

# Территория NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

Новый уровень в Компьютерной  
Радиографии: HD-CR 35 NDT Plus

## 2, 2014

апрель – июнь (10)

Мини компьютер  
Автономная работа  
без компьютера

Wi-Fi LAN  
Дистанционная  
работа

Запись на SD  
до 32 Гб

Прочный корпус  
Безопасная  
транспортировка

 **newcom-ndt**



www.newcom-ndt.ru  
e-mail: info@newcom-ndt.ru

+7 (812) 313-9674  
+7 (812) 313-9675

HD дисплей  
Цветной сенсорный  
дисплей

**TreFoc**

Новая технология  
считывания

Сертифицирован  
ISO 9001 и BAM

Вес 17,5 кг  
Мобильность

Питание от батареек  
Может работать  
автономно

 **DÜRR  
NDT**



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# ВЫСТАВКА



## МОСКВА 2015

### ВЫСТАВКА СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ «ТЕРРИТОРИЯ NDT»

<b>Даты проведения</b>	3 – 6 марта 2015 г.
<b>Организатор</b>	Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД)
<b>Место проведения</b>	Москва, Экспоцентр на Красной Пресне 2-й Павильон Площадь более 5 700 кв. м
<b>Деловая программа</b>	Круглые столы по актуальным вопросам применения НК в различных отраслях промышленности
<b>Участники</b>	Разработчики и поставщики оборудования Сервисные компании Учебные и сертификационные центры Специализированные издания Национальные общества НК
<b>Особые условия</b>	<i>При бронировании стенда до 01.07.2014</i>
<b>On-line-бронирование</b>	<a href="http://www.expo.ronktd.ru">www.expo.ronktd.ru</a>



на правах рекламы

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

[www.expo.ronktd.ru](http://www.expo.ronktd.ru)

[info@ronktd.ru](mailto:info@ronktd.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  
B-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

## ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПАКТНЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП



- ▶ Быстрая настройка и подключение матричных зондов
- ▶ Контроль поверхностей любой сложности
- ▶ Поддержка всех видов вихретокового и магнитного контроля (EC, ECA, MFL, RFT, NFT, IRIS)
- ▶ До 256 каналов передачи и обработки вихретоковых данных
- ▶ Проектирование, разработка и изготовление вихретоковых матриц под заказ
- ▶ Все виды внутритрубного контроля труб теплообменников и парогенераторов
- ▶ До 8 часов непрерывной работы от двух аккумуляторных батарей
- ▶ Промышленный дизайн и пылевлагозащищенное исполнение



129085, Москва,  
пр-д Ольминского, 3а  
Тел.: (495) 213-87-11  
Факс: (495) 616-66-14  
E-mail: [tndt@pergam.ru](mailto:tndt@pergam.ru)  
[pergam.ru/ndt](http://pergam.ru/ndt)

Сервисный центр:  
[www.myservice.ru](http://www.myservice.ru)

### СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ



«Преимущества применения технологии вихретоковых матриц по сравнению с классическим вихретоковым контролем»

стр. 56



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР  
«СВАРКА И КОНТРОЛЬ»  
ПРИ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»**

**ОБЛАСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:**

▶ **Аттестация/сертификация:**

- персонала в области неразрушающего контроля (по российским и международным стандартам);
- специалистов технической диагностики и технического надзора;
- специалистов НК, выполняющих работы на объектах ОАО «АК «Транснефть»;
- экспертов (экспертов высшей квалификации), осуществляющих экспертизу промышленной безопасности

▶ **Аттестация лабораторий неразрушающего контроля**

▶ **Аккредитация экспертных организаций и испытательных лабораторий**

▶ **Экспертиза промышленной безопасности**

▶ **Повышение квалификации по направлениям:**

- энергетические обследования (энергоаудит) промышленных предприятий и объектов ЖКХ;
- техническое диагностирование;
- промышленная безопасность опасных производственных объектов, подконтрольных Ростехнадзору;
- неразрушающие методы контроля металлов и сварных соединений;
- безопасность и контроль в строительстве;
- охрана труда и др.

▶ **Энергоаудит**



**В ЛЮБОЙ ДЕНЬ И В ЛЮБОЙ ЧАС  
«СЕРТИНК» АТТЕСТУЕТ ВАС!**





## OmniScan SX

### Меньше, Легче... По-прежнему OmniScan

Компания Olympus представляет новый дефектоскоп OmniScan SX, являющийся результатом более чем 20 лет исследований в области фазированных решеток. По сравнению с OmniScan MX2, новый OmniScan SX на 33% легче и на 50% меньше, что обеспечивает беспрецедентную портативность и ценовую доступность.

OmniScan SX производит сбор и запись данных одной группой с поддержкой до двух энкодеров, а также усовершенствованный интерфейс с сенсорным экраном.

- SX PA : 16:64 конфигурация на фазированных решетках плюс классический УЗК, TOFD или P/C метод.
- SX UT : классический УЗК для эхо-импульсного, P/C или TOFD метода.



OmniScan SX PA



OmniScan SX UT

# Территория NDT

## СОДЕРЖАНИЕ

№2 (апрель – июнь), 2014

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

Заместители главного редактора:  
Троицкий В.А.  
(Украина, президент УО НКТД)  
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)

Ригишвилли 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  
E-mail: tndt@idspektr.ru  
Телефон редакции +7 (499) 393-30-25

Журнал зарегистрирован в Федеральной  
службе по надзору в сфере связи, ин-  
фор-мационных 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  
E-mail: info@idspektr.ru  
Телефон +7 (495) 514 76 50

Корректор Смольянина Н.И.

Компьютерное  
макетирование Смольянина Н.И.

Сдано в набор 14.04.2014

Подписано в печать 14.05.2014

Формат 60x88 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.

Заказ Тираж 5200 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

**Краткие итоги** выставки «Территория NDT–2014» и 20-й Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике ..... 4

**Чепрасова Е.Ю.** Внеочередная Конференция членов Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике ..... 5

**Fluke представляет** новые тепловизоры с автоматической фокусировкой ..... 6

**Приглашаем посетить** выставку Aerospace Testing & Industrial Control ..... 6

**В издательстве** МГТУ им. Н.Э. Баумана  
вышла монография «Диагностика технических устройств» ..... 7

## СТРАНИЧКА РУКОВОДИТЕЛЯ

**Обращение** президента РОНКТД Э.С. Горкунова к читателям ..... 8

## ПОЗДРАВЛЯЕМ

**50-летие** НИИ интроскопии МНПО «Спектр» ..... 9

**К 70-летию** Анатолия Александровича Дубова ..... 11

## ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

**Горкунов Э.С., Клюев С.В., Артемьев Б.В., Кузелев Н.Р., Матвеев В.И., Шелихов Г.С.**  
Международная специализированная выставка «Территория NDT–2014» ..... 12

**Материалы**, предоставленные модераторами  
круглых столов выставки «Территория NDT–2014» ..... 19

**Бобров В.Т., Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г.** Состояние и тенденции развития  
акустических (ультразвуковых) методов, средств и технологий неразрушающего  
контроля и технической диагностики ..... 24

**Матвеев В.И.** Международный форум «Технологии безопасности – 2014» ..... 28

**Матвеев В.И., Артемьев И.Б.** Научно-техническая конференция  
«Радиолокационные системы малой и сверхмалой дальности» ..... 34

## ИНФОРМАЦИЯ ОТ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

**Кожаринов В. В., Исаев В.Н.** Об аккредитации и сертификации в странах Балтии ... 38

**Страгнефорс С.А.** Особенности развития новых технологий  
в области НК в Казахстане ..... 40

## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

**XI Всероссийский конкурс** специалистов неразрушающего контроля ..... 43

## МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

**Дубов А.А.** Энергодиагностика – физическая основа метода  
магнитной памяти металла ..... 46

**Бажанов А.С., Матвеев В.И.** Специальные средства диагностики ..... 50

**Борисков Ю.В., Козлов В.Р.** Преимущества применения технологии вихретоковых  
матриц по сравнению с классическим вихретоковым контролем ..... 56

**Ефимов А.Г., Кудрявцев Д.А., Рогова В.С.** Обзор представленных на российском рынке  
устройств для измерения величины индукции магнитного поля ..... 60

# КОНФЕРЕНЦИЯ ВЫСТАВКА



МОСКВА 2014



## КРАТКИЕ ИТОГИ ВЫСТАВКИ «ТЕРРИТОРИЯ NDT – 2014» И 20-й ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Выставка «Территория NDT» и 20-я Всероссийская конференция стали, безусловно, самыми ожидаемыми и значимыми событиями в области неразрушающего контроля и технической диагностики в России за последние несколько лет.

В выставке и ее деловой программе приняли участие более 100 ведущих российских и зарубежных компаний, среди которых: разработчики и поставщики оборудования, сервисные компании, учебные и сертификационные центры, 13 специализированных изданий, национальные общества неразрушающего контроля из 10 стран, Российское сварочное общество, Московский межотраслевой альянс главных сварщиков.

Привлеченные сильным составом экспонентов и содержательной деловой программой, выставку посетили более 2500 специалистов из России, стран ближнего зарубежья, Германии, Чехии, Италии, Болгарии, Китая, Великобритании, Франции, Сербии. Именно их релевантный состав и высокий профессиональный уровень отметило большинство экспонентов.

Выставка и конференция прошли 4–6 марта в Экспоцентре на Красной Пресне в Москве на площади более 7000 м<sup>2</sup>. «Территория NDT» впервые была организована и проведена Российским обществом по неразрушающему контролю и диагностике, что позволило существенно снизить стоимость участия и расширить рамки деловой программы.

Круглые столы были организованы по актуальным вопросам применения НК в различных отраслях – авиация и космос, энергетика, железнодорож-

ный транспорт, ЖКХ и строительство, нефтегаз, техническая диагностика.

Отчет по результатам проведения круглых столов опубликован на сайте [www.ronktd.ru](http://www.ronktd.ru) в разделе <http://expo.ronktd.ru/press/ndt-2014/>

По оценкам модераторов круглых столов, в них приняли участие более 400 специалистов. Участники отметили высокую практическую значимость заявленных направлений и тем, а также же удачный формат проведения мероприятия с возможностью обсуждения насущных вопросов.

В процессе подготовки к выставке был объявлен конкурс на лучшую разработку в области неразрушающего контроля. Победителя определял экспертный совет РОНКТД.

Победа в конкурсе была присуждена Системе автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК) ARGOVISION, представленной ООО «МНПО «Спектр».

В конкурсе на «Лучший стенд выставки «Территория NDT» победила компания OLYMPUS. Решение принимала комиссия из пяти человек: представитель дирекции РОНКТД, президент Казахской ассоциации НК и ТД, главные редакторы журналов «Контроль. Диагностика», «В мире НК» и «Insight».

На торжественном закрытии выставки прошло награждение победителей Всероссийского конкурса специалистов неразрушающего контроля. Конкурс проводился по восьми методам неразрушающего контроля в 12 региональных центрах от Москвы до Хабаровска. В нем приняли участие около 300 специалистов более чем из 100 организаций.



С архивом фотографий финального тура конкурса можно ознакомиться на сайте ООО «НУЦ «Качество» на странице конкурса 2014 г.: <http://www.centri-kachestvo.ru>

Фотоотчет выставки размещен на сайте [expo.ronktd.ru](http://expo.ronktd.ru) в разделе по ссылке: <http://expo.ronktd.ru/press/gallery/?eID=15>

Подробный отчет о выставке на с. 12–19.

Одновременно с выставкой «Территория NDT» прошла юбилейная 20-я Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике – одно из крупнейших мероприятий в Европе, главное научное событие в области НК в России, проходящее раз в три года.

Авторами из 15 стран – России, Беларуси, Италии, Германии, Узбекистана, Литвы, Украины, Казахстана, Франции, США и других – на конференции были представлены 220 докладов, из них 38 стендовых. Доклады были распределены по тематическим секциям по основным физическим методам НК и ТД.

Отчет об итогах конференции опубликован в журнале «Конт-



Пресне. Мы обещаем учесть все пожелания участников при организации выставки «Территория NDT 2015» и приглашаем всех к сотрудничеству, чтобы провести наше мероприятие в будущем году еще более успешно.

Актуальная информация, схема и условия участия опубликованы на сайте [expo.ronktd.ru](http://expo.ronktd.ru)



*Приглашаем Вас принять участие в крупнейшем в России форуме по неразрушающему контролю «Территория NDT» в марте 2015 года!*

**РОККТД**

роль. Диагностика» № 5, 2014 и на сайте [conf.ronktd.ru](http://conf.ronktd.ru) в разделе по ссылке: <http://conf.ronktd.ru/conference/report/>

Российское общество по неразрушающему контролю и технической

диагностике благодарит компании и специалистов в области НК и ТД за поддержку Выставки и конференции 2014.

С 2014 г. выставка «Территория NDT» будет проводиться РОККТД ежегодно в Экспоцентре на Красной

## ВНЕОЧЕРЕДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЧЛЕНОВ РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

3 марта 2014 г. в Москве, в Экспоцентре на Красной Пресне, состоялась внеочередная конференция членов РОККТД.

Конференция является высшим руководящим органом общества, она созывается не реже 1 раза в 3 года, также может быть созвана по инициативе правления, президента или не менее трети региональных отделений РОККТД.

Конференция вправе рассматривать любой вопрос, касающийся деятельности РОККТД, к исключительной компетенции конференции относятся: определение приоритетных направлений деятельности общества, утверждение изменений и дополнений в устав, формирование правления общества и выборы президента.

В конференции принял участие 41 делегат, из которых: 26 делегатов от 25 региональных отделений РОККТД, 14 делегатов из состава правления РОККТД, 1 делегат – президент РОККТД.

**На конференции были приняты следующие решения.**

1. Утверждены отчеты о работе РОККТД, отчеты ревизора и бухгалтерские балансы за 2011–2013 гг.
2. Утвержден план работы и бюджет РОККТД на 2014–2016 гг.
3. Утверждены изменения в Устав РОККТД, по результатам которых изменяется структура управления обществом.

С 2014 г. вводится должность исполнительного директора РОККТД,



который становится единоличным исполнительным органом общества и курирует всю операционную деятельность. Президент сохраняет за собой функцию определения стратегических направлений работы общества и представления его в международных организациях, при этом срок президентства сокращается до трех лет и ограничивается одним сроком для одного кандидата.

4. Президентом РОККТД на срок 2014–2017 гг. избран Эдуард Степанович Горкунов.
5. Исполнительным директором РОККТД избрана Екатерина Юрьевна Чепрасова.

6. В правление РОККТД на срок 2014–2017 гг. тайным электронным голосованием избрано 27 членов. Представители печатного издания РОККТД, центрального органа СДСПНК РОККТД, Технического комитета № 371 Росстандарта и молодежного правления РОККТД вошли в правление по должности.

С полной версией протокола конференции РОККТД можно ознакомиться на сайте [www.ronktd.ru](http://www.ronktd.ru) в разделе «Руководящие органы/Конференция».

*Исполнительный директор РОККТД  
ЧЕПРАСОВА Екатерина Юрьевна*



18 марта 2014 г. в Москве в конференц-зале отеля Marriott Tverskaya компания Fluke Corporation провела пресс-конференцию, посвященную презентации нового инновационного продукта для энергетической и нефтегазовой отрасли. На пресс-

## FLUKE ПРЕДСТАВЛЯЕТ НОВЫЕ ТЕПЛОВИЗОРЫ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФОКУСИРОВКОЙ

конференции присутствовали представители журналов «Территория NDT» и «Контроль. Диагностика».

В презентации приняли участие эксперты отрасли, а также представители топ-менеджмента компании Fluke Corporation Армандо Риси, директор по продажам и маркетингу Fluke в России, Александр Бардаков, технический менеджер по тепловизионному оборудованию Fluke, и Даниил Метелкин, старший менеджер по маркетингу. Специалисты представили тепловизоры Fluke® Ti200, Ti300 и Ti400 с возможностью беспроводного подключения, обеспечивающие высокую точность измерений и максимальную производительность работы техников в полевых условиях. Изображения с камер легко передавать непосредственно на компьютер, iPad или iPhone. Затем их можно импортировать в программу Fluke SmartView® — профессиональный пакет инструментов для анализа и создания отчетов, который позволяет оптимизировать и анализиро-

вать инфракрасные изображения. Была продемонстрирована прочность и надежность приборов, а также технология LaserSharp, которая использует лазер, автоматически указывающий на объект фокусировки.

В рамках мероприятия были оглашены финансовые результаты 2013 г.

### Информация о компании Fluke

Компания Fluke Corporation основана в 1948 г. и в настоящее время является мировым лидером в области производства компактных профессиональных электронных инструментов для тестирования. Клиенты компании Fluke — это технические специалисты, инженеры, электрики и метрологи, осуществляющие монтаж и обслуживание промышленного электрического и электронного оборудования, поиск и устранение его неисправностей, управление им, а также калибровку оборудования.

*Пресс-служба Fluke в России*  
[www.fluke.com](http://www.fluke.com)

## ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ ВЫСТАВКУ AEROSPACE TESTING & INDUSTRIAL CONTROL



Приглашаем Вас посетить Международную выставку контрольно-измерительного и испытательного оборудования — Aerospace Testing & Industrial Control, которая проводится с 28 по 30 октября 2014 г. в Москве, на новой площадке — МВЦ «Крокус Экспо», павильон № 1.

Aerospace Testing & Industrial Control — это форум, на котором представлен широкий спектр испытательного, контрольно-измерительного и диагностического оборудования для: авиационно-космической промышленности, военно-промыш-

ленного комплекса, металлургической промышленности, машиностроительной отрасли, автомобильной, электронной промышленности, нефтегазовой отрасли.

Участники выставки — это крупнейшие производители и поставщики оборудования, такие как: «Зетлаб», «Информгест», «Теккноу», «Интераналит-Регион», «Контроль качества», National Instruments, «Аэрокосмические системы», «Измеркон», MSH Techno Weiss Klimatechnik, «Делкам-Урал», A&D Company, Global Engineering, Shi-

madzu, «Остек», EMT, Meggitt, «Тензо-М», UGNlab и многие другие.

Впервые в 2014 г. выставка Aerospace Testing & Industrial Control пройдет на одной площадке с выставкой оборудования и технологий обработки металлов и композитных материалов — Mashex и выставкой компрессорной техники, пневматики, трубопроводной арматуры — PCVExpo.

При посещении выставки Aerospace Testing & Industrial Control в «Крокус Экспо» Вы также сможете ознакомиться с экспозицией выставок Mashex и PCVExpo.

### Выставка открыта для посетителей:

28–29 октября 2014 г. 10:00–18:00  
30 октября 2014 г. 10:00–16:00

### Организатор выставки — группа компаний ITE

Контактная информация:  
E-mail: [control@ite-expo.ru](mailto:control@ite-expo.ru)  
Тел.: +7 (495) 935-73-50 доб. 4249  
Сайт: [www.testing-control.ru](http://www.testing-control.ru)

*Материал предоставлен организаторами выставки*

## В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА ВЫШЛА МОНОГРАФИЯ «ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ»

В условиях устаревания производственных фондов, обуславливающего рост аварийности на опасных производственных объектах, техническая диагностика становится все более актуальной. Именно инструменты технического диагностирования позволяют получить объективную информацию о техническом состоянии опасных производственных объектов и сделать вывод о возможности их дальнейшей эксплуатации.

Книга, авторами которой являются д-ра техн. наук Г.А. Бигус и Н.А. Быстрова и кандидаты техн. наук Ю.Ф. Даниев и Д.И. Галкин, посвящена описанию различных методов и подходов при проведении технического диагностирования и может быть полезна при разработке как программы диагностирования, так и обоснования безопасности опасного производственного объекта.

Книга издана в издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана. Рецензентами выступили академик РАН Н.П. Алёшин и д-р техн. наук В.С. Котельников.

В главе 1 приведена классификация потенциально опасных производственных объектов (котлы, трубопроводы, резервуары, оборудование химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности). Изложены основные понятия риска и его показатели для опасных производственных объектов. Рассмотрено правовое регулирование в области промышленной безопасности.

В главе 2 изложены основные понятия технической диагностики, систем диагностического обеспечения и дано обоснование выбора диагностических параметров.

В главе 3 кратко рассмотрены физические основы методов неразрушающего контроля, применяемых при техническом диагностировании. Для каждого метода приведено описание используемого оборудования и технологии его применения.

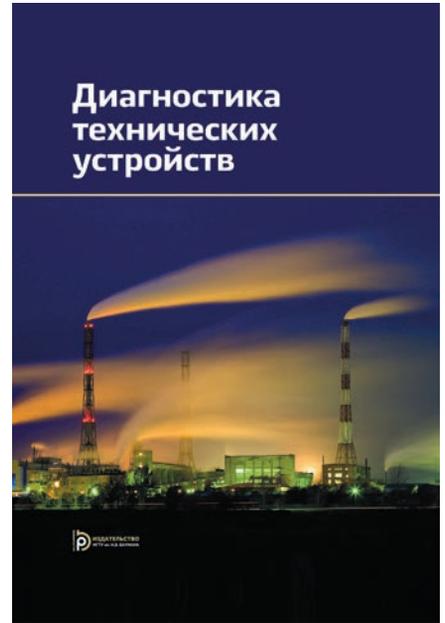
В главе 4 изложены представления о процессах, порождающих акустико-эмиссионное излучение. Рассмотрены модели источников, вид АЭ-сигнала, принимаемого

аппаратурой, основные информационные характеристики аппаратного сигнала и их изменение в процессе распространения волн от источников АЭ в объекте контроля. Описаны стандартные и современные методы регистрации и обработки акустической информации. Даны технические характеристики АЭ-систем, преобразователей. Рассмотрено использование метода акустической эмиссии при решении актуальных задач контроля промышленных объектов. Представлены акустико-эмиссионный контроль при различных способах сварки, а также акустическая эмиссия сварочной дуги. Приведена классификация источников акустической эмиссии в технологии машиностроения. Рассмотрены вопросы определения возможности дальнейшей эксплуатации объекта на основе данных АЭ-контроля.

В главе 5 приведены основные термины и понятия вибрационной диагностики. Рассмотрены классификация вибросигналов, выбор диагностических признаков, методы вибродиагностики. Описана аппаратура, применяемая при вибродиагностике, — вибродатчики, многоканальная виброизмерительная аппаратура, а также представлены методы и приборы испытаний на вибропрочность и виброустойчивость.

Глава 6 посвящена внутритрубной диагностике: физическим основам внутритрубной диагностики, дефектам магистральных газопроводов, повышению информативности внутритрубной диагностики.

В главе 7 изложены элементы теории надежности применительно к задачам технической диагностики: понятия вероятности безотказной работы, наработки на отказ, интенсивности отказов и т.п. Приведены распределения, наиболее часто встречающиеся при эксплуатации производственных объектов. Рассмотрены вопросы обеспечения надежности технических систем, методы расчета надежности систем и повышения надежности. Дано понятие эргатических систем, а также надежности основных составляющих этих систем: программного обеспечения, оперативного персонала, оценка надеж-



ности эргатических систем в целом. Затрагиваются вопросы управления надежностью этих систем.

В главе 8 изложены основные положения оценки ресурса опасных производственных объектов. Описаны виды ресурса, его вероятностные модели и оценка. Приведена методология определения остаточного ресурса потенциально опасных производственных объектов. Описаны экспертные методы прогнозирования ресурса.

В главе 9 рассмотрены вопросы идентификации состояния объекта по измеренным диагностическим параметрам. Приведены различные модели элементов и систем. Изложены общие сведения и понятия вейвлетного преобразования. Рассмотрено применение непрерывного вейвлет-преобразования для обработки сигналов акустической эмиссии при исследовании коррозионных процессов материала конструкции, а также при анализе и классификации сигналов акустической эмиссии, генерируемых дефектами, возникающими в процессе контактной шовной сварки. Затрагиваются вопросы применения фрактального анализа в диагностике.

**ФГАОУ «НУЦСК  
при МГТУ им. Н.Э. Баумана»**



## ОБРАЩЕНИЕ ПРЕЗИДЕНТА РОНКТД З.С. ГОРКУНОВА К ЧИТАТЕЛЯМ

### Дорогие коллеги!

В марте 2014 г. в рамках 20-й Всероссийской научно-технической конференции по НК и ТД состоялось очередное отчетно-выборное собрание Российского общества по неразрушающему контролю (РОНКТД), избравшее новый состав правления и нового президента. Хочется выразить глубокую признательность прежнему президенту Сергею Владимировичу Ключеву за его усилия и значимые достижения, которые позволили обеспечить последовательность и преемственность политики, принципов, лежащих в основе деятельности общества, успешно реализовать цели и задачи, стоящие перед сообществом специалистов, работающих в области неразрушающего контроля. Достиженные за три года успехи являются серьезным шагом вперед по пути укрепления позиций РОНКТД в настоящем и будущем. Благодаря опыту и активности прежнего руководства общество получило широкое признание среди специалистов в области неразрушающего контроля как у нас в стране, так и за рубежом.

Новый состав руководства РОНКТД благодарит за оказанное доверие и планирует продолжить укрепление позиций неразрушающего контроля в целом и РОНКТД в частности и способствовать продвижению научных и практических достижений в сфере контроля качества технических объектов.

Сегодня РОНКТД – одно из крупнейших национальных обществ НК, входящих в состав EFNDT и ICNDT. Это некоммерческая общественная организация, объединяющая специалистов НК и ТД, представляющих

ведущие отечественные вузы и академические институты, государственные и надзорные органы, учебные и сертификационные центры, органы аккредитации, компании, разрабатывающие и поставляющие оборудование для НК, сервисные центры и лаборатории неразрушающего контроля.

Политика РОНКТД строится на оказании помощи в использовании научно-технического потенциала для широкого и эффективного практического применения достижений академической и вузовской науки при реализации новых разработок, укрепления взаимосвязи науки и образования.

Сейчас в РОНКТД действуют более 40 региональных отделений. Региональные отделения имеют свои особенности. А это значит, что мы можем и должны многому учиться друг у друга. Усилия следует сосредоточить на регулярном обмене информацией и опытом между отделениями. Общество проводит совместные семинары, конференции и оказывает консультативную помощь. Ускорить обмен информацией и оптимизировать получение консультативной помощи позволит внедрение интерактивных методов общения. На проводимых конференциях и семинарах необходимо сбалансировать научную и практическую составляющие, т.е. активнее привлекать к участию в конференциях докладчиков именно с научными сообщениями.

Мы верны взятому курсу на интеграцию в международное научное пространство и очень дорожим нашим сотрудничеством с 39 национальными обществами. Надеемся на дальнейшее развитие такого взаимодействия и будем стремиться к более

широкому представительству России в международных организациях. Традиционно мы принимаем активное участие в конференциях, организуемых Европейским и Всемирным обществами по НК. Так, в октябре 2014 г. в Праге будет проводиться очередная Европейская конференция, которая даст российским специалистам НК и ТД превосходную возможность встретиться с зарубежными коллегами и обсудить волнующие всех вопросы. Надеемся, что российская делегация, как всегда, будет достаточно авторитетной и достойно представит достижения России на этом форуме.

Дорогие друзья! Миссия Российского общества по неразрушающему контролю – объединение ресурсов региональных обществ и организаций, занимающихся НК, а также смежных областей науки и техники в России в целях создания благоприятных условий как для профессиональной деятельности широкого круга специалистов, потребителей промышленной продукции, так и для общества в целом. Многие уже сделано и многое предстоит еще сделать. Я благодарю вас за поддержку и заверяю, что постараюсь направить все силы на развитие нашего общества и повышение его общественной значимости. Позвольте пожелать вам интересной и плодотворной работы, новых открытий и крупных успехов на благо развития неразрушающего контроля и технической диагностики в нашей стране и в мире.

*С уважением,  
президент РОНКТД  
Эдуард Степанович ГОРКУНОВ*

## 50-ЛЕТИЕ НИИ ИНТРОСКОПИИ МНПО «СПЕКТР»



*Полвека – это Важный юбилей,  
Для НИИИНа и его друзей,  
Сотрудники его уверены, спокойны,  
В НИИИНе все праздника  
прекрасного достойны!*

6 мая 2014 г. в гостинице «Юность» в Москве прошло торжественное празднование, посвященное юбилею НИИИИ. Оно стало завершением многих мероприятий, посвященных 50-летию института.

Научно-исследовательский институт интроскопии был создан 6 мая 1964 г. Высшим советом народного хозяйства СССР как головное предприятие в стране в области неразрушающего контроля и технической диагностики. За прошедшие 50 лет сотрудники института разработали около 800 типов диагностических приборов и систем для всех отраслей народного хозяйства, опубликовали более 10 тыс. научных статей, подготовили более 600 монографий, получили более 5000 авторских свидетельств и патентов на изобретения. В настоящее время в институте работают 16 докторов технических наук и 20 кандидатов технических и физико-математических наук.

Сегодня институт является головным предприятием в стране в области неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики (ТД) по направлениям: техногенная, антитеррористическая, экологическая и медицинская рентгеновская диагностика. НИИИИ – автор Национальной технологической платформы «Интеллектуальные системы диагности-



ки», организатор 10-й Европейской конференции по неразрушающему контролю в 2010 году и 10-й Всемирной конференции по НК в 1982 году, лидер и организатор Ассоциации производителей диагностической техники «Спектр-груп». В научном мире широко известны ведущие ученые, доктор наук И.Т.Акулиничев, Б.В. Артемьев, В.Т. Бобров, А.А. Буклей, Э.И. Вайнберг, Л.В. Владимиров, В.А. Горшков, Е.А. Гусев, Н.И. Еремин, А.Г. Ефимов, В.Г. Запускалов, Г.В. Зусман, Ю.И. Иориш, Б.М. Кантер, В.М. Карпов, В.В. Ключев, А.Н. Коваленко, А.В. Ковалев, А.Н. Кронгауз, Н.Р. Кузелев, Ю.В. Ланге, Б.И. Леонов, А.И. Маслов, В.Ф. Мужичкий, П.К. Ошепков, А.А. Самокрутов, В.В. Тимомиров, Ю.К. Федосенко, В.Н. Филинов, М.В. Филинов, В.Г. Шевальдыкин, Г.С. Шелихов, Ю.М. Шкарлет.

Достижения НИИИИ МНПО «Спектр» были показаны в выступлении директора института академика РАН В.В. Ключева и в двух фильмах «Наша неразрушающая история» и «Создатели, соратники, сотрудники, результаты – 50 лет НИИИИ МНПО «Спектр». Лозунг «50 лет НИИИИ – 50 лет диагностических инноваций» был лейтмотивом всех выступлений участников торжественного собрания, на котором выступили: М.С. Шкабардня – министр приборостроения СССР, Г.И. Кавалеров – президент Международного НТО приборостроителей и метрологов, Э.С. Горкунов – президент Российского общества по неразрушающему



контролю и технической диагностике, С.В. Ключев – генеральный директор МНПО «Спектр».

НИИИИИ приветствовали заслуженные ветераны и ведущие специалисты: Б.И. Леонов, Н.С. Данилин, В.А. Павельев, В.Г. Щербинский, а также лидеры нового поколения: А.В. Ковалев, А.Г. Ефимов, А.А. Самокрутов. Было вручено множество поздравительных адресов, подписанных руководителями организаций, университетов и национальных обществ по НК, РФФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИТФ НАН Беларуси и др., которые были приняты с благодарностью.

Поздравления в честь юбилея НИИИИИ зачитали: от молдавских коллег В.Т. Бобров, от латышских коллег В.В. Кожаринов, от космической отрасли В.А. Калашин, от Росстандарта Н.П. Муравская и многие другие. В выступлениях гостей не раз звучали слова о заслугах института, о его вкладе в развитие неразрушающего контроля и технической диагностики в России и мире. Выступающие отмечали, что коллектив института всегда активно и плодотворно работал в разных направлениях и в нем сформировалась своя научная школа.

Поздравляем коллектив НИИ интроскопии МНПО «Спектр» с юбилеем, желаем ему дальнейшего процветания и выражаем уверенность, что он и дальше будет оставаться одним из лидеров в области неразрушающего контроля и технической диагностики в мире.

*Б.В. Артемьев, Н.Р. Кузелев*



*НИИИИИ поздравили (с лева на право): Г.И. Кавалеров, Э.С. Горкунов, С.В. Ключев, Б.И. Леонов, Н.С. Данилин, В.А. Павельев, В.Г. Щербинский*

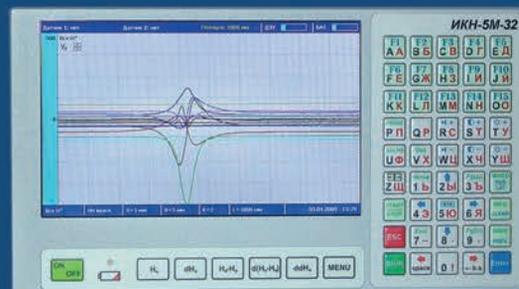
# Приборы для ранней диагностики повреждений оборудования, трубопроводов и конструкций с использованием метода магнитной памяти металла



**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

## К 70-ЛЕТИЮ АНАТОЛИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА ДУБОВА



19 мая 2014 г. исполняется 70 лет со дня рождения генерального директора ООО «Энергодиагностика» (Москва), д-ра техн. наук, профессора Анатолия Александровича Дубова.

А.А. Дубов является автором принципиально новой технологии неразрушающего контроля на основе использования метода магнитной памяти металла (МПМ).

В 1992 г., имея к тому времени более 30-летний опыт работы в области обеспечения надежности энергооборудования, А.А. Дубов организовал предприятие ООО «Энергодиагностика» и полностью посвятил себя развитию метода МПМ в России и за рубежом. При содействии Российского научно-технического сварочного общества (РНТСО) в течение примерно 15 лет активной работы в Международном институте сварки ему удалось довести новую технологию НК до уровня международного стандарта ISO.

В настоящее время метод МПМ и уникальные приборы контроля, производимые ООО «Энергодиагностика», получили применение в 33 странах мира.

Под руководством А.А. Дубова в 1996 г. был создан независимый орган аттестации персонала (НОАП) по методу МПМ. В НОАП подготовлено более 2000 специалистов в России и более 600 зарубежных специалистов.

Метод МПМ применяют на практике более 1000 предприятий и диаг-

ностических фирм в различных отраслях промышленности.

А.А. Дубов является автором 290 научных трудов, статей и изобретений, является председателем комиссии «Контроль качества сварки» в РНТСО, председателем координационного совета «Контроль напряженно-деформированного состояния и оценка ресурса» ТК-132 Ростандарта, заместителем председателя экспертного совета научно-промышленного союза «РИСКОМ», заместителем председателя НТС в саморегулируемой организации Некоммерческое партнерство «Межрегиональное сотрудничество в области Промышленной Безопасности».

Коллектив ООО «Энергодиагностика» поздравляет Анатолия Александровича Дубова с 70-летием, желает крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов!

К поздравлению коллектива присоединяются исполнительный директор НПС «РИСКОМ» М.А. Есин, президент РНТСО О.И. Стеклов, директор СРО НП «Межрегион ПБ» В.М. Каплунов, вице-президент РОНКТД А.В. Муллин.

### ДЕФЕКТОСКОПИСТЫ ВЫБРАЛИ ВЛАДИВОСТОК

**XV Международная специализированная выставка приборов и оборудования для промышленного неразрушающего контроля «Дефектоскопия» в 2014 г. впервые пройдет во Владивостоке.**

**Именно этот город был выбран по результатам голосования, опроса участников и посетителей выставки и переговоров с Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД).**

**Таким образом, на этот раз выставка охватит Дальневосточный регион.**

Экспоненты смогут продемонстрировать свою продукцию широкому кругу специалистов Приморского и Хабаровского краев, Сахалина и Камчатки.

Организаторы выставки пригласят корабелов и судоремонтников, строителей газо- и нефтепроводов, строителей промышленных зданий и жилищного фонда, железнодорожников и приборостроителей.

Выставка состоится **10 – 12 сентября 2014 г. в Спортивном комплексе «Чемпион» г. Владивостока.**

За подробной информацией об участии обращайтесь в оргкомитет.

**Менеджер проекта** Нинель Валерьевна Фионичева

**Тел.:** (812) 320-96-76

**E-mail:** ptcomp@restec.ru



## МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «ТЕРРИТОРИЯ NDT – 2014»



**ГОРКУНОВ**  
**Эдуард Степанович**  
Проф., д-р техн. наук,  
акад. РАН,  
президент РОНКТД,  
Екатеринбург



**КЛЮЕВ**  
**Сергей Владимирович**  
Канд. техн. наук,  
вице-президент РОНКТД,  
Москва



**АРТЕМЬЕВ**  
**Борис Викторович**  
Проф., д-р техн. наук,  
член правления РОНКТД,  
Москва

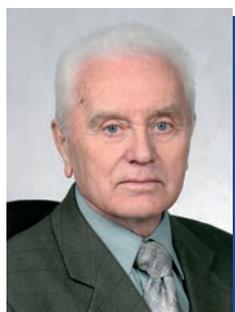
Международная специализированная выставка «Территория NDT» состоялась 4–6 марта 2014 г. в «Экспоцентре» на Красной Пресне в Москве. Мероприятие прошло совместно с 20-й Всероссийской научно-технической конференцией по неразрушающему контролю и технической диагностике. Форум был организован Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД). Спонсорами мероприятия выступили компания «Олимпус» и ЗАО «НИИИИИ МНПО «Спектр». Информационную поддержку выставке оказали журналы «Территория NDT», «Контроль. Диагностика», «В мире НК», «Мир измерений» и др.



**КУЗЕЛЕВ**  
**Николай Ревакотович**  
Проф., д-р техн. наук,  
вице-президент РОНКТД,  
Москва



**МАТВЕЕВ**  
**Владимир Иванович**  
Канд. техн. наук,  
член РОНКТД,  
Москва



**ШЕЛИХОВ**  
**Геннадий Степанович**  
Д-р техн. наук,  
член РОНКТД,  
Москва



В экспозиции выставки «Территория NDT–2014» были представлены современные приборы НК и ТД, основанные практически на всех известных физических мето-



дах — от рентгеновских и акустических до капиллярных и течейскания. Тематические разделы общей выставки охватили весь спектр вопросов неразрушающего контроля и измерений для всех отраслей промышленности (авиакосмической, нефтегазовой и нефтехимической, атомной и электронной, металлургической и химической, транспортной и коммунальной). Основными разделами выставки были: неразрушающий контроль и техногенная диагностика, лабораторный и измерительный контроль, промышленная автоматизация измерений и испытания материалов.

В выставочных мероприятиях приняли участие 96 ведущих российских и зарубежных компаний из 15 стран. Сама экспозиция была развернута на площади около 7000 м<sup>2</sup>. По традиции в рамках выставки прошли тематические мероприя-

тия (круглые столы, семинары, деловые встречи, конференция), имеющие высокую практическую ценность благодаря участию ведущих специалистов различных отраслей промышленности. Активное участие в выставке приняли также представители иностранных обществ по НК: Азербайджана, Беларуси, Болгарии, Германии, Грузии, Израиля, Италии, Казахстана, Латвии, Молдовы, Узбекистана, Украины, Франции, Чехии.

Выставку открыли президент РОНКТД Э.С. Горкунов, вице-президент РОНКТД С.В. Ключев и представитель Ростехнадзора.

В области неразрушающего контроля качества продукции и технической диагностики конструкций наибольшее распространение получили акустические и ультразвуковые методы: около 15 российских и зарубежных компаний демонстрировали серийные образцы приборов на основе данного вида контроля (АКС, НПП «Промприбор», «Технотест», OLYMPUS, «Алтес», НПЦ «Кропус», «Диагностика», НПК «Луч», «Панатест» и многие другие). Так, на стенде известной российской фирмы АКС («Акустические Контрольные Системы») можно было ознакомиться с работой различных моделей современных ультразвуковых при-

боров для контроля металлов, пластмасс, композитов, бетонных и других конструкций. Одна из моделей — A1550 IntroVisor представляет собой универсальный портативный УЗ-дефектоскоп с цифровой фокусировкой антенной решетки и томографической обработкой данных для контроля изделий из широкой номенклатуры материалов.

Дефектоскоп имеет три основных режима работы. В режиме томографа используют 16-элементные антенные решетки и формируются томограммы в реальном масштабе времени в виде понятных образов сечения объекта с указанием координат обнаруженных дефектов. В режиме дефектоскопа применяют типовые наклонные и прямые преобразователи, обеспечивающие с помощью унифицированных методик обнаружение и оценку дефектов в изделиях. А в режиме настройки проводят выбор и установку необходимых параметров мониторинга с учетом встроенной базы материалов и преобразователей. Технология ультразвуковых фазированных антенных решеток зарекомендовала себя как передовое средство для неразрушающего контроля. Заслуживает внимания еще ряд приборов этой компании, в частности A1040 MIRA —



УЗ-томограф для визуализации внутренней структуры железобетона на глубине до 2 м с сухим точечным контактом с поверхностью объекта. Развивается также электромагнитно-акустическая (ЭМА) толщинометрия – прибор А1270 для измерения толщины изделий из сталей и алюминиевых сплавов без применения контактной жидкости, в том числе через покрытие или воздушный зазор.



Модификация системы Acoustic Eye – Dolphin G3 была показана на стенде компании «Галас НДТ». Она предназначена для неразрушающего контроля внутреннего состояния труб теплообменников, парогенераторов и других промышленных объектов, имеющих в своем составе трубы небольшого диаметра до 101 мм. Принцип работы системы заключается в возбуждении акустической волны внутри трубы и приеме отраженного сигнала от внутренних дефектов типа коррозии, трещины, сквозного отверстия, блокировки сечения трубы, внутренней деформации и т.п. Преимущества Dolphin G3 состоят в том, что не требуется введение датчика внутрь трубы, благодаря чему могут контролироваться трубы любой конфигурации как из металлов, так и из композитных материалов с временем контроля в несколько секунд. Один датчик позволяет контролировать трубы различных диаметров, меняется

лишь адаптер на конце датчика, поэтому в комплект поставки входит набор адаптеров.

Ультразвуковые приборы различного назначения (толщинометры, дефектоскопы, структуроскопы, установки) демонстрировались также на стендах других перечисленных компаний, в частности 8-канальный дефектоскоп УСД-60-8К (НПЦ «Кропус») для высокопроизводительного ручного контроля сварных соединений со скоростью до 4 м/мин. Новый акустический импедансный дефектоскоп ИД-91М для обнаружения расслоений и непрочностей в изделиях из слоистых пластиков и композиционных материалов показала небольшая, но перспективная фирма «АКА-контроль». Известная компания OLYMPUS представила новую модификацию Omni-Scan MX2 – УЗ-дефектоскопа второго поколения с повышенной скоростью передачи данных и одновременным отображением А-, В-, С- и S-сканов.

Чешская компания STARMANS electronics познакомила посетителей на этой выставке с прогрессивными приборами и решениями ультразвукового НК: установками автоматизированного УЗ-контроля баллонов, железнодорожных колес, осей, спиральношовных труб и стержневых заготовок. Словом, недостатка в выборе ультразвуковой диагностической техники не было.



Ряд компаний специализируется на разработке и производстве современных ультразвуковых преобразователей. Компания «Диагност» предложила несколько сотен типов пьезоэлектрических преобразователей для работы в диапазоне частот от 50 кГц до 200 МГц (прямые, наклонные, раздельно-совмещенные, поперечной волны, иммерсионные и т.д.). Технический уровень приборов за последние годы приблизился к физическим ограничениям метода, и изменения можно заметить лишь в части сервисных функций. Однако все более явной становится тенденция к механизации и автоматизации контроля с автоматическим формированием документации о результатах контроля с диагностическими выводами. Непременное требование современности – снижение влияния оператора на процесс неразрушающего контроля и его результаты – приводит к тому, что все больше появляется автоматизированных систем контроля, полностью или почти полностью заменяющих человека в сложном и



ответственном деле, каким является техническая диагностика. И выставка ярко это продемонстрировала.

Значительное развитие при экспертизе промышленной безопасности получил метод акустической эмиссии. Этот метод применяют при обследовании сосудов высокого давления и трубопроводов, корпусов самолетов, объектов из металлов и композиционных материалов, куполообразных сооружений, наземных хранилищ, мостов, при исследовании усталостных характеристик материалов и т.п. Системы комплексного диагностического мониторинга, в том числе новое семейство акустико-эмиссионной аппаратуры с имитаторами сигналов, наглядно представила на выставке компания «Интерюнис», являющаяся одной из ведущих фирм в данном направлении.

Широкое применение на практике нашел радиографический контроль важнейших узлов, сварных соединений и конструкций. Методу присущи высокая чувствительность и надежность. Некоторой проблемой всегда была рентгеновская пленка, которую надо проявлять, расшифровывать, хранить. На смену приходит новая технология «Фосфоматик» (компания «Тестрон»), позволяющая использовать многократно фосфорные пластины, а также системы цифровой радиографии, в которых снимки появляются сразу же на экране ноутбука, а программное обеспечение позволяет проводить анализ изображений непосредственно на месте проведения работ. Получают также распространение плоские цифровые детекторы серии Y.Panel XRD компании YXLON International GmbH, при использовании которых достигают гораздо лучшей распознаваемости деталей, чем при традиционной пленочной технологии. Данные плоскопанельные детекторы выпускают в двух конфигурациях – либо низкоэнергетические (например, для контроля углеродистых компонентов), либо высокоэнергетические до 450 кВ (для контроля толстостенных сварных швов).

В последнее время на рынке рентгеновской аппаратуры появля-

ется все большее число моделей портативных рентгеновских аппаратов (YXLON, «Спектрофлэш», «Рентгенсервис» и др.), что существенно расширяет возможности данных методов, особенно в полевых условиях, в рентгеновских кроулерах для дефектоскопии трубопроводов и в других труднодоступных местах. Рентгеновские кроулеры представили ООО ТКК «Мега», «Пергам-Инжиниринг». Модель С200 рассчитана на обследование трубопроводов диаметром 200–400 мм, а модель С400 – от 400 до 1600 мм.

Компания «Тестрон» показала возможности промышленной рентгеновской томографии и современного программного обеспечения, представив новую модель комплекса высокоразрешающей рентгеноскопии и микротомографии «ФИЛИН 703». Комплекс построен на базе микрофокусного рентгеновского аппарата открытого типа и высокоразрешающего полупроводникового плоскопанельного детектора. Интерес представили также рентгеновские досмотровые системы для обеспечения безопасности: это «ФИЛИН 3010» для досмотра почтовой корреспонденции, «ФИЛИН 5535» для досмотра ручной клади, «ФИЛИН 5280» для досмотра багажа, «ФИЛИН 85125» для досмотра крупногабаритного багажа и «ФИЛИН 145185» для досмотра грузов на палетах.

Магнитный метод был представлен рядом отечественных фирм (12 фирм), которые можно разделить на две группы: первая группа – разработчики и изготовители аппаратуры и вторая группа – торгующие организации.

Из иностранных компаний в выставке традиционно участвовала немецкая фирма Helling GmbH. Представленное ею оборудование также хорошо известно на российском рынке. Это различные намагничивающие устройства, ультрафиолетовые облучатели и расходные материалы для магнитопорошкового контроля.

ООО «АКА-контроль» демонстрировало серию магнитных толщиномеров покрытий и магнито-

ООО «Интрон плюс» представило оборудование для контроля качества стальных канатов, резинотроссовых лент, стальных резервуаров и сосудов, а также толщиномеров покрытий. Помимо разработки, изготовления и поставки перечисленного оборудования компания обеспечивает весь спектр услуг по его обслуживанию, обучению специалистов, а также проводит обследование объектов своими силами.



ЗАО «Константа» – это традиционно портативные магнитные толщиномеры.

ООО «Магнитометрическая диагностика» – молодая российская компания (зарегистрирована в 2008 г.), которая по своей сути является представителем украинской фирмы «Специальные Научные Разработки». По магнитному методу они предлагают коэрцитиметры серии КРМ-Ц.

ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр» представил ряд магнитных приборов: это магнитный структуроскоп МС-10, три вида магнитометров, портативное намагничивающее устройство для магнитопорошковой дефектоскопии и три вида ультрафиолетовых облучателей, из которых особо можно отметить портативный облучатель УФО-3-10 в виде карманного фонарика с высокой мощностью облучения и регулируемой площадью пятна облучения.

ООО «НПК «Луч» предлагает для магнитопорошкового контроля

мощные намагничивающие устройства с переменным током намагничивания до 2000 А, а также намагничивающие устройства в виде соленоидов и приставных электромагнитов.

ОАО «НПО ЦНИИТМАШ» в области магнитных измерений предлагает, пожалуй, самый маленький портативный коэрцитивметр.

ЗАО «НПЦ «Молния» – компания, занимающаяся обследованием объектов в различных отраслях промышленности. Их главные заказчики: «Газпром», «Лукойл», «Тольяттиазот» и др.

ОАО «Пергам-Инжиниринг» – это многопрофильная коммерческая организация, сотрудничающая с большим числом зарубежных производителей. Для магнитного неразрушающего контроля она предлагает, в первую очередь, дефектоскопы-сканеры компании Silverwing для поиска мест коррозии в днищах стальных резервуаров, представляющие MFL-систему.

ООО «Панатест» также является официальным представителем ведущих фирм – производителей современного оборудования для неразрушающего контроля. Для магнитопорошкового контроля фирма предлагает приставные электромагниты компании Western Instruments.

На выставке демонстрировались намагничивающие и размагничивающие устройства, контрольные приборы и образцы для магнитопорошковой дефектоскопии. Рекламировались переносные электромагниты постоянного и переменного тока, передвижные, стационарные и специализированные магнитопорошковые дефектоскопы. Метрологические аспекты магнитопорошкового контроля в большинстве рекламных проспектов не упоминались, как, например, погрешность, калибровка систем измерения тока, количественное определение чувствительности магнитных индикаторов, метрологические характеристики образцов и др.

ООО «НПЦ «Кропус» собрал под своим брендом продукцию разных производителей, включая как

отечественных, так и зарубежных: модульный магнитопорошковый дефектоскоп МД-М и переносные электромагниты типов РУ-140, РВУ-140, КУ-140, питание которых предусмотрено от сети постоянно-го или переменного тока. Магнитопровод этих электромагнитов выполнен шихтованным, сечением 25×25 мм. Полюсные наконечники состоят из двух звеньев, имеют одну степень свободы в плоскости магнита. Обмотка электромагнита расположена на средней части магнитопровода, который соединяет полюсные наконечники и выполняет роль ручки. Другая модификация электромагнита выполнена с автономным питанием от аккумулятора, установленного в ручке электромагнита. Масса электромагнитов до 3,9 кг.

Фирма Helling демонстрировала: переносные электромагниты серии UM 8, UM 9, UM 10 и UM 15. Это дефектоскопы (электромагниты) UM 8/ HANSA-230, UM 9/ HANSA-230, UM 10 / HANSA-230, UM 15/ HANSA-230 с питанием от сети напряжением 220 В, 50 Гц. Электромагниты с обозначением HANSA-42 рассчитаны на питание от сети переменного тока напряжением 42 В. Кроме того, были представлены стационарные магнитопорошковые дефектоскопы Universal с максимальным намагничивающим током до 4000 А; дефектоскоп для магнитопорошкового контроля колесных пар железнодорожных вагонов, а также широкий набор контрольных образцов, приборов и индикаторных средств.

Весь спектр оборудования для магнитопорошкового контроля показала компания «Тестрон». Метод весьма эффективен при контроле изменений структуры ответственных деталей из ферромагнитных материалов. Много комплексов современных приборов неразрушающего контроля на различных физических принципах представила компания «Индумос» от известной фирмы GE Sensing & Inspection Technologies, в частности вихретоковое оборудование с матричными преобразователями для сканирования поверхностей контролируемых объектов и с использованием многих частот. Другая ком-

пания «Панатест» экспонировала инновационное оборудование фирмы TesTex Inc. (США) для НК котлов, теплообменников, трубопроводов, сосудов высокого давления и резервуаров. В приборе используется низкочастотное поле вихревых токов, что позволяет проводить контроль через покрытия толщиной до 6 мм или через зазор без влияния на результат дефектоскопии равномерной ржавчины, окалины и грязи.

Следует добавить, что в настоящее время интенсивно развивается направление автоматизации ультразвукового, вихретокового, магнитного и других видов контроля путем создания и применения портативных роботов-сканеров, позволяющих проводить диагностику габаритных объектов (резервуаров, котлов, труб и т.п.). Такое оборудование было представлено на стенде «Пергам-Инжиниринг» от известной компании SILVERWING.

ООО «Ассоциация ВАСТ» специализируется на вибрационной диагностике в качестве средства обслуживания машин и механизмов по фактическому состоянию. Измерительные системы диагностики, мониторинга и балансировки компании используются в энергетике, добычающих и перерабатывающих отраслях, машиностроении и транспорте. Представители компании рассказали о своих новых подходах к диагностике оборудования на основе организации службы вибродиагностики на предприятиях.

Современные приборы поиска подземных коммуникаций показали компании МНПО «Спектр», «Пергам-Инжиниринг», ПГК «Мега», «Диагност» и др. Среди них трассоискатели нового поколения и прецизионные локаторы кабелей и трубопроводов (металлических и неметаллических), без которых сегодня невозможны прокладка и ремонт инженерных коммуникаций и сооружений. Новинкой на выставке стал портативный георадар RD 1000, представленный на стенде «Пергам» (от Radiodetection AN SPX Company), позволяющий видеть в грунте трубы из неметаллических материалов, включая пластмассовые трубы.



Интерес представили средства на основе использования излучения ИК, видимого оптического и УФ-диапазонов. На стенде компании «Панатест» (от фирмы CSIR, Индия) можно было увидеть ультрафиолетовую камеру CoroCAM 504 для поиска коронных и дуговых разрядов в любое время суток при любой освещенности. Данная камера выявляет дефекты на объектах энергетики методом визуализации коронных разрядов в ультрафиолетовом спектре (240–280 нм). CoroCAM 504 нечувствительна к солнечному освещению в ультрафиолетовом диапазоне благодаря спектральной селекции полезного сигнала в узкой полосе излучения. Наличие чувствительного видеоканала с многократным масштабированием позволяет детально изучить проблемный объект и выявить неисправность. Здесь также была представлена трехспектральная УФ-ИК-видеосистема MultiCAM, обеспечивающая отображение объектов контроля в ультрафиолетовом, инфракрасном и видимом спектрах. Эта информация позволяет выявить дефекты электроэнергетического оборудования под нагрузкой тепловым методом, а находящегося под напряжением без нагрузки – УФ-методом. Наличие видеоканала позволяет рассмотреть проблемные места и определить возможные причины дефектов, которые визуализируются в ИК- и УФ-спектральных каналах. ИК-детектор в виде матрицы 384×288 неохлаждаемых микроболометров с чувствительностью 0,05 °С работает в спектральном диапазоне 8–12 мкм. УФ-канал работает в диапазоне 240–280 нм и имеет чувствительность 1·10<sup>-18</sup> Вт/см<sup>2</sup>. Обнаружение коронных разрядов на элементах

ЛЭП и подстанциях при дневном свете методом спектральной ультрафиолетовой селекции оптического сигнала стало весьма перспективным направлением.

На стенде НИИ интроскопии МНПО «Спектр» были представлены УФ-фонари для использования в промышленности и в криминалистике, в частности при проверке документов и ценных бумаг, а также образцы современных эндоскопов. На стенде НИИ интроскопии МНПО «Спектр» можно было увидеть ряд малогабаритных охранно-поисковых неохлаждаемых тепловизоров серии «КАТ-РАН» чисто отечественного производства.

Приборы на основе видимого излучения – эндоскопы и микроскопы можно было увидеть на стендах таких компаний, как OLYMPUS, «Диагност», GE Measurement & Control, «Пергам», ADRONIC и др. Российские компании в этом списке по существу представляли промышленные эндоскопы ведущей в мире фирмы OLYMPUS. В линейке данного класса приборов присутствовали жесткие промышленные эндоскопы (бороскопы), гибкие эндоскопы и видеоскопы для удаленной визуальной инспекции. В частности, на стенде «Пергам» была показана система телеинспекции трубопроводов P350 flexitrah, оснащенная сверхяркими светодиодами и камерами высокого разрешения. Среди бороскопов OLYMPUS были модели малого диаметра, например серии X до 0,9 мм с углом поля зрения до 70°. Длина рабочей части таких эндоскопов составляет 150 мм. Мощное развитие получило программное обеспечение, позволяющее не только видеть в закрытых объемах, но и





проводить измерение геометрических параметров обнаруженных дефектов.

Тепловизионная техника для неразрушающего контроля и промышленной диагностики была представлена на стендах компаний «Пергам», «Мега», «Теккноу», «Диагност», OPTRIS, NEC и ЭСКО. Тепловизоры с разными размерами неохлаждаемых матриц и чувствительностью дают возможность проводить энергоаудит зданий и ограждающих конструкций, диагностику объектов энергоэнергетики, а также высокоточные научные исследования.

ПГК «Мега» ознакомила посетителей с широкой номенклатурой передвижных диагностических лабораторий на основе применения комплекса методов и средств. Это электротехнические лаборатории, лаборатории НК, специализированные комплексы по строительной диагностике, по поиску утечек газа, а также экологические лаборатории. Данная компания открыла собственный завод по производству мобильных лабораторий и диагностических комплексов, востребованных в России и странах СНГ.

Все большее применение в прецизионных бесконтактных измерениях находит визуальный контроль на основе современных измерительных микроскопов. С рядом моделей таких микроскопов и методиками их использования можно было ознакомиться на стенде компании НПК «Микрокон».

На выставке многие фирмы уделяют серьезное внимание измерениям твердости. По результатам ее значений можно определить предел прочности материала на разрыв, остаточный ресурс детали, контролировать стабиль-

ность режимов термической и механической обработки и многое другое. Классические методы измерения твердости (Бринелля, Роквелла, Виккерса, Шора) по-прежнему успешно используются, однако большее развитие и распространение получают динамический и ультразвуковой методы. Динамический метод основан на измерении отношения скоростей индентора (твердосплавного шарика) до и после соударения с поверхностью контролируемого изделия, а ультразвуковой – на определении частот свободных колебаний индентора (акустического резонатора с алмазной пирамидкой Виккерса), находящегося в контакте с изделием под действием постоянного усилия. Часто оба метода объединяются конструктивно в одном портативном приборе со сменными датчиками. Такая модификация МЕТ-УДА была представлена фирмой «Центр МЕТ» (Зеленоград). Высокая точность измерений обеспечена прямой передачей твердомеру шкалы твердости от государственного эталона РФ через эталонные меры твердости, которые также были показаны на стенде. Были представлены также новинки – модели миниатюрных ультразвуковых твердомеров, в которых осуществлено постоянное контактное усилие 15 или 50 Н.

Другие варианты конструкций портативных твердомеров можно было увидеть на стендах компаний «Технотест», «Константа» и «Луч».

Сертификации оборудования и персонала в различных отраслях промышленности были посвящены три стенда: НУЦ «Контроль и диагностика», НУЦ «Качество» и эксперт-центр «НИКИМТ-Атомстрой».



Помимо интересной экспозиции посетителей и участников выставки привлекла насыщенная деловая программа. В этом году в рамках мероприятия были организованы круглые столы: «Российские электрические сети: новый подход к повышению надежности электроснабжения потребителей» (ООО «Себа Спектрум»), «Контроль современных композитных и сотовых материалов: методология и практика» (ООО «НПЦ Кропус», ГосНИИГА), «Автоматизирован-

ные системы контроля в металлургической промышленности и машиностроении» (НПП «Промприбор») и многие другие.

Деловая программа завершилась в последний день выставки награждением победителей Всероссийского конкурса профессионального мастерства дефектоскопистов, организованного РОНКТД и ООО «НУЦ «Качество».

Выставка «Территория NDT» явилась уникальным инструментом для развития бизнеса, изуче-

ния конкурентов, обмена опытом, поиска новых идей, а главное, для поддержания партнерских отношений с существующими клиентами и расширения круга новых за счет посетителей-специалистов.

За три дня выставку посетило более 2500 человек из России, стран ближнего зарубежья, Германии, Чехии, Китая, Великобритании, Италии, Франции и др.

Завершением мероприятия стал гала-ужин.

## МАТЕРИАЛЫ, ПРЕДОСТАВЛЕННЫЕ МОДЕРАТОРАМИ КРУГЛЫХ СТОЛОВ ВЫСТАВКИ «ТЕРРИТОРИЯ NDT-2014»

### ОТЧЕТ ООО «ЭНЕРГОДИАГНОСТИКА»

В рамках деловой программы выставки «Территория NDT-2014» специалистами ООО «Энергодиагностика» (А.А. Дубов, С.М. Колокольников) был проведен круглый стол по теме «Определение локальных зон концентрации напряжений в изделиях машиностроения – недостающее звено в системе неразрушающего контроля».

Известно, что основными источниками повреждений при эксплуатации различных изделий являются локальные зоны концентрации напряжений (ЗКН), которые образуются под действием рабочих нагрузок в первую очередь на дефектах металлургического и технологического происхождения.

Участникам круглого стола (присутствовало 16 человек) был

представлен практический опыт определения локальных ЗКН на оборудовании нефтяной и газовой промышленности с использованием экспресс-методов НК (метода магнитной памяти металла, метода акустической эмиссии и др.).

Был также заслушан доклад А.А. Дубова «Бесконтактная магнитометрическая диагностика газонефтепроводов, расположенных под землей».

### КОММЮНИКЕ КРУГЛОГО СТОЛА «ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА»

В рамках деловой программы выставки «Территория NDT» эксперты, приглашенные подразделением «СертиНК» Федерального государственного автономного учреждения «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана» и Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике, встретились в Москве, чтобы оценить состояние системы контроля, позволяющей осуществлять экспертизу промышленной безопасности и проводить техническое диагностирование без нарушения пригодности к дальнейшему применению и эксплуатации проверяемых технических устройств, обо-



рудования и сооружений (неразрушающий контроль) для принятия решения о продлении срока их безопасной эксплуатации на опасных производственных объектах (определение остаточного ресурса) на территории Российской Федерации.

#### Состав экспертов:

- Быстрова Наталья Альбертовна – руководитель подразделения «СертиНК» ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук;
- Бигус Георгий Аркадьевич – профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук;



- Галкин Денис Игоревич – руководитель подразделения «СертиНК» ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук;
- Иноземцев Вячеслав Владимирович – генеральный директор ООО «Диаформ»;
- Матюнин Вячеслав Михайлович – профессор НИУ «МЭИ», д-р техн. наук, научный руководитель лаборатории механико-технологических испытаний и оперативной диагностики конструкционных материалов;
- Мурзаханов Гумер Хасанович – профессор НИУ «МЭИ», д-р техн. наук, директор Московского городского центра по исследованию физико-механических свойств конструкционных материалов ОАО «Мосгаз»), советник генерального директора ОАО «Мосгаз»;
- Попков Юрий Сергеевич – главный инженер ООО «Интерюнис»;
- Пронин Николай Сергеевич – канд. техн. наук, руководитель сектора оценки НДС конструкций трубопроводов ЗАО «НПЦ «Молния»;
- Чайковский Виталий Алексеевич – главный инженер «Белгазпром-диагностика», УТ 3.

#### Эксперты отметили, что в настоящее время:

1) работы по техническому диагностированию являются одним из видов деятельности в области промышленной безопасности. Для единообразия подходов проведения экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования, обследования и неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений со стороны Ростехнадзора необходимо обеспечить единый системный подход к разрабатываемым

нормативным документам с обязательным учетом требований (в том числе и терминологии), указанных в технических регламентах и межгосударственных стандартах;

2) отнесение методик по проведению неразрушающего контроля к документам добровольного применения не позволяет построить объемную, целостную и взаимосвязанную систему нормативно-технической документации в области неразрушающего контроля, технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности. Необходимо создать нормативную базу для однозначного определения методики неразрушающего контроля в зависимости от условий его проведения.

Целесообразно на этапах заводского изготовления и строительства технических устройств или сооружений применять традиционные методы и технологии контроля на основании определенного на этапе проектирования уровня качества. Возможные уровни качества и их связь с методами неразрушающего контроля (технология проведения и критерии отбраковки) должны быть описаны в основополагающих нормативных документах. В настоящее время назрела острая необходимость в разработке этих документов.

На этапе эксплуатации технического устройства или сооружения методы неразрушающего контроля должны быть ориентированы на выявление поверхностных трещиноподобных дефектов, а также определение типа и реальных размеров объемных дефектов. В этой связи необходимо вводить в нормативную документацию такие технологии, как дифракционно-временной метод (TOFD), фазированные антенные решетки, C-SAFT и пр.;

3) для определения возможности дальнейшей безопасной эксплуатации технического устройства или сооружения при проведении технического диагностирования необходимо получать информацию о напряженно-деформированном состоянии конструкции, состоянии материала и степени его деградации. В этой связи необходимо развивать технологии, инструментарий, нормативно-техническую документацию в области методов контроля НДС, микроструктуры и свойств металла.

В результате реализации этих трех пунктов будут созданы условия для внедрения концепции технического диагностирования, основанной на последовательном применении: экспресс-методов – для локализации потенциально опасных (с точки зрения достижения предельных значений параметров технического устройства или сооружения, методов неразрушающего контроля – для определения размеров имеющихся в материале объекта контроля дефектов, оперативных методов определения механических свойств и анализа микроструктуры металла объекта контроля, расчетных методов – для определения срока безопасной эксплуатации технического устройства или сооружения.

#### Кроме того, эксперты подчеркнули следующие положения

При мониторинге технических устройств, применяемых на ОПО первой категории, а также элементов конструкций, расположенных в труднодоступных местах, удобно и информативно использование оптоволоконных систем для определения параметров напряженно-деформированного состояния.

Для более объективной оценки технического состояния деталей и конструкций целесообразно дополнять методы измерения твердости динамическими индикаторами твердости методами кинетической твердости, позволяющими с высокой точностью (погрешность не более 5–7 % по сравнению с методом растяжения образцов) определять по диаграммам вдавливания прочностные и пластические характеристики металла без разрушения объекта.

В условиях изменения законодательства, совершенствования методов неразрушающего контроля, а также для развития профессиональных компетенций специалистам технического диагностирования целесообразно не реже одного раза в пять лет проходить курс повышения квалификации по направлению «Техническая диагностика» по программам, разработанным в соответствии с компетентным подходом и имеющим отраслевую направленность.

## КОММЮНИКЕ КРУГЛОГО СТОЛА «АТТЕСТАЦИЯ ПЕРСОНАЛА В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА»

В рамках деловой программы выставки «Территория NDT» эксперты, приглашенные подразделением «СертиНК» Федерального государственного автономного учреждения «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана и Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике, встретились в Москве, чтобы оценить состояние системы сертификации на объектах нефтяной и газовой промышленности. Обсуждаемые темы касались вопросов дополнительной аттестации в системе ОАО «АК «Транснефть», подготовки специалистов, выполняющих неразрушающий контроль в различных условиях (при строительстве, изготовлении, техническом диагностировании действующих объектов) с использованием современных технологий неразрушающего контроля (внутритрубная диагностика, цифровая и компьютерная радиография, дифракционно-временной метод (TOFD), фазированные антенные решетки и C-SAFT, контроль напряженно-деформированного состояния).

### Состав экспертов:

- Быстрова Наталья Альбертовна – д-р техн. наук, руководитель подразделения «СертиНК» ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана;
- Галкин Денис Игоревич – канд. техн. наук, руководитель подразделения «СертиНК» ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана;
- Гнедин Михаил Михайлович – ведущий специалист «Диагностика-М», РК 3;
- Капустин Виктор Иванович – канд. техн. наук, заведующий лабораторией радиационной дефектоскопии ОАО «НПО ЦНИИТМАШ», РК 3;
- Мухортов Юрий Владимирович – технический директор ООО «Свис Инжиниринг групп»;
- Мелешко Наталья Владимировна – канд. техн. наук, старший преподаватель МЭИ, УК 3;

- Покровский Алексей Дмитриевич – д-р техн. наук, профессор МЭИ;
- Пронин Николай Сергеевич – канд. техн. наук, руководитель сектора оценки НДС конструкций трубопроводов ЗАО «НПЦ «Молния»;
- Семенов Михаил Михайлович – ведущий специалист ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана» ВИК 3;
- Чайковский Виталий Алексеевич – главный инженер «Белгазпром-диагностика», УТЗ;
- Шаблов Станислав Владимирович – канд. техн. наук, ведущий специалист ООО «АСК-Рентген», РК 3.

### Эксперты отметили, что в настоящее время:

1) технологии проведения неразрушающего контроля в различных условиях при изготовлении труб, при строительстве и в процессе эксплуатации объектов нефтегазового комплекса различаются, и каждая из них требует специфических знаний и навыков. Для повышения профессионального уровня специалистов НК необходимо введение дифференцированных требований к проведению подготовки и оценке квалификации дефектоскопистов, выполняющих заводской контроль, контроль в процессе строительно-монтажных работ и эксплуатации технических устройств и сооружений нефтегазового комплекса;

2) отсутствие общероссийской нормативно-технической документации по технологиям проведения неразрушающего контроля с использованием таких современ-



ных технологий, как цифровая и компьютерная радиография, дифракционно-временной метод (TOFD), фазированные антенные решетки и C-SAFT, контроль напряженно-деформированного состояния, не позволяет обеспечить объективную оценку при аттестации (сертификации) специалистов НК по данным направлениям. Создание нормативно-технической документации по проведению неразрушающего контроля с применением современных технологий является первостепенной задачей, которую целесообразно реализовывать с использованием международного опыта;

3) дополнительная аттестация в системе ОАО «АК «Транснефть» является существенным стимулом для профессионального развития специалистов НК, однако следует отметить, что развитие параллельной ветви аттестации негативно сказывается на функционировании основной системы аттестации по ПБ 03-440-02;

4) не все специалисты, аттестованные на III уровень по методу НК в соответствии с ПБ 03-440-02, могут осуществлять деятельность в качестве экзаменатора. В этой связи целесообразно прово-



дить специальный теоретический и практический курс подготовки специалистов III уровня, охватывающий все аспекты педагогической деятельности: навыков проведения собеседования по результатам практического экзамена, методической подготовки практического экзамена, психологии общения со слушателями. Подобный теоретический курс, тренинг и последующая оценка педагогических навыков специалистов III уровня позволят обеспечить единообразие подходов при оценке результатов собеседования при аттестации специалистов I и II уровней;

5) умение практически реализовывать свои знания и навыки при проведении работ по неразрушающему контролю – важнейший показатель уровня квалификации аттестованного специалиста, который может изменяться с течением времени (например, вследствие существенных перебоев в работе по проведению контроля качества конкретным методом). Для повышения объективности оценки квалификационного уровня дефектоскопистов необходимо ввести практический экзамен при прохождении процедуры продления квалифи-

кационного удостоверения специалистов НК.

**Также эксперты подчеркнули, что** для создания условий объективной оценки знаний аттестуемого специалиста необходимо разработать: единый банк экзаменационных вопросов, единые требования к экзаменационным образцам, требования к техническому оснащению НОАП; кроме того, установление общественного контроля за деятельностью НОАП (например, со стороны РОНКТД) повысит прозрачность системы и доверие потребителей.

## КРУГЛЫЙ СТОЛ «МАШИНОСТРОЕНИЕ/МЕТАЛЛУРГИЯ» ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ПРЯМОШОВНЫХ ТРУБ И ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ



### Авторы:

- А.А. Чугурова, генеральный директор НПП «Промприбор»;
- А.В. Соловьев, нач. службы НК ОАО «Газпромтрубинвест»
- А.В. Юрченко, инженер МНК НПП «Промприбор»

### Докладчик:

А.В. Юрченко, инженер МНК НПП «Промприбор»

В целях повышения качества технологического неразрушающего контроля в производственной линии ЦТМД ОАО «Газпромтрубинвест» в декабре 2013 г. НПП «Промприбор» совместно со специалистами завода была внедрена комплексная система неразрушающего ультразвукового контроля сварного шва ПШ-11. Система установлена непосредственно за постом трубоэлектросвароч-

ного агрегата и системой внутреннего и наружного гратоснимателя перед постом локальной термической обработки зоны сварного шва. Система состоит из модуля ультразвукового контроля наличия продольно-ориентированных дефектов в линии сплавления и околошовной зоне и модуля «профилометрии», с помощью которого обеспечивается измерение толщины стенки основного металла трубы, высоты остаточного наружного и внутреннего грата, а также оценка геометрии зоны сварного шва и прилегающих зон тела трубы. Система эксплуатируется в тяжелых производственных условиях: высоких температур – до 250 °С в зоне контроля, большого количества окалины и высокой скорости контроля – до 1 м/с. Необходимость эксплуатации оборудования системы в таких жестких условиях продиктована требованием мониторинга процесса сварки трубы до проведения остальных технологических операций, связанных с локальной термообработкой, охлаждением, порезкой и гидроиспытаниями труб. Система технологического ультразвукового контроля сварного шва является первым этапом в

системе качества, представленной рядом испытаний, выполняемых на предприятии: технологический неразрушающий контроль, визуально-оптический контроль, гидравлические испытания труб, ультразвуковой приемочный контроль концов труб, ультразвуково-



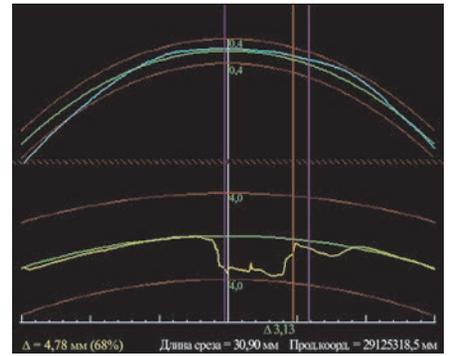
вой (либо магнитный) приемочный контроль тела трубы, магнитопорошковый контроль концов труб.

При проведении ультразвукового контроля на наличие продольно ориентированных трещин, непроваров, неметаллических включений используют классические схемы контроля с двумя парами противоположно направленными ПЭП. Благодаря применению специализированных ПЭП с широкой диаграммой направленности и высокой чувствительностью обеспечен контроль зоны  $\pm 20$  мм от линии сплавления сварного шва. На практике в ходе промышленной эксплуатации были выявлены дефекты в виде цепочки неметаллических включений, находящихся на расстоянии 6 – 9 мм от свариваемой кромки листа. В случае ухода линии сплавления от положения зенита в указанных пределах система обеспечивает выявление дефектов с одинаковой чувствительностью с применением кривых ВРЧ и ДАС. Уход линии сплавления сварного шва отслеживается модулем «профилометрии». И в случае, если отклонение центра шва превышает 10 мм, оператор корректирует положение сканера ультразвукового контроля с помощью ручной системы управления Siemens. Так же в случае наличия недоснятого внутреннего грата или, напротив, подреза, геометрия которых по своим отражающим способностям превышает характеристики продольного паза, по которому велась настройка чувствительности, срабатывает АСД по сигналу от угла грата и соответствующий участок трубы бракуется.



Применение в системе технологического контроля модуля «профилометрии» позволило определять недопустимые нарушения технологии сварки, выход из строя технологического оборудования стана, своевременно выявлять отклонения за допустимые пределы остаточной высоты наружного и внутреннего грата и оперативно проводить подстройку технологического оборудования стана, выявлять дефекты металлургического характера, влияющие на качество сварки. Метод «профилометрии» реализуется за счет применения в системе механизма поперечного перемещения акустического блока относительно линии сплавления сварного шва. Соответственно, при продольном перемещении трубы с различной скоростью – от 500 до 1000 мм/с – устройство автоматического управления модулем «профилометрии» автоматически регулирует частоту поперечных перемещений в соответствии с продольной скоростью перемещения трубы. При различных комбинациях скорости перемещения трубы и частоты сканирования блока «профилометра» система позволяет отрегулировать частоту снятия и сохранения профилей в пределах от 30 до 150 мм. Сохраненные данные по профилю позволяют провести детальный просмотр и анализ отклонений наружного профиля трубы в зоне снятия грата, внутреннего профиля трубы в зоне снятия внутреннего грата, уход за допустимые пределы остаточной толщины стенки трубы в зоне линии сплавления. Система обеспечивает контроль указанных параметров в зоне  $\pm 15$  мм от линии сплавления сварного шва.

Система технологического ультразвукового контроля сварного шва ПШ-11 благодаря мощному аппаратно-вычислительному комплексу «Унискан-Луч» и использованию новейших технологий в части автоматики позволяют сохранять полный пакет информации о проведенном контроле: регистрация и учет пользователей системы с различными уровнями

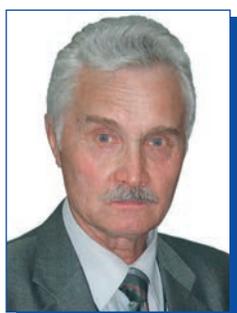


доступа, регистрация и сохранение базы данных настроек на различные типоразмеры и марки стали труб, базы проконтролированных труб с возможностью просмотра диаграмм по каждой трубе отдельно и формированием суммарных отчетов и протоколов. Система позволяет проводить краскоотметку дефектных сечений на трубе с точностью не хуже 30 мм.

В процессе внедрения и опытно-промышленной эксплуатации оборудования системы неразрушающего ультразвукового контроля сварного шва ПШ-11 совместно с техническим персоналом цеха ЦТМД ОАО «Газпромтрубинвест» был проведен ряд работ по оптимизации программного обеспечения и автоматики, что позволило увеличить функциональность и КПД оборудования.

Опыт эксплуатации показал высокую эффективность оборудования в части выявления дефектов металла в прикромочной зоне листа, подлежащей сварке, он-лайн-мониторинга процесса механической обработки наружного и внутреннего гратов сварного шва. Именно благодаря оперативной корректировке параметров сварочного и гратоснимательного оборудования по интуитивно понятным картинкам профилей трубы удалось избежать значительного количества брака. А отбраковка дефектных участков трубы до основных технологических операций позволила исключить финансовые потери на термообработку, порезку и гидроиспытания заведомо дефектных труб.

# СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АКУСТИЧЕСКИХ (УЛЬТРАЗВУКОВЫХ) МЕТОДОВ, СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ



**БОБРОВ**  
**Владимир Тимофеевич**  
Д-р техн. наук,  
профессор,  
ЗАО «НИИИИ МНПО  
«СПЕКТР», Москва



**САМОКРУТОВ**  
**Андрей Анатольевич**  
Д-р техн. наук,  
генеральный директор



**ШЕВАЛДЫКИН**  
**Виктор Гаврилович**  
Д-р техн. наук, заместитель  
генерального директора

ООО «Акустические Контрольные Системы», Москва

ультразвука для исследований свойств сред, материалов и технической диагностики разнообразных объектов.

Все более широкое внимание исследователей и разработчиков привлекает способ ЭМА-возбуждения и приема ультразвуковых колебаний и основанные на применении ЭМА-преобразователей приборы и средства автоматизированного контроля. Активное развитие способов возбуждения и приема УЗ-колебаний, позволяющих работать без использования контактной жидкости и основанных на эффекте ЭМА-преобразования, началось с середины 60-х гг. XX века. В настоящее время несколько компаний выпускают УЗ-толщинометры, работающие с ЭМА-преобразователями (ЭМАП), которые не требуют при контроле применения контактной жидкости. Отличительной особенностью этих приборов является использование ЭМАП, которые основаны на сдвиговых горизонтально-поляризованных (SH) волнах. Использование сдвиговых волн обусловлено несколькими факторами. Во-первых, в углеродистых сталях возбуждение сдвиговых волн эффективнее, чем продольных. Это объясняется тем, что в ферромагнитных металлах и сплавах параллельно работают два механизма: вихретоковый, основанный на силе Лоренца, и магнитострикционный. Во-вторых, скорость распространения сдвиговой волны примерно в 2 раза ниже, чем продольной, что обеспечивает возможность измерения меньших толщин. Авторы доклада С.Г. Алахин и С.В. Бобров выполнили моделирование магнитных систем (МС) для формирования постоянных и им-

Заседания секции № 3 «Акустические методы НК и ТД» XX Всероссийской конференции по НК и ТД состоялись 4 марта 2014 г. Из заявленных 24 докладов были доложены 18 секционных и 3 стендовых. Не все докладчики смогли приехать, в частности не присутствовали специалисты из Беларуси и Украины. Особенность тематики докладов секции состояла в том, что практически все доклады были посвящены развитию теории и совершенствованию практики новых методов ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии. К ним относятся: электромагнитно-акустические (ЭМА) методы возбуждения и приема ультразвуковых волн, метод цифровой фокусировки апертуры (ЦФА), эхометод при волноводном распространении ультразвука, метод ультразвукового контроля параметров жидких сред и др. В докладах были отражены самые

разные аспекты ультразвуковых методов неразрушающего контроля и области их применения. Это и тензометрия, контроль напряженного состояния материала, звуковидение в воздушной среде, лазерно-акустический способ контроля и необычное применение волноводного эхометода для контроля труб, в которых сигнал распространяется не в стенках, а в воздухе внутри трубы. Все это показывает широчайшую сферу применения



пульсных магнитных полей. Расчет импульсных полей был проведен с помощью пакета Comsol Multiphysics, который использует метод конечных элементов. Пакет позволил рассчитать распределение магнитной индукции путем численного решения дифференциального уравнения (закона полного тока, в зарубежной литературе называемого законом Ампера) с заданными граничными условиями и учесть гистерезис в стали, который был задан таблично. Исследование влияния динамики магнитного поля для случая ферромагнитного объекта контроля показало, что процесс намагничивания сопровождается шумом Баркгаузена, уровень которого существенно превышает эффективное значение собственного шума приемного тракта и уровень полезных эхосигналов. Для устранения влияния шумов Баркгаузена предложено выполнять зондирование и прием эхосигналов в интервал времени при установившемся значении поля подмагничивания, когда эффективные значения шума тракта и шума Баркгаузена сравниваются. Полученные экспериментальные результаты показали, что при использовании технологии импульсного подмагничивания уровень принятого эхосигнала может существенно (до 10 дБ) превышать значения, достижимые для магнитных систем на основе постоянных магнитов при прочих равных условиях.

Интересный доклад о контроле металлических прутков волновым эхометодом при ЭМА-возбуждении и приеме УЗ-сигналов был представлен специалистами Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, О.В. Муравьевой и др. В нем показано, что при многократных отражениях зондирующего импульса от концов волновода сигналы от несплошностей металла при каждом прохождении зондирующего и многократных импульсов по волноводу суммируются когерентно. В результате удается получить очень высокую чувствительность к малым неоднородностям металла как поверхностным, так и внутренним. Учеными этого



же университета во главе с В.В. Муравьевым представлен доклад по оценке остаточных напряжений в железнодорожных колесах и рельсах методом акустоупругости с использованием ЭМА-преобразования. В ходе исследований был использован ультразвуковой поляризационно-временной метод измерения напряжений, основанный на измерении разности времен распространения двух сдвиговых волн с взаимно перпендикулярными плоскостями поляризации, совпадающими с главными напряжениями в анизотропном материале. Разработанная экспериментальная установка, основанная на бесконтактном способе возбуждения и приема поперечных волн с помощью ЭМА-преобразователя, обеспечивает инструментальную погрешность измерений времени задержки, не превышающую 0,01 %. Специально разработанная магнитная система ЭМА-преобразователя обеспечивает значение нормальной составляющей вектора магнитной индукции в среднеуглеродистой стали до 2,7 Тл при воздушном зазоре 0,5 мм между полюсом магнита и поверхностью ввода. Специализированное программное обеспечение позволяет одновременно наблюдать на мониторе эхограммы многократных переотражений двух поперечных волн и с необходимой точностью опреде-



лить разность времен прихода. Исследования колес нового изготовления в условиях Выксунского металлургического завода, Нижнетагильского металлургического комбината, вагонных ремонтных депо Арзамас, Нижний Новгород и бывших в эксплуатации подтвердили эффективность разработанного метода.

Для автоматизации обнаружения трещин на внешней поверхности стенки трубы, имеющих стресскоррозионную природу происхождения (КРН), а также иных поверхностных дефектов основного металла стенки трубы и продольных сварных соединений в 2008 г. компанией «Акустические Контрольные Системы» был разработан наружный ультразвуковой сканер-дефектоскоп А2075 SoNet с использованием ЭМАП для возбуждения-приема рэлеевской волны. Конструктивно сканер-дефектоскоп состоит из сканирующей системы, которая в процессе контроля устанавливается на трубу, и пульта оператора – промышленного ноутбука Panasonic. Связь между сканирующей системой и ноутбуком осуществляется по WiFi, что позволяет избежать необходимости присутствия оператора в траншее. Система транспортируется в легковом автомобиле, устанавливается на трубу силами двух человек. Сканирование выполняется на интервале от одного стыкового шва до следующего, для каждого участка сканирования формируется отдельная сканограмма. Результаты контроля передаются на пульт оператора и отображаются в режиме реального времени. По результатам контроля с помощью специализированного программного обеспечения формируется отчет, содержащий координаты и размеры обнаруженных аномальных зон, а также информацию о типах и глубинах дефектов, полученную в процессе подтверждающего ручного контроля. Сканер-дефектоскоп А2075 SoNet сертифицирован в системе сертификации ОАО «Газпром» и хорошо зарекомендовал себя при производственном контроле газопроводов при их ремонте и переизоляции.

Значительное количество докладов было посвящено теории и

применению УЗ антенных решеток (АР). Задаче дефектometрии при УЗ-контроле с использованием АР были посвящены несколько докладов. Эта задача была поставлена уже несколько десятилетий назад, но только с появлением визуализирующих дефектоскопов открылась возможность полноценного ее решения. Так, в докладе Е.Г. Базулина (НПЦ «ЭХО+») представлено несколько алгоритмов восстановления высококачественных изображений из УЗ-данных, полученных с помощью АР методом комбинационно-синтезированной фокусируемой апертуры (С-SAFT). Благодаря хорошей прорисовке контуров несплошностей удается определять их тип и размеры.

В докладе сотрудников ООО «Акустические Контрольные Системы» А. В. Бишко и соавторов показана предпочтительность использования суммы значений яркости точек образа несплошности на томограмме перед единственным пиковым значением образа для оценки эквивалентного размера малой несплошности в аппаратуре на основе метода С-SAFT с использованием АР в режиме цифровой фокусировки апертуры (ЦФА).

Широкие возможности метода ЦФА в достижении высокой разрешающей способности дефектоскопа и точности измерений координат несплошностей отмечено в нескольких докладах. В частности, в еще одном докладе Е.Г. Базулина (НПЦ «ЭХО+») проведено сопоставление возможностей и характеристик приборов, использующих цифروفкусируемые АР и фазированные АР. И вывод доклада однозначен: ЦФА-технология практически по всем параметрам превосходит системы на фазированных решетках.

Кроме дефектometрии АР позволяют эффективно решать многие задачи толщинометрии и профилометрии металлических конструкций. Способы и аппаратура для сплошной толщинометрии на основе фазированных АР и дифракционно-временного метода были представлены в докладе коллектива авторов НПЦ «ЭХО+», DEKRA Industrial AB (Швеция) и Ленинградской атомной станции.

В докладе И.В. Воронкова (ОАО «НПО ЦНИИТМАШ») теоретически и экспериментально исследованы диаграммы направленности наклонных линейных фазированных АР.

В ряде докладов показано развитие и применение УЗ-эхометода при волноводном распространении ультразвука. Этот метод контроля позволяет обнаруживать разные нарушения целостности материала во всем теле протяженного ОК без сплошного сканирования его поверхности. Причем чувствительность метода определяется не длиной УЗ-волны, а площадью поперечного сечения волновода и может составлять десятки и даже сотни доли длины волны.

В докладе В.А. Чуприна (ООО «НПК «ЛУЧ») рассмотрено оригинальное применение волноводного распространения УЗ-волн для измерений свойств жидкостей. Для этого используют волноводы, частично погруженные в исследуемую жидкость, в которых распространяются нормальные волны. Информативными параметрами являются амплитуда и время запаздывания эхосигнала от торца волновода.

Вопросам совершенствования технологий расшифровки результатов скоростного комплексного контроля рельсового пути посвящен доклад сотрудников ЗАО «Фирма «ТВЕМА», В.Ф. Тарабина и соавторов об определении динамического порога регистрации сигналов от вероятных дефектов при автоматизированном контроле рельсов.

Большой интерес вызвали доклады С.П. Быкова и соавторов, Д.В. Иншакова и соавторов (оба из ОАО «ИркутскНИИхиммаш»), С.Н. Жукова (APC International Ltd.) и др.

На выставке приборов и оборудования для неразрушающего контроля, которая действовала во время конференции, было представлено большое количество новых приборов и автоматизированных средств контроля. Технический уровень их за последние годы значительно повысился, и изменения можно заметить лишь в части сервисных функций.



Все более явной становится тенденция к механизации и автоматизации контроля с автоматическим формированием документации о результатах контроля с диагностическими выводами. Это требование жизни по уменьшению влияния оператора на процесс неразрушающего контроля и его результаты воплощается в том, что все больше появляется автоматизированных систем контроля, полностью или почти полностью заменяющих человека в этом сложном и ответственном деле, каким является техническая диагностика. И выставка ярко это продемонстрировала. Хотелось бы отметить стенды российских фирм «Алтес», ООО «Акустические Контрольные Системы», НПЦ «ЭХО+», ОАО «ЦНИИТМАШ», ООО «Спектр» и др.



Приятно отметить, что на Всероссийской выставке были представлены стенды организаторов 11-й Европейской конференции по неразрушающему контролю, которую представил президент Чешского общества неразрушающего контроля, президент конференции Павел Мазал, и стенд 16-й Всемирной конференции, которая состоится в 2016 г. в Мюнхене (ФРГ), информацию о которой доложил представитель Немецкого общества неразрушающего контроля W. Hueck.

# 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](mailto:pp@ndtprompribor.ru)  
[www.ndtprompribor.ru](http://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



## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОСТИ-2014»



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

XIX Международный форум «Технологии безопасности» состоялся в Москве 11 – 14 февраля 2014 г. в МВЦ «Крокус Экспо». В одном из павильонов на 142 стендах размещалась экспозиция приборов и оборудования свыше 200 компаний из 13 стран мира. Организатор форума – компания Groteck.

На церемонии официального открытия форума руководители федеральных органов исполнительной и законодательной власти определили мероприятие как уникальную площадку для показа достижений отечественных и зарубежных производителей в области создания специальных технологий и технических средств, используемых в интересах защиты личности, общества и государства от современных вызовов и угроз.

В торжественной церемонии открытия форума приняли участие: председатель оргкомитета форума – председатель Комитета СФ по обороне и безопасности В.А. Озеров, руководитель Антитеррористического центра государств-участников СНГ А.П. Новиков, директор Департамента по вопросам новых вызовов и угроз МИД РФ И.И. Рогачев, председатель Комиссии ГД по безопасности И.Ю. Святенко, заместитель руководителя Федерального космического агентства С.В. Савельев, генеральный директор медиакомпании «Гротек» А.В. Мирошкин.



Тематика выставочных экспозиций была достаточно разнообразной:

- транспортная безопасность;
- оборудование и системы безопасности информации и связи;
- инновации для безопасности объектов ТЭК;
- охранно-пожарная сигнализация и защита периметров;
- технические средства и системы безопасности СКУД, CCTV и интегрированные системы.

Самыми распространенными в системах охраны и безопасности объектов остаются средства видеонаблюдения и охранного телевидения. Более 20 компаний продемонстрировали возможности совре-

менного видеоборудования. В системах наблюдения на основе видеокамер применяют несколько типов видеодетекторов: детектор движения и направления движения, детектор лиц с их выделением и распознаванием из «живого» видеопотока, детектор оставленных или пропавших предметов, а также детекторы закрытия камеры, засветки, изменения фона, фокусировки и стабильности видеозображения.

На стендах компаний PANDA CCTV, Arecont Vision, RVi Group LLC, HIKVISION и других можно было увидеть целую линейку современных средств видеонаблюдения: цветные видеокамеры, в том числе день/ночь и с ИК-подсветкой, черно-белые видеокамеры, скоростные поворотные камеры, видеорегистраторы, объективы и мониторы. В ряде камер имеет место режим накопления заряда, что увеличивает чувствительность ПЗС-матрицы в условиях плохой освещенности. Автоматическая регулировка усиления позволяет довести сигнал до необходимого уровня, а функция компенсации засветки обеспечивает проработку деталей во встречном свете. В цветных видеокамерах день/ночь автоматически обеспечивается переключение цветного режима (день) на черно-белый (ночь) в зависимости от времени суток.

Применение современных методов цифровой обработки и восстановления изображений позволило ряду компаний («НОРДАВИНД», «ИНТЕГРА-С», «ЭЛВИС-НЕОТЕК») разработать систему распознавания автомобильных номеров, в том числе оборудованных средствами противодействия распознаванию (сетками, решетками и инфракрасными засветками). Система способна распознавать номера автомобилей, движущихся со скоростью до 200 км/ч, и с помощью интеллектуального алгоритма анализа движения определять направление перемещения транспортного средства. Модификации системы позволяют также управлять шлагбаумом, осуществлять фотовидеофиксацию нарушений правил

парковки, обеспечивать двуправленный подсчет людей в области наблюдения камеры с помощью встроенной аналитики. Системы также нашли широкое применение в железнодорожном транспорте для распознавания номеров вагонов, цистерн и контейнеров.

Компания ООО «СМП Сервис» ознакомила посетителей с системой автоматического слежения «Трал Патруль», предназначенной для организации видеонаблюдения с высокой разрешающей способностью на территории радиусом до 200 м, позволяющая получить на предельном расстоянии изображение с качеством, достаточным для уверенного опознавания лица человека или номера автомобиля. Система определяет все движущиеся объекты, находящиеся в ее поле зрения, выделяет наиболее значимые из них и автоматически наводит на них скоростную поворотную камеру, анализирует увеличенное изображение и в случае обнаружения в кадре человека сопровождает его.

Другой вариант видеонаблюдения на дальних расстояниях и широких панорамных территориях представила компания Dallmeier Electronic на основе мультифокальной матричной системы PANOME-RA. Данная система осуществляет эффективное видеонаблюдение огромных участков из одной точки. При этом обеспечивается высокое качество изображения по всей наблюдаемой сцене, как вблизи от камеры, так и на большом удалении. Система особенно эффективна при организации видеонаблюдения за рабочими зонами крупных аэропортов.

В современном мире системы видеонаблюдения являются неотъемлемой частью интегрированных систем безопасности, поэтому программное обеспечение для их управления постоянно совершенствуется. В настоящее время камеры видеонаблюдения широко применяются в автоматизированных системах распознавания и идентификации личности (например, компании «ТЕХНОСЕРВ» и STT GROUP). Варианты применения являются систе-

мы контроля и управления доступом, правоохранительные, таможенные и особые системы безопасности, требующие высокой надежности. Значительное распространение в системах контроля физического и логического доступа получили другие биометрические технологии, основанные на анализе радужной оболочки глаз, распознавании отпечатков пальцев и уникальных трехмерных характеристик геометрии руки.



Помимо стационарных систем и комплексов видеонаблюдения значительный интерес представили портативные, малогабаритные приборы ночного видения (ПНВ) и прицелы. На стенде фирм НПЦ «СПЕКТР-АТ» и «ТАСК-Т» был продемонстрирован новый ПНВ серии «КОНТУР» на основе электронно-оптического преобразователя (ЭОП), в котором вместо традиционных катодолюминесцентных экранов сине-зеленого, зеленого или желто-зеленого цвета свечения применен экран черно-белого цвета свечения. Такие ПНВ являются более перспективными, в том числе и для создания комбинированных приборов, совмещающих традиционные ПНВ с тепловизорами, где изображение наблюдается на мониторе с черно-белым свечением экрана. Черно-белое свечение экрана ЭОП ускоряет адаптацию опера-



тора и уменьшает время принятия решения, что весьма важно в реальных условиях.

Известная компания Photonix также показала ЭОПы ONYX в двух вариантах – XD-4 и XR5, обеспечивающих более естественное черно-белое изображение в ПНВ, чем традиционное зеленое, а также новую камеру NOCTURN XL, созданную на базе Lynx CMOS сенсора, оптимизированную для низкоуровневого видения.



НПЦ «СПЕКТР-АТ» демонстрировал в широком ассортименте современную тепловизионную технику и интегрированные системы наблюдения, применение которых позволяет вести

эффективное наблюдение в условиях задымленности, тумана или полного отсутствия освещения. Мультиспектральные комплексы в составе видеокamеры с тепловизором используются не только для наблюдения и обеспечения безопасности объектов, но и для мониторинга линий электропередач (в том числе транспортных подстанций), газопроводов и нефтепроводов, состояния теплоизоляции промышленных и ЖКХ объектов. Такие задачи решаются за счет выявления температурных аномалий с помощью тепловизоров, осуществляющих неразрушающий дистанционный контроль. НПЦ «СПЕКТР-АТ» кроме целого ряда современных неохлаждаемых наблюдательных тепловизоров (серий «КАТРАН», «СКАТ», «СПРУТ», ТСН) показал новый тепловизионный многоканальный комплекс наблюдения и контроля «ОМАР», в состав которого вошли: тепловизор, телевизионный канал, лазерный канал измерения расстояния до цели, электронный компас, GPS/Глонасс-модуль и акселерометр.

Мультиспектральные комплексы можно было увидеть также на стендах ФСБ РФ (НФ-1185) и компаний «ИНТЕГРА-С» и «ЭЛВИС-НЕОТЕК» (на основе видеокamеры и тепловизионного локатора кругового обзора «Филин»).

Другой тип систем охраны территории объектов демонстрирова-

ла российская компания «ЭЛВИС-НЕОТЕК». Здесь можно было ознакомиться с разведывательным радарно-оптическим комплексом «Дозор» (мобильный вариант), аналитическим охранным термосканером Orwell 2k-Patrol и системой видеонаблюдения с компьютерным зрением Orwell 2k. Эти устройства являются мультиспектральными, использующими радиоволновый, тепловизионный и оптический диапазоны электромагнитного спектра.

Компания Lahoux Optics ознакомила посетителей с дополнительными возможностями тепловидения на транспорте. Система PathFindIR представляет собой компактную тепловизионную камеру, которая значительно снижает риски, связанные с вождением в ночное время. Она позволяет водителям видеть гораздо дальше и четче, чем при свете обычных фар. Указанная система помогает обнаружить и распознать потенциальные риски в полной темноте, дыму, при дожде и снеге.

Информация – один из наиболее ценных продуктов деятельности физических и юридических лиц. Применение соответствующих технических средств может предотвратить несанкционированный видео- или акустический контроль помещений, контроль и прослушивание телефонных переговоров, перехват компьютерной и другой защищаемой информации.

Значительный перечень подобных средств был представлен компаниями НПФ «РАДИОСЕРВИС», «ГРУППА СТ», «АРЛИ СПЕЦТЕХНИКА», «НЕЛК» и STT GROUP. Например, компания НПФ «РАДИОСЕРВИС» предложила большой выбор средств профессионального радионаблюдения и поиска несанкционированных передатчиков, работающих в широком спектральном диапазоне (от 9 кГц до 21 ГГц) с высокой скоростью сканирования частот для обнаружения сверхкратковременных радиосигналов. Кроме того, некоторые компании (STT GROUP) оказывают профессиональные услуги по обследованию помещений на предмет выявления технических средств негласного съема информации (микрофонов, специальных средств прослушивания, микропередатчиков, видеокамер и т.п.). Компания НПЦ «СПЕКТР-АТ» предложила ряд оптических обнаружителей оптических систем: прицелов «СПИН-2», видеокамер и другой оптики – «АНТИСВИД-2», «ГРАНАТ-2» и «ГРАНАТ». Другая фирма – «ЛЮГОС» показала обнаружители «БЕРКУТ» и Hunter Plus. Последний совмещает два прибора – детектор радиоионизации от беспроводных микрофонов, закладок и GSM/3G-жучков, а также оптический обнаружитель проводных и беспроводных миниатюрных видеокамер, оснащенный шестью сверхмощными светодиодными излучателями.

Большое внимание организаторы выставки уделили досмотровому оборудованию, работающему на различных физических принципах. Портативные и стационарные металлодетекторы можно было увидеть на стендах компаний «РЕЙКОМ ГРУПП», «ИРА-ИНЖИНИРИНГ», НПЦ «СПЕКТР-АТ», ОАО «Казанский электротехнический завод». Изделия отличаются высокой селективностью, обеспечивающей определение ферромагнитных и неферромагнитных металлов, и возможность работы в режиме, при котором металлоискатель игнорирует наличие мелких бытовых металлических предметов. Одна из представленных моде-

лей РС-3300 («ИРА-ИНЖИНИРИНГ») является мультizonным стационарным арочным металлодетектором с 33 зонами селективного детектирования, что обеспечивает точное указание местонахождения металлических предметов в пространстве под аркой.

Досмотровое оборудование на основе рентгеновского излучения в виде переносных, мобильных и стационарных рентгенотелевизионных систем было представлено в этот раз небольшим числом организаций: ФСБ России, СКБ «МЕДРЕНТЕХ», «РЕЙКОМ ГРУПП» и «ТЕХНОСЕРВ». Портативная рентгенотелевизионная установка ПЗ-1074 (стенд ФСБ РФ) предназначена для контроля и анализа внутреннего строения опасных предметов на месте их обнаружения. Размещается на мобильном робототехническом комплексе, обеспечивающем доставку изделия к месту проведения исследований с дистанционным управлением на расстоянии до 1,5 км. Минимальный диаметр выявляемой стальной проволоки (на экране преобразователя 1392×1032 пикселей) 0,1 мм. Разрешающая способность рентгеновского контроля становится все выше за счет разработок и практического применения микро- и нанофокусных трубок.

СКБ «МЕДРЕНТЕХ» представило рентгеновскую установку для досмотра грузов и ручной клади «ИНСПЕКТОР 60/40 Z», а также

ознакомило с возможностями других 4 установок данной серии. Среди них досмотровые системы, обеспечивающие различие металлов, органики и неорганики с окрашиванием изображений объектов четырьмя (семью) цветами в зависимости от степени опасности их материалов.

«РЕЙКОМ ГРУПП» наглядно показала возможности рентгеновских досмотровых установок известной компании Astrophysics Inc.: XIS-5335, XIS-6040, XIS-100XDV и VI 7. Это различные варианты конструкций для досмотра почтовых отправлений и бандеролей, ручного багажа, крупного багажа (где используются технологии шести цветов), а также для получения отображения предметов в объемном виде. Особенностью VI 7 является последовательное отображение семи изображений объекта под разными углами. Предметы, не видимые в одной проекции, становятся видимыми при изменении угла обзора.

Для мониторинга радиационных материалов СНПО «Элерон» разработало портал безопасности РТРК – роторный турникет радиационного контроля, а также целую линейку средств обеспечения комплексных интегрированных систем охраны особо важных объектов, в частности емкостные, индукционные, радиоволновые, акустические и вибрационные обнаружители, включаемые в ту



или иную интегрированную систему для обеспечения общей повышенной надежности.

Визуальный осмотр различных труднодоступных мест и полостей с малыми входными отверстиями обычно осуществляют с помощью специальных технических эндоскопов и видеоскопов. Передача изображения осуществляется по гибкому оптоволоконному кабелю с возможностью изгиба дистального конца на  $\pm 180^\circ$  в одной или двух плоскостях. В комплект поставки обычно входит устройство подсветки, обеспечивающее работу в отсутствии освещения. В видеоскопах дополнительно используется малогабаритный телевизионный тракт, дающий высококачественное цветное изображение. Эндоскопы широко применяются при осмотре двигателей, газовых турбин, внутреннего состояния сосудов высокого давления, контроля запорной арматуры, при поисковых и спасательных работах. В настоящее время выпущены универсальные линейки видеоскопов, фиброскопов, жестких бороскопов, а также программных дополнений к ним.

НПЦ «СПЕКТР-АТ» помимо традиционных видеоскопов и эндоскопов продемонстрировал новые сверхтонкие жесткие эндоскопы на основе жестких оптоволоконных жгутов. Такие жгуты являются перспективными оптическими компонентами для производства жестких эндоскопов длиной от 0,1 до 1 м и диаметром рабочей части 1,2–5,0 мм. Их пространственное разрешение составляет около 20 лин/мм, а технология изготовления позволяет изгибать рабочую часть эндоскопа на угол до  $45^\circ$  радиусом не менее 300 мм. Такие манипуляции абсолютно исключены с жесткими эндоскопами на основе градиентной или линзовой оптики. Естественно, что при практически равных технических параметрах прочностные характеристики новых изделий значительно выше. Необходимо также отметить новые конструкции видеоскопов типа «МИРАЖ», имеющих дополнительный радиоканал для передачи информации на расстояние

при выполнении мониторинга досмотра.

Вызвали интерес оптические средства углубленной проверки документов. На стенде НПЦ «СПЕКТР-АТ» посетители увидели целый набор технических средств для контроля документов, денежных знаков, ценных бумаг и т.п. при освещении белым, инфракрасным и ультрафиолетовым светом. Наибольший интерес был проявлен к прибору «ГЕНЕТИКА-09». Компания «ЭСКОРТ ЦЕНТР» также показала программно-аппаратный комплекс «Каскад» пограничного контроля паспортно-визовых документов, включающий в свой состав ИПС «ЯШМА», считыватель СПВ-7101Н и мобильный «Каскад КПК».

Специальные средства обнаружения взрывчатых, наркотических и опасных химических веществ можно было увидеть на нескольких стендах. Приборы весьма чувствительны, определяя следовые остатки взрывчатых веществ. Так, на стенде компании «ТАИРИС» была представлена модифицированная модель портативного анализатора взрывчатых веществ (ВВ) «ПИЛОТ-М1».



Это спектроанализатор ВВ на принципе измерения ионной подвижности. Для ионизации испаряемых веществ после пробоотбора используется коронный разряд. Система управления и экранизации процесса позволяет наглядно

увидеть спектры опасных составляющих анализируемых проб. Чувствительность прибора находится на уровне  $10^{-14}$  г/см<sup>3</sup>.

Для контроля взрывоопасных жидкостей в закрытых объемах компанией «Лаборатория АВК» предложен портативный прибор безопасности ППБ 2.8. Время анализа не более 1 с. Учитывая емкостной принцип работы прибора, успешноному досмотру подвергаются емкости из неметаллических материалов (стекла, пластмассы, керамики и т.п.).

На стенде ФСБ РФ была представлена переносная аппаратура ПЗ-1079 для обнаружения скрыто расположенных ВВ в багаже, грузовых упаковках и почтовых отправлениях без их вскрытия. В генераторе нейтронов используется 9-пиксельный альфа-детектор (с возможностью расширения до 64 пикселей). Обнаружение ВВ основано на методе быстрых меченых нейтронов.

Указанный метод был предложен и развит специалистами ООО «Нейтронные технологии». На стенде компании был непосредственно представлен детектор «ДВИН-1» обнаружения и идентификации взрывчатых веществ, основанный на взаимодействии с быстрыми мечеными нейтронами.

Детектор протестирован на нахождение более 30 различных взрывчатых и наркотических веществ. Важной особенностью системы является то, что идентификация скрытых веществ происходит в автоматическом режиме, без участия оператора. Детектор определяет состав веществ по спектру гамма-излучения, которое испускается при попадании нейтронов. Рождение нейтрона в генераторе сопровождается появлением метки – альфа-частицы, которая вылетает в противоположную нейтрону сторону. Отбор совпадающих сигналов с альфа- и гамма-детекторов позволяет в 200 раз подавить сигнал от фоновых процессов. Это кардинально меняет условия регистрации спектра гамма-излучения от искомого вещества, делая их идентификацию более быстрой и надежной. При создании полупроводникового

альфа-детектора используется технология получения высоколегированных нанослоев толщиной менее 100 нм.

Степень радиационной безопасности при работе детектора «ДВИН-1» была проверена специалистами Роспотребнадзора в ходе испытаний в досмотровой зоне станции «Ладожская» Санкт-Петербургского метрополитена. В санитарно-эпидемиологическом заключении фиксируется полное отсутствие наведенной активности в объекте досмотра или в окружающей среде. Была определена также безопасная зона 8,5 м, на которой должен находиться оператор во время обследования. В заключении Роспотребнадзора оценена мощность эквивалентной дозы, возникающей при работе «ДВИН-1», на расстоянии 20 м она составляет 0,4 мкЗв.

Важно, что при использовании детекторов на этой основе не предполагается облучение людей. Они будут работать только для досмотра забытых вещей и подозрительных объектов.

Компания STT GROUP продемонстрировала новые модификации специальной аппаратуры антитеррористического назначения на основе нелинейных методов радиолокации: нелинейный локализатор NR-900S повышенной чувствительности и многофункциональный нелинейный локализатор NR-2000 с надежным обнаружением самодельных взрывных устройств на фоне сложной техногенной помехи от городской застройки. Они работают на определенной частоте, а прием отраженного (рассеянного) сигнала осуществляются на второй и третьей гармониках, обнаруживая дистанционно различные несанкционированные закладки в ограждающих конструкциях, в том числе взрывчатые вещества с радиовзрывателями. Следует подчеркнуть наметившуюся тенденцию использования более высоких частот зондирующего сигнала в диапазоне СВЧ, что позволяет получить уникальные возможности по обнаружению полупроводниковых элементов и устройств, скрытых различными материалами.

В особо надежных случаях известные средства досмотра комплексизируют. Так, НПЦ «АС-ПЕКТ» предложил автоматизированный комплекс технических средств обеспечения транспортной безопасности на базе комплекса АКРК-01М, в который вошли более семи устройств досмотра на различных физических принципах.

По-прежнему востребованы радиоволновые средства охраны периметров объектов и территорий как стационарных, так и временных быстроразворачиваемых площадок. Ряд компаний («НИКИРЭТ», «СТ-ПЕРИМЕТР» и др.) показали свои новые разработки радиоволновых извещателей, включающих в свой состав передатчики и приемники, осуществляющие излучение и прием сигналов в узкозонных направлениях. Просматривается тенденция увеличения их рабочей частоты с 10 до 24–61 ГГц в целях сужения зоны обнаружения и увеличения помехоустойчивости систем в целом. Также развивается комплексирование радиоволновых извещателей ИК-датчиками, повышающими общую надежность средств охраны периметров особо важных объектов. Заслуживает внимания комплекс периметровых средств обнаружения серии «ВОРОН™» (ООО «ПРИКЛАДНАЯ РАДИОФИЗИКА») с искусственным интеллектом на основе волоконно-оптических распределенных кабелей. Комплекс особенно эффективен на протяженных участках длиной до 30 км.

Насыщенность территорий различными электро- и радиоприборами требует их проверки и сертификации на электромагнитную совместимость. Известная компания ФГУП ЦНИРТИ им. акад. А.И. Берга продемонстрировала современную безэховую камеру, предназначенную для проведения соответствующих работ в широком частотном диапазоне от 26 до 40 000 МГц. Применяемое радиопоглощающее покрытие состоит из нескольких плоских слоев диэлектрических материалов, имеющих гладкую поверхность, расположенных на ферритовой панели

(защищено патентами РФ 2094876, 2113040, 2362176 и 2362220). В частности, разработано специальное помещение на основе радиопоглощающего покрытия с пассивной электромагнитной и акустической защитой.

Российская компания «Аналит-прибор» продемонстрировала в широком ассортименте ряд портативных (семейства «АНКАТ 7631 МИКРО») и многоканальных газоанализаторов и измерительных приборов водно-химического мониторинга. Особую ценность представляют газоанализаторы, предназначенные для оптимизации процессов горения на объектах ТЭК, а также сигнализации превышения концентрации вредных примесей.

На некоторых стендах (Kraftway, ТС-СКН, «ТЕХНИКА-СЕРВИС») можно было ознакомиться с современными защищенными промышленными средствами вычислительной техники, устойчивыми к климатическому воздействию, вибрациям, электромагнитным полям и т.д.

В последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) прочно вошли в состав досмотрово-наблюдательной техники. Новые комплексы воздушной разведки были наглядно представлены компаниями «НЕЛК» и «СИСТЕМНЫЙ ДОМ».

Деловая программа форума «Технологии безопасности» в этом году предложила участникам и посетителям актуальную повестку дня, собрав вместе лучших докладчиков и принимающих решения лиц из России и других стран. В соответствии с пожеланиями посетителей программа была расширена мероприятиями: конференциями «Терроризм и безопасность на транспорте», «Международное сотрудничество в борьбе с высокотехнологичным терроризмом», «Безопасный город», «Безопасность денежных средств, обращаемых в банковской сфере», совещанием негосударственных структур безопасности, конференциями по защите информации, экономической безопасности, ГЛОНАСС в безопасности и управлении, круглыми столами по

законодательному обеспечению безопасности массовых мероприятий, брифингом по новым таможенным правилам для продукции и услуг безопасности и многими другими.

В рамках конференции по транспортной безопасности обсуждались:

- требования надзорных органов и положительный опыт выполнения требований 16-ФЗ на объектах транспортной инфраструктуры;
- вопросы подготовки кадров в области транспортной безопасности и обеспечения безопасности на транспорте;
- передовые технологии и методы обеспечения транспортной безопасности;
- опыт реализации требований по обеспечению транспортной без-

опасности в сфере автомобильного транспорта;

- опыт Московского метрополитена по оснащению объектов передовыми техническими средствами безопасности. Ситуационный центр. Взаимодействие. Реагирование.

На конференции выступили представители: Комитета ГД по транспорту, Министерства транспорта РФ, Ространснадзора, МВД России, ФСБ России, Академии Генеральной прокуратуры РФ, Международного аэропорта Владивосток, Морского порта Туапсе, администрации Волжского бассейна внутренних водных путей, железнодорожного вокзала Краснодар-1, Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, Минобрнауки России,

Росавтодора, Московского метрополитена, Аэроэкспресс, ассоциации «АЭРОГВАРД», Росморречфлота, Росавиации, Honeywell Security Group, АМТ-Груп, компании «Безопасность», консорциума «Интегра-С», «Нейтронные Технологии», НИКИРЭТ, НПЦ «СПЕКТР-АТ», «Техносерв», «Хиквижн», «Электроника» и др.

Настоящий форум продемонстрировал высокий технический уровень экспонатов и выполняемых разработок по реализации технологий безопасности, реально показав существенную роль современных измерительных средств и программного обеспечения в их развитии. Можно было также увидеть и значительные достижения отечественных компаний в этой отрасли деятельности. ■

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МАЛОЙ И СВЕРХМАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ»



**МАТВЕЕВ**

**Владимир Иванович**

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



**АРТЕМЬЕВ**

**Игорь Борисович**

МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
Москва

4 февраля 2014 г. в МГТУ им. Н.Э. Баумана прошла очередная, 11-я, ежегодная научно-техни-

ческая конференция «Радиолокационные системы малой и сверхмалой дальности». Среди участни-

ков (около 100 человек) были представители ряда московских организаций и известных подмосковных наукоградов: Фрязино, Троицк, Раменское, Красногорск и др. Решением проф. А.А. Александрова, ректора МГТУ им. Н.Э. Баумана, ответственным за проведение конференции назначен начальник Лаборатории дистанционного зондирования при МГТУ, канд. техн. наук С.И. Ивашов.

Тематика конференции включала в себя следующие направления:

- 1) подповерхностная радиолокация;
- 2) радиолокация биологических объектов (биорадиолокация);
- 3) свойства и области использования терагерцового диапазона.

На конференции были заслушаны и обсуждены 15 докладов представителей разных организаций.

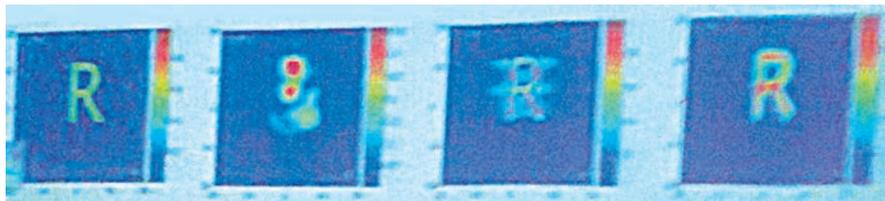


Выступает С.И. Ивашов – начальник Лаборатории дистанционного зондирования при МГТУ им. Н.Э. Баумана

Доклад С.И. Ивашова (МГТУ им. Н.Э. Баумана) был посвящен диагностике теплозащитных покрытий изделий ракетно-космической техники с помощью голографических подповерхностных радиолокаторов типа «РАСКАН». В качестве объекта контроля использованы реальные конструкции с пенополиуретановой теплозащитой на алюминии. Применение 5-канального подповерхностного радиолокатора в диапазоне 15 ГГц («РАСКАН-5/15000») показало хорошую выявляемость непроклеев в различных зонах теплозащиты. На основании результатов рекомендовано использовать более высокие частоты – 24–25 ГГц для улучшения качества радиоизображений. Это объяснимо, так как современные теплозащитные материалы обладают очень низкими потерями и малой величиной диэлектрической проницаемости.

Развитие данного направления прозвучало в двух следующих докладах сотрудников Лаборатории дистанционного зондирования при МГТУ им. Н.Э. Баумана. А.В. Журавлев остановился на модернизации системы автоматизированного сбора данных для голографического подповерхностного радиолокатора, а И.А. Васильев рассказал о дополнительных функциях радиолокационного локатора – определении параметров среды и глубины расположения цели.

Эту тему продолжил А.В. Попов (ИЗМИРАН, г. Троицк, Моск. обл.) в докладе о спектральной теории формирования изображения в СВЧ-голографии. На основе данной теории изучали спектр в разных зонах изображения и затем



Радиолокационные изображения буквы R – этапы формирования радиоизображения

проводили когерентное сложение радиообразов. Экспериментальную проверку осуществляли в диапазоне 10 ГГц (длина волны  $\lambda \sim 3$  см) с использованием одиночного облучателя и многоэлементной приемной антенны в виде решетки  $16 \times 16$  элементов. Облучение осуществляли с разных сторон и под разными углами. На приведенном ниже рисунке показаны этапы формирования радиоизображения скрытого объекта в виде буквы R размером  $(3 \times 4) \lambda$ .

Специалисты оценили результат как весьма положительный, а предложенный метод формирования радиоизображений как достаточно перспективный.

В другом докладе о локации зон нарушения гидрофобизации теплозащитных покрытий из кварцевого супертонкого волокна С.В. Пугачев (Manpower, Москва) сделал акцент на использовании двух методов – тепловизионного и радиоволнового, их возможностях и сравнении. Отсутствие или недостаток гидрофобизации сопровождается влагонасыщением, что приводит к появлению поверхностного теплового контраста и поглощению радиоволн. Тепловизионный контроль более оперативен при поверхностном влагонасыщении, а радиоволновой – при любой глубине локальных зон

скопления воды, т.е. при нарушении гидрофобизации.

В ряде докладов обсуждались сверхширокополосные (СШП) системы для решения практических задач различного назначения. Так, Д.А. Охотников (НИЦ СШП МАИ) рассказал о ручном радаре TWIR и его модификациях.

Одна из моделей TWIR предназначена для обнаружения людей за стенами из гипсобетона, кирпича, обычного бетона на расстоянии до 10 м. Прибор работает в диапазоне 3–4 ГГц и весит 800 г. Его основные характеристики практически не уступают модели Xaver 100 известной израильской компании Samgo. Вторая модель TWIR разработана для охраны грузов на транспорте, а третья – для использования в медицине – для бесконтактного измерения частоты сердечных сокращений и частоты дыхания.



Выступает сотрудник НИЦ СШП МАИ Д.А. Охотников



Стенд НИЦ СШП МАИ на международной выставке «ИНТЕРПОЛИТЕХ–2013»

В.А. Кропотов (ООО «РАДИО ВИЖН», Москва, участник фонда «Сколково») сообщил о новом

радаре малой дальности для дистанционного обнаружения объектов сквозь оптически непрозрачные преграды. Основой узкополосного СВЧ-радары РК-000 является радиолокационная камера. Разработка защищена патентом RU 2480787 (2013 г.) на способ и систему дистанционного обнаружения объектов. Компания разработала ряд моделей радара для геолокации и археологии, а также медицинских исследований (BioSK-100) для обнаружения раковых опухолей.



*Выступает В.А. Кропотков – генеральный директор ООО «РАДИО ВИЖН»*

А.С. Бажанов (ФГУП СКБ ИРЭ РАН, г. Фрязино, Моск. обл.) рассказал о разработке радара для обнаружения закладок в строительных конструкциях, основанном на использовании поляризационных свойств протяженных линий.

Свой доклад М.А. Чиж (МГТУ им. Н.Э. Баумана) посвятила векторному анализу отраженного от объекта сигнала, позволяющему с большей точностью определять размеры арматуры при ее обнаружении в конструкциях.

Е.А. Пивовар (Харьковский национальный университет, Украина) рассмотрел теоретически возможности обнаружения и различения объектов в дисперсных средах (в том числе противотанковых мин), используя различные алго-

ритмы улучшения выявляемости. Анализ результатов оценивался путем моделирования.

Вызвал интерес доклад В.Г. Бездудного (Донское археологическое общество, г. Ростов-на-Дону) о результатах комплексных геофизических исследований археологических объектов Юга России. В экспериментальных работах были использованы два метода – георадарный и классической магнитометрии. В этих исследованиях был применен георадар «МАРС 300-4» разработки ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, г. Фрязино. Рабочая частота георадара 300 МГц позволила обеспечить большую глубину поиска. При использовании современного программного обеспечения (В.Н. Марчук, ФИРЭ) удалось получить наглядные качественные радиоизображения таких древних подповерхностных сооружений, как крепости, гражданские поселения, дороги, погребальные объекты и др. Результаты подтвердились исследованием кернов после выборочного «тонкого» бурения.



*Участники конференции*

Два доклада были посвящены безопасности железнодорожного полотна. Б.А. Наумов (ООО «ЛОГИС», г. Раменское, Моск. обл.) сообщил о возможностях разработанного мобильного комплекса для обнаружения взрывных устройств на железных дорогах. Комбиниро-

ванный комплекс «МПК-Дрезина» включает в свой состав георадар-обнаружитель, широкозахватный металлодетектор, лазерный дальномер, устройство оперативной связи и камеры наблюдения. Во втором докладе Ю.Н. Горбунов (ЦНИРТИ им. А.И. Берга, Москва) ознакомил участников конференции с другим комплексом «Спектр-Т», комплексующим 6-канальный георадар и акустический анализатор изменения свойств подповерхностного слоя железнодорожного полотна. В последней разработке принимали участие специалисты ФГУП СКБ ИРЭ РАН, г. Фрязино, Моск. обл.

Многие упомянутые разработки имеют двойное назначение и могут успешно применяться в медицинских исследованиях. Так, А.Б. Татаридзе (МГТУ им. Н.Э. Баумана) рассказал о методе биорадиолокации в определении дыхательного ритма во время ночного сна. Работа выполнялась совместно с сотрудниками Лаборатории нарушений сна при Федеральном центре сердца, крови и эндокринологии (Санкт-Петербург). Методика предполагала непрерывную запись процесса сна с последующим анализом всех фаз сна на 8 частотах в диапазоне 3,6–4 ГГц. Был установлен коэффициент корреляции 0,97 в сравнении с известными датчиковыми обременительными системами. Коллектив собирается разработать недорогой прибор для домашнего мониторинга сна.

Анализ выступлений присутствовавших на конференции представителей других организаций подтверждает растущий интерес к данному направлению исследований и разработок в области малой и сверхмалой по дальности радиолокации.



# Sonatest



В лучших британских  
традициях

## Ультразвуковые дефектоскопы нового поколения

### MasterScan 350 / 380

- Частоты: 0,5 – 35 МГц.
- Развертка: от 0÷1 до 0÷20'000 мм (сталь)
- Слежение за акустическим контактом
- АРУ,АРД, ВРЧ, ДАК, AWS,API
- Мощность генератора: до 450В
- Регулировка длительности фронтов зондирующего импульса
- Работа при t от - 20°C до +70°C
- До 16 ч. автономной работы
- 2,5 кг, включая батарею
- Гарантия: до 5 лет



### Sitescan D 10/20



- Частоты: 1 – 20 МГц.
- Развертка: от 0÷5 до 0÷5'000 мм (сталь)
- Слежение за акустическим контактом
- АРУ,АРД, ВРЧ, ДАК, AWS,API, В-скан
- Программируемое меню
- Сенсорное управление
- Работа при t от - 10°C до +55°C
- До 18 ч. автономной работы
- 1,7 кг, включая батарею
- Исполнение IP 67

ООО «ПАНАТЕСТ» – официальный представитель  
Sonatest Ltd. на территории России и стран СНГ  
www.panatest.ru E-mail: mail@panatest.ru  
Тел.: (495) 587-82-98, (495) 789-37-48

Позвонившему  
**ПОДАРОК**



# ОБ АККРЕДИТАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ В СТРАНАХ БАЛТИИ



**КОЖАРИНОВ  
Валерий Владимирович**  
Д-р техн. наук, проф., президент Латвийского общества неразрушающего контроля (LNTB), Латвия



**ИСАЕВ Владислав  
Николаевич**  
Директор OU T.S.I. International, Эстония

Сотрудники лабораторий НК в странах Балтии нередко сталкиваются с проблемами, которые, однако, не являются особенностью лабораторий НК лишь данного региона. Полагаем, что в той или иной степени с подобными досадными моментами в работе встречался каждый работающий в этой сфере руководитель.

Всем хорошо известно, как непросто зарабатывается авторитет и доверие заказчиков. Это трудный наукоемкий процесс, на который уходят годы напряженного труда. Обучение персонала, постоянное повышение квалификации сотрудников, закупка и обновление дорогостоящего оборудования являются жизненно необходимыми приоритетами в работе каждой лаборатории НК, ибо она (лаборатория) обязана каждые 4 года пройти аккредитацию, а ее специалисты могут приступить к работе, только получив сертификаты.

Не подвергается сомнению, что это единственно правильный порядок. Ведь когда аккредитует предприятие, занимающееся контролем опасного оборудования, оправданы самые жесткие к нему требования.

Но, как показывает опыт балтийских стран, и предел требований, и степень их жесткости не для всех одинаковы. И если организация, осуществляющая аккредитацию или сертификацию (а чаще конкретная персона, эту организацию представляющая), решит обойтись с отдельной лабораторией особо жестко («принципиально») по причине просто предвзятого

отношения либо из интереса меркантильного, то лаборатория становится не просто зависимой, она уже беззащитна.

Возможность произвола надзорных организаций возникла тогда, когда с обретением независимости государственной вновь образованные страны Балтии попали в зависимость от европейской номенклатуры, в области стандартизации в том числе.

Собственные институты стандартизации в это время у нас отсутствовали, как и компетентные специалисты в этой области, соответствующие европейским требованиям. Поэтому самым простым решением стало обязать лаборатории НК внедрять и исполнять все требования европейских норм без изменений и без возможности доработки этих норм со дня признания. Хотя, исходя из реалий тех дней, изменения были необходимы.

По сей день молодым государствам Евросоюза продолжают навязывать все новые правила теперь уже со стороны «независимых» надзорных организаций, которые руководствуются даже не европейскими нормативами, а собственными «внутренними правилами» компании (копируются всевозможные нормативные документы и выдаются за свои).

Допускаем, что у себя на родине подобные компании не позволяют себе злоупотреблять своим особым положением. Не беремся утверждать и обратное. Однако в отношении предприятий Балтии такие злоупотребления не редкость. Требования к лабораториям НК становятся все жестче, и порой они не просто не обоснованы, но и непонятны.

Пример из практики. Производитель (заказчик), выполняя конкретный заказ, нанимает организацию (надзорный орган), который проверяет на соответствие процесс изготовления продукции. Надзорный орган по окончании изготовления изделия должен выдать сертификат о соответствии. Заказчик выбирает частный независимый надзорный орган, который руководствуется собственными нормативными документами (смешанные стандарты EN, ASME и т.д.).

Казалось бы, все понятно и просто, производитель дает техническое задание лаборатории НК на основе нормативной документации надзорного органа. Эти требования описаны и вроде понятны (система качества, управление документацией и т.д. — принцип EN 17025), но на последнем этапе признания, например, появляется дополнительный интерес непосредственно к персоналу лаборатории и к его компетентности.

Как это выглядит. Надзорный орган привозит собственные образцы и проводит процесс подтверждения

компетентности. Дефектоскописты выполняют испытания на этих образцах и оформляют на их бланке протокол.

Через две-три недели приходит отчет, который гласит, что система качества, оборудование и т.д. в полном порядке, но вот квалификацию персонала не удалось подтвердить, т.е. специалист вместо 70 % набрал 67,2 %. И выдается рекомендация: просим вас провести дополнительное обучение, и мы рады будем снова принять этот тест, прикладываем вам счет на 12 000 евро.

**Вопрос № 1:** Какие ошибки совершил специалист?

**Ответ:** Мы не можем этого озвучить, потому что это противоречит внутренним правилам компании.

**Вопрос № 2:** Чему обучать специалиста?

**Ответ:** Тому методу контроля, по которому он не прошел тест.

**Вопрос № 3:** Откуда взялась такая сумма? В ценовом предложении сумма указывалась в разы меньше.

**Ответ:** Вы не понимаете, как дорого организовывать такие тесты.

Через несколько дней специалист, проштудировав всю техническую литературу, начинает пересматривать все принципы работы, поскольку это честь и достоинство не только лаборатории, но и самого специалиста.

Через две-три недели после повторного теста результат тот же и вопросы те же, только счет чуть меньше – 5000 евро.

Но самое главное, на протяжении всего этого времени контроль проводится той же лабораторией и тем же специалистом на том же самом изделии. При этом надзорный орган после каждого повторного теста назначает следующий через три месяца, т.е. после каждого проваленного теста предлагается повторить испытания еще через три месяца.

И так до завершения работы с этим заказом.

Итог: лаборатория так и не смогла подтвердить свою компетентность, но работы, которые проводились, были акцептированы надзорным органом. ПАРАДОКС!

Были потрачены огромные деньги, непонятно за что, а не заплатить лаборатория попросту не могла.

Итак, непонятно, какие ошибки совершил специалист? При такой ситуации кажется, что лаборатория может не соответствовать определенным параметрам, да и персонал может быть не подготовлен должным образом. Но есть очень интересный момент, на протяжении всего этого времени данную процедуру прохо-

дили около десяти лабораторий НК с таким же результатом.

Стоит задуматься, кто может ответить на все вопросы и кто ответит на самый важный вопрос: кто сможет защитить лаборатории НК от такого мошенничества?

Кто защитит лабораторию от недобросовестного конкурента, допускающего преступную сговорчивость с заказчиками, которых интересует только документ (протокол), но не заботит качество выпускаемой ими продукции? Не секрет, что порой протоколы выписываются без проведения фактических работ за щедрое вознаграждение. Уверены, что подобные истории в практике коллег встречались. Эти вопиющие случаи халатного отношения к работе бросают тень на все сообщество дефектоскопистов. Урон наносится не только имиджу, но и доходам добросовестных участников рынка. Случается, что такого «деятеля» ловят за руку или всплывают факты о его недобросовестной работе, но эти «коллеги» продолжают «трудиться», а лаборатории не несут практически никакой ответственности.

Хотелось бы обсудить с коллегами вопрос, связанный с необходимостью закупки нового оборудования, которое невозможно приобрести. На рынке ежегодно появляется новое оборудование с новыми системами и принципами работы. Производители оборудования предлагают совершенно новые технологии, и часто такие разработки еще не прописаны в стандартах. Эти приборы сегодня могут использоваться лишь как вспомогательный инструмент, поскольку применить их по какому-то стандарту невозможно. Как правило, цена такого оборудования чрезвычайно высока, и приобрести его для пробы или ознакомления – недопустимая роскошь. Если бы производители давали возможность проката данного оборудования, то процесс внедрения в стандарты новых методов и оборудования пошел бы быстрее.

Существует множество и других трудностей и проблем у лабораторий НК. Поэтому необходимо организовать некий признанный институт (сообщество ведущих ЭКСПЕРТОВ, имеющих многолетний опыт работы и международный авторитет в области НК, представляющих национальные общества НК), который имел бы право разбирать спорные вопросы, вопросы внедрения новых методов и т.д. Кроме того, на наш взгляд, такой институт не может быть достаточно точным без ведущих экспертов из России, учитывая их многолетний опыт не только в области НК, но и в вопросах стандартизации. Просим всех заинтересованных в решении указанных проблем присылать свои предложения на e-mail: isaev@ndt.ee

# ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ НК В КАЗАХСТАНЕ



**СТРАГНЕФОРС**  
**Светлана Александровна**  
Президент КАНКТД,  
Республика Казахстан

В то время пока крупные игроки на рынке Республики Казахстан разрабатывают программы защиты своих экономических интересов, ведут переговоры с правительством, малому и среднему бизнесу приходится все активнее внедрять новые технологии для повышения своей конкурентоспособности. На сегодняшний день более полутора тысяч компаний оказывают услуги в области неразрушающего контроля, технического диагностирования и энергоаудита аккредитованными и неаккредитованными лабораториями. Казахстанским НК компаниям постоянно приходится бороться за объемы работ в инвестиционных проектах с иностранными претендентами, проходить преквалификации международных агентств. Эта конкуренция положительно влияет на развитие как кадрового потенциала, так на инструментальное обеспечение наших сервисных компаний. И здесь важнейшим компонентом выступает нормативное обеспечение подготовки кадров и развития новых технологий в области неразрушающего контроля.

Технические комитеты по неразрушающему контролю созданы во всех индустриально развитых экономиках мира в целях продвижения новых технологий и обеспечения их соответствующей нормативной документацией. Большую роль в этой деятельности играет ТК 135 «Неразрушающий контроль» ISO, который своей открытостью и доступностью к ресурсам позволяет интегрировать в мировой процесс и брать на вооружение новейшие разработки в области НК, а не придумывать локальные правила и нормы для использования технологий.

ТК 76 «Неразрушающий контроль и техническая диагностика», созданный в 2011 г. на базе ОЮЛ «Казахстанская ассоциация неразрушающего контроля и технической диагностики» (КАНКТД) с привлечением своих членов, вот уже более трех лет участвует в процессе гармонизации международных стандартов (ISO\EN\ASNT) для внедрения новейших технологий НК в Республике Казахстан. Так, совместно с РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации» ТК 76 были разработаны в формате СТ РК стандарты: в области применения новейших разработок в ультразвуковом контроле, основанных на фазированных решетках; в области оцифровки рентгеновских пленок, позволяющие автоматизировать процесс получения данных и их архивации, а также минимизировать человеческий фактор в процессе оформления заключений; в области подготовки специалистов НК на основе международных стандартов. В план стандартизации на 2014–2016 гг. вошли инициированные ТК 76 проекты стандартов по мониторингу промышленных объектов на основании метода акустической эмиссии и перечень стан-

дартов по автоматизированному ультразвуковому, магнитопорошковому и радиографическому методам контроля. Внедрение этих стандартов позволит казахстанским сервисным компаниям расширить область аккредитации испытательных лабораторий и инвестировать в приобре-



тение новейших разработок крупнейших мировых производителей НК оборудования.

Надо отметить, что за период активной работы КАНКТД в качестве отраслевой ассоциации и технического комитета с 2010 г. изменилась и сама система технического регулирования Республики Казахстан. В самом начале организации КАНКТД встал вопрос отраслевой принадлежности деятельности в области неразрушающего контроля и технической диагностики к одному из курирующих министерств. Исторически, со времен Советского Союза, вопросами неразрушающего контроля занималось Министерство по чрезвычайным ситуациям, но в 2008 г. в Закон Республики Казахстан «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах» от 2002 г. были внесены изменения, таким образом, разделы об аттестации и контроле над деятельностью в области неразрушающего контроля были исключены. Но в стране осталась тысяча организаций, которые вели и до сих пор ведут свою деятельность на основании Аттестата Комитета по промышленной безопасности МЧС РК. В аттестате указано, что эти организации наделяются такими полномочиями, как «право проведения технического диагностирования неразрушающими методами контроля с правом выдачи документов» или «право проведения работ по подготовке, переподготовке, аттестации и переаттестации специалистов неразрушающего контроля и технической диагностики».

Возникла ситуация, которая указывала, что «старое мы разрушили» не «до основания», а новое создать не успели. В это же время государственный уполномоченный орган ТОО «Национальный центр аккредитации» (НЦА) активно интегрировал в международную систему аккредитации лабораторий (ILAC) и запустил систему аккредитации лабораторий (испытательных, поверочных) в Республике Казахстан согласно требованиям международного стандарта ISO\IEC 17025. Уже только один этот факт изменил существующую систему ведомственной подчинен-

ности и указал на необходимость перехода в систему технического регулирования, в которой работают предприятия, ориентированные на международное признание. За период своей деятельности в качестве национального органа по аккредитации теперь уже НЦА аккредитовал более тысячи лабораторий НК, многие из которых с большой натяжкой можно назвать «испытательными лабораториями» по требованиям международных стандартов». В погоне за количеством НЦА упустил важнейший элемент конкурентоспособности наших малых и средних предприятий – качество оказания услуг. Надо признаться, что на сегодняшний день у нас огромное количество лабораторий на ограниченное количество действующего бизнеса – потребителя их услуг, поэтому большая часть лабораторий не имеет постоянного объема работ из-за ограниченной области аккредитации или низкого уровня оказания услуг по сравнению с аналогичными субъектами из стран Таможенного Союза.

В сложившейся ситуации опять же малый и средний бизнес в лице своего объединения КАНКТД инициирует создание Органа по подтверждению соответствия (ОПС) персонала согласно требованиям международных стандартов, чтобы повысить конкурентоспособность своей деятельности в преддверии вступления Казахстана в ВТО. Более трех лет у нас ушло на то, чтобы Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан (КТРМ) начал с нами работать по созданию ОПС персонала. После неоднократных переговоров на уровне министерства был выработан пошаговый план работ КТРМ – КАНКТД, который включал в себя разработку: СТ РК ISO\IEC 17024-2012; правил по подготовке экспертов-аудиторов ОПС персонала и утверждения их в правительстве; программы подготовки и аттестации экспертов-аудиторов ОПС персонала в области неразрушающего контроля и утверждения ее в КТРМ; процедур аккредитации по СТ РК ISO\IEC 17024-2012 НЦА. Параллельно была проведена рабо-



та ТК 76 по гармонизации стандартов в области подготовки специалистов неразрушающего контроля по темам от общих терминов до специализации по методам, что позволило заложить в область аккредитации ОПС КАНКТД требуемый объем методов и объектов. Комплексная работа, проведенная за счет совместных инвестиций малого бизнеса, без государственной поддержки, которая была в то же время выделена крупным отраслевым субъектам, позволила аккредитовать ОПС персонала КАНКТД в области неразрушающего контроля по схеме СТ РК ISO 9712-2008 в ноябре 2013 г.

Если в системе технического регулирования в Республике Казахстан Закон «Об аккредитации в области оценки соответствия» был принят в 2008 г., что позволило Казахстану нормативно несколько опередить Российскую Федерацию по созданию ОПС и лабораторий, то в области энергосбережений и энергоаудита мы отстаем от наших соседей и партнеров по Таможенному Союзу на 5 лет, и не только в нормативном обеспечении, но и в практике применения технологий. Согласно Закону Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», вступившего в действие с января 2013 г., государственным уполномоченным органом по аккредитации субъектов, проводящих работы по энергоаудиту, выступает Комитет энергетического надзора и контроля Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан. Налицо подмена института технического регулирования отраслевым регулированием, несмотря на то что в Казахстане внедрена система менеджмента по ISO 50001-2012 и созданы органы по подтверждению соответствия, имеющие в области аккредитации показатели энергосбережения.

В данном случае нас как отраслевую ассоциацию волнуют вопросы не ведомственного регулирования данной сферы экономики, а совершенно технические вопросы к правилам по аккредитации субъектов в области энергосбережений и повышения энергоэффективности, которые содержат обязательный перечень состава информационно-измерительных комплексов и технических средств для экспертных организаций энергоаудиторов. Данный перечень наполовину состоит из приборов неразру-

шающего контроля, а заключения по ним могут делать неаттестованные специалисты. Про какой уровень услуг и их конкурентоспособность можно говорить, когда государственный уполномоченный орган на запрос-предложение КАНКТД заявил, что специалисты НК им для аккредитации не нужны.

В сложившейся ситуации КАНКТД совместно с казахстанскими представителями мировых производителей ряда оборудования из данного перечня разработала программы подготовки, аттестации и сертификации специалистов компаний-энергоаудиторов и ведет по ним занятия. Программы созданы в рамках СТ РК ISO 9712-2008, для проведения занятий и экзаменов привлекаются ведущие специалисты НПО «Институт термографии» Российской Федерации. Таким образом мы решаем вопрос подготовки квалифицированных специалистов НК и внедрения новейших технологий, на базе которых проходят обучение слушатели. Со временем государственная система технического регулирования в области энергоаудита должна перейти к аккредитации компаний по системе СТ РК ISO\IEC 17020-2012, как это происходит во всем мире. А в основе данной системы аккредитации должны использоваться не доморощенные требования неквалифицированного персонала госорганов, а международные стандарты и система соответствующего контроля со стороны субъектов рынка. Надзорная функция государства должна быть урегулирована рыночными отношениями в системе технического регулирования, и тогда малый и средний бизнес получат шанс на развитие и не будут зависеть от действий чиновников.

В целях дальнейшей интеграции в области применения современного оборудования и методик, а также оказания услуг на территории Таможенного Союза и ЕврАзЭС нам необходимо унифицировать нормативную базу и перейти к единым Техническим регламентам и ГОСТам. И вот здесь мы столкнулись с сильнейшим нежеланием проводить такую работу со стороны ранее созданных межгосударственных технических комитетов. Второй год ТК 76 в лице государственного уполномоченного органа КТРМ не может даже получить Положение о МТК 515 «Не разрушающий контроль», а официальные обращения о включении Республики Казахстан в состав данного МТК в качестве активного члена постоянно игнорируются. Исходя из сложившейся ситуации, жизненно важный для всех национальных обществ по неразрушающему контролю ISO 9712-2012 разрабатывается каждой страной самостоятельно в качестве национального стандарта, а целые направления неразрушающего контроля не имеют достаточного нормативного обеспечения в результате незаинтересованности участников МТК 515 в их продвижении.

С момента объединения в отраслевую ассоциацию в 2010 г. наши компании самостоятельно, без лоббирующей помощи нефтяных гигантов, в лице КАНКТД стали полноправными членами Международного союза по НК (ICNDT) и Европейской федерации НК (EFNDT), хотя при включении КАНКТД в последнюю стоял вопрос о территориальном расположении нашей страны в Европе. В этом вопросе Казахстану в лице КАНКТД отдали большее предпочтение, чем отраслевой ассоциации Турции. Участие в международных организациях на правах голосующего члена (опять же без помощи государства) позволяет не только влиять на отраслевую политику во всем мире, но и находиться в эпицентре новейших разработок оборудования и технологий, оперативное внедрение которых позволит нашей стране войти в первые ряды развитых стран мира.





## XI ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС СПЕЦИАЛИСТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

По поручению Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, при поддержке Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в рамках Единой системы оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве с 2003 г. проводится ежегодный Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля. Одиннадцать успешно прошедших конкурсов свидетельствуют о неослабевающем интересе как организаций, так и специалистов НК к проводимому соревнованию.

Начиная с 2006 г. организация и координация этого мероприятия поручена ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» и ООО «НУЦ «Качество» совместно с ОАО «НИКИМТ-Атомстрой».

Участие в конкурсе дает специалистам уникальную возможность в честной конкурентной борьбе продемонстрировать свои профессиональные навыки и мастерство, оценить и повысить уровень профессиональной подготовки, определить сильнейшего.

Повышение социального статуса и престижа профессии «специалист неразрушающего контроля», а также формирование системы поддержки талантливых и профессиональных специалистов в области неразрушающего контроля – одна из важнейших целей конкурса.

Для организаций участие в конкурсе это в первую очередь показатель высоких требований к квалификации своих специалистов, мотивации их профессионального роста, улучшения имиджа фирмы и повышения качества предлагаемых услуг и продукции.

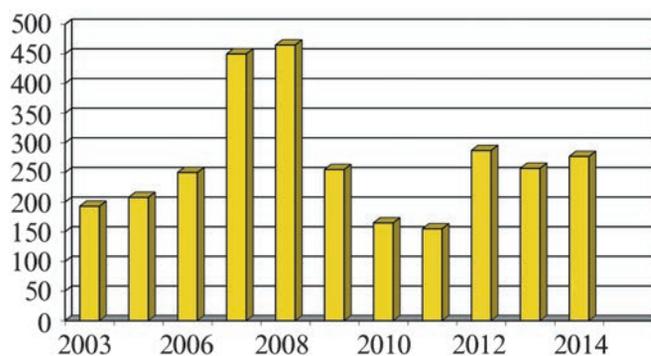
Конкурс проходит в два этапа (тура).

Первый тур (отборочный) проводится на региональном уровне органами по сертификации персонала, аккредитованными в системе СДСПНК РОНКТД, независимыми органами по аттестации персонала в системе ЕС ОС или их экзаменационными центрами (далее – региональный центр).

Условием участия НОАП/ОС или их ЭЦ в проведении 1-го тура конкурса является наличие:

- аккредитации в качестве ОС в системе СДСПНК РОНКТД или НОАП в системе ЕС ОС;
- оснащенных рабочих мест (не менее 5) по каждому заявленному методу НК для проведения практической части конкурса;
- необходимого количества конкурсных образцов с учетом количества конкурсантов.

За время проведения конкурса в качестве региональных центров в нем приняли участие 25 организа-



Число участников конкурса в 2003–2014 гг.



ций. Победители отборочных соревнований получают право на участие в финальном туре.

Количество методов, по которым проводится конкурс, постепенно увеличивалось: с трех в 2003 г. (визуально-измерительный, радиационный, ультразвуковой) до восьми в 2014 г. (акустико-эмиссионный, вибродиагностический, визуальный и измерительный, проникающими веществами (капиллярному), магнитный, радиационный, тепловой и ультразвуковой).

В январе – марте 2014 г. проведен ежегодный XI Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля.

В этом году 12 региональных центров, размещенных на территории нашей страны от Москвы до Хабаровска, приняли участие в проведении первого (отборочного) тура конкурса: ООО «НУЦ «Качество» совместно с ОАО «НИКИМТ-Атомскстрой» (Москва), НОАП НК ИНК ФГБОУ ВПО НИ ТПУ (Томск), ООО «АРЦ НК» (Томск), ОАО «Свартэкс» (Уфа), НОУ ДПО Учебно-аттестационный центр «ИркутскНИИхиммаш» (Иркутск), ЭЦ «Академия-НК» (Самара), ООО «Уральский центр аттестации» (Екатеринбург), ЭЦ НК Дальневосточного филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» (Хабаровск), ЭЦ ООО «ПБ-Сервис» (Оренбург), НОАП «ЭНТЕСТ» ООО «Аскотехэнерго-диагностика» (Хабаровск), ЭЦ «Спектр ЛТД» (Петрозаводск), НОАП ООО «Центр неразрушающего контроля и диагностики» (Казань).

В первом туре конкурса, который прошел в регионах России с 28 января по 19 февраля 2014 г., приняли участие порядка 300 специалистов более чем из 100 организаций, работающих в области неразрушающего контроля.

Финальный тур конкурса состоялся в Москве в ООО «НУЦ «Качество» на базе РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина с 3 по 6 марта, в нем приняли участие 51 специалист из 36 организаций со всей России. Награждение победителей проходило в рамках 20-й Всероссийской конференции и выставки по неразрушающему контролю и технической диагностике «Территория NDT» в ВК «Экспоцентр» 6 марта.

Все участники конкурса получили грамоты, а организации, направившие своих представителей на конкурс, – свидетельства. Победители и призеры конкурса были награждены дипломами и ценными призами. Победителям, по традиции последних лет, были вручены ваучеры на участие в IX школе-семинаре «Сертификация в области неразрушающего контроля – 2014», Сочи, Лазаревское.

Независимым органам по аттестации персонала и их экзаменационным центрам, проводящим первый тур конкурса, выданы свидетельства и предоставлена возможность прохождения процедуры инспекционного контроля в ЕС ОС по упрощенной программе.

Победителями XI Всероссийского конкурса специалистов неразрушающего контроля стали: по АЭ – Е.В. Бирюков (ОАО «Оргэнергогаз» СУ «Леноргэнергогаз», Санкт-Петербург); по ВД – С.В. Боронин (ООО «Томскнефтехим», Томск), М.А. Бод-

ров (ОАО «Оргэнергогаз» ИТЦ «Оргтехдиагностика», Москва), Д.В. Томилин (ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» ИТЦ, Ставрополь); по ВИК – А.М. Сафин (ОАО «Нижнекамскнефтехим», Нижнекамск), А.А. Сергиенко (ОАО «Уралсибнефтепровод» СУПЛАВ, Уфа), А.В. Подшивалов (ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» УАВР, Санкт-Петербург); по МК – В.С. Толпенко (ОАО «Оргэнергогаз» СУ «Кубаньоргэнергогаз», Краснодар), К.А. Байдин (ООО «БИТТЕХНИКА», Пермь); по ПВК – Л.Н. Бабаева (ОАО «Улан-Удэнский авиационный завод», Улан-Удэ), А.С. Лысоконь (ОАО «Оргэнергогаз» СУ «Кубаньоргэнергогаз», Краснодар), Л.Ю. Ивашенко (ФГУП «ГУСС «Дальспецстрой» при Спецстрое России», Хабаровск); по РК – В.Л. Рогаткин (ф-л ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» Невинномысское ЛПУМГ, Невинномысск), О.Г. Михайлов (ОАО «Уралсибнефтепровод» СУПЛАВ, Уфа), А.В. Гайдай (ООО «Газпром трансгаз Краснодар» Яблоновское УАВР, Краснодар); по ТК – С.В. Заостровский (ОАО «Оргэнергогаз» СУ «Леноргэнергогаз», Санкт-Петербург); по УК – С.С. Шарифуллин (ОАО «Уралсибнефтепровод» СУПЛАВ, Уфа), К.Э. Перовский (ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» ИТЦ, Ставрополь); Ю.А. Королев (ОАО «Ижорские заводы», Санкт-Петербург), А.А. Радченко (ОАО «Оргэнергогаз» СУ «Кубаньоргэнергогаз», Краснодар).

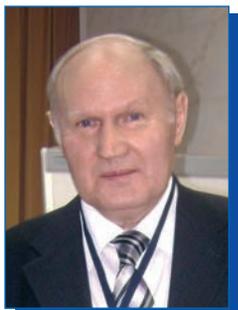
*Поздравляем победителей и желаем им успеха в их профессиональной деятельности!*

В январе–марте 2015 г. состоится XII Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля. Первый тур (отборочный) пройдет в независимых органах по аттестации персонала и их экзаменационных центрах в регионах России в январе – феврале 2015 г. Финальный тур будет проведен в марте 2015 г., в период работы Международной выставки «Территория NDT», Москва, ВК «Экспоцентр».

*Материал предоставлен ООО «НУЦ «Качество»*



# ЭНЕРГОДИАГНОСТИКА – ФИЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА МЕТОДА МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА



**ДУБОВ**

**Анатолий Александрович**

Д-р техн. наук, профессор,  
генеральный директор  
ООО «Энергодиагностика», Москва

Понятие «магнитная память металла» введено автором в 1994 г., и до этого времени в технической литературе не применялось. Были известны термины и понятия: «магнитная память Земли» в археологических исследованиях; «магнитная память» в звукозаписи; «эффект памяти формы», обусловленный ориентированными внутренними напряжениями в изделиях из металла.

На основе установленной взаимосвязи дислокационных процессов с физикой магнитных явлений в металлах изделий введено понятие «магнитная память металла» и разработан новый метод диагностики. Уникальность метода магнитной памяти металла (МПМ) заключается в том, что он основан на использовании собственного магнитного поля рассеяния (СМПП), возникающего в зонах устойчивых полос (или площадок) скопления дислокаций, обусловленных действием рабочих нагрузок.

В ходе промышленных исследований было установлено также, что магнитная память металла на новых ферромагнитных изделиях машиностроения отображает их

структурную и технологическую наследственность.

Плавка, ковка, штамповка, термическая обработка, сварка происходят при температуре металла, значительно превышающей точку Кюри (для сплавов на основе железа  $\sim 760-770^\circ\text{C}$ ), когда исчезает остаточная намагниченность.

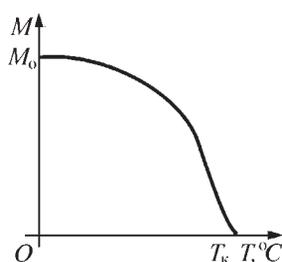


Рис. 1. Схематическое изменение намагниченности ферромагнетика  $M$  в зависимости от температуры:

$T_K$  – температура точки Кюри ( $768^\circ\text{C}$  для Fe)

При последующем остывании металла в момент прохождения через точку Кюри  $T_K$ , когда магнитная проницаемость максимальна, изделия приобретают высокий уровень остаточной намагниченности  $M_0$  даже в слабом внешнем магнитном поле Земли или цеха (рис. 1).

В результате этого процесса, при котором энергия кристаллизации и термических напряжений (наружные слои изделия охлаждаются быстрее внутренних) на порядок больше энергии внешнего магнитного поля, распределение остаточной намагниченности в изделиях по величине и направлению определяется формой изделия, его структурной и технологической неоднородностью. Таким образом, структурная и технологическая наследственность металла изделий, обусловленная процессом охлаждения, проявляется в виде естественной намагниченности (магнитной памяти металла).

Согласно существующим представлениям в теории магнетизма

распределение магнитного поля рассеяния  $H_p$  и намагниченности  $M_0$  в ферромагнитных изделиях определяют только форма и направление внешнего поля при их намагничивании. Структурная неоднородность и наличие остаточных напряжений в изделиях на распределение  $M_0$  не учитываются.

В реальных изделиях, как правило, имеются различного рода неоднородности структуры и дефекты металлургического и технологического происхождения, которые обуславливают соответствующее распределение остаточных напряжений (ОН) и намагниченности  $M_0$ .

На рис. 2, а приведено характерное распределение нормальной составляющей собственного магнитного поля рассеяния  $H_p$ , а на рис. 2, б – распределение остаточной намагниченности  $M_0$  в бруске постоянного магнита без учета структурной неоднородности и ОН. Такое распределение намагниченности  $M_0$  и магнитного поля  $H_p$  в ферромагнетиках обычно приводятся в методической литературе по магнетизму.

На рис. 2, в показано распределение нормальной составляющей собственного магнитного поля  $H_p$  на двух однотипных новых турбинных лопатках. Из рис. 2, в видно, что распределение поля  $H_p$  на этих лопатках имеет резко различный характер из-за различий в них по структуре и ОН.

Металлургические и технологические дефекты изготовления, как известно, создают в локальных зонах изделий высокий уровень ОН, которые проявляются в виде аномалий в распределении намагниченности  $M_0$  и магнитного поля  $H_p$ .

Таким образом, на основе экспресс-контроля методом МПМ новых изделий путем измерения  $H_p$  представляется возможным выявлять технологические и металлургические дефекты, т.е. выполнять сортировку изделий по качеству [1].

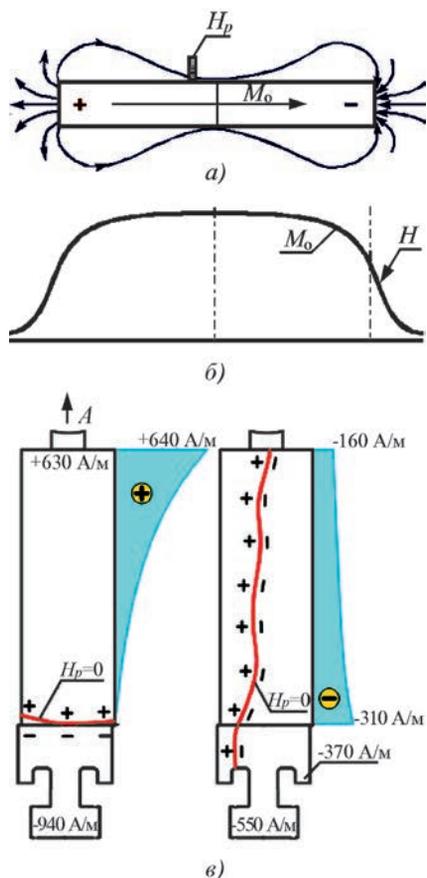


Рис. 2. Теоретическое распределение нормальной составляющей собственного магнитного поля  $H_p$  и остаточной намагниченности  $M_0$  в бруске постоянного магнита (а, б) и фактическое распределение поля  $H_p$  в новых лопатках с учетом структурной неоднородности и ОН (в)

В условиях монтажа крупнобаритных изделий и конструкций остаточная намагниченность  $M_0$  изменяется и перераспределяется под действием монтажных и сварочных напряжений. При эксплуатации изделий остаточная намагниченность изменяется под действием напряжений и деформаций от рабочих нагрузок.

В исследованиях установлено, что изменение намагниченности изделий в эксплуатации обусловлено действием магнитоупругого, магнитомеханического эффектов и магнитоластики. Установлено также, что изменение  $M_0$  и, соответственно, измеряемого собственного магнитного поля рассеяния  $H_p$  при растяжении, сжатии, кручении и циклическом нагружении, например ферромагнитных труб, однозначно связано с максимально действовавшими рабочими напряже-

ниями, что позволило использовать этот параметр как элемент памяти при разработке метода МПМ.

В условиях эксплуатации такие факторы, как внешнее поле  $H_e$ , объем, масса, материал и типоразмер, для однотипных изделий остаются постоянными величинами. Изменяются только температура, напряжения и деформации в изделиях или в элементах конструкции. Изменение температуры, происходящее при эксплуатации, проявляется в виде градиента  $\Delta T$  в объеме изделия, в результате действия которого также происходит изменение напряженного состояния изделия  $\Delta\sigma$  и намагниченности  $M_0$ .

В этих условиях прирост намагниченности из-за действия магнитоупругого эффекта можно выразить как

$$\Delta M_{\sigma}(H_e, \Delta\sigma) = \Delta M(H_e) + \Delta M(H_e, \Delta\sigma). \quad (1)$$

При слабом внешнем поле  $H_e$  (как правило,  $H_e$  – это поле Земли):

$$\Delta M_{\sigma} \gg \Delta M(H_e). \quad (2)$$

Следует отметить, что изменение намагниченности  $\Delta M_{\sigma}$  под нагрузкой и после ее снятия имеет разную величину:

в момент приложения нагрузки  $\Delta\sigma$  :

$$\Delta M_{\sigma} = \Delta M_{\sigma}^{обp} + \Delta M_{\sigma}^H; \quad (3)$$

после снятия нагрузки обратимая составляющая  $\Delta M_{\sigma}^{обp}$  исчезает, и тогда остается только необратимая составляющая:

$$\Delta M_{\sigma} \approx \Delta M_{\sigma}^H \quad (4)$$

При этом согласно соотношению (1) величина  $\Delta M(H_e)$  вносит свой незначительный вклад в изменение  $\Delta M_{\sigma}$ .

Таким образом, на основе результатов измерений СМПР на поверхности изделий, характеризующих изменение намагниченности  $\Delta M_{\sigma}^H$ , при использовании метода МПМ предоставляется возможность выполнять сравнение напряженно-деформированного (энергетического) состояния однотипных деталей и узлов оборудования после снятия рабочей нагрузки  $\Delta\sigma$ .

Учитывая, что измерение СМПР, характеризующего изменение намагниченности  $\Delta M_{\sigma}^H$  изделий, происходит после снятия нагрузки  $\Delta\sigma$ ,

включающей и воздействие градиента температуры  $\Delta T$ , представляется возможность при использовании метода МПМ выполнять сравнение энергетического состояния однотипных деталей по величине и направлению изменения СМПР на их поверхности.

Следует отметить, что явление изменения намагниченности изделия при его деформировании открыл в 1865 г. Э. Виллари. Сейчас это явление объясняется изменением доменной структуры ферромагнетика и называется магнитоупругим эффектом (м.у.э.). Однако процесс «самонамагничивания» ферромагнитных тел в условиях, когда энергия деформации на порядок больше энергии слабого внешнего магнитного поля (как правило, это поле Земли), специально изучался советскими учеными в 40-е годы XX века, когда на военных кораблях возникла проблема борьбы с магнитными минами.

На рис. 3 приведена схема действия магнитоупругого эффекта. Было обнаружено, что от воздействия волн на корпус корабля (особенно во время шторма) в условиях слабого внешнего поля Земли происходит «самонамагничивание» отдельных зон корпуса корабля, и магнитные мины, притягиваясь к этим зонам, взрываются. В те годы было предложено периодически размагничивать отдельные зоны корпуса корабля с аномально высокой намагниченностью. С явлением «самонамагничивания» во многих отраслях промышленности борются путем периодического размагничивания с использованием размагничивающих устройств. Изучив это явление «самонамагничивания» на примере котельных труб, было предложено использовать его для целей технической диагностики [2].

Учитывая, что закономерности м.у.э. в слабом магнитном поле Земли ограничены пределом пропорциональности, который для углеродистых марок сталей примерно равен 0,3 – 0,5 предела текучести  $\sigma_T$ , при разработке физических основ метода МПМ возникла необходимость изучения магнитоластических закономерностей в области пластической деформации. В работе [3] было введено понятие

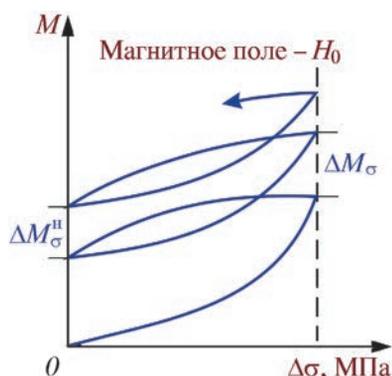


Рис. 3. Схема действия магнитоупругого эффекта:

$\Delta M_{\sigma}$  и  $\Delta M_{\sigma}^H$  – изменение остаточной намагниченности, соответственно, под нагрузкой и после ее снятия;  $\Delta \sigma$  – изменение циклической нагрузки;  $H_0$  ( $H_e$ ) – внешнее магнитное поле

магнитоластики, которому дано следующее определение: **магнитоластика** – физический эффект, выражающийся в необратимом увеличении потока индукции магнитных полей рассеяния в направлении, определяемом направлением и характером силового поля, при наличии слабого внешнего магнитного поля; **возникающий** в начале пластического деформирования ферромагнетика силовым полем, **развивающийся** при увеличении пластической деформации вплоть до разрушения, **сохраняющийся** при ослаблении или полном устранении воздействия силового поля.

Слабое внешнее магнитное поле не может изменить плотность магнитных моментов атомов и его воздействие на ферромагнетик проявляется только в скачкообразном повороте векторов магнитных моментов в наиболее выгодное направление из возможных.

Силовые поля, наоборот, не могут повернуть векторы магнитных моментов, но напрямую меняют их плотность, причем по-разному в зависимости от взаимной ориентации векторов намагниченности и силового поля (именно по этой причине «магнитная память» максимально проявляется после вырезки, например, образца трубы в положении относительно магнитного поля Земли, в котором труба находилась под нагрузкой).

Магнитоластика проявляется на всем протяжении процесса деформации – разрушение образца или изделия.

**Магнитомеханический эффект** в условиях одновременного воздействия на изделие деформации и слабого внешнего поля Земли схематично проявляется следующим образом. Известно, что на уровне отдельного атома кристаллической решетки имеются магнитный и механический моменты. Положение механического момента определяется деформацией кристаллической решетки от механического воздействия на изделие. При этом положение магнитного момента атома, связанного с механическим моментом через угол рассогласования  $\theta^*$ , проявляется при взаимодействии с магнитным полем Земли. Происходит «прецессия» магнитных моментов атомов в поле Земли. В этом заключается уникальная роль магнитного поля Земли в методе МПМ! Формирование магнитных моментов атомов внутри кристаллической решетки изотропного железа при ее деформации рассмотрено в работе [4]. В этой работе показано, что угол рассогласования  $\theta$  между магнитным и механическим моментами, сформировавшийся на уровне отдельного атома, на уровне кристаллической решетки или на уровне структурного элемента и далее на макроуровне изделия совпадает с углом скольжения  $\alpha$ . Таким образом, наличие магнитных плоскостей, являющихся одновременно и плоскостями скольжения дислокаций, обуславливает предрасположенность ферромагнетиков к изменению своего магнитного состояния в условиях сдвиговой деформации. Именно по этой причине в нагруженном ферромагнетике возникают локальные магнитные поля (магнитные аномалии), ориентация которых не связана напрямую с направлением внешнего магнитного поля.

Если рассмотреть влияние основных факторов  $H_e$ ,  $T$ ,  $\sigma$  на изменение намагниченности  $\Delta M$  ферромагнетика определенной формы и массы от исходного состояния

\* Собственные частоты колебаний материала – причина появления углового рассогласования. Угловое рассогласование механического и магнитного моментов происходит в условиях упругих и пластических колебаний при воздействии на изделие механической нагрузки.

$M_0$ , то получим функционально соотношение

$$\begin{aligned} \Delta M(H, T, \sigma) &= \\ &= (1+k_{He})(1+k_T)(1+k_{\sigma})M_0 = \\ &= (1+k_{He}+k_T+k_{\sigma}+k_H k_T+k_H k_{\sigma}+ \\ &+k_T k_{\sigma}+k_{He} k_T k_{\sigma})M_0, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $k_i$  – нелинейные функции, отражающие влияние каждого из указанных факторов на изменение  $\Delta M$  и взаимное влияние этих факторов друг на друга.

Если идти по пути традиционного подхода в исследовании этих нелинейных функций на изменение намагниченности ферромагнетика, то исследования потребуют длительного времени и большого количества экспериментальных работ. Собственно, именно по этому пути идут многие специалисты, изучающие процессы намагничивания ферромагнетиков.

На основе анализа результатов большого количества экспериментальных работ, проведенных в ходе разработки метода МПМ, был предложен энергетический подход к изучению влияния факторов, указанных в соотношении (5), на изменение намагниченности  $\Delta M$  ферромагнетика.

В основе энергетического подхода лежит идея о том, что каждый ферромагнетик определенной формы и материала имеет определенную энергоёмкость, характеризующую его предельную сопротивляемость внешним нагрузкам и разрушению. Экспериментальными исследованиями установлено, что предельное состояние, наступающее при разрушении ферромагнетика, имеет одинаковую энергетическую характеристику, т.е. энергия разрушения ферромагнетика независимо от различного сочетания факторов и физических эффектов, приведших его к этому состоянию, одна и та же и является энергетической константой. При этом время достижения предельного состояния даже для однотипных изделий в зависимости от различного сочетания факторов может быть разным.

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 сканиро-

вании датчиком специализированного магнитометра вдоль поверхности оборудования и конструкций. Установлено, что именно этот диагностический параметр в силу магнитомеханического эффекта напрямую отображает энергетическое состояние поверхностных и глубинных слоев металла в зонах концентрации напряжений (ЗКН) узлов оборудования и элементов конструкций. 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 «магнитомеханических» 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, при котором достигается физический предел прочности, предлагается считать предельным при контроле оборудования методом МПМ.

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

$$m = \frac{K_{ин}^{пр}}{K_{ин}^T} = \left( \frac{\sigma_B}{\sigma_T} \right)^2, \quad (6)$$

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

Соотношение (6) неоднократно подтверждалось непосредственно на оборудовании при обследовании методом МПМ. В соответствии с результатами расчетных и экспериментальных исследований, представленных в работах [3, 5], магнитный параметр  $K_{ин}$  характеризует плотность магнитной энергии  $W_m$ , обусловленной механической энергией деформации от силового воздействия  $W_c$ :

$$K_{ин} \sim \frac{W_m}{W_c} \sim \frac{2E}{\sigma^2}, \quad (7)$$

где  $E$  – модуль упругости (или модуль пластичности для пластической деформации).

Из соотношения (7) 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  $K_{ин}$ .

Сравнивая состояние образца при экспериментальных исследованиях по магнитному параметру  $K_{ин}$  при достижении им предела прочности  $\sigma_B$  по отношению к состоянию этого же образца при достижении предела текучести  $\sigma_T$ , с учетом соотношения (7) получаем

$$m = \frac{K_{ин}^B}{K_{ин}^T} = \frac{\sigma_B^2 \cdot 2E}{2E \cdot \sigma_T^2} \approx \left( \frac{\sigma_B}{\sigma_T} \right)^2. \quad (8)$$

Используя полученное энергетическое соотношение (6) между магнитными и механическими показателями деформационного упрочнения, предлагается на практике выполнять оценку ресурса оборудования в ЗКН на основании измеренных показателей  $K_{ин}$  и фактической наработки данного узла на дату контроля  $T_{ф}$ .

Если известны значение  $K_{ин}^{пр}$ , соответствующее пределу прочности металла в ЗКН для однотипных узлов оборудования (определяется по результатам измерений на практике в ЗКН с микрповреждениями), фактическое максимальное значение  $K_{ин}^{\phi}$ , 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:

$$T_{пр} = \frac{K_{ин}^{пр}}{K_{ин}^{\phi}} = T_{ф}. \quad (9)$$

Таким образом, остаточный ресурс контролируемого узла с ЗКН составит

$$T_{рес} = T_{пр} - T_{ф}. \quad (10)$$

Предлагаемый способ определения предельного состояния металла в ЗКН и оценки ресурса обо-

рудования основан на принятом допущении линейной зависимости во времени процесса накопления пластической деформации и усталости металла. На момент контроля магнитный параметр  $K_{ин}^{\phi}$  характеризует фактическое энергетическое состояние металла в ЗКН. При этом неважно, каким образом (по какой зависимости от параметров нагрузки) было достигнуто данное энергетическое состояние. Металл в ЗКН с течением времени как бы дискретно переходит из одного энергетического состояния в другое. Если удастся зафиксировать значения  $K_{ин}^{\phi}$  в разные периоды времени  $T$ , то получим линейную 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).

Более подробно методика определения ресурса оборудования с использованием программного продукта «МПМ-Ресурс» рассматривается в [5].

### Библиографический список

1. Дубов А. А. Контроль качества изделий машиностроения с использованием магнитной памяти металла // Территория NDT. 2013. № 3. С. 62 – 64.
2. Дубов А. А. Диагностика котельных труб с использованием магнитной памяти металла. М.: Энергоатомиздат, 1995. 112 с.
3. Власов В. Т., Дубов А. А. Физическая теория процесса «деформация – разрушения». М.: ЗАО «Тиссо», 2007. 517 с.
4. Власов В. Т., Дубов А. А. Физические основы метода магнитной памяти металла. М.: ЗАО «Тиссо», 2004. 424 с.
5. Дубов А. А., Дубов Ал. А., Колокольников С. М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля: учеб. пособие. 5-е изд. М.: ИД «Спектр», 2012. 394 с.

# СПЕЦИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ



**БАЖАНОВ**  
Анатолий Серафимович  
СКБ ФИРЭ РАН,  
г. Фрязино, Моск. обл.



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

*Изложены принципы построения современных георадаров, приведены их основные параметры и области применения.*

Одной из проблем развития общества является борьба с преступностью, и эффективность ее решения связана с уровнем технической оснащенности силовых структур. Специализированные средства разрабатываются на основе различных физических принципов. Среди указанных средств существенная роль отводится радиоволновым методам и устройствам.

Специальные инженерно-технические средства, работающие в электромагнитном спектре радиоволнового диапазона, подразделяют на группы: георадары, специальные радары, детекторы взрывных устройств, детекторы оружия, системы охраны периметра, оборудование для обнаружения устройств негласного съема информации и ее защиты. Наибольшее распространение из них находят георадары и средства на основе георадарных технологий.

Георадар — это радиолокатор, который в отличие от классического используют для зондирования исследуемой среды, а не воздушного пространства. Исследуемой средой может быть земля (отсюда наиболее рас-

пространенное название — георадар), вода, стены зданий и другие ограждения.

Принцип работы георадара поясняет рис. 1. В исследуемую среду передающей антенной георадара излучаются сверхкороткие (длительностью в единицы наносекунд) электромагнитные импульсы. Они отражаются от границ раздела слоев, отличающихся диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Такими границами раздела являются, например, раздел между сухими и влагонасыщенными грунтами (уровень грунтовых вод), раздел между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного сооружения, между мерзлыми и тальми грунтами, между коренными и рыхлыми породами. Отраженные импульсы принимаются приемной антенной, усиливаются, преобразуются в цифровую форму, обрабатываются по специальному алгоритму. Результат зондирования выводится на экран дисплея георадара. При перемещении георадара вдоль поверхности среды на экране воспроизводится электронное отображение подповерхностной структуры — радарограмма.

Зондирующий импульс представляет собой квазигармонический быстрозатухающий сигнал, состоящий из нескольких периодов синусоиды. Он формируется при ударном возбуждении широкополосной передающей антенны видеоимпульсом и характеризуется центральной частотой спектра сигнала (центральная рабочая частота) и его длительностью, которые определяются параметрами антенны и амплитудой (мощностью) импульса, определяемой амплитудой видеоимпульса возбуждения.

Основными параметрами георадара являются глубинность и разрешение по глубине, которые тесно связаны с центральной рабочей частотой. Под глубиной понимается глубина обнаружения плоской границы с коэффициентом отражения, равным 1, в грунте с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 4$  и затуханием 1 ... 2 дБ/м. Глубина зондирования и разрешающая способность прибора в целом приведены в табл. 1.

Таким образом, чем меньше центральная частота георадара, тем больше глубина зондирования при меньшей разрешающей способности.

## 1. Зависимость глубины зондирования и разрешающей способности георадаров от центральной частоты сигнала

Характеристика	Центральная частота антенного блока, МГц								
	10...16	25...100	90	150	250	400	700	1200	1700
Глубина зондирования, м	40	30	16	12	8	5	3	1,5	1,0
Разрешающая способность по глубине, м	3,0...1,0	2,0...0,5	0,5	0,35	0,25	0,15	0,1	0,05	0,03

Георадар (рис. 2) состоит из блока управления георадаром, комплекта сменных приемопередающих антенн и персонального компьютера (типа Notebook). Георадар перемещают на тележке (в городских условиях) либо на тонком диэлектрическом листе путем буксировки (волочения) вручную или транспортом. Георадары уже достаточно широко применяются и в гражданских областях. Основные области применения:

- сельское хозяйство: обнаружение дренажных труб; составление карт утечек;
- мосты: определение качества пирса; локализация эрозии; инспекция деревянных балок;
- оценка условий окружающей среды: локализация резервуаров и цистерн; определение загрязнения подпочвенных вод; обнаружение областей с нарушением почвы;
- гидроэнергетика: составление карт толщины льда на реках, озерах и дорогах; определение толщины снега и содержания воды; локализация жертв лавин;
- проверка канализационных коллекторов и туннелей: локализация пустот за стенкой туннеля (коллектора); обнаружение утечек; определение траншей вокруг труб;
- археология и кладоискательство: поиск искусственных объектов, составление карт древних отложений; локализация могил;
- инспекция зданий: поиск впадин за стеной и под полом; локализация трубопроводов; определение фундаментов;
- криминалистика: локализация металлических и неметаллических скрытых объектов и тел; локализация пустот за стеной и под полом;
- автомобильные и железные дороги: определение толщины и качества подстилающего слоя (щебня); локализация пустот под дорожным покрытием; локализация впадин и дренажных труб;
- коммунальное хозяйство: локализация электрических, телефонных и телевизионных кабелей; обнаружение металлических и неметаллических объектов; нахождение водо-, газопроводов и канализационных коллекторов; локализация утечек.

Силовые структуры такие радары могут использовать для: поиска тайников и захоронений, выявления подкопов к особо охраняемым объектам, обнаружения контрабандных вложений в однородные однородные грузы, поиска мест заложения мин, определения расположения подземных тоннелей, коммуникаций, складов, техники.

Глубина обнаружения объекта зависит в том числе от энергетического потенциала приемопередатчика и влажности почвы: чем выше энергетический потенциал георадара, тем надежнее обнаружение подповерхностных объектов на большей глубине при большей влажности почвы.

В России разработкой георадарных технологий занимаются ООО «ВНИИ СМИ» – георадары серии «ЛОЗА», ЗАО «ТАЙМЕР» – георадары «Грот», ООО «ЛОГИС» (официальным представителем которого является НПЦ ООО «ГЕОТЕХ») – георадары «ОКО-2», ООО «Геологоразведка» – георадары серии ТР-ГЕО.

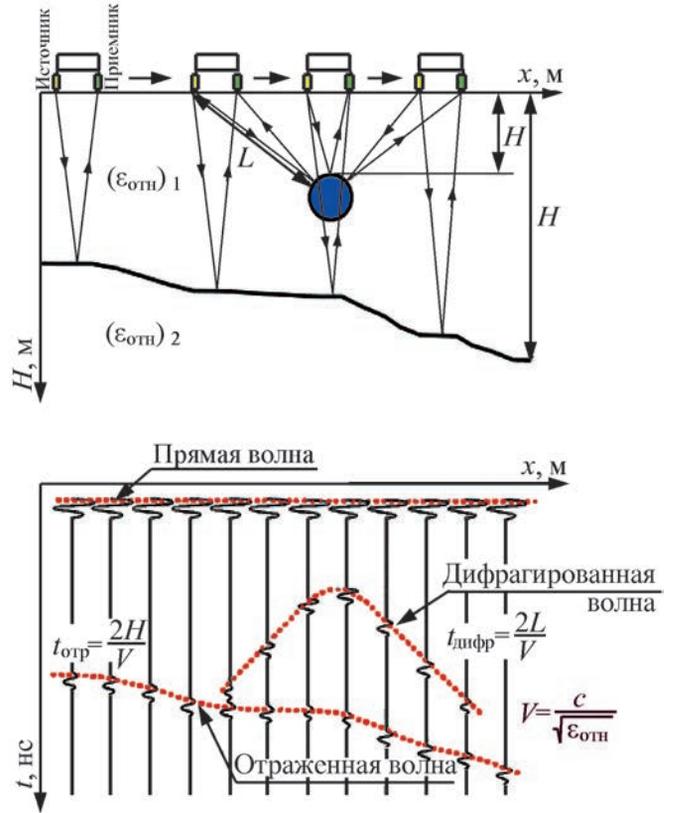


Рис. 1. Принцип работы георадара:  
 $x$  – расстояние по профилю (поверхности), м;  
 $H$  – глубина, м;  
 $\epsilon_{отп}$  – относительная величина диэлектрической проницаемости среды;  
 $(\epsilon_{отп})_1$  – относительная величина диэлектрической проницаемости среды 1;  
 $(\epsilon_{отп})_2$  – относительная величина диэлектрической проницаемости среды 2;  
 $c$  – скорость света (в вакууме);  
 $V$  – скорость распространения радиоволн в реальной среде;  
 $L$  – расстояние от фронта дифрагированной волны до поверхности;  
 $t_{отр}$  – время прихода отраженной волны;  
 $t_{дифр}$  – время прихода дифрагированной волны



Рис. 2. Георадар «Герад-3»

## 2. Сравнительные характеристики георадаров

Характеристика	Модель				
	SIR 5103 (США)	Noggin 500 (Канада)	Easy Locator I (Швеция)	«Герад» А-500 (Россия)	«Око-2» АБ-400 (Россия)
Глубина зондирования, м	3	1... 8	4,7	4	5
Центральная частота, МГц	400	250...750	400	500	400
Энергетический потенциал, дБ	150	160	160	120(200)	160
Разрешающая способность по глубине, м	0,15	0,25...0,1	0,15...0,1	0,1	0,15
Питание (аккумуляторные батареи): напряжение, В ток, А	12 0,7	12 0,7	11,1 —	12 0,7	12 0,7
	30×30×20	39×22×16	67×47×19	53×22×8	68×27×12
Масса антенного блока, кг	4,6	3	18	3,5	8

Зарубежные компании – производители георадаров: IDS Ingegneria Dei Sistemi S.p.A. (Италия), GSSI (США), Sensor and Software Inc. (Канада), Era Technology (Великобритания), Geoscanners AB и MALA Geoscience (Швеция), RADIANT-EM (Германия), OYO Corporation (Япония), Radar Systems (Латвия), Geozondas (Литва) и Transient Technologies (Украина).

Большинство георадаров работает в широком частотном диапазоне, имея сменные приемопередающие антенны. Так, георадар «Око-2» может комплектоваться антенными блоками в диапазоне 25...1700 МГц,

«Герад» – 3 антеннами в диапазоне 250...2000 МГц, SIR – 10 антеннами в диапазоне 10...1500 МГц, РПЗ – в диапазоне 500...2000 МГц. Аппаратура выполнена во влаго- и пылезащитных корпусах и работает в диапазоне рабочих температур от –20 до +50 °С. В табл. 2 представлены характеристики некоторых георадаров.

Георадары, как правило, поставляются со специальным программным обеспечением (Radan, SpiView, Hiram, Geo-Data for Windows, ComDia и др.), позволяющим получать изображение на компьютере в реальном масштабе времени (рис. 3).

### Анализ работы георадаров с ударным возбуждением антенны

Формирование зондирующего импульса осуществляется подачей видеоимпульса на широкополосную антенну, которая определяет форму огибающей зондирующего радиоимпульса в соответствии со спектром видеоимпульса  $S$  и своей амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) (рис. 4).

Типовая структурная схема радара с ударным возбуждением антенн представлена на рис. 5.

В ряде георадаров с низким значением средней рабочей частоты стробоскопический преобразователь отсутствует, и преобразование принятого сигнала в цифровую форму после его усиления осуществляется с помощью быстродействующих АЦП.

### Ограничения на основные параметры георадаров с ударным возбуждением антенны

Основными параметрами георадара являются глубина зондирования и разрешающая способ-

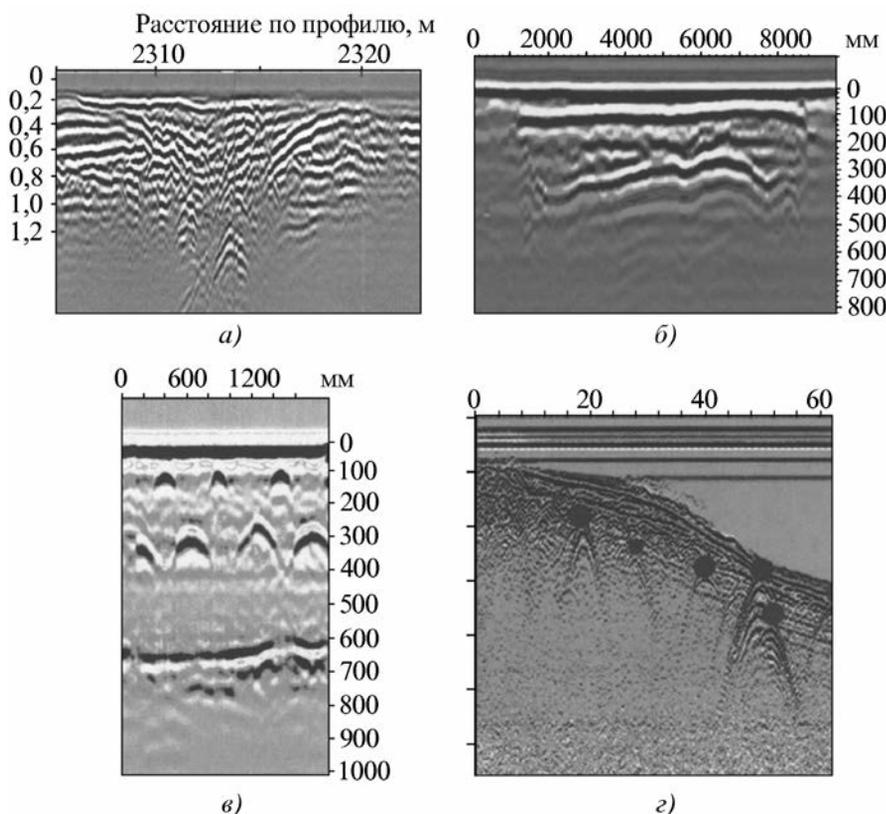


Рис. 3. Типичное промежуточное изображение объектов на дисплее георадара: а – трубопроводов; б – кабелей; в – арматуры в бетоне; г – боеприпасов

ность по глубине обнаружения объектов, т.е. наименьшее расстояние между двумя объектами, когда их отдельные отображения не сливаются в одно. Так как все вышеупомянутые производители георадаров руководствуются одним и тем же принципом построения их схем (различия заключаются в конструкциях антенных систем, использовании разных способов генерирования импульсов, мощности излучаемых импульсов, алгоритме и методе их обработки и визуализации результатов зондирования, дизайне георадара), параметры георадаров определяются значением средней рабочей частоты антенн георадара (при одинаковых параметрах грунта). Повышение средней рабочей частоты – частоты зондирования приводит к улучшению разрешающей способности; но при этом увеличивается затухание электромагнитной волны в среде, что приводит к уменьшению глубины зондирования; и наоборот, снижением частоты можно добиться увеличения глубины зондирования, но за это придется заплатить ухудшением разрешающей способности.

Глубина зондирования зависит от таких параметров георадара, как чувствительность (коэффициент шума) приемника и мощность зондирующего сигнала. Теоретически чувствительность приемника георадара определяется собственными шумами приемника  $P_{ш}$ , приведенными к его входу:

$$P_{ш} = kT_0 \Delta f K_{ш} \quad (1)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана, равная  $1,28 \cdot 10^{-23}$  Вт/° · Гц;  $T_0$  – абсолютная температура, равная 300 К;  $\Delta f$  – полоса пропускания приемника, равная рабочей полосе частот антенны; в идеальном случае

$$\Delta f \approx \frac{1,1c}{\Delta h \sqrt{\epsilon}}; \quad (2)$$

$c$  – скорость света;  $K_{ш}$  – коэффициент шума приемника;  $\Delta h$  – разрешающая способность георадара по глубине.

Как видно из (1) и (2), чувствительность может быть повышена за счет снижения рабочей полосы частот, но при этом разрешающая способность будет ухудшена.

Проблему повышения глубины зондирования решают увеличением мощности зондирующего импульса, но при этом необходимо увеличивать расстояние между передающей и приемной антеннами и принимать дополнительные меры по их экранированию и обеспечению экранирования входных цепей приемника от проникновения зондирующего импульса с выхода передатчика на вход приемника, что может привести к блокированию приемника и увеличению его коэффициента шума. Кроме того, большое расстояние между антеннами ухудшают эксплуатационные параметры георадара из-за увеличения его геометрических размеров. Увеличение мощности

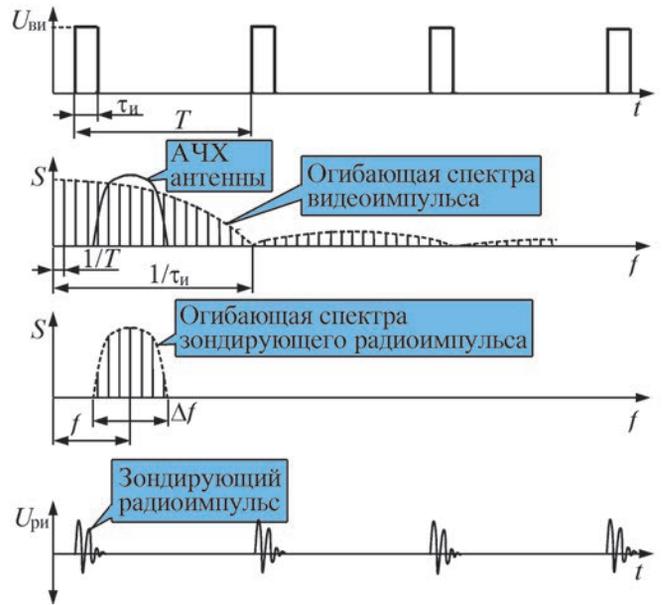


Рис. 4. Формирование зондирующего импульса ударным возбуждением антенны

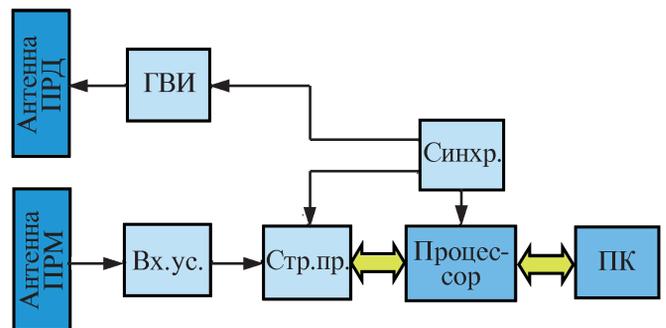


Рис. 5. Структурная схема радара с ударным возбуждением антенн: Антенна ПРД – антенна передатчика; Антенна ПРМ – антенна приемника; ГВИ – генератор видеоимпульсов; Вх.ус. – входной усилитель приемника; Стр.пр. – стробоскопический преобразователь с аналого-цифровым преобразователем – АЦП; Синхр. – синхронизирующее устройство, обеспечивающее запуск ГВИ, запуск строб импульсов; Стр.пр. – запуск АЦП; Процессор – процессор, обеспечивающий прием и первичную обработку информации; ПК – персональный компьютер типа Notebook или карманный персональный компьютер для обработки, записи и отображения информации

зондирующих импульсов ведет к значительному усложнению и удорожанию генератора видеоимпульсов. Мощные генераторы импульсов из-за малого коэффициента полезного действия (КПД) обеспечивают частоту повторения импульсов не более нескольких килогерц, что снижает среднюю энергию зондирования и не дает существенного увеличения глубинности. Анализируя предельные значения глубины зондирования и разрешения георадаров различных производителей, основанных на видеоимпульсном возбуждении антенн, можно сделать вывод, что предельные значения достигнуты и не могут быть улучшены.

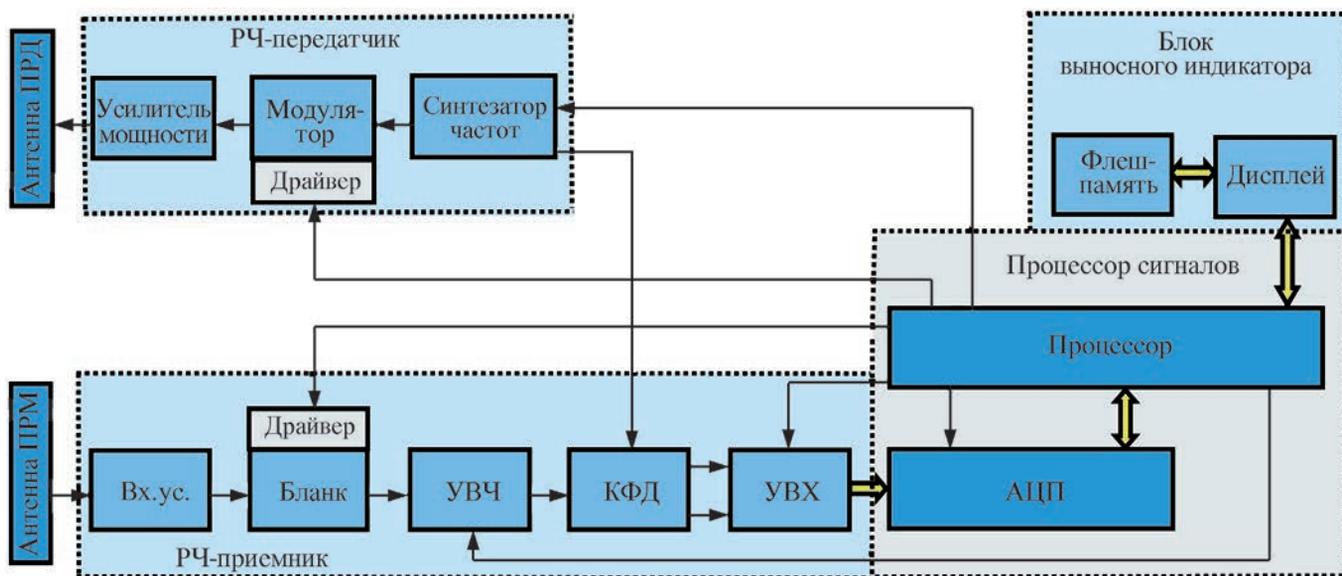


Рис. 6. Структурная схема сверхширокополосного радиоимпульсного радара

### Георадар с радиоимпульсным возбуждением антенны

В ФГУП СКБ ИРЭ РАН георадарной тематикой занимаются с начала 1980-х гг., когда решались задачи создания радиолокационных комплексов для исследования грунта планет Солнечной системы. Предприятие участвовало в космических программах «Марс-84» и «Марс-96», «Фобос-Грунт» 2002 – 2010 гг.

В 1999 – 2000 гг. в СКБ ИРЭ был разработан георадар с ударным возбуждением антенн «Герад-2», предназначенный для решения задач геофизики, экологии, археологии, интроскопии дорожных покрытий, строительных и других сооружений. Совместно с ИРЭ РАН разработано оригинальное программно-математическое обеспечение георадара. В контакте с сотрудниками Рижского института инженеров гражданской авиации (РИИГА), МФТИ, ГУ НПП «ИСТОК» были разработаны широкополосные антенны для зондирования материальных слоистых сред типа «Бабочка», шелевая экранированная антенна, антенна с нагруженными диполями, рупорная антенна.

Георадар «Герад-2» и его последующая модификация «Герад-3» использовались при археологических исследованиях курганов в зоне строительства нефтепровода Каспийск – Новороссийск в Ставропольском крае, диагностике состояний железнодорожного полотна Октябрьской железной дороги и в Приполярном Урале, при геофизических исследованиях уровня грунтовых вод микрорайона «Юбилейный» (г. Королев), при строительстве Бушерской АЭС в Иране, картировании дна и экологических исследованиях ряда озер Москвы, Московской и Ленинградской областей.

По заказу железнодорожных войск РФ была проведена совместно с ФГУП «ЦНИРТИ им. акад. А.И. Берга» работа по созданию «Радиоакустической системы для обнаружения минно-взрывных

устройств на железной дороге (6-канальный георадар, 4-канальный акустический тракт)». По заказу группы компаний «Твема» разработан двухдиапазонный трехканальный георадарный измерительный комплекс для мониторинга состояния балластного слоя и верхней зоны земляного полотна железнодорожного пути. Результаты работ неоднократно представлялись на международных конференциях и международных специализированных выставках.

Наряду с разработкой георадаров с ударным возбуждением антенн ФГУП СКБ ИРЭ РАН производило работы над созданием короткоимпульсных сверхширокополосных радаров с зондирующим сигналом, полученным в результате амплитудно-импульсной модуляции и модулируемой фазоимпульсной кодовой модуляции. Необходимость создания таких радаров диктовалась специальными требованиями к аппаратуре научного и космического приборостроения. Первой работой явилась разработка блока приемопередатчика измерительного комплекса, предназначенного для измерения изменения комплексного коэффициента отражения от твердой поверхности при образовании плазмы между источником электромагнитных волн и твердым телом. Был создан по заданию ФГУП «Центр Келдыша» короткоимпульсный радар с длительностью радиоимпульса от 10 до 30 нс, работающих на четырех рабочих частотах сантиметрового диапазона (1,5, 3, 7,5 и 10 ГГц). В этой работе для формирования амплитудно-импульсного сигнала был применен новейший, разработанный в ГУ НПП «ИСТОК», модулятор, обеспечивающий длительность фронтов импульса менее 0,5 нс и работающий в диапазоне рабочих частот сигнала от 10 МГц до 18 ГГц. (Лучшие в настоящее время зарубежные аналоги обеспечивают длительности фронтов не менее 3,5 нс.) Обработку сигнала проводили на фазовом детекторе, что позволило реализовать разрешение на порядок выше, чем в радаре с ударным возбуждением антенны.

Полученные результаты и анализ схемной реализации позволили разработать новый подход к схемному решению построения георадаров. На антенну необходимо подавать импульсно-модулированный сигнал. Мощность сигнала обеспечивается применяемым в конкретном случае усилителем мощности передатчика. Так как вся генерируемая мощность передатчика, поступающая в антенну, излучается и КПД современных усилителей мощности может достигать 80 %, то увеличение частоты зондирования определяется не временем восстановления и допустимой мощностью рассеяния генератора импульсов, а временем получения отклика с максимальной глубины. Частота зондирования может быть выбрана в районе нескольких мегагерц, что в несколько раз увеличивает энергетический потенциал георадара. Обработку сигнала следует проводить на фазовом детекторе. При этом разрешающая способность будет определяться не длительностью зондирующего импульса, а чувствительностью фазового детектора  $\Delta\varphi$ , которая для существующих фазовых детекторов не превышает нескольких градусов. При  $\Delta\varphi = 6^\circ$  и рабочей частоте георадара 300 МГц разрешающая способность будет составлять 0,8 см против 100 см для георадара с ударным возбуждением антенн.

Структурная схема радиопульсного георадара приведена на рис. 6.

Модулятор и драйвер обеспечивают модуляцию радиосигнала, частота сигнала которого может лежать в пределах от 10 МГц до 18 ГГц, минимальная длительность импульса 1 нс. Бланк – бланкирующее устройство, отключающее приемный канал во время прихода сигналов, отраженных от поверхности. Синтезатор частот – сменный синтезатор частот с возможностью перепрограммирования выходной частоты в диапазоне половины декады. КФД – квадратурный фазовый детектор, обеспечивающий разрешение по глубине в 1/100 длины волны в среде. УВХ – устройство выборки-хранения, выполняющее совместно с АЦП роль цифрового стробоскопического преобразователя. Процессор обеспечивает синхронизированные по фазе работы синтезатора частот, подачу импульсов

модуляции на модулятор, подачу бланкирующих импульсов, управление временной регулировкой усиления УВЧ, синхронизацию работы АЦП и УВХ, сбор и обработку данных и передачу их на дисплей. Флэш-память служит для долговременного хранения результатов зондирования.

Несмотря на кажущуюся сложность структурной схемы радара, она проста в изготовлении и настройке, так как каждый блок реализуется применением серийной микросхемы. Кроме того, перестройка с одной рабочей частоты на другую в пределах до половины декады осуществляется перепрограммированием синтезатора частот и сменой антенн. Гибкость управления георадаром, управление усилением, установкой времени и величины бланкирования, частоты зондирующих импульсов позволяют увеличить временной динамический диапазон по принимаемым сигналам и использовать один георадар для решения различных задач. Применение квадратурного фазового детектора позволяет значительно улучшить разрешение георадара, а высокая частота повторения зондирующих импульсов увеличить глубинность за счет накопления сигналов в процессоре при обработке, тем самым повышая среднюю энергию зондирования.

#### Библиографический список

1. **Неразрушающий контроль:** справочник: в 8 т. / под ред. чл.-кор. РАН В.В. Клюева, изд. 2-е. Т. 6. Кн. 3. Матвеев В.И. Радиоволновой контроль. М.: Машиностроение, 2006. С. 666 – 841.
2. **Матвеев В.И.** Антитеррористическая диагностика электромагнитными средствами радиоволнового диапазона // Контроль. Диагностика. 2006. № 9. С. 21 – 30.
3. **Иммореев И.Я.** Сверхширокополосные радары. Особенности и возможности // Радиотехника и электроника. 2009. Т. 54. № 1. С. 5 – 31.
4. **Биорадиолокация** / под ред. А.С. Бугаева, С.И. Ивашова, И.Я. Иммореева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 396 с.

### 5-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

#### «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ»

Республика Беларусь, г. Могилев, 24–25 сентября 2014 г.

##### Организаторы

- Белорусская ассоциация неразрушающего контроля и технической диагностики
- Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике
- Национальная академия наук Беларуси
- Белорусско-Российский университет

##### Основная тематика

1. Дефектоскопия материалов и промышленных изделий
2. Контроль структуры и физико-механических характеристик материалов и изделий
3. Контроль геометрических параметров объектов
4. Мониторинг, диагностика и прогнозирование остаточного ресурса технических объектов
5. Компьютерные технологии в неразрушающем контроле

##### Круглые столы

- Передовые технологии ультразвукового контроля на основе TOFD-метода и фазированных решеток
- Подготовка кадров и сертификация персонала в области НК и ТД

Адрес оргкомитета,  
контактные телефоны,  
электронная почта

Белорусско-Российский университет,  
212000, Республика Беларусь,  
г. Могилев, пр-т Мира, д. 43, оргкомитет конференции  
E-mail: [konf@bru.mogilev.by](mailto:konf@bru.mogilev.by)

Сергеев Сергей Сергеевич  
Тел.: (+375) 297 433868, e-mail: [sss.bru@tut.by](mailto:sss.bru@tut.by)  
Брискина Ирина Владимировна  
Тел.: (+375) 222 266422, факс: (+375) 222 251091

# ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИХРЕТОКОВЫХ МАТРИЦ ПО СРАВНЕНИЮ С КЛАССИЧЕСКИМ ВИХРЕТОКОВЫМ КОНТРОЛЕМ



## БОРИСКОВ

Юрий Васильевич

Инженер по технической поддержке отдела продаж оборудования НК и приборов лазерной центровки

ОАО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ», Москва



## КОЗЛОВ

Владимир Ростиславович

Канд. техн. наук,  
консультант научного отдела

Развитие производства новых высокоресурсных изделий и конструкций связано с повышенными требованиями к их надежности, безотказности, долговечности и ремонтпригодности.

Важнейшими направлениями повышения надежности изделий и конструкций являются:

- применение высокопрочных материалов с заданными физико-механическими свойствами;
- минимизация брака при изготовлении деталей, узлов, изделий и неразъемных соединений;
- внедрение инновационных методов контроля качества как в сам процесс производства, так и в контроль готовой продукции.

Решение этих задач возможно с помощью физических методов и современных средств неразрушающего контроля (НК).

К наиболее эффективным методам НК в современной индустрии относится вихретоковый метод. Он основан на возбуждении вихревых токов в поверхностном электропроводящем слое объекта контроля (ОК) и регистрации изменений электромагнитного поля вихревых токов, вызванных наличием дефектов в этом объекте.

Метод вихревых токов предназначен для выявления коррозионных поражений металла, усталостных трещин, металлургических, термических, шлифовочных и других несплошностей в поверхностных и подповерхностных слоях изделий из немагнитных и неко-

торых ферромагнитных материалов с электропроводностью от 0,4 до 61 мСм/м. Вихретоковый метод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами НК. Так, например, при вихретоковом НК не требуется:

- удаление покрытия (как гальванического, так и лакокрасочного);
- применение расходных материалов, как в случае капиллярного или магнитного НК;
- использование средств индивидуальной защиты дефектоскописта от вредных веществ и излучений, как при рентгеновском НК.

Оборудование вихретокового НК портативно и применимо как в производственных, так и в полевых условиях.

Чувствительность вихретокового метода позволяет выявлять такие дефекты, как трещины с шириной раскрытия 0,3–0,4 мм.

Данный метод НК может проводиться на различных стадиях технологического процесса в условиях производства, ремонта и эксплуатации изделий.

Сегодня вихретоковый метод широко востребован для НК качества продукции в авиационной, космической и автомобильной промышленности, а также при эксплуатации оборудования тепловых и атомных электростанций, авиационной техники, ракет, трубопроводного и железнодорожного транспорта.

Выпускаются различные типы дефектоскопов для ручного и автоматизированного применения.

Настоящим прорывом в области НК стало появление дефектоскопического оборудования на основе вихретоковых матриц. Эта технология быстро получила признание со стороны ведущих мировых производителей в области машиностроения, энергетики и нефтегазодобычи (рис. 1).

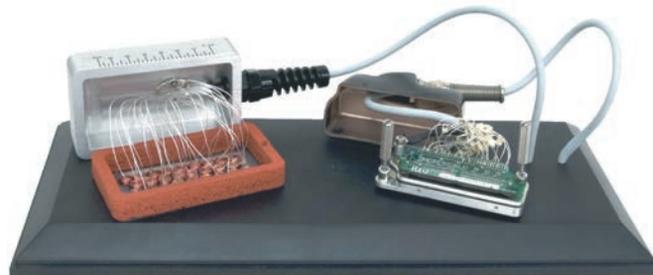


Рис. 1. Вид матричного вихретокового преобразователя

Физический принцип этой технологии не отличается от традиционного вихретокового НК. В качестве источника электромагнитного поля чаще всего

используется катушка индуктивности (далее катушка). Синусоидальный (или импульсный) ток, действующий в катушках, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в ОК. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них электродвижущую силу (ЭДС) или изменяя их полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на катушках или их сопротивление, получают информацию о свойствах ОК и о положении преобразователя относительно него. Особенность вихрекового контроля – возможность его проведения без контакта преобразователя и ОК. Их взаимодействие происходит на расстояниях (до нескольких миллиметров), достаточных для свободного движения преобразователя относительно ОК. Поэтому использование данного метода НК позволяет получать достоверные результаты даже при высокой скорости сканирования.

Основная отличительная черта вихрековых матриц заключается в количестве функциональных элементов. Один вихрековый матричный преобразователь может содержать от 16 и более катушек. Каждая катушка в матрице может рассматриваться как отдельный вихрековый преобразователь (рис. 2).

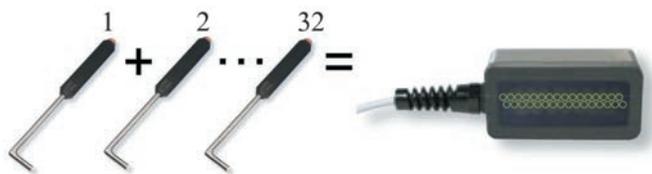


Рис. 2. Принципиальная схема матричного вихрекового преобразователя

Чувствительность отдельной катушки к дефектам неравномерна и снижается от центра к краю. Максимальная амплитуда сигнала достигается, когда дефект расположен под центром катушки (рис. 3). Это важный параметр для проектирования матричных вихрековых преобразователей, так как сборка катушек проводится в целях обеспечения максимальной чувствительности матрицы по всей ее рабочей зоне.

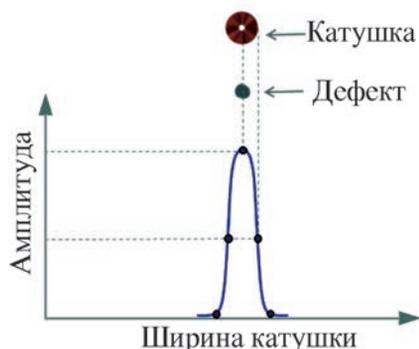


Рис. 3. Чувствительность преобразователя в зависимости от положения дефекта

Для достижения равномерной и максимальной чувствительности все катушки располагаются в несколько

рядов так, чтобы каждая катушка компенсировала менее чувствительные зоны соседней катушки (рис. 4).

Как известно, существуют разные исполнения катушек вихрековых преобразователей, которые предназначены для лучшего выявления трещин с различной ориентацией относительно преобразователя и поверхности ОК. Универсальной конструкции катушки для выявления всех типов трещин с различной ориентацией на сегодняшний момент не создано. В матричных вихрековых преобразователях возможно применение катушек разного типа (например, абсолютных и дифференциальных), что существенно расширяет возможности обнаружения дефектов. При этом исключается необходимость в возвратно-поступательном перемещении преобразователя при НК и появляется возможность выявления разнонаправленных дефектов за один проход матрицы по поверхности ОК.

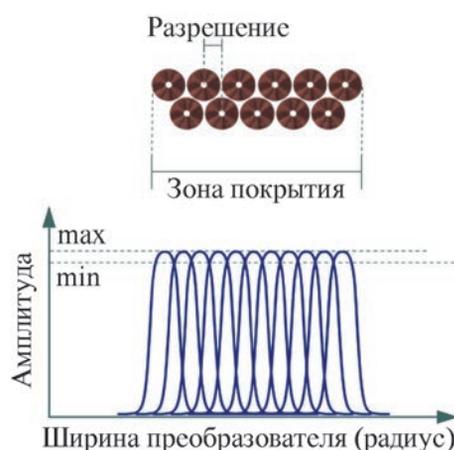


Рис. 4. Разрешающая способность вихрековой матрицы улучшается за счет использования двух рядов катушек, расположенных бок о бок

Для исключения помех от взаимной индуктивности катушек необходимо их последовательное возбуждение через заданные интервалы времени. Для этого в вихрековом оборудовании применяются мультиплексоры. Мультиплексор может быть внешним или встроенным, он позволяет исключить помехи от взаимной индуктивности катушек, обеспечивая их совместную работу при НК больших зон. Мультиплексор по сути работает как высокоскоростной коммутатор, который через заданные отрезки времени последовательно возбуждает одни группы катушек и принимает сигналы других. Сигналы кодируются и передаются на ЭВМ с соответствующим ПО для графического отображения результатов контроля в виде С-скана и кривых.

Пионером и постоянным новатором в области оборудования НК с вихрековыми матрицами является компания Eddyfi (Канада).

Флагманом линейки приборов компании Eddyfi является вихрековый дефектоскоп Ectane. Этот дефектоскоп без преувеличения является самым передовым матричным вихрековым прибором в мире (рис. 5).



Рис. 5. Вихретоковый дефектоскоп Ectane

Дефектоскоп Ectane был запущен в серийное производство в 2011 г., и на сегодняшний момент их продано уже несколько сот штук. Дефектоскоп Ectane может работать как от сети 220 В, так и от аккумуляторных батарей. Для работы с матричными вихретоковыми преобразователями Ectane имеет встроенный мультиплексор, что значительно уменьшает габариты прибора, повышает комфортность работы оператора и сокращает количество соединительных кабелей. Также в дефектоскопе Ectane имеется система автоматического распознавания типа преобразователя.

### Параметры дефектоскопа Ectane

Частотный диапазон, Гц .....	5 – (4 · 10 <sup>6</sup> )
Усиление, дБ .....	23 – 53
Напряжение возбуждения, В .....	0 – 20
Частоты дискретизации, Гц .....	10 – 40 000
Питание (батарея), В .....	220
Время автономной работы, ч .....	8
Локальная сеть .....	10/100
Количество входов .....	8
Количество частот .....	8
Количество генераторов .....	2
Количество приемников .....	8
Разрешение АЦП, бит .....	16
Частота зондирующего импульса, Гц .....	40
Число поддерживаемых ВТ-катушек .....	64/128/256
Число поддерживаемых каналов .....	64/128/256
Вход граничного срабатывания .....	1 на датчик
Внешний кодировщик .....	4-координатный
Рабочая температура, °С .....	–5...+40
Встроенный мультиплексор .....	+
Внешний мультиплексор .....	+
Температура хранения, °С .....	–20...+60
Класс защиты .....	IP 65
Размеры, см .....	29×18×31
Масса, кг .....	3,5–7,0

На сегодняшний момент разработан широкий спектр матричных вихретоковых преобразователей, отвечающих требованиям различных задач. Заявленная чувствительность вихретоковых матриц компании

Eddyfi позволяет выявлять трещины с размерами: 0,8 мм (длина) × 0,4 мм (глубина) × 0,1 мм (ширина).

Наиболее распространенными преобразователями являются высокочувствительные датчики, предназначенные специально для НК плоских поверхностей в целях выявления закалочных, усталостных трещин и коррозии в основном материале, сварных и паяных швах (рис. 6).

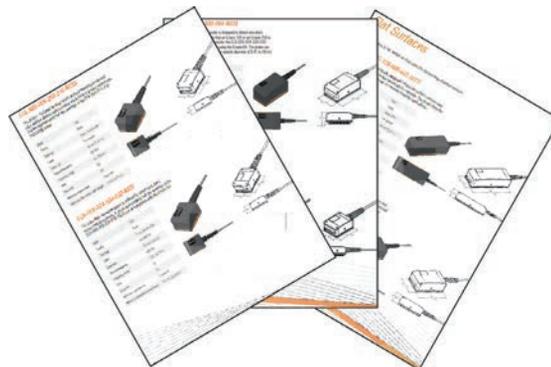


Рис. 6. Матричные вихретоковые преобразователи различного размера для контроля поверхностных дефектов и коррозии

Качество сварных и паяных соединений в конструкциях – один из важнейших параметров, требующих тщательного контроля как на этапах производства, так и при их обслуживании в процессе эксплуатации.

При НК сварных и паяных соединений фактором, усложняющим контроль, является валик шва, который выступает над поверхностью изделия. Адаптивные датчики Eddyfi спроектированы таким образом, что могут принимать форму поверхности в зоне сварных и паяных соединений (рис. 7). Это позволяет контролировать качество соединений, а подготовка зоны контроля не требует специальных операций.



Рис. 7. Преобразователи, адаптирующиеся под кривизну поверхности в зоне сварного соединения

Очень часто ответственные конструкции имеют криволинейные поверхности, что обусловлено определенными функциями того или иного изделия. Зоны с криволинейной поверхностью имеют ограничения по контролепригодности для традиционного вихретокового НК.

Гибкие преобразователи специально разработаны для НК сложных геометрических форм. Это делает их идеальным инструментом для подобных задач (рис. 8).



Рис. 8. Гибкие преобразователи для контроля криволинейных поверхностей

НК патрубков в гидравлических системах и двигателях, трубок теплообменников, парогенераторов и других особо ответственных изделий требует применения специальных проходных зондов, с помощью которых можно оценить состояние трубок (рис. 9). Эти зонды позволяют выявить коррозионное поражение стенок труб, трещины и механические повреждения.



Рис. 9. Преобразователь для контроля патрубков

Авиационная и космическая отрасли — это наиболее наукоемкие сегменты промышленности, зачастую требующие нетривиального подхода к НК элементов конструкций летательных аппаратов. Поэтому компания Eddyfi не ограничивается стандартными изделиями, а с готовностью берется за разработку матричных вихретоковых преобразователей по индивидуальным заказам клиентов по всему миру (рис. 10).

При НК конструкций часто требуется точно определить координаты дефектов для последующего ремонта или отбраковки ОК. Для этого в дополнение к вихретоковым преобразователям применяются датчики пути (энкодеры), с помощью которых можно точно и эффективно определять координаты дефектов.

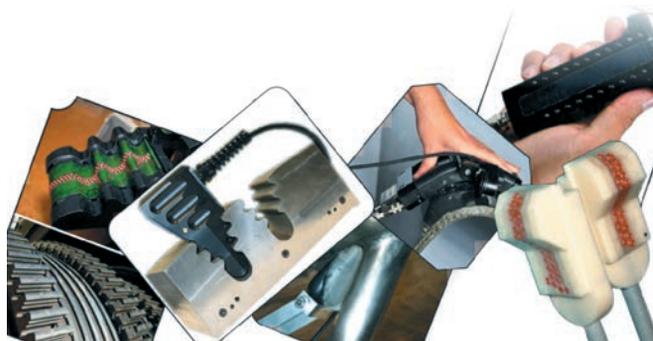


Рис. 10. Специализированные матричные преобразователи

Вся информация, получаемая при НК, обрабатывается специальным ПО — Magnifi, которое гарантирует современный и эффективный режим отображения информации для анализа и формирования отчетов.

Визуализация данных может быть представлена в виде кривых, С-скана и 3D-диаграмм, что особенно удобно при анализе сложных дефектных зон (рис. 11).

Для уменьшения влияния «краевого эффекта» и уровня шумов, а также улучшения фильтрации сигнала от дефектов применяются специальные программные инструменты, которые позволяют сортировать значения отсчетов внутри окна фильтра в порядке возрастания или убывания. Значения, находящиеся в середине упорядоченного списка, поступают на выход фильтра и отображаются на экране компьютера. Далее окно фильтра перемещается вдоль фильтруемого сигнала и вычисления повторяются.

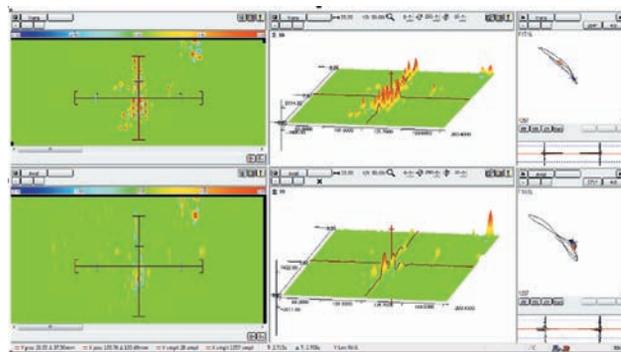


Рис. 11. Окно программы Magnifi

Матричное вихретоковое оборудование компании Eddyfi успешно зарекомендовало себя в РФ.

Так, прибор Ectane прошел успешные испытания в НПО «Сатурн» для НК пазов и ступиц диска ГТД из титана. В Томском политехническом университете прибор используют для НК соединений, выполненных сваркой трением. Аналогичная задача была решена для ГКНПЦ им. М. В. Хруничева. Другие предприятия авиакосмической отрасли также ставили задачу по контролю алюминиевых конструкций, в том числе топливных баков летательных аппаратов. Все они были успешно решены.

В РФ и СНГ компанией Eddyfi представляет эксклюзивный дистрибьютор — ОАО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ».

# ОБЗОР ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ



**ЕФИМОВ**  
**Алексей Геннадьевич**  
Д-р техн. наук,  
зав. отделом технической  
диагностики  
металлоизделий НИО-12



**КУДРЯВЦЕВ**  
**Дмитрий Александрович**  
Канд. техн. наук,  
зав. сектором магнитных  
методов неразрушающего  
контроля НИО-12



**РОГОВА Виктория**  
**Сергеевна**  
Техник НИО-12

ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр», Москва

*Проведен анализ устройств для измерения индукции магнитного поля. Представлено сравнение их технических характеристик.*

Магнитный метод неразрушающего контроля получил широкое распространение среди специалистов в области дефектоскопии металлических конструкций. Это неслучайно, так как подавляющая часть металлических инженерных конструкций, таких как магистральные трубопроводы, резервуары, цистерны, корпуса судов, детали подъемных механизмов и др., выполнены из сталей, обладающих ферромагнитными свойствами. При намагничивании изделия необходимо контролировать и поддерживать заданный уровень намагниченности. Кроме намагничивания при магнитном контроле детали могут намагничиваться при электродуговой сварке, при случайном контакте с постоянным магнитом или электромагнитом. Магнитные поля намагниченных деталей могут вызывать нежелательные последствия. В связи с возможными нежелательными послед-

ствиями применения таких деталей возникает необходимость проверки уровня их намагниченности, а при превышении допустимого порогового значения намагниченности детали размагничивают и проверяют качество их размагничивания [1].

В России выпускается достаточно большой модельный ряд магнитометров, обладающих как достоинствами, так и определенными недостатками. Магнитометры в РФ производятся и продаются под различными наименованиями, это и измерители напряженности магнитного поля, и микротесламетры, и приборы контроля остаточных магнитных полей. Рассмотрим характеристики магнитометров, представленных на российском рынке.

Измеритель напряженности магнитного поля ИМП-6, производимый ЗАО «НПО «Интротест» (Екатеринбург) [2], предназначен для определения степени размагничивания деталей, изделий и полуфабрикатов из ферромагнитных материалов путем измерения нормальной составляющей напряженности магнитного поля вблизи

поверхности контролируемого изделия. Внешний вид устройства представлен на рис. 1. Прибор может также использоваться для прямого измерения напряженности постоянного магнитного поля в диапазоне 0,1...200 А/см, что эквивалентно диапазону 0,013...25 мТл.

Для контроля малогабаритных слабомагнитных изделий предусмотрен режим компенсации однородных магнитных полей (например, поля Земли).



Рис. 1. Внешний вид измерителя напряженности магнитного поля ИМП-6

К недостаткам данного устройства относится неудобство измерения нормальной составляющей напряженности магнитного поля, так как при такой форме преобразователя сложно контролировать угол наклона преобразователя к контролируемой поверхности, который должен быть строго 90°. Проведение измерения с помощью измерителя напряженности магнитного поля ИМП-6 представлено на рис. 2.



Рис. 2. Проведение измерения с помощью устройства ИМП-6

Основные недостатки ИМП-6 – малый диапазон измерений (0,013...25 мТл) и отсутствие выносного преобразователя.

В ряду приборов для измерения остаточного магнитного поля ферромагнитных изделий можно назвать микротесламетр МФ-24ФМ, изготовитель ООО «АКА-контроль» (Москва) [3], внешний вид которого приведен на рис. 3. Прибор является средством контроля качества размагничивания изделий при проведении сварочных работ с использованием технологии электронной и электродуговой сварки, а также деталей после проведения магнитного неразрушающего контроля.



Рис. 3. Внешний вид микротесламетра МФ-24ФМ

Отображение уровня намагниченности и режимы работы осуществляется на двухстрочном индикаторе с подсветкой.

В режиме измерения на индикаторе отображается текущие значение магнитного поля, а также максимум, соответствующий положительному и отрицательному знакам поля.

Основным недостатком данного устройства является узкий диапазон измерений – до 2 мТл. Это приводит к невозможности контроля остаточной магнитной индукции на торцах труб, допустимое значение которой может

достигать 3 мТл [4]. Также следует отметить величину погрешности измерений, которая составляет 5 %.

Еще один прибор для измерения напряженности магнитного поля – измеритель напряженности магнитного поля МФ-117 производства ООО «Микроакустика» (Екатеринбург) [5]. Внешний вид измерителя напряженности магнитного поля представлен на рис. 4.

Измеритель МФ-117 – ручной прибор, предназначенный для измерения напряженности постоянного и переменного магнитного поля.



Рис. 4. Внешний вид измерителя напряженности магнитного поля МФ-117

Диапазон измерения напряженности магнитного поля 10...200 000 А/м, что соответствует диапазону 0,01...251 мТл.

Основным достоинством МФ-117 является широкий диапазон измерений напряженности магнитного поля.

Основным недостатком можно назвать стоимость данного прибора, которая в 4 раза превышает стоимость других рассматриваемых магнитометров. Еще одним недостатком данного прибора являются достаточно большие габаритные размеры 235×120×45 мм и масса – 1 кг.

ООО «НТМ-Защита» (Москва) [6] выпускает магнитометр трех-

компонентный малогабаритный МТМ-01. Внешний вид магнитометра представлен на рис. 5.



Рис. 5. Внешний вид магнитометра МТМ-01

Магнитометр трехкомпонентный малогабаритный – измеритель постоянного магнитного поля МТМ-01 предназначен для обеспечения измерений биологически опасных уровней геомагнитного и гипогеомагнитного полей. Измерительный преобразователь магнитного поля Земли выполнен на базе магниторезистивных датчиков, которые одновременно обеспечивают измерение ортогональных составляющих напряженности магнитного поля в контрольной точке и модуля вектора напряженности. При этом показания магнитометра не зависят от ориентации измерительного преобразователя в пространстве.

Магнитометр МТМ-01 является также средством измерения качества магнитных защит и экранов для обеспечения норм электромагнитной безопасности работников и населения при эксплуатации распределительных трансформаторов и электросиловых установок.

Основным недостатком является очень большая погрешность измерения напряженности магнитного поля – от до 10 до 20 %. Также в качестве недостатка следует отметить узкий диапазон измерений – 0,5...200 А/м, что эквивалентно диапазону 0,0006...0,25 мТл, а также большие габаритные размеры 170×105×42 мм и массу 0,8 кг.

## Основные характеристики магнитометров, представленных на российском рынке

Название прибора	Диапазон измерений, мТл	Погрешность измерения, не более	Габариты, мм	Диапазон рабочих температур, °С	Масса, кг	Стоимость, руб., с НДС
ИМП-6	0,013...25	0,06 мТл + 3 %	170×70×25	-10...40	0,2	33 984
МФ-24МФ	до 2	5 %	36×83×160	0...40	0,25	42 000
МФ-117	0,01...251	3...5,25 %	235×120×45	-5...+40	1	139 702
МТМ-01	0,0006...0,25	10...20 %	170×105×42	5...40	0,8	58 000
ИОН-2М	0...31	1,6 мТл + 2 %	30×85×135	-10...+40	0,4	17 600
МХ-10	0,1...100	0,05 мТл + 2 %	120×60×25	-10...+40	0,16	31 860

Следующий прибор для измерения остаточной намагниченности — «ИОН-2М» от НПП «Электронные приборы» (Набережные Челны) [7]. Внешний вид измерителя остаточной намагниченности «ИОН-2М» представлен на рис. 6.



Рис. 6. Внешний вид измерителя остаточной намагниченности «ИОН-2М»

Магнитометр (измеритель остаточной намагниченности) «ИОН-2М» предназначен для определения остаточной намагниченности деталей и заготовок после размагничивания, остаточной намагниченности деталей намагниченных в процессе магнитопорошковой дефектоскопии, шлифовки, при разгрузке деталей магнитной шайбой, для проверки намагниченности счетчиков воды, газа и т.д. на предмет применения потребителями магнитов в целях занижения показаний и в других случаях.

Прибор состоит из корпуса со стрелочным индикатором и выносного щупа.

Данное устройство не внесено в Государственный реестр СИ.

К основным недостаткам данного устройства следует отнести стрелочную индикацию, что дает существенный вклад в погрешность в виде половины цены деления, но нигде не отмечено производителем. Данная погрешность составляет в диапазоне от 0 до 10 А/см — 0,5 А/см, от 0 до 50 А/см — 2,5 А/см, от 0 до 250 А/см — 12,5 А/см. Также нужно отметить большие габаритные размеры «ИОН-2М» 30×85×135 мм.

В качестве единственного достоинства данного магнитометра стоит назвать его низкую цену.

ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр» выпускает магнитометр МХ-10 [8], предназначенный для измерения величины индукции постоянного магнитного поля. Основным отличием данного магнитометра от других, представленных в обзоре, является схема термокомпенсации, обеспечивающая стабильность показаний во всем рабочем диапазоне температур. Магнитометр МХ-10 обладает минимальными массой и погрешностью из всех рассматриваемых приборов. В 2013 г. данный прибор был модифицирован и внесен в Государственный реестр средств измерений. Внешний вид магнитометра приведен на рис. 7.

Основные характеристики всех рассмотренных магнитометров приведены в таблице.

Из таблицы видно, что магнитометр МХ-10 обладает следующими преимуществами для потенциального потребителя:

- широкий диапазон измеряемой величины индукции магнитного поля;



Рис. 7. Внешний вид магнитометра МХ-10

- наименьшая среди всех рассмотренных приборов погрешность измерения;
- наименьшие габариты и масса;
- широкий диапазон рабочих температур;
- наименьшая стоимость среди всех рассмотренных приборов, внесенных в Государственный реестр средств измерения.

### Библиографический список

1. Артемов В.А., Бакунов А.С., Кудрявцев Д.А. Современные аспекты оборудования для магнитной структуроскопии // Дефектоскопия. 2011. № 3. С. 17–21.
2. <http://www.introtest.com>
3. <http://www.aka-control.ru>
4. ГОСТ Р 52079–2003. Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. М., 2003.
5. <http://www.mikroakustika.ru>
6. <http://ntm.ru>
7. <http://npp-pribor.ru>
8. <http://www.nio12.ru>

### Типовые объекты контроля

- Днища и стенки резервуаров
- Трубопроводы различного назначения
- Теплообменное оборудование
- Котлы, бойлеры
- Сосуды, работающие под давлением



Система TS/PS-2000 для контроля труб с внешней стороны



Система Eagle-2000 для внутритрубного контроля



Контроль труб котлов



Система Falcon 2000 Mark II для контроля днищ резервуаров

### Преимущества систем Testex

- Сплошной высокопроизводительный контроль через покрытие и зазор
- Минимальные требования к подготовке поверхности
- Обнаружение плавных утонений, трещин, точечной коррозии и других дефектов как с внутренней, так и с наружной поверхностей объекта
- Контроль объектов любой геометрии как ферромагнитных, так и неферромагнитных
- Автоматическое определение типа и глубины дефекта (после предварительной калибровки)

**С 2014 ГОДА  
В «КРОКУС-ЭКСПО»**



**Aerospace Industrial  
Testing & Control**

**28-30.10.2014**  
МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО



Ваш билет на [www.testing-control.ru](http://www.testing-control.ru)

11-я Международная выставка испытательного  
и контрольно-измерительного оборудования  
**Aerospace Testing & Industrial Control**

Одновременно с / Alongside with

**mashEX**  
MOSCOW

Обработка металлов  
и композитов

**PCVEXPO**

Насосы, компрессоры,  
арматура, приводы

Организатор:



ITE Москва  
+7 (495) 935 7350  
[control@ite-expo.ru](mailto:control@ite-expo.ru)

При поддержке:



Министерство  
промышленности  
и торговли РФ



Федеральное агентство  
по техническому  
регулированию  
и метрологии



Федеральное  
космическое  
агентство