов. Современные термографические приборы не позволяют определить ни дистанцию до объекта контроля, ни его геометрические размеры. Именно это исключает в большинстве случаев определение количественных характеристик дефектов. Таким образом, возникла потребность в усовершенствовании тепловизионных систем за счет их объединения со средствами измерительной техники.

Наиболее эффективно для этих целей применение современной лазерной измерительной техники, которая позволяет с высокой точностью измерять дистанцию до объекта контроля и его площадь.

Для изучения возможности создания лазерно-тепловизионной системы были использованы образцы с искусственными дефектами различной формы для получения характера распределения температурных полей. Искусственные дефекты имитировали различную степень выноса материала в середине ОК вследствие действия различных факторов и различных геометрических форм, в том числе и сложных.

Для исследований были выбраны три типа контрольных образцов прямоугольной формы с размерами 200 300 10 мм, изготовленные из низкоуглеродистой стали (сталь 15): без дефектов, с искусственными дефектами простой и сложной формы (рис. 1).

Целью экспериментальных исследований температурных полей контрольных образцов было определение возможности выявления качественных и количественных характеристик заложенных дефектов. Такими характеристиками выступают: степень проявления дефекта, контрастность проявленного дефекта, его геометрические параметры.

Исследования температурных полей контрольных образцов проводили в лабораторных условиях с помощью активного тепловизионного метода контроля на специально разработанной экспериментальной установке, схема которой приведена на рис. 2.

Экспериментальные исследования проводили согласно разработанной методике. Контрольный образец 2 нагревали инфракрасным излучателем 1 мощностью 1 кВт до стационарной температуры 52 °С, т.е. до такой температуры, значение которой не меняется во времени. Нагревание вели со стороны открытых искусственных дефектов. После достижения стационарной температуры выполняли термографическую съемку. Температуру поверхности контрольного образца контролировали контактной хромель-алюмелевой термопарой 3 и бесконтактным инфракрасным пирометром 4 марки CYCLOPS 300 производства MINOLTA-LAND (Япония). Распределение температурного поля на поверхности контрольных образцов фиксировали тепловизором 5 марки Ti 814 производства LAND (Англия–Китай). Данные с термопары, пирометра и тепловизора поступали в персональный компьютер 6.

Необходимо уточнить, что процесс снятия показателей температурного поля поверхности контрольной пластины осуществлялся в условиях как стационарного, так и нестационарного температурного поля. Характер изменения максимальной температуры поверхности образца приведен на рис. 3.

Полученные термограммы стационарного температурного поля поверхности пластины дают удовлетворительные качественные характеристики дефекта, а именно высокой уровень проявления и значительную контрастность, но вместе с тем количественные характеристики определить крайне сложно (рис. 4).

Начиная с 23-й секунды температурная картина дефекта начала приобретать контуры, заложенные искусственно. При этом уже можно было говорить не только о качественных характеристиках дефекта, но и о количественных, с соответствующей погрешностью измерения.

Следует отметить, что степень проявления дефекта зависит не только от коэффициента черноты поверхности, но и от глубины его залегания и его геометрических параметров. В случае приведенных контрольных образцов (см. рис. 1) искусственные дефекты залегают на разной глубине и на термограм-

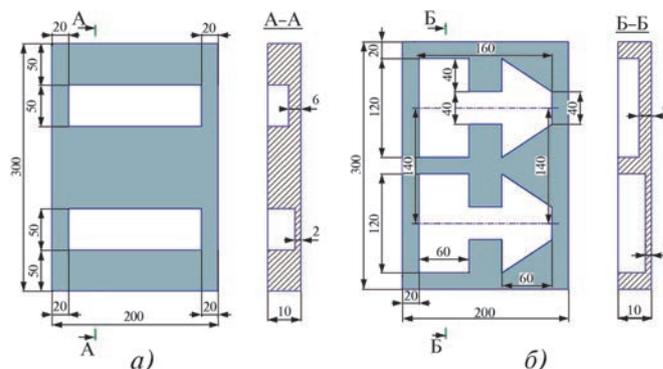


Рис. 1. Схематическое изображение образцов с искусственными дефектами простой (а) и сложной (б) геометрической формы

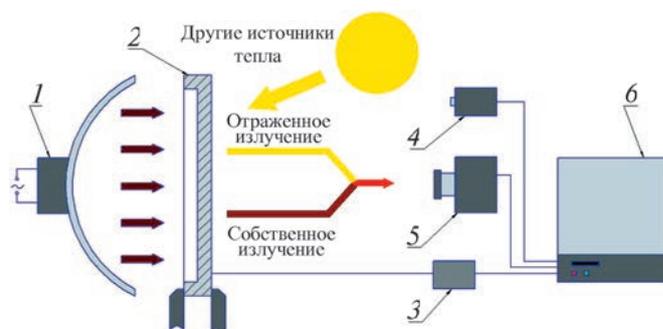


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для активного тепловизионного контроля образцов



Рис. 3. Характер изменения максимальной температуры контрольного образца в процессе термографической съемки

мах наиболее интенсивно проявляются те, что расположены ближе к поверхности. Таким образом, эта зависимость дает возможность определить глубину залегания, опираясь на значения температурных полей и применив решение задачи обратной теплопроводности.

Полученные результаты дают возможность решать вопрос тепловизионной дефектометрии посредством определения геометрических параметров выявленных дефектов. Для этих целей рекомендовано использовать средства лазерной измерительной техники, например лазерные дальнометры.

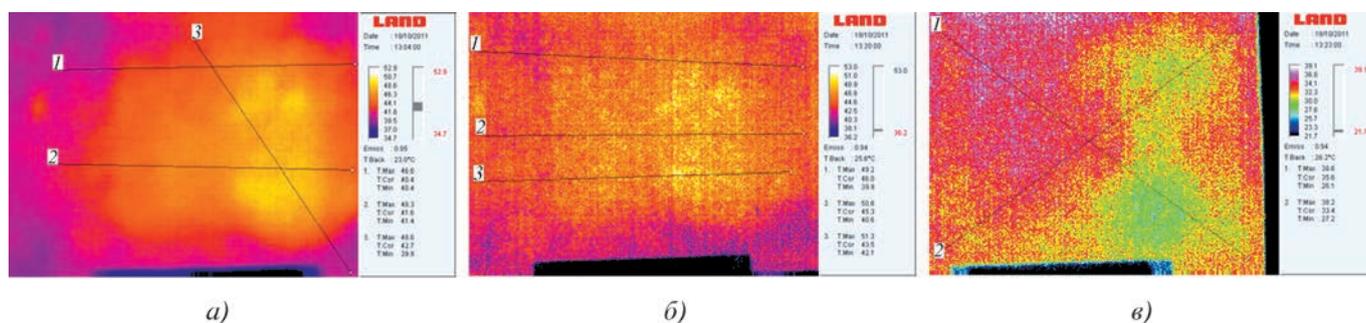


Рис. 4. Термограммы температурного поля поверхности контрольного образца с искусственными дефектами после достижения стационарной температуры:

а – на 4-й секунде, б – на 19-й секунде, в – на 23-й секунде



Рис. 5. Структурная схема лазерно-термографического комплекса

Одна из возможных структурных схем лазерно-измерительного комплекса представлена на рис. 5. Данная структурная схема позволяет определять геометрические размеры и координаты температурных полей над дефектами контролируемых объектов.

Инфракрасное излучение от ОК фиксируют тепловизионной камерой, расстояние до ОК – лазерным дальномером. Информация с устройств в виде термограммы, радиометрической таблицы и числового значения расстояния до ОК поступает в персональный компьютер. С помощью специального программного обеспечения происходит обработка полученных данных, результатом которой является формирование программой визуального изображения дефекта с его рассчитанной площадью и глубиной залегания.

Данная структурная схема позволяет решать задачи как тепловой дефектоскопии, так и дефектометрии.

Выводы

Тепловизионная диагностика – наиболее эффективное решение для определения технического состояния потенциально опасных и труднодоступных объектов, для которых изменение рельефа температурного поля является адекватным показателем качества.

Экспериментальные исследования показали, что термограммы стационарного температурного

поля ОК информативны при условии проявления объемных и/или протяженных дефектов, которые дают достаточно информации для принятия решения об их качественных и количественных характеристиках.

Выполняя виртуальные алгоритмические исследования по изучению термоизображений в зависимости повышения эффективности тепловизионной диагностики потенциально опасных и удаленных объектов, необходимо использовать комплексные технические средства, позволяющие осуществлять не только тепловую дефектоскопию, но и дефектометрию.

Библиографический список

1. Маслова В.А., Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. Харьков: «Компания СМІТ», 2004. 160 с.
2. Троцький В.О., Бондаренко О.Г., Глуховський В.Ю. Особливості створення засобів для оцінки параметрів дефектів тепловим неруйнівним контролем // Цільова комплексна програма НАН України «Проблема ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин». Збірник наукових статей за результатами, отриманими в 2010–2012 рр. / Науковий керівник академік Б.Є. Патон. Київ, 2012.

Автоматизированный контроль сварных швов

► Сканер-дефектоскоп A2051 ScaUT

Назначение

- Сканер-дефектоскоп A2051 ScaUT предназначен для комплексного автоматизированного контроля стыковых сварных соединений металлоконструкций при толщине свариваемых деталей от 4 до 40 мм и радиусе кривизны внешней поверхности от 300 мм.
- Ультразвуковым методом обеспечивается измерение толщины деталей, выявление и ранжирование дефектов сварного шва: пор, непроваров, шлаковых включений, трещин, подрезов и расслоений в околошовной зоне.
- Лазерно-оптическим способом обеспечивается измерение смещения кромок шва, размеров и профиля валика усиления, обнаружение и измерение дефектов на внешней поверхности шва и околошовной зоны.
- Основной областью применения A2051 ScaUT является производственный и эксплуатационный контроль трубопроводов.

Особенности

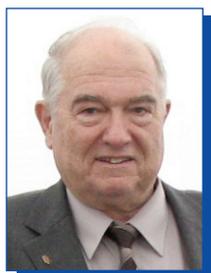
- Ультразвуковой контроль реализован на базе двух многоэлементных антенных решеток и алгоритмов цифровой фокусировки апертуры (ЦФА), что обеспечивает максимально возможную для ультразвукового метода чувствительность к дефектам, селекцию их типов, измерение эквивалентной площади и полный контроль всего сечения шва и околошовной зоны.
- Акустический контакт обеспечивается за счет автоматической подачи контактной жидкости из бака через инжекторы непосредственно под антенные решетки, что создает стабильный акустический контакт при малом расходе жидкости и позволяет контролировать не менее 10 погонных метров сварного шва от одной заправки бака.
- Лазерно-оптический канал непрерывно измеряет положение антенных решеток относительно оси сварного шва.
- Магнитное мотор-колесо для надежного перемещения и удержания сканера на всей окружности трубы.
- Трехмерный датчик угла наклона и система позиционирования GPS / ГЛОНАСС / Galileo обеспечивают пространственную привязку получаемых результатов.
- Bluetooth гарнитура оператора (наушник) позволяет оперативно следить за процессом проведения контроля в зашумленных условиях и дистанционно управлять движением сканера-дефектоскопа.
- Протокол контроля с перечнем обнаруженных дефектов и их параметров, а так же результаты проверки на соответствие проконтролированного шва действующим нормам отбраковки отображаются на встроенном дисплее.
- Литий-феррум-полимерный аккумулятор обеспечивает непрерывную работу устройства в течение 4 часов с возможностью полного цикла заряда за 15 мин.



Технические характеристики

Чувствительность к дефектам сварного шва	от 0,5 кв. мм
Точность измерения геометрии сварного шва	0,2 мм
Скорость сканирования	2 м/мин
Диапазон контролируемых толщин	от 4 до 40 мм
Объем бака для контактной жидкости	1 л
Радиус кривизны контролируемой поверхности	от 300 мм
Диапазон установки скорости ультразвука	от 1 000 до 9 999 м/с
Время непрерывной работы от аккумулятора, не менее	4 ч
Габаритные размеры	415x166x146 мм
Масса, не более	10 кг
Диапазон рабочих температур	от -20 до +50 °С

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ



ТРОИЦКИЙ
Владимир Александрович
Доктор технических наук,
профессор, заведующий отделом

ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев, Украина



ГЛУХОВСКИЙ
Виктор Юрьевич
Ведущий инженер

и приводить к резкому снижению его усталостной прочности. В связи с этим для обеспечения высокого качества паяных соединений прежде всего необходимо применять методы неразрушающего контроля и технической диагностики [1].

При неудовлетворительном качестве паяных соединений контактов статорных обмоток электродвигателей локальный нагрев и электродинамические силы, возникающие в обмотке и зоне пайки проводников, снижают их электрическую и механическую прочность, приводят к возникновению электроразрядных процессов и последующему выходу из строя машины. Исходя из статистики повреждаемости электродвигателей, наиболее уязвимым узлом является статор, на долю которого приходится до 60 % отказов, на втором месте подшипниковый узел – до 22 %, далее ротор – до 9 % [2].

Из этого следует, что паяные соединения в процессе производства статорных обмоток электродвигателей должны подвергаться неразрушающему контролю (НК) согласно соответствующим нормативным документам (ГОСТ 19249–73, ГОСТ 23479, ГОСТ 18442–80, ГОСТ 24715–81, ГОСТ 26126–84). Для паяных соединений применимы все известные наблюдения, регистрация и анализ результатов взаимодействия с объектом контроля (ОК) воздействующих факторов (физических полей, т.е. излучений, или веществ). Причем характер этого взаимодействия зависит от химического состава, строения, состояния структуры ОК и т.п. В зависимости от типа физического взаимодействия с ОК неразру-

Качество паяных изделий определяется их прочностью, надежностью, степенью работоспособности, коррозионной стойкостью, способностью обеспечивать функции неразъемного соединения, сохраняя необходимую теплопроводность, электропроводность, коммутационные характеристики. Эти характеристики достигаются оптимальными технологическими решениями процесса производства паяного изделия. Дефекты, возникающие при изготовлении паяных изделий, можно разделить на дефекты заготовки и сборки, дефекты паяных соединений, связанные с заполнением припоем пространства между соединяемыми деталями.

К наиболее типичным дефектам паяных соединений относятся: смещения, поры, раковины, шлаковые и флюсовые включения, непропаи, трещины. Эти дефекты классифицируют на две группы: связанные с заполнением расплавом припоя зазора между соеди-

ненными пайкой деталями и возникающие в процессе охлаждения изделия с температурой пайки. Дефекты первой группы обусловлены главным образом особенностями заполнения капиллярных зазоров в процессе пайки. Дефекты второй группы вызваны уменьшением растворимости газов в металлах при переходе из жидкого состояния в твердое и усадочными явлениями. К ним относятся пористость кристаллизационного и диффузионного происхождения.

Наиболее часто в паяном соединении встречаются отсутствие его сплошности, пустоты и пористость. Эти дефекты нарушают непрерывность слоя припоя, они неизбежно оказывают неблагоприятное влияние на прочность паяного соединения. В исследованных паяных соединениях силовых цепей больших электрических машин в зависимости от условий паяния площадь пустот в паяном соединении может изменяться в пределах от 5 до 65 % площади спая

шающий контроль подразделяют на девять основных видов: оптический, электрический, тепловой, акустический, магнитный, вихре-токовый, радиоволновой, радиационный и контроля проникающими веществами [3].

Традиционно применяемый визуально-измерительный метод не дает полной картины состояния пайки элементов статорной обмотки и не позволяет гарантированно и своевременно обнаруживать скрытые дефекты пайки. Задача раннего обнаружения дефектов паек может быть решена средствами тепловизионной техники под нагрузкой и выполняться на машинах с открытым оптическим доступом при снятых торцовых щитах электродвигателя. При расположении электродвигателей во взрывоопасных помещениях на производстве (например, двигатели нефтяных насосов) их работа при снятых торцовых щитах не допустима, в связи с чем возникает необходимость создания методики, которая позволит проводить диагностику паек в любых по классу взрывоопасности помещениях [4].

Тепловой контроль качества паяных соединений ошиновок и обмоток двигателей всех типов и классов напряжений является наиболее естественным, поскольку связан с изменением основного параметра обмотки ее локального электрического сопротивления. При контроле теплового (температурного) режима фрагментов обмоток и зон с прямым оптическим доступом паяных соединений в лобовой части использовали тепловизионную технику и термодары. Для контроля температурного поля применяли тепловизор Testo 876 с функцией SuperResolution, обеспечивающий температурную чувствительность < 80 мК. Данная модель тепловизора оснащена неохлаждаемой болометрической матрицей с разрешением 160 120 (программно 320 240) с диапазоном температур до +280 °С.

Тепловой режим в зоне дефектного соединения характеризуется трехмерным температурным полем из-за распространения тепла как в поперечном, так и в продольном



Рис. 1. Общий вид паяных соединений статорных обмоток электродвигателя



Рис. 2. Рентгенограмма пяти образцов паяных соединений статорных обмоток электродвигателя

направлениях относительно оси проводника. Элементарные проводники обмоток не обладают осевой симметрией в направлении, перпендикулярном продольной оси, поэтому для них характерен увеличенный уровень теплоотдачи с боковой поверхности и, как правило, большая скорость снижения температуры в продольном направлении по сравнению с цилиндрическими проводниками.

Исследуемые паяные соединения статорных обмоток электродвигателя представляют собой нахлесточное соединение двух проводников с прямоугольным сечением (22 10 2 мм). Величина нахлеста лежит в пределах от 2 до 2,5 длины большей стороны прямоугольника. Пять образцов изготовлены на Заводе крупных электрических машин (г. Н. Каховка, Украина) и являются элементами статорных обмоток электродвигателей (рис. 1).

Для подтверждения наличия или отсутствия внутренних дефектов в паяных соединениях статорных обмоток электродвигателя проведено рентгенографирование пяти образцов (рис. 2).

Образец 3 имеет явные дефекты в виде несплошностей паяного соединения, на что указывают

более темные участки в районе спаия [5].

Для расчета температурных параметров паяных соединений рассмотрена модель прохождения электрического тока через плоскость припоя, лежащего между двумя медными проводниками. В качестве припоя использовали материал Пср-10. Это твердый припой на основе меди (52–52 %) с добавлением цинка (35,39–38,15 %) и серебра (9,7–10,3 %) с температурой плавления 822–850 °С [6].

Если через проводник, имеющий температуру окружающей среды, проходит ток, то температура проводника постепенно повышается, так как вся энергия потерь при прохождении тока переходит в теплоту. Скорость нарастания температуры проводника при нагреве током зависит от соотношения между количеством выделяющейся теплоты и интенсивностью ее отвода, а также теплопоглощающей способностью проводника.

Количество теплоты, выделенной в проводнике в течение времени dt , будет составлять

$$dQ = Pdt = I^2 R_a dt, \quad (1)$$

где I – действующее значение тока, проходящего по проводнику, А;

R_a – активное сопротивление проводника при переменном токе, Ом; P – мощность потерь, переходящих в теплоту, Вт. Часть этой теплоты идет на нагрев проводника и повышение его температуры, а остальная теплота отводится с поверхности проводника за счет теплоотдачи.

Энергия, переходящая в нагрев проводника, равна

$$dQ_1 = Gcd\Delta T, \quad (2)$$

где G – масса токоведущего проводника, кг; c – удельная теплоемкость материала проводника, кДж/(кг·К); ΔT – перегрев, т.е. превышение температуры проводника по отношению к температуре окружающей среды:

$$\Delta T = T - T_0, \quad (3)$$

T и T_0 – температуры проводника и окружающей среды соответственно, °С.

Энергия, отводимая с поверхности проводника в течение времени dt за счет теплоотдачи, пропорциональна превышению температуры проводника над температурой окружающей среды:

$$dQ_2 = KF(T - T_0)dt = KF\Delta T dt, \quad (4)$$

где K – общий коэффициент теплоотдачи, учитывающий все виды теплоотдачи, Вт/(м·°С); F – поверхность охлаждения проводника, см².

Уравнение теплового баланса за время неустановившегося теплового процесса можно записать в следующем виде:

$$dQ = dQ_1 + dQ_2 \quad (5)$$

или

$$I^2 R_a dt = Gcd\Delta T + KF\Delta T dt, \quad (6)$$

или

$$\frac{I^2 R_a}{Gc} = \frac{d\Delta T}{dt} + \frac{KF}{Gc} \Delta T. \quad (7)$$

Для условий нормального режима, когда температура проводника изменяется в небольших пределах, можно принять, что R , c , K представляют собой постоянные величины. Кроме того, следует учесть, что до включения тока проводник имел температуру окружающей среды, т.е. начальное превышение температуры проводника над температурой окружающей среды равно нулю.

В результате решения этого дифференциального уравнения нагрева проводника получаем

$$\Delta T = Ae^{\frac{KF}{Gc}t} + \frac{I^2 R_a}{KF}, \quad (8)$$

где A – постоянная интегрирования, зависящая от начальных условий.

При $t=0$ $\Delta T=0$, т.е. в начальный момент нагреваемый проводник имеет температуру окружающей среды.

Тогда для $t=0$ получаем

$$\Delta T = A + \frac{I^2 R_a}{KF} \text{ и } A = -\frac{I^2 R_a}{KF}. \quad (9)$$

Подставляя значение постоянной интегрирования A , получаем

$$\Delta T = T - T_0 = \frac{I^2 R_a}{KF} (1 - e^{-\frac{KF}{Gc}t}). \quad (10)$$

Из этого уравнения следует, что нагрев токоведущего проводника происходит по экспоненциальной кривой. Как видно, с изменением времени возрастание температуры

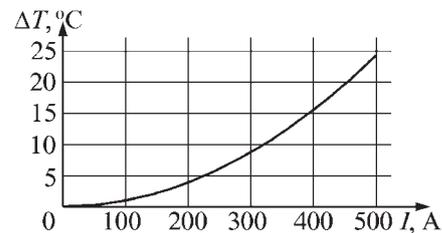


Рис. 3. Зависимость превышения температуры проводника над температурой окружающей среды ΔT от величины проходящего тока I через плоскость паяного соединения

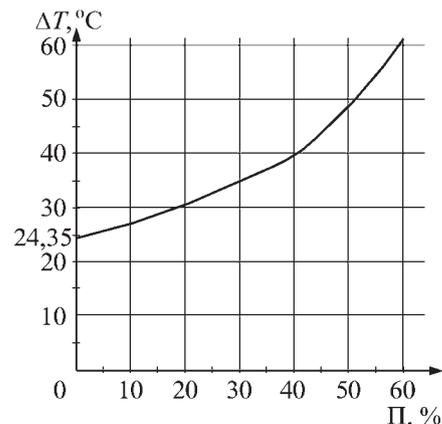


Рис. 4. Зависимость предельного значения разности температур ΔT в зоне припоя от процентной составляющей площади пустот P в паяном соединении при токе 500 А

проводника замедляется и температура достигает установившегося значения. Уравнение (10) позволяет определить температуру проводника в любой момент времени t с начала прохождения тока.

Величина установившегося перегрева может быть получена, если в уравнении нагрева принять время $t=\infty$:

$$\Delta T_y = T_y - T_0 = \frac{I^2 R_a}{KF}, \quad (11)$$

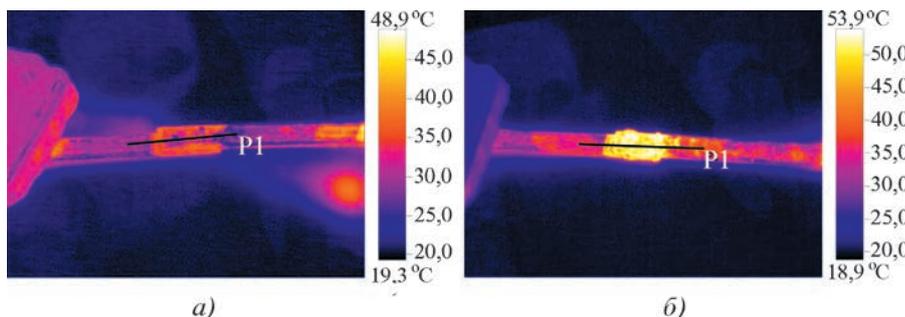


Рис. 5. Термограммы бездефектного (а) и дефектного (б) паяных соединений

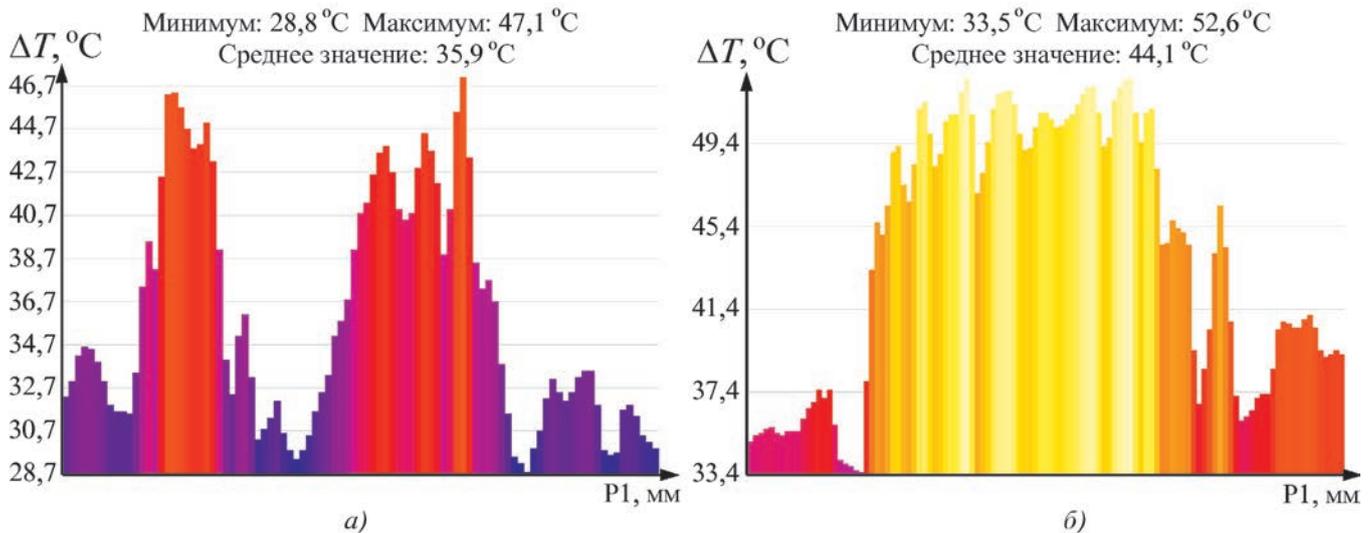


Рис. 6. Гистограммы температурного поля вдоль линии P1 бездефектного (а) и дефектного (б) паяных образцов

где T_y – установившаяся температура поверхности проводника; ΔT_y – установившееся значение превышения температуры проводника над температурой окружающей среды.

Таким образом, выражение (11) позволяет определить оптимальный ток нагрева паяного соединения, при котором возникает максимальная температурная контрастность, соответствующая значению ΔT_y (рис. 3).

Таким образом, при проходящем постоянном токе 500 А через плоскость припоя с параметрами 22 10 2 мм, предельное значение ΔT_y равно 24,35 °С. При этом данное значение разности температур соответствует бездефектному паяному соединению и имеет высокую степень контрастности при термографировании. Наличие несплошностей в паяном соединении отражается в виде увеличения температуры над зоной припоя (рис. 4).

Предварительный тепловизионный контроль паяных соединений статорных обмоток электродвигателя проводили на специально изготовленных образцах, один из которых имел явные дефекты в виде локальных непропаев, термограммы которых представлены на рис. 5. Через паяные соединения пропускали переменный ток, равный 500 А, в течение 30 с. После этого проводили термо-

графическую съемку тепловизором марки TESTO 876.

Как видно на гистограммах (рис. 6), которые соответствуют участкам P1, отмеченным на рис. 5, максимальная температура зоны спая для бездефектного соединения равна 37,1 °С при средней температуре медных токопроводов 27,2 °С и, соответственно, 52,6 °С для дефектного при средней температуре медных токопроводов 38,1 °С.

Выводы

1. Опытные испытания и предварительные расчеты показали, что при токе 500 А, проходящем через зону припоя, граничное значение превышения температуры для бездефектного соединения составляет 24,35 °С (для соединения 22 10 2 мм).
2. Превышение граничного значения температуры для подобных паяных соединений будет свидетельствовать о наличии внутренних дефектов.
3. Применение тепловизионного контроля позволяет эффективно выявлять дефектные участки в паяных соединениях статорных обмоток электродвигателя на стадии производства и может стать основой для разработки методики контроля паяных соединений.

Библиографический список

1. Калиниченко Н.П., Викторова М.О. Атлас дефектов паяных соединений. Томск: Изд-во Томск. политехнического ин-та, 2012. С. 40–42.
2. Завидей В.И., Головичер В.А., Милованов С.В. и др. Тепловизионный контроль паяных соединений статорных обмоток вращающихся машин // Энергетик. 2008. № 3. С. 53–57.
3. Урлучич Ю.М., Данилин Н.С. Неразрушающий контроль паяных соединений в радиоэлектронной аппаратуре // Мир измерений. 2010. № 6. С. 31–38.
4. ГОСТ 27471–87. Машины электрические вращающиеся. Термины и определения / Государственный комитет СССР по стандартам. М.: Изд-во стандартов, 1989. С. 2.
5. Троицкий В.А. Пособие по радиографии сварных соединений. Методические рекомендации для специалистов по радиографическому контролю. 2-е изд. Киев: Феникс, 2008. С. 259–265.
6. ГОСТ 19738–74. Припои серебряные. Марки. Межгосударственный стандарт. М., 1985. С. 1–5.

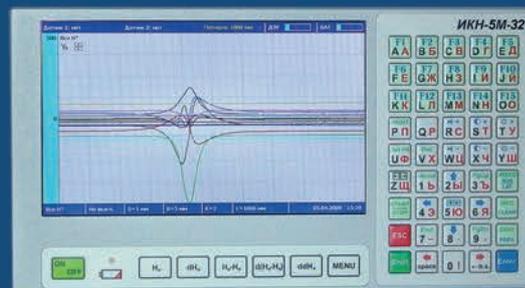
Приборы для ранней диагностики повреждений оборудования, трубопроводов и конструкций с использованием метода магнитной памяти металла



ИКН-7М-16



ИКН-8М-4



ИКН-5М-32

ИКН - измеритель концентрации напряжений - система измерения, регистрации и обработки данных диагностики напряженно-деформированного состояния оборудования и конструкций с использованием метода магнитной памяти металла
Сертификат Росстандарта RU.C.34.003.A №22258



ИКН-6М-8



Специализированные приборы и высокочувствительные датчики для бесконтактной магнитометрической диагностики теплопроводов, газопроводов и других трубопроводов, расположенных под слоем грунта, в труднодоступных каналах с целью определения участков, предрасположенных к повреждениям



ЭМИТ-1М -
электромагнитный индикатор трещин
Сертификат Росстандарта RU.C.27.002.A №35003

Тип 11-12К



ООО "Энергодиагностика"

Россия, 143965, г.Реутов, Московская область, Юбилейный проспект, 8, офис 12
Телефон/факс: +7-498-6502523; +7-498-6616135
www.energodiagnostika.ru E-mail: mail@energodiagnostika.ru

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И РИСКА НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ НК



ДУБОВ
Анатолий Александрович

Д-р техн. наук, профессор,
генеральный директор

ООО «Энергодиагностика», г. Москва, Россия



ДУБОВ
Александр Анатольевич

Заместитель
генерального директора

Среди основных научно-технических проблем оценки ресурса оборудования следует выделить:

- отсутствие научно обоснованной концепции технической диагностики и определения ресурса;
- недостаточную эффективность традиционных методов и средств неразрушающего контроля (НК) при ранней диагностике усталостных повреждений и исследовании структурно-механических свойств металла;
- недостаточную эффективность существующих методов поверочного расчета на прочность из-за отсутствия фактических структурно-механических свойств металла по всем элементам и узлам оборудования;
- отсутствие в широкой практике эффективных средств и методов НК, позволяющих выполнить 100%-ное обследование оборудования для оценки напряженно-деформированного состояния и индивидуального ресурса каждого узла и агрегата в целом.

Полное обследование оборудования традиционными методами НК (ультразвуковым, магнитным, вихрековым и др.) не только требует больших затрат, но малоэффективно из-за невозможности выявления этими методами усталостных повреждений на раннем этапе их развития.

Основным параметром, характеризующим состояние металла оборудования, работающего в

условиях циклических нагрузок, как правило, предлагается считать трещиностойкость. Однако следует помнить, что это условная характеристика материала, которая определяется отношением текущей (фактической в данное время, в данных условиях) скорости роста трещины к критической скорости для данного материала. Но определяется эта характеристика на образцах, и перенос результатов лабораторных испытаний на реальные условия эксплуатации не дает объективной оценки работоспособности оборудования.

Можно ли провести оценку скорости роста трещин и выявить зоны их развития в реальных условиях непосредственно на оборудовании?

Известно, что основная цель 100%-ного обследования – выявление потенциально опасных зон концентрации напряжений (ЗКН), в которых происходит развитие повреждений из-за коррозии, усталости и ползучести. Именно для решения этой задачи предлагается использовать метод магнитной памяти металла (МПМ), основное назначение которого – выявление ЗКН на основе экспресс-контроля всей поверхности оборудования. При этом никаких подготовительных работ не требуется.

ЗКН – это не только заранее известные области, где особенности конструкции создают различные условия для распределения напряжений, создаваемых внешней рабочей нагрузкой, но и случайно расположенные области, где в силу начальной неоднородности структуры металла в сочетании с нерасчетными дополнительными рабочими нагрузками возникли большие деформации.

В работе [1] рассмотрена физическая сущность усталостной поврежденности металла и предложена модель развития этого процесса, открывающего возможность количественной оценки состояния материала при использовании метода магнитной памяти металла.

Основным диагностическим параметром по методу МПМ является градиент магнитного поля рассеяния H_p (dH_p/dx) или коэффициент интенсивности изменения этого поля $K_{ин}$, фиксируемого при сканировании датчиком специализированного магнитометра вдоль поверхности оборудования. Установлено, что именно этот диагностический параметр в силу магнитомеханического эффекта напрямую отображает

энергетическое состояние поверхностных и глубинных слоев металла в ЗКН. При этом максимальное значение градиента поля, определяемое на поверхности металла с точностью до миллиметра, соответствует источнику возникновения трещины. В области наиболее интенсивного процесса деформирования и в конечном итоге разрушения доменная структура претерпевает значительные изменения. Размеры доменов, направления которых совпадают с направлением скольжения, достигают критических размеров. В итоге домен с максимальным размером «раскалывается» – образуется микротрещина. Именно это состояние металла в ЗКН предлагается считать предельным при контроле оборудования методом МПМ.

В лабораторных исследованиях на образцах при статических и циклических нагрузках было получено энергетическое соотношение между магнитными и механическими параметрами:

$$m = \frac{K_{ин}^{пр}}{K_{ин}^{ср}} \cong \left(\frac{\sigma_{в}}{\sigma_{т}} \right)^2, \quad (1)$$

где $K_{ин}^{ср}$ и $K_{ин}^{пр}$ – значения градиента магнитного поля, фиксируемые в ЗКН на образце или непосредственно на оборудовании, соответственно, при достижении условного предела текучести $\sigma_{т}$ и условного предела прочности $\sigma_{в}$.

На рис. 1 представлен график изменения градиента поля $K_{ин}$ в зависимости от числа циклов нагрузки при испытании трубного образца 108 4 мм (сталь 20) на растяжение с максимальной амплитудой напряжений 276 МПа и частотой 10 Гц. Полученный график характеризует четыре фазы усталостного разрушения металла образца в ЗКН, образовавшиеся за первые 1000 циклов приложения нагрузки:

I фаза – подготовительная, заключается в перераспределении продольных неоднородностей деформации, выстраивающихся в создавшихся условиях в «удобную» для металла последовательность. Процесс в этой фазе характеризуется сравнительно высокой скоростью и продолжается сравнительно недолго – 1–1,5 % предельного количества циклов;

II фаза – основная накопительная, характеризуется медленным развитием процесса и продолжается сравнительно долго;

III фаза – период интенсивного развития пластической деформации, приводящего к возникновению в ЗКН микротрещин (стадия упрочнения перед разрушением);

IV фаза – период развития микротрещины в макротрещину, вплоть до разрушения образца.

Результаты экспериментальных исследований на трубчатом образце и исследований, приведенных в работе [2], свидетельствуют о возможности применения метода магнитной памяти металла при оценке

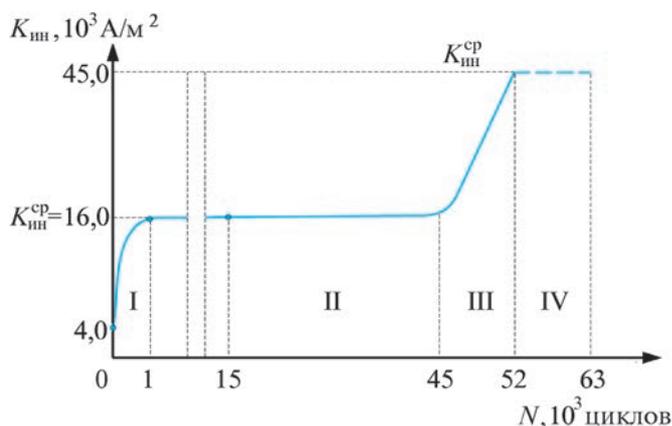


Рис. 1. Изменение градиента поля в ЗКН образца 6 в зависимости от числа циклов нагрузки растяжения

ресурса реального оборудования.

Соотношение (1) неоднократно подтверждалось непосредственно на оборудовании при обследовании методом МПМ [3]. В соответствии с результатами расчетных исследований, представленных в работе [1], магнитный параметр $K_{ин}$ характеризует плотность магнитной энергии W_m , обусловленной механической энергией деформации от силового воздействия W_c :

$$K_{ин} \sim W_m \quad (2)$$

где $W_c = \frac{\sigma \epsilon}{2} = \frac{\sigma^2}{2E}$; E – модуль упругости;

σ , ϵ – соответственно силовая и деформационная составляющие механической энергии.

Из соотношения (2) следует: чем больше силовая энергия W_c расходуется на деформацию (при этом уменьшаясь!), тем больше выделяется магнитной энергии W_m , которая дает увеличение измеряемого магнитного параметра $K_{ин}$.

Сравнение состояния образца при экспериментальных исследованиях по магнитному параметру $K_{ин}$ при достижении им предела прочности $\sigma_{в}$ по отношению к состоянию этого же образца при достижении предела текучести $\sigma_{т}$ дает

$$m = \frac{K_{ин}^в}{K_{ин}^т} \approx \left(\frac{\sigma_{в}}{\sigma_{т}} \right)^2. \quad (3)$$

Энергетическое соотношение (3), выведенное в расчетных исследованиях, подтверждает соотношение (1), полученное экспериментально. Более подробно на физическом уровне соотношение (3) рассмотрено в работе [4].

Используя полученные соотношения (1) и (3) между магнитными и механическими показателями деформационного упрочнения, предлагается на практике выполнять оценку ресурса оборудования в

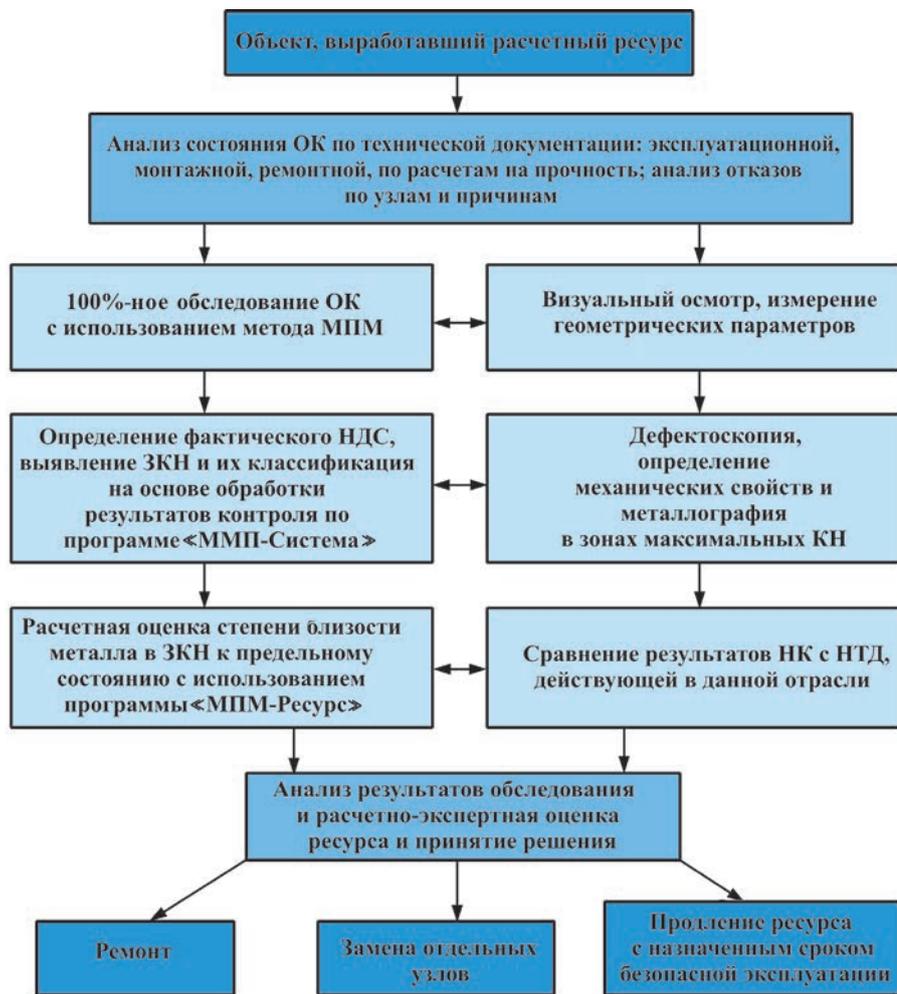


Рис. 2. Структурная схема определения остаточного ресурса оборудования с использованием метода МПМ

ЗКН на основании измеренных показателей $K_{ин}$ и фактической наработки данного узла на дату контроля $T_{ф}$.

Если известны предельные значения $K_{ин}^{пр}$, соответствующие моменту образования микротрещины в ЗКН для однотипных узлов оборудования (определяются по результатам измерений на практике), фактическое максимальное значение $K_{ин}^ф$, измеренное в ЗКН данного узла, и фактическая наработка данного узла $T_{ф}$ на дату контроля, то можно рассчитать предельное время эксплуатации $T_{пр}$ этого узла:

$$T_{пр} = \frac{K_{ин}^{пр}}{K_{ин}^ф} T_{ф}, \quad (4)$$

где $K_{ин}^{пр}$ известно из лабораторных или промышленных исследований, а если неизвестно, то $K_{ин}^{пр}$ определяется из соотношения (1) на основе измеренного значения $K_{ин}^{пр}$ и известных механических характеристик σ_T и σ_B .

Таким образом, остаточный ресурс контролируемого узла с ЗКН составит

$$T_{рес} = T_{пр} - T_{ф}. \quad (5)$$

Предлагаемый способ определения предельного состояния металла в ЗКН и оценки ресурса оборудования основан на принятом допущении линейной зависимости во времени процесса накопления пластической деформации и усталости металла. На момент контроля магнитный параметр $K_{ин}^ф$ характеризует фактическое энергетическое состояние металла в ЗКН. При этом неважно, каким образом (по какой зависимости от параметров нагрузки) достигнуто данное энергетическое состояние. Металл в ЗКН с течением времени как бы дискретно переходит из одного энергетического состояния в другое. Если удастся зафиксировать значения $K_{ин}^ф$ в разные периоды времени T , то будет получена линейная зависимость $K_{ин} = f(T)$ по фиксированным моментам (точкам) различного энергетического состояния металла в ЗКН. Учитывая, что магнитный параметр $K_{ин}$ отображает изменение остаточной деформации в ЗКН, то, соответственно, в этой зоне справедлив линейный закон суммирования (накопления) пластической деформации (упрочнения).

В настоящее время ООО «Энергодиагностика» в результате большого опыта обследования трубопроводов и различного оборудования располагает количественными значениями $K_{ин}$, характеризующими предельное состояние металла по условиям прочности и начальное развитие микро- и макротрещин. Разработаны методические указания по оценке ресурса оборудования на основе измеренных параметров магнитной памяти металла. В работе [5] рассмотрены примеры оценки ресурса. Обработка результатов контроля оборудования методом МПМ осуществляется по программе «ММП-Система». Расчетная оценка степени близости металла в ЗКН к предельному состоянию и расчет остаточного ресурса выполняется по программе «ММП-Ресурс».

На рис. 2 представлена структурная схема определения остаточного ресурса оборудования с использо-

ванием метода МПМ. Принципиальным отличием такого подхода к оценке ресурса является выполнение 100%-ного обследования объекта контроля (ОК) с выявлением всех потенциально опасных ЗКН — источников возникновения повреждений при дальнейшей эксплуатации оборудования.

В 2008 г. опубликован ГОСТ Р 53006—2008 «Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования». Данный стандарт разработан специалистами ООО «Энергодиагностика» и ТК-132 Росстандарта.

К экспресс-методам отнесены пассивные методы НК, использующие внутреннюю энергию металла конструкций:

- метод акустической эмиссии (АЭ);
- метод магнитной памяти металла (МПМ);
- тепловой контроль.

Эти методы получили в настоящее время наибольшее распространение на практике для ранней диагностики повреждений оборудования и конструкций.

Следует отметить, что развитие идеологии метода АЭ с использованием аналогичного энергетического соотношения (3), полученного в методе МПМ, даст возможность качественно изменить статус этого давно известного метода, переведя его из методов дефектоскопии в методы энергодиагностические.

Важные отличия предлагаемого ГОСТ Р 53006—2008 по сравнению с РД 09-102—95, который был разработан ранее по этой теме, заключаются в следующем:

- более конкретно установлены роль и задачи современных методов технической диагностики — 100%-ное обследование и выявление зон концентрации напряжений (ЗКН), определяющих надежность и остаточный ресурс оборудования и конструкций. Эти задачи отвечают рекомендациям, изложенным в ГОСТ Р 52330—2005 [6];
- в качестве основных критериев предельного состояния металла предлагается использовать фактические энергетические характеристики, которые можно определить методами МПМ, АЭ и тепловым методом;
- учтены требования Ростехнадзора к экспертному обследованию оборудования и Федерального закона «О техническом регулировании»;
- скорректирована структурная схема определения остаточного ресурса с акцентом на современные экспресс-методы технической диагностики;
- поверочные расчеты на прочность с оценкой остаточного ресурса предлагается выполнять для ЗКН, остающихся в эксплуатации, с учетом фактических структурно-механических свойств металла, выявленных при обследовании.

При реализации предлагаемого ГОСТ Р 53006—2008 представляется возможным в большинстве случаев без выполнения сложных поверочных расчетов на прочность проводить экспертную оценку ресурса на основе комплексного обследования оборудова-

ния (рис. 2) и назначать срок безопасной эксплуатации.

На основе рекомендаций предлагаемого стандарта для конкретного оборудования возможна разработка методик оценки риска с учетом спецификации особенностей и требований к ОК, существующих в данной отрасли промышленности. При этом оценка риска становится более конкретной, так как на основе 100%-ного обследования оборудования проявляются зоны потенциальных повреждений и степень их опасности для развития аварий.

Например, на современной тепловой электростанции (ТЭС) повреждение котельной трубы, расположенной внутри топки котла, приводит к аварийному останову этого котла с простоем в ремонте не более 2—3 сут. Расчет экономического ущерба от аварийного простоя котла в течение 2—3 сут не представляет проблемы, и такая методика расчета имеется на большинстве современных ТЭС. Если же повреждение имеет место на паропроводе, соединяющем одновременно несколько энергетических котлов (ТЭС с поперечными связями), то расчет экономического ущерба (оценка риска) представляет собой уже значительно более сложную задачу, так как повреждение паропровода, как правило, вызывает одновременный аварийный останов сразу нескольких котлов ТЭС. В отдельных случаях разрыв паропровода и развитие аварии может привести к останову всей электростанции (посадка ТЭС на «0»). Таким образом, ранняя диагностика зон потенциальных повреждений на объектах повышенной опасности имеет большое значение и при оценке рисков.

Библиографический список

1. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. М.: ЗАО «Тиссо», 2004. 424 с.
2. Махутов Н.А., Дубов А.А., Денисов А.С. Исследование статических и циклических деформаций с использованием метода магнитной памяти металла // Заводская лаборатория. 2008. № 3. С. 42—47.
3. Дубов А.А. Оценка ресурса энергооборудования с использованием метода магнитной памяти металла // Энергетик. 2006. № 11.
4. Власов В.Т., Дубов А.А. Физическая теория процесса «деформация—разрушение». М.: ЗАО «Тиссо», 2007. 517 с.
5. Дубов А.А., Дубов Ал.Ан., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля: учеб. пособие. 5-е изд. М.: ИД «Спектр», 2012. 395 с.
6. ГОСТ Р 52330—2005. Контроль неразрушающий. Контроль напряженно-деформированного состояния объектов промышленности и транспорта. Общие требования. М., 2005.

АЛТЕК®

НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППА

- Большой высококонтрастный цветной TFT-дисплей с широкими углами обзора и разрешением **640 x 480 точек**
- Удобный компактный корпус (140 x 220 x 42 мм без ручки)
- Легкий. Масса с аккумуляторной батареей **1,35 кг**
- Высокая автономность. Время работы от одного заряда аккумулятора до **14 ч**
- Масло- и грязеустойчивая клавиатура
- Энергонезависимая память для настроек и протоколов контроля
- Широкий температурный диапазон от **-25°C до +50°C**
- Световая и звуковая сигнализация
- Объединение настроек в блоки для многоэтапного контроля
- Встроенный УЗ-толщиномер
- Обобщенные и индивидуальные АРД (AVG, DGS) диаграммы
- Полуавтоматическая и ручная настройка ВРЧ
- Режим учета кривизны поверхности при расчете координат дефекта
- Автоматическое считывание параметров преобразователя
- Бегущая развертка или комплексная плоскость при вихретоковом контроле



192029, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, д. 86П,
тел.: (812) 336-8888, факс: (812) 380-1110
altek@altek.info
www.altek.info

ДЕФЕКТОСКОП PELENG-307 УЛЬТРАЗВУК+ВИХРЕТОК

РЕНТГЕНТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ



ГАВРИЛОВ Дмитрий Евгеньевич,
Исполнительный директор, ГК «Рентест»,
Нижний Новгород

Особенности функционирования объектов нефтегазового комплекса таковы, что любая авария или чрезвычайная ситуация способны повлечь непредсказуемые последствия. Причиной нарушений могут стать самые разные дефекты – газовые поры, шлаковые включения, непровары, несплавления, трещины, подрезы. Не стоит забывать и о том, что в процессе эксплуатации любого оборудования, тем более нефтегазового, испытывающего на себе огромные нагрузки, происходит его износ. Поэтому неразрушающий контроль всех узлов и деталей при их выпуске из производства, а также периодический контроль в процессе эксплуатации является надежной гарантией своевременного обнаружения опасных дефектов и, как следствие, предотвращения аварийных ситуаций.

С учетом данного обстоятельства и возрастающих требований к проведению неразрушающего контроля компания «Рентест» представляет рентгенотелевизионные системы, уникальные для российского и мирового рынка: **рентгеноскопическую установку для контроля отводов труб SRE 4590 на 450 кВ и универсальную рентгеноскопическую установку для контроля соединительных деталей трубопроводов XRS 450.** Рассмотрим отличительные особенности и общие характеристики каждой из них.

Система **SRE 4590** (рис. 1) предназначена для проведения неразрушающего рентгеноскопического контроля отводов труб (45° и 90° , $\varnothing 700-1420$ мм) на выявление внутренних дефектов сварного шва. Установка оснащена сложным автоматизированным и программируемым манипулятором с восьмью осями перемещения (рис. 2), управление которым осуществляется через компьютер оператора. Основными эле-

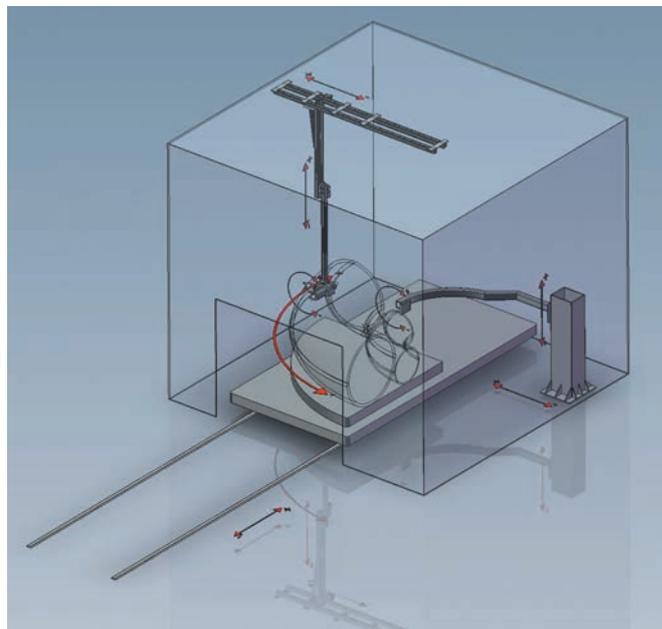


Рис. 1. Рентгеноскопическая установка для контроля отводов труб SRE 4590

ментами манипулятора являются держатель рентгеновской трубки, держатель детектора рентгеновского излучения и телега с поворотным столом.

Помимо манипулятора установка SRE 4590 имеет систему видеонаблюдения и лазерный центратор для контроля местоположения рентгеновского пучка, а также многофункциональный контроллер, обеспечивающий безопасность работы.

В свою очередь, рентгеноскопическая установка XRS 450 предназначена для проведения неразрушающего рентгеноскопического контроля широкого спектра соединительных деталей трубопровода на выявление внутренних дефектов сварного шва, а именно цилиндрических обечаек, переходов ПШС и тройников ТШС.

Как и SRE 4590, система XRS 450 (рис. 3) оснащена системой видеонаблюдения, лазерным центратором и автоматизированным манипулятором, управляемым с помощью компьютера. Но ввиду сложности контролируемых конструкций она имеет уже 14 осей перемещения (рис. 4). В зависимости от конструктивных особенностей изделий контроль может осуществляться как через одну стенку, когда внутрь изделия помещается детектор рентгеновского излучения, так и через две. Универсальность системы обеспечивается большим

количеством степеней свободы манипулятора высокой автоматизации и специальной телегой с регулируемы-ми опорами для загрузки изделия в камеру.

При конструировании системы XRS 450 были учтены особенности расположения каждого изделия и ракурсы контроля сварных швов. Так, известно, что самым сложным изделием для контроля является тройник штампосварной (ТШС), потому что необходим контроль кольцевого шва, места стыка основной трубы и отвода. Для этого в системе обеспечена возможность описывать излучателю и детектору окружность вертикальной оси.

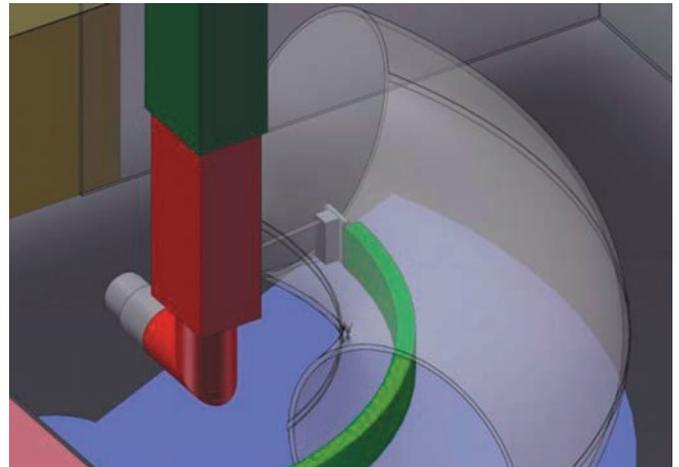
Следует упомянуть и о том, что в процессе контроля все изделия должны быть четко позиционированы независимо от их конструктивных особенностей. Решить эту задачу помогают две пары поворотных роликов телеги, одна из которых подвижна как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Горизонтальное перемещение обеспечивает расположение на телеге любого изделия по длине, а вертикальное движение роликов позволяет получить положение сварного шва, что необходимо для контроля переходов штампосварных (ПШС).

В силу своей универсальности системы SRE 4590 и XRS 450 могут быть поставлены как с кабиной биологической защиты, так и смонтированы на территории заказчика в имеющихся железобетонных камерах. Рабочее место оператора располагается в непосредственной близости от камеры и включает в себя: стойку с двумя мониторами, промышленный компьютер, консоль управления рентгеновским аппаратом и манипулятором. В качестве программного обеспечения используется русифицированное программное обеспечение ВНТ IP Plus.

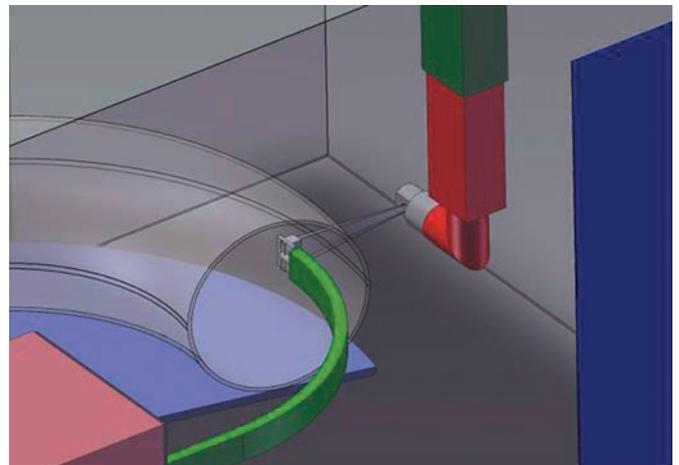
Уникальной особенностью систем SRE 4590 и XRS 450 является возможность глубокого программирования по типу номенклатуры и всех особенностей контролируемых изделий. На этой основе создается библиотека объектов контроля с координатами положения всех элементов манипулятора и алгоритмами их перемещения, что обеспечивает оперативность в работе рентгено-телевизионных комплексов и использование всего потенциала современных разработок в сфере неразрушающего контроля. В частности, оператор может:

- вводить такие параметры, как: диаметр изделия или отвода, его длину, радиус кривизны, толщину стенки, позиционирование сварного шва по телу отвода и др.;
- вводить начальную точку контроля и положения изделия на сегментарном столе или телеге.

После помещения изделия на поворотный стол или телегу и его позиционирования в соответствии с созданным алгоритмом оператор может запустить контроль как в автоматическом, так и в ручном режиме. Работа в автоматическом режиме подразумевает перемещение всех элементов манипулятора по полученной после обработки введенных параметров траектории с заданной скоростью. Оператор просматривает



а)



б)

Рис. 2. SRE 4590: варианты просвечивания

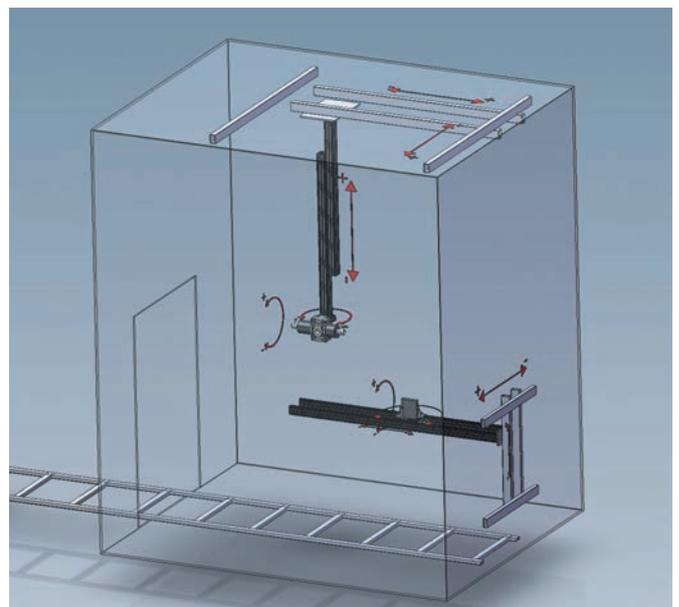


Рис. 3. Рентгеноскопическая установка для контроля соединительных деталей трубопроводов XRS 450

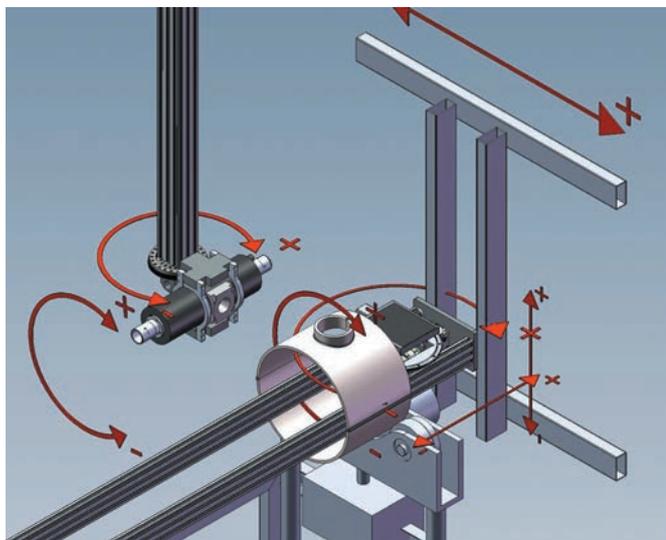


Рис. 4. Манипулятор и телега рентгеновской установки XRS 450

сварной шов в режиме реального времени и принимает решение о его пригодности, имея возможность прервать автоматический цикл работы и провести дополнительные исследования в ручном режиме (так, в случае обнаружения дефекта оператор останавливает автоматический цикл, находит дефектное место и делает его снимок).

Таким образом, при высокой квалификации оператора достижима полная автоматизация процесса контроля и высокая производительность комплексов SRE 4590 и XRS 450, следовательно, обеспечивается высочайшая точность и надежность проводимых исследований.

Компания «Рентест» предлагает внедрение современных технологий неразрушающего контроля при обустройстве газовых и нефтяных месторождений, строительстве магистральных нефте- и газопроводов, сооружении резервуаров, насосных и компрессорных станций.



Спектр
Издательский дом

Абрамов В.А.

ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ



ISBN 978-5-4442-0057-5. Формат - 60x90 1/16, 124 страницы, год издания - 2014.

Визуальный и измерительный контроль по праву занимает ведущее место среди прочих методов неразрушающего контроля. Наглядность результатов и сравнительная простота реализации – важные составляющие успеха применения визуального и измерительного контроля.

В книге представлены и рассмотрены практические рекомендации по применению визуального и измерительного контроля сварных соединений, а именно: термины и определения, нормативная документация по разным отраслям промышленности, включая атомную отрасль, классификация дефектов, средства измерения отечественного и иностранного производства для определения размеров стандартных сварных соединений, а также поверхностных дефектов.

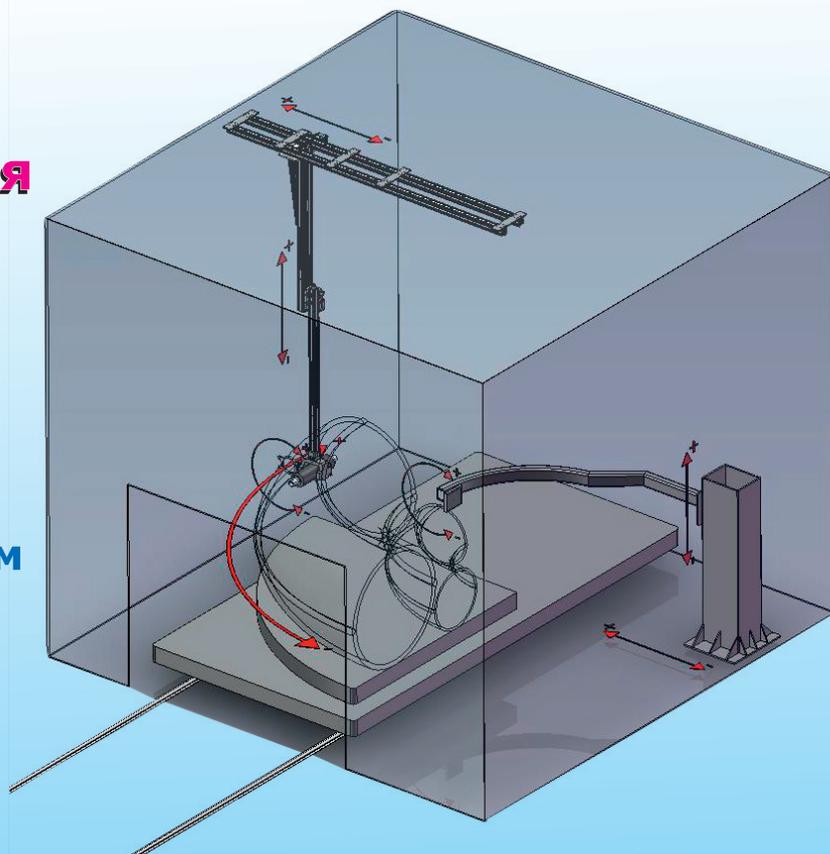
Данное пособие предназначено для подготовки и повышения квалификации сварщиков и специалистов по визуальному и измерительному контролю I, II, III уровней, а также для всех специалистов, работающих в области неразрушающего контроля и технического диагностирования.

470 руб.

www.idspektr.ru

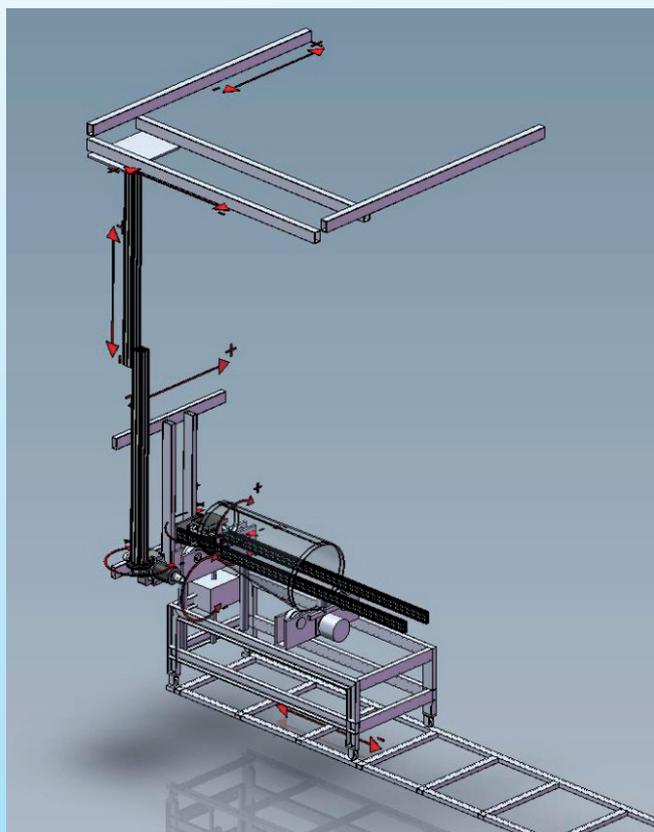
**система для контроля
отводов
SRE 4590**

Контроль отводов труб
45° и 90°, \varnothing 700 ÷ 1420 мм



**система для контроля
соединительных деталей
XRS 450**

Цилиндрические обечайки
Переходы ПШС
Тройники ТШС



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ПОРШНЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА



ГИЛЬ
Николай Николаевич
Научный сотрудник



КОНОВАЛОВ
Георгий Евменьевич
Ведущий научный
сотрудник



МАЙОРОВ
Александр Леонидович
Заведующий
лабораторией



ПАРАДИНЕЦ
Валерий Васильевич
Научный сотрудник

Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Повышение удельной мощности двигателей внутреннего сгорания приводит к увеличению динамических и тепловых нагрузок на его детали и агрегаты. В свою очередь увеличение общего ресурса двигателя требует повышения надежности всех составляющих. Поршень является одной из тех деталей, которая испытывает наибольшие нагрузки. В то же время это и одна из наиболее сложных деталей с точки зрения как конструкции, так и технологического процесса изготовления. Поэтому прогресс в области разработки конструкции поршня и повышения его эксплуатационных характеристик является актуальной задачей. Одна из известных технологий улучшения поршней — это изготовление упрочняющей вставки под первое кольцо [1].

Упрочняющая вставка изготавливается из чугуна с большим содержанием никеля — нирезиста. Это специальный немагнитный чугун, глубоко легированный никелем. Он обладает более высокими механическими свойствами,

чем обычный серый чугун. Качество такого поршня во многом определяется качеством сцепления нирезистовой вставки с основным материалом. Причем связь между вставкой и основным материалом должна быть диффузионной, для того чтобы обеспечить достаточную теплопроводность соединения.

Для достижения качественного соединения используется специальная технология, предусматривающая несколько этапов, включающих в себя дробеструйную обработку, обезжиривание, алитирование. В процессе алитирования на поверхности вставки должен быть создан переходной диффузионный слой, толщина которого составляет, как правило, 30–50 мкм. Алитирование проводят жидкостным методом, путем погружения вставки в расплав. После извлечения упрочняющей вставки из расплава на ее поверхности должен находиться тонкий слой расплавленного алюминия, который удерживается диффузионным слоем. Затем вставка должна быть установлена в

форму и залита расплавом. Время от извлечения упрочняющей вставки из ванны для алитирования и заливкой в форме ограничено временем кристаллизации сплава алитирования на поверхности вставки. Если кристаллизация произойти не успела, то качество сцепления нормальное, если кристаллизация началась, то удовлетворительного качества связи основной материал поршня — упрочняющая вставка не будет. Как видно, факторов, влияющих на качество соединения, очень много. Это и химический состав нирезиста, и состав алитирующего расплава, и качество подготовки поверхности вставки, и выдержка временных параметров процесса, и температура всех элементов, и т.д. Нарушение технологического процесса на любой стадии приводит к появлению брака.

На рис. 1 показаны характерные дефекты соединения основного материала поршня с нирезистовой упрочняющей вставкой. Из представленных рисунков видно, что толщина альфин-слоя (слоя между

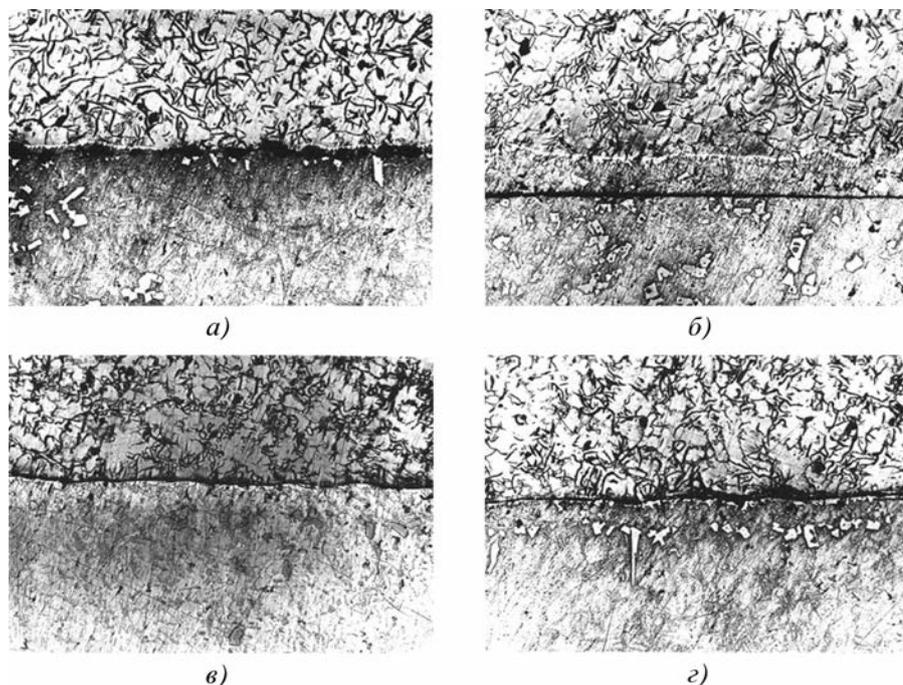


Рис. 1. Шлифы соединения основной материал поршня – нитристовая вставка: а – толщина альфин-слоя 0–15 мкм, непрерывная трещина в альфин-слое по верхней границе; б – толщина альфин-слоя 18–25 мкм, непрерывная трещина на границе альфин-слоя и материала поршня снизу; в – толщина альфин-слоя 22–25 мкм, непрерывная трещина на поверхности нитристовой вставки по верхней границе; г – толщина альфин-слоя 20–25 мкм, непрерывная трещина в альфин-слое

нитристом и основным материалом поршня) может составлять от нуля до десятков микрон. Причем дефект соединения – расслоение может быть как в самом альфин-слое, так и на поверхностях вставки и материала поршня.

Визуальный контроль не позволяет обнаружить некачественные поршни. Разрушающими испытаниями можно осуществлять только выборочный контроль. Кроме того, результаты разрушающих испытаний могут иметь значительный разброс, так как области с различным качеством сцепления могут располагаться непредсказуемым образом [2, 3]. Следует учитывать, что в процессе работы поршня в двигателе небольшие области несцепления (не выявляемые при испытаниях на разрыв) могут расти аналогично увеличению трещины из-за испытываемых динамических и тепловых нагрузок.

В свое время вместе с технологией изготовления поршней были определены браковочные критерии. Можно предположить, что эти браковочные критерии были полу-

чены разработчиками конструкции поршней с нитристовыми вставками в результате исследования их прочностных характеристик и наработки на отказ. В настоящее время они варьируются в небольших пределах у разных производителей поршней, но в целом остаются неизменными и привязываются к периметру поршня. Например, негодным является поршень, у которого имеется единичный дефект, превышающий по протяженности 7 % длины окружности по верхней или нижней сторонам вставки, или суммарное количество дефектов, превышающих 10 % длины окружности по каждой поверхности, если имеется неспай в нескольких местах. При этом расстояние между единичными дефектами должно превышать 3 % длины окружности. В противном случае дефект принимается за один. Кроме того, не допускается перекрытие дефектов по нижней и верхней поверхностям в том случае, если его протяженность превышает 3 %. Критические размеры дефектов могут варьироваться для разных типов поршней и условий их нагружения.

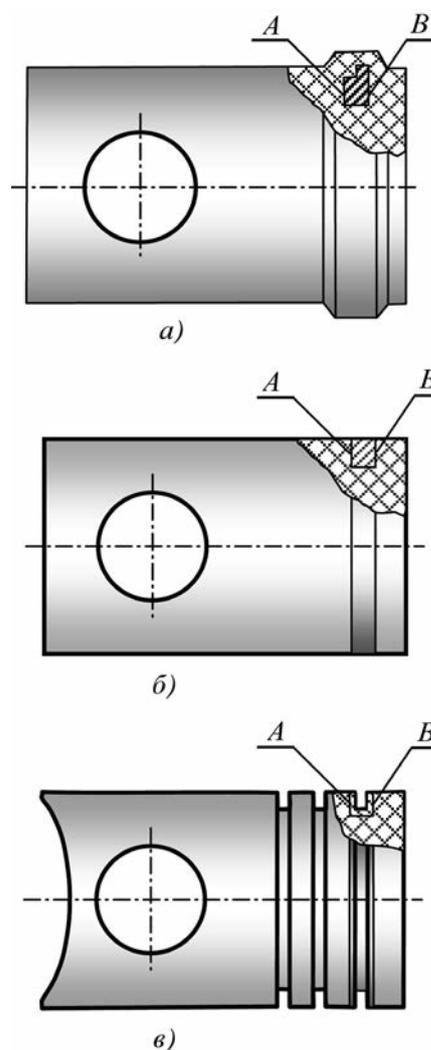


Рис. 2. Основные стадии механической обработки поршней после отливки: А, В – нижняя и верхняя контролируемые границы нитристовой вставки с основным материалом поршня

В любом случае указанные уровни дефектности требуют не просто поиска дефектов по пороговому признаку, но и обработки результатов измерений с принятием решения о годности поршня. Это требует разработки автоматизированных или механизированных устройств для контроля [4, 5].

В процессе производства поршень проходит несколько стадий механической обработки (рис. 2). Интерес может представлять контроль заготовки поршня после предварительной механической обработки и вскрытия вставки (рис. 2, б) и контроль готового поршня (рис. 2, в).

Как правило, установки для контроля поршней изготавливают по заказу предприятий в соответствии с их технологическими требованиями. Наибольший интерес представляет контроль поршней на заключительной стадии механической обработки после изготовления канавок под уплотнительные кольца. В этом случае гарантировано попадание на сборку только годных поршней. Контроль при этом осуществляется теньвым ультразвуковым методом продольными волнами. В подавляющем большинстве случаев используется схема, показанная на рис. 3. В этом случае преобразователи вводятся в канавки, центральный преобразователь 1 (канавка в теле нирезистовой вставки) является излучателем, а крайние (2 и 3) – приемниками акустического сигнала. При отсутствии сцепления между нирезистовой вставкой и материалом поршня энергия акустической волны, проходящей через границу раздела вставка – основной материал поршня, изменяется пропорционально площади дефекта. По величине изменения представляется возможным (учитывая размеры преобразователей и их характеристики направленности) определить площадь несцепления. В результате сканирования всего периметра поршня оценивается относительная величина дефектов и принимается решение о годности поршня.

Данная схема контроля работает достаточно устойчиво и позволяет с высокой надежностью выявлять дефекты в соответствии с техническими требованиями. При этом контроль по верхней и нижней поверхностям вставки осуществляется независимо теньвым способом, что дает возможность точно оценить параметр перекрытия дефектов и избавиться от возможных ошибок, связанных с наличием акустически неоднородной границы нирезистовая вставка – основной материал поршня. Недостатком данной схемы контроля является жесткая привязка к типу контролируемого поршня (положение канавок под поршневые кольца относительно торцевой поверхности и друг друга). Всякое незначительное изменение приво-

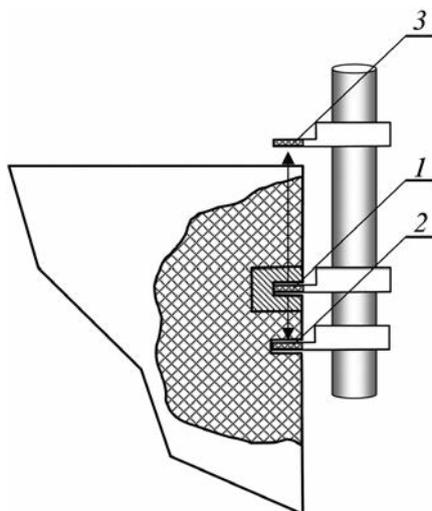


Рис. 3. Традиционная схема контроля поршней с выполненными канавками под поршневые кольца

дит к замене первичного преобразователя. Кроме того, ширина канавок составляет единицы миллиметров, поэтому конструкция датчиков получается хрупкой. Небольшой перекос поршня при подаче на позицию контроля способен вывести датчик из строя. Еще один мешающий фактор – это наличие цековок под клапана на торцевой поверхности поршня (рис. 4). При использовании описанной схемы контроля место проекции границы цековки на поверхность вставки со стороны торца поршня оказывается неконтролируемым, так как граница цековки имеет наклон и акустический сигнал при прохождении границы отклоняется.

Указанные факторы заставили искать новые схемы контроля. Была поставлена задача контроля широкой номенклатуры поршней при возможности переналадки установки силами собственного технического персонала предприятия изготовителя поршней. В процессе работы была разработана схема контроля с использованием головных волн за счет наклонного ввода ультразвукового сигнала со стороны образующей поршня при критических углах падения. Из датчиков, вводимых в канавки под поршневые кольца, остался только один, водимый в канавку, расположенную в нирезистовой вставке.



Рис. 4. Цековки под клапана

Можно предположить, что использование головных волн приведет к зависимости чувствительности контроля от глубины расположения дефекта. Поэтому для проверки работоспособности данной схемы были изготовлены искусственные дефекты различных размеров на разную глубину. Дефекты изготавливали электроэрозионным методом на границе нирезистовая вставка – основной материал поршня. В результате исследований получены зависимости, определяющие изменение величины полезного сигнала от размеров дефекта. Проведена оптимизация интегральной оценки площади дефектов в измеряемом сечении в привязке к периметру поршня. Принятые меры позволили обеспечить высокую достоверность контроля. Проверку достоверности осуществляли и на реальных дефектах путем сравнения результатов измерения неразрушающим методом с результатами металлографии.

Все эти меры позволили создать автоматизированную установку для контроля поршней с выполненными канавками под поршневые кольца для поршней диаметром от 110 до 140 мм с различным относительным расположением канавок. Перестройка установки с контроля одного вида поршня на другой занимает не более 20 мин.

Однако, как показывает практика, целесообразно использование средств контроля поршней и на ранних стадиях производства, в частности после предварительной обточки и вскрытия вставки. Это

позволяет в значительной степени сэкономить средства за счет отбраковки потенциально негодных поршней, особенно если общий уровень брака превышает 2 %. Кроме того, становится возможным выявить стадии производства, на которых появляется брак, например на стадии отработки технологии изготовления поршней.

Для этого был, как и в случае готового поршня, реализован теневой метод контроля с использованием неоднородных упругих волн. Были проведены исследования зависимости прошедших через границу ультразвуковых сигналов от площади дефектов. Построен алгоритм оценки дефектов. Реализованная схема контроля полностью обеспечивает требования технического задания. То есть контроль по нижней и верхней поверхностям вставки осуществляется независимо, нет ситуации, при которой сигнал по нижней поверхности маскируется дефектом на верхней поверхности. Геометрия дефекта и его положение (расслоение по границе вставка – альфин-слой, альфин-слой – материал поршня, плоская поверхность расслоения или шероховатая) не имеет значения, так как отсутствуют переотражения между поверхностью вставки и торцевой поверхностью поршня, как происходит при вводе сигнала со стороны торцевой поверхности поршня.

Обе установки (для контроля поршней на предварительной стадии производства и с выполненными канавками под поршневые кольца) были реализованы на единой платформе. Внешний вид установок показан на рис. 5. После установки поршня на лифт механического привода и нажатия кнопки «КОНТРОЛЬ» весь измерительный процесс осуществляется автоматически. Поршень опускается на позицию контроля, выполняется сканирование и подъем поршня на лифте в исходное положение. После завершения сканирования результаты измерений обрабатываются и принимается решение о годности поршня. Управление осуществляется компьютером, встроенным в установку.



Рис. 5. Общий вид установок для контроля поршней двигателей внутреннего сгорания

Для управления работой установок построен наглядный графический интерфейс. Сенсорный экран позволяет легко управлять элементами графического интерфейса и выполнять различные действия. Легким прикосновением к экрану можно выбрать элементы графического интерфейса или нажать нужную кнопку. Предусмотрено несколько режимов работы установок: рабочий режим; настройка; выбор типа поршня; ручной режим; статистика измерений. Доступ к каждому из режимов осуществляется вводом пин-кода. Приоритеты доступа определяет заказчик установок. Параметры рабочих режимов записываются отдельно для каждого типа поршня. Перед началом контроля необходимо программно выбрать тип поршня и механически установить положение блока первичных преобразователей, соответствующее данному поршню. Для этого предусмотрен набор специальных приспособлений и алгоритм действий.

При завершении контроля во время поднятия лифта с поршнем на панели результатов появится информация «НОРМА» (на зеленом фоне) или «БРАК» (на красном фоне), а также информация о количественной оценке дефектности проверенного поршня со стороны его юбки, головки и перекрытия. Оценка представлена в процентах относительно периметра поршня. Кроме того, в качестве дополнительной информации в рабочем окне выводится развертка,

показывающая величину затухания ультразвуковых импульсов по периметру поршня относительно браковочного уровня, обозначенного красной горизонтальной линией. Она дает визуальное представление о местах с пониженным качеством спаивания, которое не превышает браковочного уровня (места графика, расположенные выше красной линии браковочного порога) или превышает его (те места графика, которые расположены ниже красной линии браковочного порога). Протяженность мест, расположенных ниже браковочной линии, вычисляется в процентах относительно периметра поршня. Эти величины и представлены в окнах рабочего экрана (рис. 6). Индикатор «БРАК» загорается в случае превышения браковочного заданного уровня любым из пяти оцениваемых видов дефектов.

Результаты проведения контроля записываются в память компьютера. Предусмотрен удаленный доступ с использованием сети предприятия к статистическим данным по результатам контроля. Поэтому для повторной проверки одного и того же поршня следует нажать кнопку «ПОВТОР» на экране монитора. При этом вся процедура контроля повторится, но предыдущее измерение не будет учитываться в статистике количества проверенных и забракованных поршней.

Предусмотрен режим поиска дефектов, например, в целях будущей металлографии дефектных мест и анализа причин брака. Поиск дефекта осуществим при введении пин-кода (в соответствии с протоколом доступа) в окне «МЕНЮ». После получения доступа достаточно на развертке (рис. 6) со стороны юбки или со стороны головки кликнуть какую-либо выбранную точку (например, в середине дефектной области). Это эквивалентно нанесению метки на соответствующую точку поршня. Если после этого выбрать на экране кнопку «ПОИСК ДЕФЕКТА», то лифт с поршнем опустится в рабочее положение, поршень повернется на роликах и остановится таким образом, что выбранная точка окажется в нижнем положении, напротив датчика.

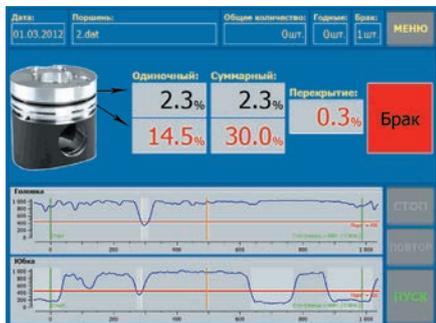


Рис. 6. Окно «Рабочий режим» установки для контроля поршней двигателей внутреннего сгорания

Установки предназначены для работы в условиях цеха в поточном производстве. Продолжительность контроля одного поршня не превышает 20 с. Работа на установке не требует специальной квалификации оператора. Предусмотрено настольное размещение установок.

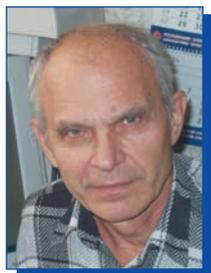
Питание от сети 220 В, потребляемая мощность не превышает 150 Вт. Программное обеспечение установок позволяет анализировать информационные сигналы в ручном режиме, например при настройке установки или анализе браковочных уровней.

Библиографический список

1. Садоха М.А. Определение технологических параметров производства отливок поршней высоконагруженных дизельных двигателей // Литье и металлургия. 2011. № 3. Спецвып. С. 61 – 64.
2. Майоров А.Л., Гиль Н.Н. Контроль качества сцепления нирезиновой вставки в отливках поршней дизельных двигателей // Литье и металлургия. 2005. № 2. Ч. 2. С. 135 – 138.

3. Гиль Н.Н., Коновалов Г.Е., Майоров А.Л. Оборудование для неразрушающего контроля поршней и гильз дизельных двигателей // Механика машин на пороге III тысячелетия: материалы МНТК / НИРУП «Белавтотракторостроение». Минск, 2001. С. 480 – 486.
4. Konovalov G., Mayorov A. Prokhorenko P., Gil N. The testing of the perpendicular to the free surface adhesion boundary // 14th World Conference on NDT. New Delhi, India, 1996. P. 1239 – 1242.
5. Konovalov G., Mayorov A. Devices for non-destructive testing of adhesion quality of a Niresist cast iron insert in diesel engine piston // 8th European Conference on Non-Destructive Testing. Barcelona, 2002. 6 p.

О РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ



ИВАНОВ Валерий Иванович
Д-р техн. наук, проф.
ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», Москва

В настоящее время неразрушающий контроль (НК) в целом переживает процесс трансформации, процесс перехода на более

высокий уровень. Это связано с тем, что возникают новые требования к техногенной безопасности. Безопасность как отсутствие опасности относится к фундаментальным понятиям и поэтому является основой всех требований в промышленности и обществе. В соответствии с «Законом о промышленной безопасности» [1] промышленная безопасность опасных производственных объектов определяется как состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий. Актуальность и важность этого закона, необходимость точных формулировок подчеркивается

тем, что с момента принятия первой редакции в 1997 г. он корректировался не менее 9 раз.

Внесены понятия, связанные с более точной классификацией опасных производственных объектов (ОПО) в зависимости от уровня потенциальной опасности. Введено требование необходимости создания документа «Обоснование безопасности ОПО». При этом как в законе, так и в последующих документах, развивающих положения закона, для оценки промышленной безопасности широко используется понятие риска аварии. Важность понятия риска аварии для обеспечения промышленной безопасности можно подтвердить тем, что данный термин встречается

ся в тексте закона 5 раз [1]. Показательно, что обоснование безопасности опасного производственного объекта должно быть представлено в документе, содержащем сведения о результатах оценки риска аварии на ОПО, о соответствующих угрозах, а также условия безопасной эксплуатации ОПО.

Что касается риска аварии, то это понятие включено в систему обеспечения промышленной безопасности как необходимый инструмент, который позволяет идентифицировать опасности, прогнозировать возможность аварий на ОПО, оценивать возможные потери, связанные с авариями. Показатель риска аварии позволяет осуществлять планирование и реализацию мер по снижению вероятности аварии. Принято, что риск аварии – мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий. Более того, показатель риска аварии можно использовать в качестве универсального индикатора, обеспечивающего всесторонний анализ безопасности и инструмент для снижения вероятности и последствий аварий.

Все подходы по оценке риска аварии R основаны на использовании формулы (функционала)

$$R = FV, \quad (1)$$

где F – показатель частоты (вероятности или интенсивности) нежелательного события (аварии); V – оценка последствий аварии.

Выражение (1), несмотря на свою кажущуюся простоту, включает в себя множество сложнейших процессов, каждый из которых оценить количественно весьма трудно [2]. Выражение (1) является не простой формулой, а функционалом, анализ которого представляет собой серьезную трудность.

В традиционной оценке риска имеется ряд слабых мест, где надежность оценок риска драматически снижается. В первую очередь это связано с использованием показателя F – статистики

(частотности) аварий. Однако простое использование показания статистики аварий не является корректным.

Дело в том, что динамика аварийности определяется зависимостью средней интенсивности аварий за предшествующие несколько лет (в частности, 5–7 лет). А интенсивность (частота) аварий за год определяется с большим разбросом величины, которая в пределах 95%-ного доверительного интервала достигает значений используемой величины интенсивности [3].

В результате разброс оценок показателей риска составлял более чем два порядка величины. Отсюда можно сделать вывод о том, что необходимы более строгое и однородное построение методики оценки риска и использование новых подходов. К таким подходам относится, например, применение результатов неразрушающего контроля для оценки риска.

Оценка последствий аварии осуществляется с использованием достаточно большого числа методик. Однако в применяемых в настоящее время документах результаты НК непосредственно для оценки риска аварии не применяют. Их связи опосредованные. Например, неразрушающий контроль и механика разрушения до сих пор совместно участвуют в разработке нормирования дефектов по следующей схеме: определяют чувствительность того или иного метода НК, вводят некоторый коэффициент запаса и назначают норму браковки с введением коэффициента запаса с тем, чтобы размер дефекта был существенно меньше размера дефекта, опасного для конструкции. Подходы, созданные на первой стадии применения методов НК в промышленности, устарели. Они в большинстве случаев были основаны преимущественно на значениях чувствительности того или иного метода НК и не позволяют непосредственно оценить влияние дефекта на конкретную конструкцию.

Отсюда следует, что традиционные, рутинные методики НК не дают в необходимой мере информацию для оценки риска, поскольку при их использовании не поставлена задача измерения параметров дефектов для последующего расчета безопасности с применением методик механики разрушения. Необходимо переход от рутинных методов дефектоскопии к современным дефектометрическим подходам, учитывающим вероятностные характеристики процессов обнаружения и оценки параметров дефектов [4, 5].

Под вероятностной дефектометрией в отличие от традиционного неразрушающего контроля понимают подходы, связанные с процессом обнаружения дефектов в контролируемых объектах и измерением их параметров с определением погрешностей измерения, получением статистических распределений параметров дефектов, оценкой достоверности контроля. Поскольку процесс обнаружения является вероятностным, в котором следует использовать методы теории случайных процессов, его можно характеризовать как стохастическую дефектометрию. При измерении параметров дефектов следует пользоваться подходами теории измерения параметров случайных процессов применительно к НК [4, 6].

Схема использования результатов НК при оценке риска аварии может быть такая: при выполнении НК измеряют параметры дефектов (размеры, координаты, форму и ориентацию). Затем с помощью методов механики разрушения рассчитывают прочность объекта (статическую, циклическую, долговременную). Для получения показателя вероятности разрушения в текущий момент времени, а также в течение назначенного ресурса (задача прогнозирования ресурса) необходимо знать вероятности обнаружения и пропуска дефекта (достоверность неразрушающего контроля), погрешности измерения размеров дефектов, а также неопределенности, связанные с использованием методик механики разруше-

ния (вероятностной механики разрушения). По результатам НК в потенциале можно получить конкретное значение величины вероятности аварии, с помощью которого затем можно оценивать риск аварии.

Современные методы НК в том виде, в котором они применяются в промышленности, не позволяют с достаточной точностью измерить параметры дефектов, необходимые для расчета прочности и в конечном итоге оценить вероятность разрушения объекта с использованием методик механики разрушения. Примером ограниченности информации, получаемой при выполнении традиционных методик контроля, служат результаты ультразвукового контроля, представленные на рис. 1 и 2.

На рис. 1 кривые 1–3 представляют собой распределение числа дефектов в сварном шве при выполнении ультразвукового контроля с использованием преобразователей с углами ввода 30, 40 и 50°,

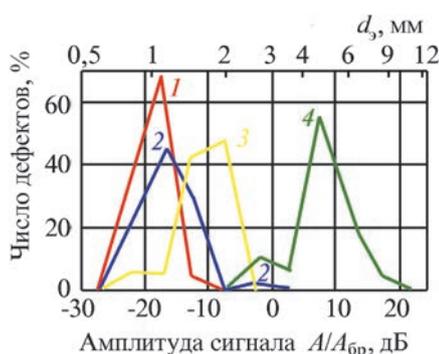


Рис. 1. Результаты ультразвукового контроля с использованием четырех различных методик [4]



Рис. 2. Связь высоты дефектов с показаниями ультразвукового прибора по результатам программы Nordtest [7]

а кривая 4 — распределение для схемы тандем с углами преобразователей 40°. На рис. 2 представлены результаты работы норвежских исследователей, полученные в программе Нордтест [7]. Невооруженным глазом видно, что разброс значений измеренных размеров дефектов не позволяет составить представления об их реальных размерах.

Из рис. 1 и 2 можно сделать вывод о том, что применяемые в промышленности традиционные методики и средства УЗК не позволяют определять размеры дефектов с требуемой для реальной оценки опасности дефекта точностью. Возникает необходимость использования новых подходов и новых параметров, в частности «калибровочных» («корреляционных») характеристик, которые связывают реальные размеры дефектов с измеренными.

Проблемы технологии ультразвукового контроля (УЗК), его достоверности и получения «калибровочных» («корреляционных») характеристик всесторонне и на высоком научном уровне рассмотрены в новой книге ведущего специалиста в области ультразвукового контроля В.Г. Щербинского [8].

Следует отметить, что, несмотря на значительные усилия большого количества специалистов по созданию теоретических основ ультразвукового метода неразрушающего контроля, в чем принимал непосредственное участие автор [8], до последнего времени теория метода УЗК не завершена в полной мере. Незавершенность теории доказывается, например, тем, что основная формула УЗК — формула акустического тракта не проработана с точки зрения отображения вероятностных факторов акустического канала. А все случайности учитываются эмпирическими подходами. Поэтому, следуя совету автора [8] о том, что «необходимо постоянно держать виртуальный акустический тракт в голове», можно добавить пожелание относительно необходимости понимать вероятностную природу всех результатов контроля. Кстати, в книге до-

статочно подробно анализируются возможные ошибки и их причины при выполнении УЗК.

Развитие сложных систем происходит неравномерно. Вот и сейчас мы наблюдаем революционное преобразование в информационных технологиях, к которым относятся и НК. Изменения коснулись техники приборостроения вообще и средств неразрушающего контроля в частности. Это связано с взрывным развитием процессорных устройств. Однако объем знаний в фундаментальных основах и технологии всех методов НК изменились незначительно. И это связано с принципиальными сложностями получения нового знания. Непосредственно в технологиях, в методиках измерения и контроля изменения происходят существенно медленнее по причинам, которые являются предметом отдельного анализа. Книга [8] является вкладом в развитие технологии, что способствует развитию НК в полной мере.

Известно, что ультразвуковой контроль сварных соединений промышленных объектов до сих пор выполняется в большей мере «ручным» способом. Все это определяет то, что результаты УЗК по сей день в большой степени зависят от квалификации оператора, его психофизического состояния и ответственности. Таким образом, результат в большой степени зависит от случайных факторов, как объективных, так и субъективных. В этих условиях в книге [8] большое внимание уделено практическим советам, которые основаны на огромном теоретическом знании и опыте автора и глубоком понимании предмета рассмотрения.

Ряд глав в книге посвящены традиционным вопросам УЗК. Однако они изложены так, что могут составить прекрасный учебный материал для введения в УЗК. В частности, рассмотрены характерные дефекты сварных соединений, что необходимо знать каждому оператору, занимающемуся как НК, так и УЗК. Кроме того, в книгу включены следующие разделы: физические основы УЗК, акустический тракт и

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

аппаратура УЗК, основные параметры контроля, определение параметров контроля и настройка прибора, непосредственно технология УЗК. Все это традиционные вопросы. Но автору удалось изложить их весьма подробно, на высоком научном уровне и в то же время доступно для освоения этого материала операторами УЗК.

Особое место занимают главы с материалом совершенно новым для монографий. Весьма полезны главы книги, описывающие современные подходы в УЗК, например целая глава посвящена ультразвуковой дефектометрии. Сам термин и дефектометрические подходы автор активно использовал еще в 70-е гг. прошлого века, когда его нельзя было произносить по причине «административных» ограничений. Они значительно опережали возможности НК в те годы. В настоящее время это основное направление в развитии НК.

Подробно рассмотрены вопросы оценки величины дефектов по условным размерам, способы распознавания типа и истинных размеров дефектов. Без измерения размеров дефектов невозможна оценка риска аварии с использованием информации, полученной при выполнении НК. И методы измерения параметров дефектов рассмотрены в книге достаточно подробно и на высоком научном уровне. На рис. 3 [8] и рис. 4 (результаты М. G. Silk, цитируется по [8]) представлены корреляционные характеристики для разных случаев ультразвукового контроля. Из этих рисунков видно, что традиционные методики дают большой разброс результатов, и практически их невозможно использовать для измерения размеров, тогда как такие методы, как тандем, TOFD, использование фазированных решеток в разных исполнениях, вполне удовлетворяют современным требованиям к измерениям размеров.

В [8] приведено большое число примеров корреляционных характеристик и выполнен весьма подробный анализ погрешностей при измерении размеров. Исследовано

влияние различных факторов и параметров контроля, определяющих: погрешности измерения, включая схему контроля, конфигурацию отражателей, ракурс озвучивания для плоскостных дефектов, ориентацию вектора поляризации волны, кривизну донной поверхности, влияние углового эффекта, рабочую частоту, углов ввода, эффектов дифракции, форм дефектов и параметров шероховатости рассеивающих поверхностей и др. При этом автор использовал как результаты своей работы, так и большой экспериментальный материал, полученный другими исследователями.

Из рис. 2 можно сделать вывод о том, что традиционные методики не предоставляют возможность изменения истинных размеров дефектов и необходимо существенное повышение показателей. Некоторые современные средства УЗК и соответствующие методики позволяют получать характеристики, удовлетворяющие требованиям оценки влияния дефектов на прочность объекта. На рис. 5 представлена такая характеристика, полученная с использованием экспертной системы УЗК, в которой применена когерентная обработка данных, аналогичная используемым в голографических методах. На рисунке представлены разбросы показаний выполненных измерений [9].

В последнее время в практике ультразвукового контроля началось применение новых технических средств, в частности приборов, в которых используют излучение и прием волн с помощью многоэлементных преобразователей (антенных решеток — АР) [9, 10]. Управление излучением и приемом позволяет формировать поле и обрабатывать принятые сигналы, получая выигрыш по чувствительности, помехоустойчивости и получению возможности измерения размеров дефектов. В этом отношении следует особо выделить главу 8 в книге [8], посвященную разбору подходов, связанных с контролем сварных соединений приборами с фазоуправляемыми антенными решетками.

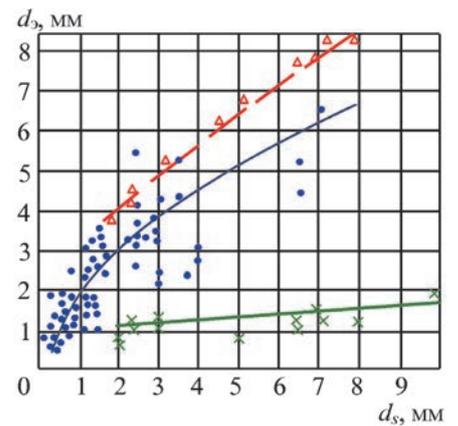


Рис. 3. Корреляционная зависимость между эквивалентным диаметром дефекта и его истинным размером: • — объемные дефекты; x, Δ — трещины, соответственно, при использовании одного преобразователя и схемы тандем

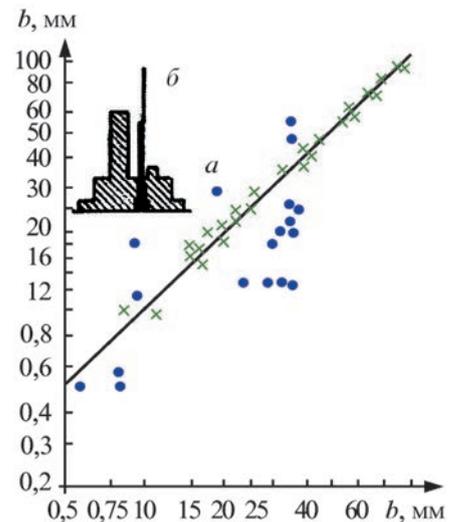


Рис. 4. Сравнение погрешностей измерения высоты трещин: а — корреляционная зависимость; б — относительный разброс результатов; b_d — реальный размер; b_M — измеренный размер; • — амплитудный метод; x — TOFD

Одним из основных и важнейшим показателем любого метода НК, включая ультразвуковой контроль, является достоверность контроля, который определяет доверие к полученным результатам. В [8] вопросам достоверности ультразвукового контроля посвящена глава, в которой изложены как оригинальные результаты исследований автора, так и подходы, предложенные и исследованные в отечественной и зарубежной практике. Проанализировано влияние на досто-

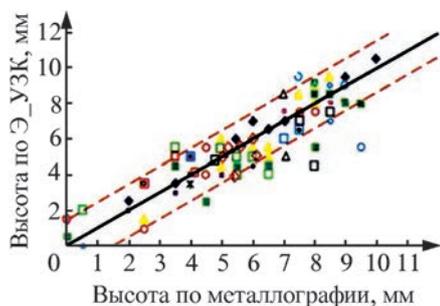


Рис. 5. Калибровочная характеристика экспертной ультразвуковой системы [9]

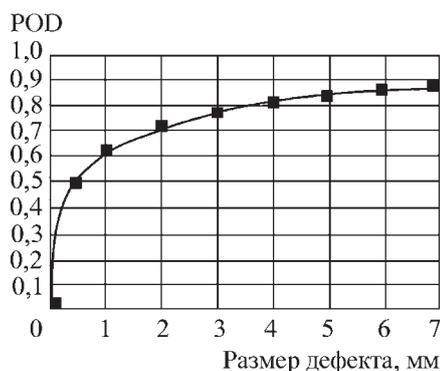


Рис. 6. POD-диаграмма:
■ – эксперимент в программе Nordtest;
— – аппроксимация зависимостью Вейбулла [7, 13]

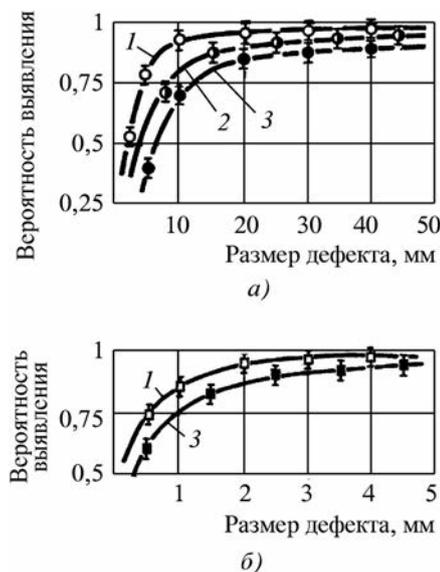


Рис. 7. Вероятность обнаружения непроваров и трещин (а), пор и шлаковых включений (б):
1 – УЗК; 2 – радиографический;
3 – магнитографический методы [8]

верность контроля таких факторов, как объективные и субъективные ошибки оператора, аппаратуры и методики контроля, а также шероховатость поверхностей дефекта, ракурс озвучивания, ширина раскрытия и заполнение полости дефекта, ориентация вектора поляризации волны и ряд других факторов. Специально рассмотрены вопросы оценки достоверности обнаружения дефектов и методы повышения достоверности контроля.

Достоверность контроля в отечественной научно-технической литературе принято определять матрицей достоверности, в которой оценивают ошибки, связанные с пропуском дефекта и с ошибочным обнаружением дефекта (перебраковкой) [8, 11, 12]. В зарубежной литературе большее распространение получили подходы, связанные с использованием следующих характеристик: POD (Probability of Detection – вероятность обнаружения дефектов); ROC (Receiver Operation Characteristic – рабочая характеристика приемника). Особо следует отметить, что POD-диаграмма приведена в документе, посвященном методам оценки риска аварии, который используют в практике зарубежных экспертиз при оценке промышленной безопасности [13].

POD-диаграмму (вероятность обнаружения дефектов) в отечественных исследованиях называют выявляемостью дефектов. На рис. 6 и 7 приведены примеры диаграмм выявляемости дефектов. Следует подчеркнуть, что данные характеристики можно использовать в качестве показателя уровня используемых систем контроля, в которые входят следующие элементы: методика контроля, средства контроля и квалификация (ответственность) операторов.

Комплексной оценкой качества НК является показатель достоверности. В отечественной научно-технической литературе для характеристики системы НК принято использовать матрицу достоверности [8, 11, 12]. Зарубежные подходы основаны на использовании ROC-диаграммы, приме-

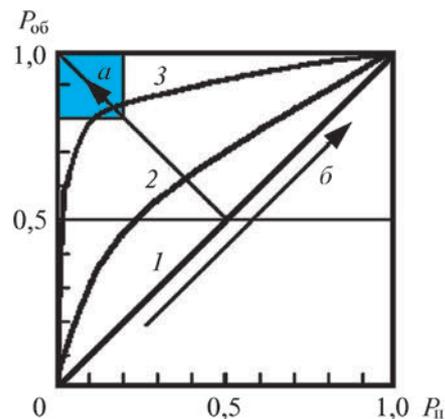


Рис. 8. Рабочая характеристика системы неразрушающего контроля:
Голубой квадрат – рекомендуемая область работы системы НК;
 $P_{об}$ – вероятность обнаружения дефекта;
 $P_{п}$ – вероятность перебраковки;
а – направление увеличения отношения сигнал/шум;
б – направление уменьшения порога регистрации системы НК, качества системы НК

ры которых приведены на рис. 8. Достоверность НК определяется ошибками, связанными с пропуском дефекта (обуславливается вероятностью обнаружения дефекта $P_{об}$), а также «перебраковкой», т.е. показанием дефекта, которого нет в объекте (определяется вероятностью перебраковки $P_{п}$). Представляется, что показатель достоверности НК в ближайшее время войдет в практику НК.

В заключение следует отметить, что современные требования к НК исходят из необходимости определения промышленной безопасности посредством оценки риска аварии. При этом необходим переход от дефектоскопии к дефектометрии с использованием измерения параметров дефектов и погрешностей измерения, а также новых параметров и характеристик. Наиболее концентрировано эти вопросы изложены в книге [8].

Значительная часть материала книги [8], которая использована в данной статье, полезна для начинающих исследователей и операторов УЗК. С другой стороны, глубина изложения позволяет творческим читателям извлечь большую пользу, заставляет их задуматься о дальнейших путях развития УЗК.

Книга содержит сведения, являющиеся основой для дальнейшего совершенствования аппаратуры и технологии НК.

Книга особенно полезна операторам УЗК, поскольку такого объема информации, необходимого для операторов и практических работников, нет ни в одной из выпущенных до сих пор книг по УЗК. Нет не только в области УЗК, но и в области других методов НК. Поэтому книга [8] может послужить полезным примером для описания других методов НК, как нужно писать книги, разъясняющие операторам смысл их действий, помогающих выявлять дефекты, которые они могли не выявить, и позволяющих повысить понимание существа НК. Поэтому книга [8] фактически есть не только руководство по выполнению УЗК сварных соединений, но и разъяснение тех действий и результатов, которые можно получить при выполнении НК, и, главное, понимание того, какие ошибки могут быть совершены.

Можно заключить, что книга [8] полезна нескольким категориям читателей.

В первую очередь книга окажется прекрасным руководством для начинающих операторов УЗК, выполняющих контроль производственных объектов. Она пригодится не только при подготовке к экзаменам, но и для понимания своих действий при контроле и результатов УЗК. По-видимому, нет другой книги с таким количеством советов, приносящих практическую пользу. Книга также пригодится студентам, изучающим основы УЗК.

В книге намечены направления и сформулированы (для вдумчивого читателя) задачи, которые нужно решать в настоящее время для дальнейшего развития УЗК. Поэтому книгу можно рекомендовать аспирантам и исследователям (и не только начинающим).

Оценивая книгу [8] по большому счету, можно считать ее «энциклопедией технологии УЗК». Книга представляет собой сочетание ряда трудно совместимых качеств: глу-

бину и строгость, с одной стороны, доступность большей части материала для понимания, практичность и наглядность представления материала, с другой стороны. Она содержит как традиционные подходы и методики, так и все современные новинки, позволяя тем самым осуществить эволюционный переход от старых подходов к новейшим. Это поможет использовать результаты ультразвукового контроля при оценке риска аварии. Тем самым увеличивается и обосновывается польза применения УЗК.

Книга содержит концентрированную информацию о том, что может УЗК как в традиционных методиках, так и для удовлетворения современных требований и способствует эволюционному переходу от дефектоскопии к дефектometriи.

Библиографический список

1. **Федеральный закон** от 4 марта 2013 г. № 22-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Принят Государственной Думой 15 февраля 2013 г. Одобрен Советом Федерации 20 февраля 2013 г. Опубликовано: Российская газета. 06.03.2013 (<http://www.rg.ru/2013/03/06/prombez-dok.html>).
2. **Безопасность России.** Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности: в 4 ч. Ч. 1. Основы анализа и регулирования безопасности. Ч. 2. Безопасность гражданского и оборонного комплексов и управление рисками. Ч. 3. Прикладные вопросы анализа рисков критически важных объектов. Ч. 4. Научно-методическая база анализа риска и безопасности. 2007. М.: Знание, 2006–2007.
3. **Жулина С.А., Лисанов М.В., Савина А.В.** Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродук-
4. **Щербинский В.Г.** Технология УЗК сварных соединений. М.: Тиссо, 2003. 326 с.
5. **Власов И.Э., Иванов В.И.** О дефектометрических подходах в ультразвуковом контроле // Дефектоскопия. 1998. № 2. С. 41.
6. **Иванов В.И., Власов И.Э.** Некоторые проблемы неразрушающего контроля // Дефектоскопия. 2002. № 7. С. 82–93.
7. **Förli O.** Development and optimization of NDT for practical use – Optimal NDT efforts and use of NDT results // 5 Nordiska NDT Symposiumet Esbo, Finland, IIW Report Number IIW-V-968-91, 1990. P. 46.
8. **Щербинский В.Г.** Технология ультразвукового контроля сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: СВЕН, 2014. 495 с. (Методы и средства неразрушающего контроля).
9. **Бадалян В.Г., Воипликин А.Х.** Мониторинг сварных соединений трубопроводов с использованием систем АУЗК с когерентной обработкой данных // Автоматизированный ультразвуковой контроль объектов повышенной опасности: юбилейн. сб. тр. ООО НПЦ «ЭХО+». М. – СПб.: СВЕН, 2010. С. 12–16.
10. **Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г.** Ультразвуковая томография металлоконструкций методом цифровой фокусировки антенной решетки // Дефектоскопия. 2011. № 1. С. 21–38.
11. **Волченко В.Н.** Вероятность и достоверность оценки качества металлоконструкций. М.: Металлургия, 1979. 88 с.
12. **Коновалов Н.Н.** Нормирование дефектов и достоверность неразрушающего контроля сварных соединений. М.: ГУП НТЦ ПБ, 2004. 132 с.
13. **Risk-Based Inspection.** Base Resource Document. API PUBLICATION 581. 1-st ed., may 2000. API Publishing Services, 1220 L Street, N.W., Washington, D.C., 2000.

РЕКЛАМОДАТЕЛЯМ

Редакция журнала приглашает к сотрудничеству рекламодателей. Информация о вас, о вашем оборудовании, ваших технологиях, услугах, разработках и исследованиях в области неразрушающего контроля и технической диагностики будет донесена до специалистов и потребителей одновременно как минимум в 11 странах. Есть возможность предложить свою продукцию и услуги не только в рекламных блоках, но и путем публикации развернутых материалов и отчетов.

Размещение рекламы в журнале «Территория NDT»

Местоположение рекламного модуля	Занимаемое место на полосе (обрезной формат)	Стоимость размещения, руб. (без НДС)
ОБЛОЖКА		
1-я страница	210 x 180 мм	55 000
2-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	45 000
3-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	35 000
4-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	50 000
МОДУЛЬ ВНУТРИ ЖУРНАЛА		
1-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	45 000
2-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	40 000
Расположение по усмотрению редакции	1/1 (210 x 290 мм)	27 000
	1/2 (210 x 145 мм)	15 000
	1/3 (210 x 100 мм)	12 000
СТАТЬЯ		
Расположение по усмотрению редакции	1 страница	25 000
	2 страницы	30 000
	3 страницы	40 000

Действует гибкая система скидок.

Требования к принимаемым рекламным модулям

Рекламный модуль	Размер рекламного блока после обрезки	Размер рекламного блока с полями под обрезку
1-я полоса обложки	210 x 180 мм	215 x 180 мм
1/1 полосы	210 x 290 мм (вертикальное расположение)	220 x 300 мм
1/2 полосы	145 x 210 мм (горизонтальное расположение)	155 x 220 мм
1/3 полосы	100 x 210 мм (горизонтальное расположение)	110 x 220 мм
Тип файла	PDF, EPS, TIFF, PSD	
Разрешение и цветовая модель	СМΥК, не менее 300 dpi, без сжатия	

Подробную информацию о журнале, архив номеров и последние новости вы найдёте на сайте журнала «Территория NDT» – www.tndt.idspektr.ru

АВТОРАМ

Редакция журнала приглашает к сотрудничеству авторов. Статьи (обзорные, популярные, научно-технические, дискуссионные) присылайте в редакцию в электронном виде. Статьи нерекламного содержания в журнале «Территория NDT» публикуются бесплатно. Объем статьи, предлагаемой к публикации, не должен превышать 10 страниц текста формата А4, набранного через полтора–два интервала, 11 – 12 кегель.

Требования к принимаемым статьям

В редакцию предоставляются:

1. Файл со статьей.
Статья должна быть набрана в текстовом редакторе Microsoft Word, (формат А4, полтора–два интервала, 11 – 12 кегель, шрифт Times New Roman).
В начале статьи обязательно набрать фамилии, имена и отчества авторов полностью (приветствуется указание ученых степеней и званий автора (если есть), место работы, должность).
2. Фотографии авторов статьи (отдельные файлы).
3. Иллюстрации в виде отдельных файлов – DOC, PDF, TIFF, JPEG с максимально возможным разрешением (рекомендуется 600 dpi).
4. Для заключения авторского договора на каждого автора необходимо указать: паспортные данные с кодом подразделения, адрес прописки с индексом, дату рождения, контактный телефон, e-mail (отдельный файл Microsoft Word).

Присылая статью в редакцию для публикации, авторы выражают согласие с тем, что:

- статья может быть размещена в Интернете;
- авторский гонорар за публикацию статьи не выплачивается.

По всем вопросам размещения рекламы и статей в журнале «Территория NDT» просим обращаться по телефону +7 (499) 393 30 25 или по электронной почте: tndt@idspektr.ru

КАК ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ

Оформить подписку на журнал «Территория NDT» можно через редакцию журнала, начиная с любого номера. Отправьте заявку в отдел реализации по e-mail: zakaz@idspektr.ru с указанием следующих данных:

1. Журнал «Территория NDT»
2. Количество экземпляров
3. Название организации (для юридических лиц)
4. Почтовый адрес
5. Юридический адрес (для юридических лиц)
6. ИНН, КПП предприятия, банковские реквизиты (для юридических лиц)
7. Телефон (с кодом города), факс
8. Адрес электронной почты (e-mail)
9. Фамилия, имя, отчество
10. Способ доставки (почтой*, самовывоз**)

* При доставке почтой стоимость услуги отправки почтой составляет 250 руб. за 1 экземпляр журнала. При заказе более двух номеров стоимость услуги уточните в редакции.

** При самовывозе журнал предоставляется бесплатно.

Самовывозом журнал получают в редакции журнала по адресу: **Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1, офис 2319.**

Телефон отдела реализации: (495) 514 26 34
Телефоны редакции: (499) 393 30 25, (495) 514 76 50

Уважаемые дамы и господа, мы будем рады видеть Вас среди наших постоянных читателей, авторов, спонсоров и рекламодателей. Мы готовы обсудить любые формы сотрудничества и взаимодействия. Надеемся, что страницы нашего журнала станут постоянной территорией для обмена информацией и опытом в области неразрушающего контроля и технической диагностики.