

# ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# 1, 2015

январь – март (13)



# 20 лет

**ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана»  
подразделение «СертиНК»**



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# Интеллектуальный дефектоскоп нового поколения SONOSCREEN ST10

Ультразвуковой дефектоскоп SONOSCREEN ST10 решает проблемы выявления внутренних дефектов в металлах, пластиках, керамиках, композитах. В сочетании с высокочувствительными датчиками SONOSCAN способен определять дефекты в грубозернистых материалах, в том числе в литье.

Рекомендован для ультразвукового контроля сварных швов металлов, гибов трубопроводов, фасонных деталей, а также других изделий из различных материалов в энергетике, газовой отрасли, химической и нефтехимической промышленности, трубопроводостроении, авиации и др.



- Частоты: 0,5–15,0 МГц
- Диапазон развертки: 0,5 мм ... 10 000 мм (сталь)
- DAC, ВРЧ, АРД, AWS D1.1
- Высокая разрешающая способность
- Высокая точность определения координат и измерения толщины
- Автоматическая калибровка параметров
- Встроенная память 2 Гб (до 60 000 ячеек памяти, включая настройки прибора)
- Внешняя память до 32 Гб
- Продолжительность работы – до 13 часов
- Диапазон рабочих температур: -20°C ... +60°C
- Степень защиты IP66
- Простое интуитивное меню на русском языке, удобная навигация
- Большой яркий цветной дисплей TFT 8" высокой контрастности
- 6 цветовых схем дисплея
- Функция создания протоколов
- Ударозащищенный алюминиевый корпус с противоскользящими резиновыми вставками
- Небольшой вес, компактные размеры
- Работа с различными типами ультразвуковых датчиков любых производителей
- По заказу комплектуется любыми ультразвуковыми датчиками SONOSCAN, исполнение датчиков IP68



Приглашаем вас посетить **наш стенд G12 в павильоне 2 ЦВК "Экспоцентр"** на выставке «Территория NDT 2015» в Москве 3 - 6 марта 2015 года

Московский филиал  
127106, Москва,  
Алтуфьевское ш., д. 1, офис 207  
Тел.: (495) 988-16-19  
Факс: (495) 988-16-19 доб. 100  
E-mail: msk@tek-know.ru

Новосибирский филиал  
630099, Новосибирск,  
ул. Ядринцевская, 53/1, офис 217  
Тел./факс: (383) 233-33-46  
E-mail: novosib@tek-know.ru

ЗАО «Текноу»  
196066, Санкт-Петербург,  
Московский пр.212, а/я 32  
Тел.: (812) 324-56-27  
Факс: (812) 324-56-29  
E-mail: info@tek-know.ru  
Сайт: www.tek-know.ru

Челябинский филиал  
454084, Челябинск,  
пр. Победы 168, офис 526  
Тел.: (351) 267-23-74, 267-23-75  
E-mail: chel@tekno.ru

«Метрология и Автоматизация»  
Республика Казахстан,  
050009, Алматы, Абая 155, офис 20  
Тел.: (727) 394-35-00  
Тел./факс (727) 250-83-82  
E-mail: ek@metrologia.kz



ufi  
Approved  
Event



ТПП РФ

IR  
Expo Rating

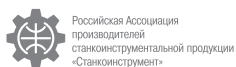
# МЕТАЛЛО О Б Р А Б О Т К А 2 0 1 5

## 25–29.05

 ЭКСПОЦЕНТР

16-я международная  
специализированная  
выставка  
«Оборудование, приборы  
и инструменты для  
металлообрабатывающей  
промышленности»

Организаторы:



При поддержке:

- Совета Федерации Федерального Собрания РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Союза машиностроителей России

Под патронатом Торгово-промышленной  
палаты РФ

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

[www.metobr-expo.ru](http://www.metobr-expo.ru)

12+  
реклама



ЭКСПЕРТ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

# ЗАЧЕМ ТРАТИТЬ ДЕНЬГИ НА ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫЙ РЕМОНТ? ДИАГНОСТИРУЙТЕ!





# HELLING

WERKSTOFFPRÜFUNG · UMWELTSCHUTZ  
MEDIZINTECHNIK · SICHERHEITSTECHNIK

Представительство Helling GmbH: 123610, Москва  
Краснопресненская наб. 12, г-ца Международная-2, офис 1133  
Официальный дистрибьютор в РФ:  
ООО "Сатурн-2000", 111024, Москва, проезд Энтузиастов, 15  
тел.: +7(495)620 35 41, факс: +7(495)620 35 40, e-mail: ndt@helling.ru

## МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



Ярмовые магниты

Намагничивающие устройства



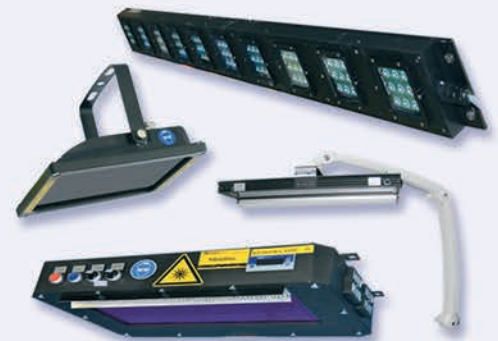
Катушки намагничивания



Ручные УФ LED лампы



Контактные гели для УЗИ



Стационарные УФ LED лампы



Дефектоскопы



Расходные материалы



Контрольные образцы



## Контроль качества композитных материалов BondMaster 600

**NEW**

BondMaster® 600 сочетает в себе многофункциональное программное обеспечение и высокоэффективные электронные схемы, обеспечивающие высокое качество сигналов.

Благодаря клавишам прямого доступа, упрощенному интерфейсу и предустановленным настройкам для основных приложений, BondMaster 600 обеспечивает исключительную простоту в использовании: будь то контроль композитных материалов и конструкций с сотовым наполнителем, контроль многослойных материалов или контроль качества клеевых соединений металлических изделий. Улучшенный пользовательский интерфейс и упрощенная эксплуатация BondMaster 600 делают процедуры архивирования и создания отчетов доступными для пользователя любого уровня подготовки.

- Высокое качество сигналов
- Поддержка нескольких режимов контроля: раздельно-совмещенный режим (РЧ и Импульс), качающаяся частота, резонансный режим и режим MIA (анализ механического импеданса)
- Предустановленные настройки-приложения
- Полноэкранный режим
- Архивирование данных и создание отчетов



# Территория NDT

## СОДЕРЖАНИЕ

## №1 (январь – март), 2015

**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 LNTB)

**Маммадов С.**  
(Азербайджан, президент АОНК)

**Миховски М.**  
(Болгария, президент BSNT)

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

**Ригишвилли Т.Р.**  
(Грузия, президент GEONDT)

**Зайтова 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-  
формационных технологий и массовых  
коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетель-  
ство о регистрации средства массовой ин-  
формации ПИ № ФС77-47005

**Учредители:**

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

**Издатель:**

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

Корректор Смольянина Н.И.

Компьютерное  
макетирование Смольянина Н.И.

Сдано в набор 27.12.2014

Подписано в печать 30.01.2015

Формат 60x88 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.

Заказ Тираж 6000 экз.

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

### НОВОСТИ

**Терентьев Д.А.** IV Международная научно-практическая конференция  
«Акустическая эмиссия. Возможности метода в условиях современного  
риск-ориентированного подхода к обеспечению безопасности  
производственных и социально значимых объектов» ..... 4

**11-я** Международная выставка испытательного и контрольно-измерительного  
оборудования Aerospace Testing & Industrial Control ..... 5

### ПОЗДРАВЛЯЕМ

**Интервью** с президентом РОНКТД, академиком Э.С. Горкуновым ..... 6

**Интервью** с руководителем подразделения «Сертинк»,  
д-ром техн. наук Н.А. Быстровой ..... 10

**Нестеренко В.Б., Завальнюк О.П.**  
Территория NDT – в Херсонской государственной морской академии ..... 14

### ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

**Клюев В.В., Артемьев Б.В., Матвеев В.И., Туробов Б.В.**  
Международная выставка «Aerospace Testing & Industrial Control – 2014» ..... 20

**Шипша В.Г., Павлов И.В.**  
Санкт-Петербургская Международная дистанционная научно-техническая конференция  
«Приборры и методы неразрушающего контроля качества изделий и конструкций  
из композиционных и неоднородных материалов» ..... 28

**Матвеев В.И., Ковалев А.В.**  
«Интерполитех 2014» ..... 32

**Кузелев Н.Р.**  
Новая техника и технологии, созданные в вузах России ..... 40

### МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

**Троицкий В.А., Карманов М.Н., Горбик В.М.**  
Опыт применения низкочастотного ультразвукового контроля  
для мониторинга состояния технологических трубопроводов ..... 44

**Дубов А.А.**  
Проблемы неразрушающего контроля напряженно-деформированного  
состояния оборудования и их решение на основе использования  
магнитной памяти металла ..... 50

**Семеренко А.В.**  
Использование ультразвукового дефектоскопа RS 2 WP  
для контроля материалов, подверженных коррозии и эрозии ..... 53

**Зотов В.В.**  
Неразрушающий контроль как средство сокращения накладных расходов ..... 58

### ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

**Безъязычный В.Ф., Тимофеев М.В., Сутягин А.Н., Ганзен М.**  
Неразрушающий контроль как одно из ключевых направлений подготовки кадров  
в сфере авиационной техники, энергетики и технического перевооружения  
машиностроительных производств ..... 62

## IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ. ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ»

Конференция прошла с 10 по 14 ноября 2014 г. при поддержке Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), Научно-промышленного союза «Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг» (НПС «РИСКОМ») и Группы компаний «ИНТЕРЮНИС». В ее работе приняли участие 80 специалистов – представители 39 компаний из России, Беларуси и Казахстана.

С приветственным словом к участникам обратились президент НПС «РИСКОМ» д-р техн. наук, чл.-кор. РАН Н.А. Махутов и председатель совета директоров Группы компаний «ИНТЕРЮНИС» В.Г. Харебов. В своих выступлениях они отметили, что целью мероприятия является объ-

единение накопленного опыта для определения перспективных путей развития и интеграции акустико-эмиссионного (АЭ) метода, комплексных систем безопасности и систем мониторинга на предприятиях с объектами повышенной опасности.

Программа конференции включала в себя 27 докладов.

Основное внимание было уделено следующим темам:

- риск-ориентированный подход к обеспечению безопасности;
- критериальные оценки состояния объекта, основанные на различных моделях накопления повреждений;
- практические примеры применения АЭ-контроля, в том числе в составе систем комплексного мониторинга;
- новые разработки в области АЭ-оборудования и сопутствующего программного обеспечения;
- проблемы сертификации специалистов в области АЭ;
- новые методы неразрушающего контроля, применение которых удачно дополняет АЭ-контроль;
- технологии устранения обнаруженных неисправностей.

По итогам конференции участники отметили, что мероприятие явилось важным этапом разработки и формирования федеральной системы обоснования безопасности и управления индустриальными рисками.

*ТЕРЕНТЬЕВ Денис Анатольевич,  
старший научный сотрудник,  
Группа компаний «ИНТЕРЮНИС»*





## 11-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ «AEROSPACE TESTING & INDUSTRIAL CONTROL»

С 28 по 30 октября 2014 г. в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо» состоялась 11-я Международная выставка испытательного и контрольно-измерительного оборудования «Aerospace Testing & Industrial Control».

В выставке приняли участие 112 компаний из 8 стран – России, Швейцарии, Германии, США, Китая, Нидерландов, Англии и Франции. Размер экспозиционной площади составил 3620 м<sup>2</sup> (+29 % к 2013 г.).

Количество уникальных посетителей выставки составило 2841 человек.

Основными разделами выставки стали: тестовое и контрольно-измерительное оборудование, неразрушающий контроль, климатические испытания, механические испытания, техническая диагностика, лабораторный контроль, метрология и стандартизация, нанометрология и нанодиагностика, производственный контроль.

В выставке приняли участие ведущие компании отрасли: Ostec, «Вибросервистест», «Диполь», «Совтест АТЕ», «ПРИСТ», National Instruments, «Елена Мур Трейдинг», «Информтест», «Лаборатория автоматизированных систем», Global Engineering, НИАТ, Millab, Shimadzu и др. Впервые свои экспозиции представили компании: «Аэротест», «Саторгосм», IKA®-WERKE GMBH & CO. KG, FROUDE HOFMANN, «Серния», UGNlab, «Гидравлические комплексные системы», «ВАКУУММАШ», «Метрология-Комплект», A&D RUS, «Океан электроники», «Энергоавангард», USHIO EUROPE B.V. и др.

В 2014 г. выставка «Aerospace Testing & Industrial Control» прошла одновременно с выставками «Mashex и PCVExpo» – лидирующими промышленными выставками, многочисленная аудитория которых получила возможность ознакомиться с экспозицией «Aerospace Testing & Industrial Control».

### Деловая программа

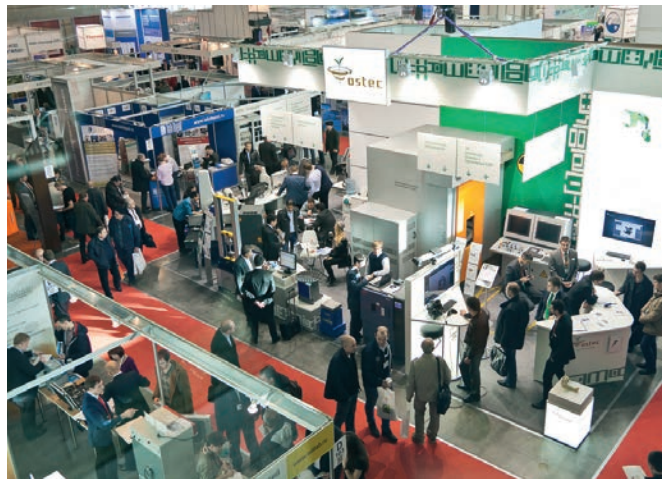
Обширная деловая программа включала в себя две профессиональные конференции, доклады участников в зоне презентаций новинок и профессиональные семинары.

28–29 октября состоялась двухдневная международная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы измерений, контроля, управления и диспетчеризации в промышленности».

В рамках конференции прошло также подведение итогов конкурса научно-технических работ молодых ученых (студентов и аспирантов) профильных университетов и организаций.

Все дни работы выставки компании-участники проводили семинары для специалистов отрасли. Свои разработки и технические решения представили компании «Интер-Тест Технолоджи», «ВАКУУММАШ», «Индустрия-Сервис», «Диполь», «СИГМА-ПРО», «Октава+», «Интертек Корпорейшен», НУЦ «Качество» и др.

Выставка была организована при поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Комитета Государственной Думы Российской Федерации по промышленности, Комитета Государственной Думы Российской Федерации по обороне, Межгосу-



дарственного авиационного комитета, Федерального космического агентства (РОСКОСМОС) и Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ).

В 2015 г. выставка пройдет 27–29 октября в МВЦ «Крокус Экспо».

*Материал предоставлен организаторами выставки.*

*Подробный отчет на сс. 20–27.*



## Э.С. Горкунов:

**«Необходимо работать на благо развития неразрушающего контроля в нашей стране и в мире»**

*В свой 70-летний юбилей видный российский ученый, академик Российской академии наук и Международной академии неразрушающего контроля, президент РОНКТД, почетный член Болгарского и Израильского обществ неразрушающего контроля, доктор технических наук, профессор, действительный член РАН Эдуард Степанович Горкунов как всегда энергичен и полон оптимизма. Эдуард Степанович любезно согласился дать интервью, которое мы предлагаем вниманию читателей.*

— Эдуард Степанович, позвольте от имени РОНКТД и редакции журнала «Территория NDT» поздравить Вас с юбилеем! Вы добились серьезных научных результатов и входите в элиту науки. А каковы были наиболее важные моменты Вашего научного пути?

— Окончив физический факультет Тюменского университета, я начал научную работу в известной

Уральской школе магнитных и электромагнитных физических методов неразрушающего контроля в применении к объектам металлургии и машиностроения, поступив в аспирантуру Уральского государственного университета им. А.М. Горького к известному физико-магнитологу члену-корреспонденту АН СССР, профессору Михаилу Николаевичу Михееву. Продолжил работу в Институте физики металлов УрО РАН в Свердловске, а затем в Ижевске, в созданном там отделе Института физики металлов, позднее преобразованном в Физико-технический институт УрО РАН, где прошел путь от старшего научного сотрудника до заведующего лабораторией и заместителя директора Института по научной работе. С 1994 г. возглавляю Институт машиноведения УрО РАН.

В 1977 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1988 — докторскую. С 1992 г. являюсь профессором по специальности «Приборы и методы контроля природной среды, ве-

ществ, материалов и изделий». В 1997 г. избран членом-корреспондентом, в 2011-м — действительным членом Российской академии наук.

— Каковы основные направления и специфика Ваших научных изысканий?

— Основные направления исследований — это изучение закономерных связей магнитных и электромагнитных свойств со структурным состоянием и фазовым составом вещества; создание методов и средств неразрушающего контроля материалов и изделий машиностроения, техническая диагностика элементов и конструкций, в том числе в процессе эксплуатации.

На основе фундаментальных исследований процессов перемагничивания и установления их связи со структурным состоянием, химическим и фазовым составами, прочностными характеристиками материалов и изделий было развито новое научное направление по определению комплекса физико-



механических свойств и качества изготовления металлопроката, деталей машин и механизмов. Успешное использование магнитного структурно-фазового анализа для оценки качества материалов основано на оригинальных исследованиях закономерных связей между магнитными свойствами, с одной стороны, и структурно-фазовыми изменениями, протекающими в ферромагнитных сталях и сплавах при различных упрочняющих обработках — с другой. С этой целью исследованы и проклассифицированы общие закономерности изменения магнитных, магнитоупругих, магнитоупругоакустических, электрических и механических свойств сталей при варьировании режимов различных видов упрочняющих обработок (объемной и поверхностной термической обработок пластических деформаций).

Разработаны теоретические основы структуроскопии изделий и диагностики элементов конструкций посредством анализа устойчивости магнитных состояний к воздействиям электромагнитного поля, упругих деформаций и температуры. Развита концепция оценки уровня макро- и микронапряжений, степени пластической деформации ферромагнитных материалов с привлечением известных и новых физических явлений — электромагнитно-акустического преобразования, магнитоупругой акустической эмиссии и пьезодинамической намагниченности. Разработаны принципы и созданы методы электромагнитного контроля абразивной износостойкости изделий из высокоуглеродистых сталей, режущей способности твердосплавного инструмента, а также вихрековые методы оценки износа трибоконтактов скольжения. Создана методика определения ресурса работы трибосопряжения скольжения на основе анализа размеров и магнитных характеристик частиц износа в смазке.

Исследования в области неразрушающего контроля находятся на стыке физики магнитных явлений, материаловедения и приборостроения. Ведь наша конечная цель — создать приборы для оценки фактического состояния изделий и

элементов конструкций и определения ресурса ответственных объектов техники. Однако этому предшествуют фундаментальные исследования процессов.

— *Где используются разработанные вами методики и приборы?*

— Прежде всего на металлургических и машиностроительных предприятиях, таких как Уральский электромеханический завод, Верхне-Салдинское МПО, ПО «Маяк» и др.

Сейчас мы развиваем новое научное направление, включающее в себя оценку поврежденности металлов и разработку методов расчета остаточного ресурса элементов конструкций. Это направление приобретает особую важность, особенно если речь идет об элементах конструкций потенциально опасных объектов, а таких на территории России насчитывается около 100 тыс., из которых 1500 ядерных, около 3000 химических и биологических. Результаты этих исследований имеют большое значение в современных условиях для обеспечения техногенной безопасности работы стареющего оборудования.

Нами был проведен цикл исследований по оценке остаточного ресурса материалов при проведении периодических контрольных испытаний оболочечных и силовых элементов конструкций баллистических ракет ПЛ в Государственном ракетном центре ГРЦ им. академика В.П. Макеева (г. Миасс).

Для решения практических задач неразрушающего контроля на промышленных предприятиях созданы оригинальные первичные преобразователи и алгоритмы их расчета, разработаны многочисленные методики контроля и серия приборов. С помощью этих приборов, выпускаемых малыми сериями, решается широкий круг технических задач.

Полученные уникальные сведения по взаимосвязи магнитных свойств со структурно-фазовым состоянием основных классов конструкционных сталей и чугунов были систематизированы, опубликованы более чем в 500 публикациях, в том числе в 9 книгах, 19 обзорных, 36 авторских свидетельствах



(патентах) и применены при создании средств неразрушающего контроля, которые используются на многих металлургических и машиностроительных предприятиях России и стран СНГ.

Для решения практических задач неразрушающего контроля на промышленных предприятиях созданы оригинальные первичные преобразователи и алгоритмы их расчета, разработаны многочисленные методики контроля и серия приборов (коэрцитиметры; структуроскопы; дифференциальные структуроскопы; коэрцитиметры для контроля твердых сплавов КТС-1, КТС-3; структуроскопы для контроля поверхностного упрочнения; устройства для измерения магнитных полей и регистрации магнитных фаз ( $\alpha$ -фазы); многофункциональный структуроскоп; магнитоизмерительные комплексы; автоматизированный комплекс для контроля дефектов чугунного литья; комплекс автоматизированного контроля ферромагнитных примесей в неферромагнитных сыпучих материалах.





С помощью этих приборов, выпускаемых малыми сериями, решается широкий круг технических задач: определение структурного состояния и механических свойств холодно- и горячекатаного проката; контроль структурного состояния и прочностных характеристик объемно термически обработанных стальных и чугуновых изделий (отжиг, нормализация, закалка, отпуск и старение); определение фазового состава, пористости, выявление парамагнитных и ферромагнитных участков с различающимися физическими свойствами в литых, металлокерамических изделиях и сварных соединениях; оценка напряженного состояния и его изменений в материалах и элементах конструкций после термической обработки и пластической дефор-

мации, а также в процессе эксплуатации; выявление деградации структуры и механических свойств (оценка остаточного ресурса) в результате различных внешних воздействий; контроль структуры, физико-механических свойств и толщины слоев поверхностно упрочненных изделий различными методами (закалка ТВЧ, химико-термическая обработка, упрочнение концентрированными потоками энергии, виброупрочнение, обезуглероживание в стали и отбел в чугуне); сортировка изделий по марке, качественная оценка содержания основных легирующих элементов.

— *Российская сфера неразрушающего контроля является одной из самых передовых и успешных в мире. Как наши достижения науки в обла-*

### Биография Горкунова Эдуарда Степановича

- Родился **21 января 1945 г.** в городе Николаев в семье военнослужащих.
- В **1966 г.** окончил физический факультет Тюменского университета.
- В **1977 г.** защитил кандидатскую, в **1988 г.** — докторскую диссертации.
- В **1987 г.** возглавил лабораторию Института физики металлов УрО РАН.
- В **1990 г.** — руководитель Инженерного центра «Физприбор», заместитель директора ИФМ УрО РАН.
- С **1992 г.** — профессор по специальности «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».
- С **1994 г.** — директор Института машиноведения.
- С **1995 г.** — заместитель председателя Уральского отделения РАН.
- В **1997 г.** избран членом-корреспондентом, в **2011 г.** — действительным членом Российской академии наук.

Является крупным специалистом в области физики магнитных явлений применительно к технической диагностике и неразрушающим физическим методам контроля материалов и изделий, автор основополагающих исследований в области магнитного структурно-фазового анализа.

*Область научных интересов — разработка и создание магнитных, электромагнитных и электромагнитоакустических методов неразрушающего контроля и технических средств оценки фактических состояний изделий и элементов конструкций, определения ресурса ответственных объектов техники.*

*Президент Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике.*

*Заместитель председателя научного совета РАН по проблеме «Неразрушающие физические методы контроля».*

*Заместитель главного редактора академического журнала «Дефектоскопия», член редколлегий журналов «Контроль. Диагностика», «Транспорт Урала», «Машиностроение и инженерное образование», «Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета» и болгарского журнала «Научни известия на НТСМ».*

*Член Межведомственного совета по присуждению премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Координационного совета по техническим наукам при Президиуме РАН, бюро объединенного совета по математике, механике и информатике при Президиуме УрО РАН, председатель диссертационного совета при ИМАШ.*

### Награды и премии

- Государственная премия Российской Федерации за цикл работ по неразрушающим физическим методам контроля (1997 г.)
- Премия Правительства Российской Федерации (2004 г.)
- Премия НТО «Машипром» Удмуртии
- Почетная грамота Президиума Верховного Совета Удмуртской республики
- Почетная грамота губернатора Свердловской области
- Орден Дружбы, орден Почета
- Медали имени С.П. Королева, М.Ф. Решетнева и Н.А. Семихатова Федерации космонавтики РФ

*Разработанные средства неразрушающего контроля отмечены золотыми и серебряными медалями ВДНХ.*

*Автор более 500 научных трудов, среди которых 9 книг, 36 авторских свидетельств и патентов.*

*Среди учеников Э.С. Горкунова — 2 доктора и 13 кандидатов наук.*

сти НК представлены сегодня за рубежом?

— Результаты российских научных исследований неоднократно представлялись на всемирных, европейских и международных конференциях. На многих из них мне доводилось входить в состав оргкомитета или руководить работой секций. Несмотря на то что российская сфера неразрушающего контроля действительно развивается динамично, мы, ученые и специалисты разных стран, можем и должны многому учиться друг у друга. В рамках деятельности Российского общества по неразрушающему контролю проводятся совместные семинары, конференции, оказывается информационная поддержка всем специалистам НК. Мы верны взятому курсу на интеграцию в

международное научное пространство и очень дорожим нашим сотрудничеством с 39 национальными обществами по НК.

— Вам приходится по долгу службы решать и административно-хозяйственные вопросы...

— Да, решаются вопросы приобретения научного оборудования, обеспечения жильем сотрудников УрО РАН. Институт сотрудничает по инвестиционным проектам с крупными компаниями. В 2013 г. на строительство и приобретение жилья УрО было выделено 155 млн рублей, в 2014 г. еще чуть больше. Так что перспективы есть.

— Эдуард Степанович, как складывается сегодня Ваша преподавательская деятельность?

— Работаю с аспирантами, соискателями и студентами. Читал курсы лекций в Тюменском индустриальном институте, Удмуртском государственном университете и в Ижевском механическом институте. В настоящее время заведую кафедрой и читаю специальные курсы лекций по неразрушающим физическим методам контроля студентам Уральского технического университета.

— Большое спасибо за интервью!

**Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике поздравляет Эдуарда Степановича с юбилеем и искренне желает крепкого здоровья, счастья и благополучия, дальнейших творческих побед и научных достижений на благо российской науки!**

## **Дорогой Эдуард Степанович!**

**Редакция и редакционный совет журнала «Территория NDT», коллективы НИИ интроскопии и ассоциации «СПЕКТР ГРУПП» сердечно поздравляют Вас, академика РАН, президента РОНКТД, доктора технических наук, профессора, всемирно известного ученого в области неразрушающего контроля и технической диагностики с ЮБИЛЕЕМ!**

Много лет назад Вы пришли в неразрушающий контроль.

Всю свою активную творческую деятельность Вы направили на развитие электромагнитного и магнитного методов неразрушающего контроля, разработку и практическое применение методик и аппаратуры для контроля ответственных конструкций и сооружений.

Ведущие ученые и специалисты России и мира, Ваши ученики и друзья знают Вас как выдающегося ученого, крупного изобретателя, человека незаурядной судьбы, воспитателя целых поколений исследователей в области неразрушающего контроля.

Автор большого числа монографий и научных работ, Вы создали научно-методическую основу дальнейшего развития неразрушающего контроля.

Ваша преданность главному делу Вашей жизни, устойчивость против соблазна поиска легких путей в науке — пример для Ваших учеников и последователей.

В активной жизненной позиции, чутком отношении к новым поколениям исследователей и специалистов, душевной щедрости и умении по достоинству оценить сделанное другими — секрет Вашего творческого долголетия и признания Ваших заслуг.

Желаем Вам, глубокоуважаемый Эдуард Степанович, вдохновения, крепкого неразрушаемого здоровья и большого человеческого счастья!

**Главный редактор журнала «Территория NDT», директор ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр», президент ассоциации «СПЕКТР ГРУПП», академик РАН В.В. Клюев**

# ИНТЕРВЬЮ С РУКОВОДИТЕЛЕМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ «СЕРТИНК» ДОКТОРОМ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК НАТАЛЬЕЙ АЛЬБЕРТОВНОЙ БЫСТРОВОЙ



— Когда и как было создано подразделение «СертиНК»?

— Неразрушающий контроль (НК) при изготовлении, эксплуатации и ремонте различных технических устройств и сооружений ответственного назначения является одним из способов обеспечения высокого уровня их эксплуатационной безопасности. Объективность результатов НК достигается только в том случае, если контроль выполняется квалифицированным персоналом.

В 1990-е гг. стало очевидно, что без законно функционирующей системы независимой от работодателя системы аттестации персонала НК промышленность Российской Федерации может окупиться в бесконечную череду аварий и катастроф. В 1995 г. директор ФГАУ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, академик РАН Н.П. Алешин инициировал разработку документов, регламентирующих порядок и процедуру

аттестации специалистов неразрушающего контроля на объектах, подконтрольных Госгортехнадзору России (ныне Ростехнадзору). Одновременно Н.П. Алешин принял решение создать учебный центр, на базе которого выпускники возглавляемой им кафедры «Технологии сварки и диагностики» смогли бы получить практические навыки. Так появилось подразделение «СертиНК».

Следующим шагом было признание центра со стороны органов по аккредитации, что позволило не только проводить подготовку специалистов, но и оценивать их квалификацию с выдачей официального документа — удостоверения или сертификата. Наличие этих документов у выпускников кафедры резко повышало их статус для работодателей. За признанием со стороны российских компетентных органов последовало европейское, а затем международное признание. Подразделение стало первым в России органом по сертификации персонала НК, аккредитованным в Европейском союзе.

Подразделение в своей деятельности стремительно набирало обороты и уже через несколько месяцев после создания приняло специалистов с предприятий российской промышленности.

Следующим этапом стало расширение области деятельности по направлениям оценки соответствия организаций; аттестации экспертов, осуществляющих экспертизу промышленной безопасности; повышения квалификации; методического сопровождения НК; экспертизы промышленной безопасности. В настоящее время подразделение оказывает широкий спектр услуг в области подготовки производства по вопросам неразрушающего контроля, технической диагностики и экспертизы промышленной безопасности.

— Насколько я понимаю, становление российской системы аттестации персонала НК проходило при непосредственном участии «СертиНК»? Как это было?

— В соответствии с «Перечнем документов по созданию системы неразрушающего контроля», утвержденным начальником Госгортехнадзора России от 02.01.2001 г., разработка процедуры аттестации была поручена Управлению по котлонадзору и подъемным сооружениям Ростехнадзора и НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана, которые должны были провести анализ и внедрить имеющийся российский и международный опыт в области сертификации специалистов неразрушающего контроля, а также обеспечить единство требований и процедур во всех независимых органах по аттестации. В ходе работы над правилами аттестации было подготовлено 9 редакций, в них были учтены предложения и дополнения заинтересованных организаций. Результатом совместной деятельности управления и подразделения стало утверждение ПБ 03-440-02 «Правил аттестации персонала в области неразрушающего контроля», зарегистрированных в Минюсте РФ 17 апреля 2002 г. На базе подразделения проходили первые аттестации специалистов неразрушающего контроля. При непосредственном участии сотрудников Ростехнадзора (В.С. Котельников, Н.А. Хапонен, А.А. Шельпяков, В.Г. Жуков) происходило становление системы аттестации, апробировались подходы к оценке квалификации специалистов, отвечающих за контроль качества в процессе изготовления, строительно-монтажных работ и эксплуатации паровых котлов, сосудов, работающих под давлением, и подъемных сооружений. Отработанная в те годы практика применяется и по сей день.

— *Насколько сейчас, на Ваш взгляд, актуальна существующая система аттестации персонала НК?*

— Начну с того, что в настоящее время в Российской Федерации параллельно действуют несколько систем аттестации (сертификации): на объектах, поднадзорных Ростехнадзору; на объектах железнодорожного транспорта; на объектах, подведомственных ОАО «Концерн Росэнергоатом»; на объектах системы АК «Трансфлэт». Ясно, однако, что цена ошибки специалиста НК на любом из перечисленных объектов одинакова, поэтому нецелесообразно предъявлять различные требования к процедуре оценки квалификации специалистов НК в данных отраслях. В этой связи эволюция систем аттестации неизбежна, и в будущем должна действовать одна схема аттестации, что позволит обеспечить единообразие подходов при проведении и оценке результатов квалификационного экзамена вне зависимости от отраслевой принадлежности. При разработке такой схемы целесообразно опираться на основные положения ПБ 03-440-02 и доработать их в части вопросов, относящихся к отраслевой специфике. Это позволит сделать систему аттестации в области неразрушающего контроля более гибкой, понятной, доступной и ориентированной прежде всего на потребителя услуг данного вида.

Отдельно стоит остановиться на функционировании координирующего органа системы — организации, призванной обеспечить единство подходов, применяемых независимыми органами при оценке квалификации. Желание быть географически ближе к заказчику привело к созданию десятков независимых органов по аттестации персонала, что усложняет надзор за их функционированием и отрицательно сказывается на качестве предоставляемых ими услуг. В этой связи целесообразно двигаться в направлении ужесточения требований к независимым органам, сокращения их количества и установления общественного контроля за их деятельностью. Реализация данных мероприятий приведет к увеличению стоимости аттестации, но при этом заказчик будет получать реальную



С.В. Клюев, Э.С. Горкунов, Н.А. Быстрова, Д.И. Галкин

услугу по оценке квалификации персонала, а не сертификат как формальный документ (удостоверение), стоимость изготовления которого не превышает и десяти рублей.

— *Вернемся к юбилею подразделения. Какие события Вы бы отметили как знаковые в истории подразделения?*

— В 2006 г., когда Федеральным космическим агентством нам было поручено разработать «Методические рекомендации по организации изготовления оборудования, работающего под давлением, поставляемого в Гвианский космический центр по проекту «Союз в ГКЦ». Методические рекомендации были разработаны и выполнены российскими предприятиями ракетно-космической промышленности. 21 октября 2011 г. состоялся успешный запуск ракеты-носителя «Союз-СТ» с космодрома Куру во Французской Гвиане, а сотрудники подразделения получили благодарности.

В 2009 г. сотрудники подразделения осуществляли подготовку сотрудников Китайской национальной нефтегазовой корпорации (CNPC), ответственной за сооружение подводного перехода магистрального нефтепровода через реку Амур, расположенную в пограничной зоне России и Китая. Строительство перехода выполнялось в соответствии с требованиями промышленной безопасности, действующими на территории РФ.

В 2012 г. в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации проводился Всероссийский конкурс профессионального мастерства «Лучший по профессии» в номинации «Лучший сварщик», участниками которого стали победители региональных конкурсов. По приглашению оргкомитета конкурса в состав экспертной рабочей группы вошли представители подразделения «СертиНК», которым было поручено решение ключевого вопроса — оценка качества сваренных конкурсантами стыков.

А с 2010 г. на базе подразделения проводится повышение квалификации государственных служащих Ростехнадзора. Курсы охватывают более 30 направлений. Для чтения лекций привлекаются ветераны Ростехнадзора, которые с охотой делятся знаниями и опытом со своими коллегами. Ведущие сотрудники подразделения, участвующие в реализации данного проекта, были удостоены награждения почетными грамотами Ростехнадзора.

— *Как Вы оцениваете законодательные изменения, которые происходят в области промышленной и энергетической безопасности в последние годы?*

— Неоднозначно. С одной стороны, налицо, что Ростехнадзор сдает позиции, касающиеся принятия технических решений. Федеральные нормы и правила, а также руковод-



Коллектив подразделения «СертиНК»

ства по безопасной эксплуатации больше написаны для юристов, а не для инженерно-технического персонала предприятий. Введение новой классификации объектов повлекло за собой отказ от проведения Ростехнадзором контрольно-надзорных мероприятий на большинстве опасных производственных объектов, в том числе таких массовых, характеризующихся большим травматизмом и аварийностью, как подъемные сооружения, объекты котлонадзора. Все отдали на откуп бизнесу, ожидать от которого увеличения расходов на обеспечение промышленной безопасности в условиях ослабления контроля со стороны надзора, думаю, не стоит.

С другой стороны, разработанные Ростехнадзором в последнее время нормативно-правовые акты однозначно устанавливают обязанности и ответственность всех участников системы промышленной безопасности. В качестве примера можно привести поправки в закон № 116-ФЗ, устанавливающие административную и уголовную ответственность за выдачу экспертами заведомо ложных заключений. Столь серьезное наказание должно отрезвить руководителей экспертных организаций и предприятий, на базе которых созданы лаборатории НК. Качество подготовки собственных специалистов, уверенность в принимаемых ими решениях должна ставиться во главу угла.

— *Какие еще направления деятельности развивает подразделение помимо подготовки и аттестации специалистов в области промышленной безопасности?*

— В приоритете, прежде всего, персонал, его профессиональное развитие. Поэтому занимаемся наукой: проводим исследования, патентуем собственные разработки, результаты исследований публикуем в отраслевых журналах. Наши сотрудники на основании полученных в исследованиях результатов защищают диссертации, многие из них преподают в МГТУ им. Н.Э. Баумана, участвуют в разработке методических документов. За последние 5 лет подразделением получены 2 патента, выпущены 10 учебных пособий, 2 из которых допущены Учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебных пособий для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 150700 «Машиностроение», трое сотрудников стали кандидатами технических наук, один — доктором технических наук.

— *Расскажите, пожалуйста, о себе. Как долго Вы руководите подразделением СертиНК?*

— После окончания Академии приборостроения и информатики в 2000 г. и параллельной работы в экс-

пертной организации меня приняли на должность научного сотрудника НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана. Работая в центре, я принимала участие в разработке многих методических документов, учебных пособий в области промышленной безопасности и неразрушающего контроля. В 2004 г. я была переведена на должность заместителя руководителя подразделения «СертиНК» и продолжила заниматься научной деятельностью. Учеба в аспирантуре завершилась в 2007 г. защитой кандидатской диссертации. В этом же году я заняла должность первого заместителя руководителя подразделения «СертиНК». Учебу я продолжила в докторантуре Европейской академии информатизации, результаты моих исследований нашли отражение в докторской диссертации (с последующей ностарификацией в РФ). В 2010 г. я возглавила коллектив подразделения «СертиНК». Стоит отметить, что большинство сотрудников подразделения являются выпускниками кафедры «Технологии сварки и диагностики» МГТУ им. Н.Э.Баумана, поэтому обладают высоким потенциалом. Моя основная задача как руководителя — предоставить каждому сотруднику возможность реализовывать свои знания, не останавливаться на месте и постоянно совершенствоваться.





GERMAN  
SOCIETY FOR  
NON-DESTRUCTIVE  
TESTING

EXCLUSIVE SPONSOR

**OLYMPUS®**

# 19<sup>th</sup> WCNDT 2016



World Conference on Non-Destructive Testing

June 13 – 17 in **Munich** Germany

- ▶ Abstract Submissions accepted until 30 June 2015
- ▶ Final Programme in December 2015

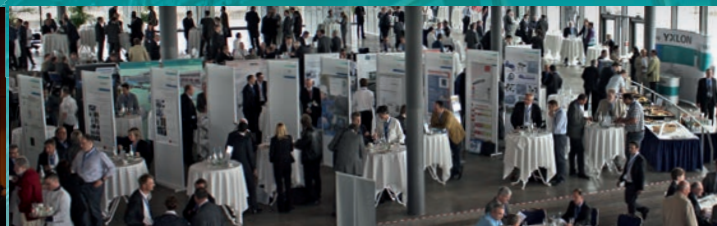
**CALL FOR PAPERS** You are invited to submit abstracts on various topics of NDT. Present your latest developments, applications and research results – reach experts from all over the world and make NDT history! Find the best way to present your work – oral, poster or interactive presentation – everything is possible!

- Global attention
- 8 parallel sessions – topics for each concern!
- Poster show – centrally located, access all day!
- Scientific recognition through online publishing and in the proceedings!

**EXHIBITION** The world's largest NDT show – more than 60 % of booths already sold! Secure your exhibition space NOW!

# MUNICH

[www.wcndt2016.com](http://www.wcndt2016.com)



Contact: DGZfP | [conference@wcndt2016.com](mailto:conference@wcndt2016.com) or [exhibition@wcndt2016.com](mailto:exhibition@wcndt2016.com)



# ТЕРРИТОРИЯ NDT – В ХЕРСОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МОРСКОЙ АКАДЕМИИ



**НЕСТЕРЕНКО**  
**Владимир Борисович**

Капитан дальнего плавания, старший преподаватель кафедры управления судном и безопасности жизнедеятельности на море



**ЗАВАЛЬНЮК**  
**Ольга Петровна**

Канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики

Херсонская государственная морская академия, Украина

В сентябре 2014 г. исполнилось 5 лет Научно-исследовательской учебной лаборатории «Экспертная оценка и мониторинг общей прочности судов для обеспечения безопасности мореплавания» Херсонской государственной морской академии (Украина).

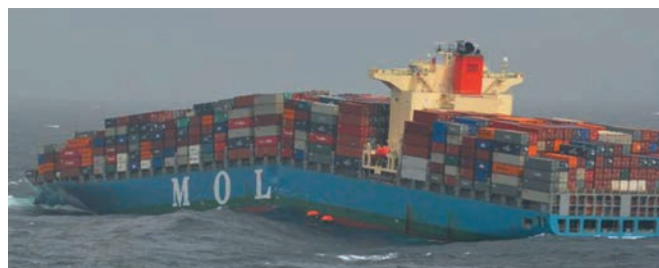
В 2009 г. начала работать группа преподавателей академии, среди которых были капитаны дальнего плавания, имеющие продолжительный опыт работы на морских судах, наблюдающие на практике процессы упругой деформации корпусов судов в ходе грузовых и балластных операций, а также при плавании в условиях взволнованного моря в порожнем состоянии и с грузом. Мировая статистика аварийности судов морского флота подтверждала актуальность вопросов неразрушающего контроля общей прочности судов в условиях интенсивных многоцикловых нагрузок в различных условиях эксплуатации. С первых дней существования лаборатории ее сотрудники с энтузиазмом занялись изучением морской практики по вопросам неразрушающего контроля.

Сотрудники лаборатории являются членами Украинского общества неразрушающего контроля и технической диагностики Института электросварки им. Е.О. Патона, посещают национальные и международные научно-практические конференции, занимаются подбором методов неразрушающего контроля и диагностики, анализом принципов и опыта контроля, разработкой и апробацией методик контроля, регистра-

цией, обработкой и анализом экспериментальных измерений на судах.

Нашими партнерами стали: научно-производственная фирма «Специальные Научные Разработки» (г. Харьков, Украина); судоходная компания VESTRA ltd (г. Лимасол, Кипр), Физико-механический институт им. Г.В. Карпенко Национальной академии наук Украины (г. Львов, Украина), Восточнoукраинский национальный университет им. Владимира Даля (г. Луганск, Украина).

Серьезные аварии судов мирового флота в последние годы: гибель крупнотоннажных танкеров т/х ERIKA (1999 г.), т/х PRESTIGE (2002 г.) – из-за перелома корпуса в море, сухогруза EUROBULKER (2000 г.) – из-за перелома корпуса в процессе грузовых операций, современного контейнеровоза MOL COMFORT (2013 г.) – из-за перелома судового корпуса на волнении, а также гибель нескольких небольших судов в бассейне Черного моря по той же причине подчеркивают неснижающуюся актуальность проблемы, которой занимается лаборатория.



*Авария т/х MOL COMFORT (2013 г.)*

Вопросы усталости и износа корпусов судов, нарушение правил эксплуатации в процессе грузовых и балластных операций и штормового плавания нуждаются в постоянном изучении, анализе и контроле.

Так, наибольшие напряжения морское судно испытывает в процессе проведения грузовых и балластных операций, а также в условиях морского волнения. Некорректное распределение грузов, высокая интенсивность грузовых операций и совмещенных с ними работ с балластом приводят к перенапряжениям в отдельных зонах корпуса судна. Остаточные напряжения в корпусе по выходу судна в море складываются с нагрузками, которые судно испытывает в процессе плавания, что, по статистике, является наиболее частой причиной аварий.

Проводимые в данной области работы в основном базируются на использовании классического

тензометрического метода контроля. Для повышения его чувствительности на палубе судна устанавливают тензомосты длиной в несколько метров, что приводит к существенным неудобствам при эксплуатации судна. В настоящее время развивается и ряд других методов контроля для исследования напряжений в корпусе судна: оптический, радиоволновой, акустический и др. Однако они находятся на стадии экспериментальной проверки, и им всем присущ один значительный недостаток – необходимость с помощью преобразователя предварительного физического воздействия на корпус судна с последующим исследованием его реакции на воздействие.

Одним из методов, не требующих предварительного воздействия на металл корпуса судна каким-либо видом физического поля, является магнитометрический метод, позволяющий использовать магнитное поле Земли, в котором находится судно.

Действительно, в настоящее время современные средства контроля механических напряжений ферромагнитных стальных конструкций достаточно часто базируются на магнитных методах НК. Это связано с тем, что при воздействии на ферромагнетики больших растягивающих или сжимающих упругих напряжений могут существенно изменяться значения некоторых магнитных характеристик ферромагнитных материалов. Поэтому в лаборатории активно развивают метод остаточной намагниченности и коэрцитиметрический метод.

Несмотря на определенные проблемы с объектами изучения и контроля прочности – морскими судами, лаборатория установила взаимовыгодные контакты с местными судовладельцами и судоремонтными предприятиями в Херсоне, которые предоставили свои суда для научных измерений.

Кроме того, важным элементом обеспечения безопасности мореплавания является четкое понимание моряками процессов деформации, которые происходят в корпусах судов при различных условиях нагрузок. Поэтому в учебных программах специальных дисциплин был сделан акцент на явление прогиба-перегиба корпусов судов, особенно при длинах корпусов более 170–200 м.

Курсанты Херсонской государственной морской академии при прохождении практики на морских судах собирают информационные материалы, фотографии, описания случаев деформации, появления трещин в элементах корпуса, водотечности в трюмах и танках и, таким образом, предоставляют лаборатории значительный объем текущей информации с современных судов мирового флота.

Еще в 1994 г. Международной морской организацией (ИМО) для уменьшения уровня конструкционных повреждений навалочных судов были приняты рекомендации, приведенные в циркуляре Комитета ИМО по морской безопасности (MSC/Circ.646), согласно которым судовладельцам было рекомендовано устанавливать системы непрерывного контроля механических напряжений несущих элементов корпуса (Hull monitoring system). Од-



Капитан В.Б. Нестеренко во время эксперимента в машинном отделении т/х «Юрий Макаров»



Преподаватель О.П. Завальнюк во время экспериментальных измерений на Херсонском судостроительном заводе на т/х «Олеся Гончар»



*Курсант Сергей Цюпко во время экспериментальных измерений на т/х «Алена» (Херсонский судостроительный завод)*



*Испытания магнитоизмерительного комплекса на т/х «Сибирский» в процессе разгрузки (г. Азов, Ростовская обл., Россия)*



*Курсант Дмитрий Скалозубов на производственной плавательной практике во время выполнения задания лаборатории (сбор материалов о средствах контроля продольной прочности судна)*

нако результаты изучения вопроса показали, что широкого применения на флоте такие системы мониторинга не нашли.

Разработанный лабораторией совместно с партнерами магнитоизмерительный комплекс проходил ходовые испытания на т/х «Сибирский» при загрузке 3300 т кукурузы в порту г. Азов. Полученные данные позволили оценить величину механических напряжений, действующих на корпус судна, а судовладелец получил данные о местах, в которых необходимо усиление корпуса судна при плановом ремонте.

Вместе с тем на основании полученных значений механических напряжений изменялась последовательность и интенсивность загрузки, что позволило получить достаточно равномерные напряжения по всему корпусу судна. Таким образом, отсутствие локальных перенапряжений в корпусе судна обеспечивает безопасность плавания и продлевает его срок эксплуатации.

В 2014 г. лаборатория начала работу над новой не менее актуальной и интересной задачей непрерывного контроля остойчивости судна во время его эксплуатации, которую также надеется успешно решить с помощью современных методов неразрушающего контроля. ■

# ВИХРЕТОКОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП ВДЗ-81



## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Возможность выявления дефектов глубиной \_\_\_\_\_ от 0,1 мм раскрытием \_\_\_\_\_ от 0,002 мм
- Диапазон установки рабочих частот \_\_\_\_\_ от 50 Гц до 12 МГц
- Напряжение выхода генератора (удвоенная амплитуда) \_\_\_\_\_ от 0,5 до 6 В
- Диапазон регулируемого коэффициента усиления \_\_\_\_\_ 76 дБ
- Изменение фазы сигнала (диапазон вращения сигнала) \_ от 0 до 360° с шагом 0,1°; 1°; 10°
- Частота выборок (измерения) \_\_\_\_ до 8 кГц

## СЕРВИСНЫЕ ФУНКЦИИ

- Цифровая фильтрация сигнала  
5 видов фильтров: низких частот, высоких частот, полосовой, дифференциальный, усредняющий.
- Отображение вихрекового сигнала:  
— комплексная плоскость позволяет выделять дефекты на фоне помех путем анализа формы сигнала;  
— смещение двух каналов (с помощью одного из четырех алгоритмов: суммирование, вычитание, суммирование с инверсией по горизонтали, суммирование с инверсией по вертикали) применяется при подавлении мешающих факторов и уменьшения их влияния на результаты контроля



ПРОИЗВОДИТЕЛЬ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
НПП "ПРОМПРИБОР"

Россия, 107023, г. Москва, Измайловский вал, д. 30  
тел./факс: +7 (495) 580-37-77 (многоканальный)

E-mail: [pp@ndtprompribor.ru](mailto:pp@ndtprompribor.ru)

[www.ndtprompribor.ru](http://www.ndtprompribor.ru)

ВЫСТАВКА СРЕДСТВ  
И ТЕХНОЛОГИЙ НК

ОТРАСЛЕВЫЕ  
КРУГЛЫЕ СТОЛЫ  
«НК В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»



3 - 6 МАРТА 2015, МОСКВА

## ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ ТЕРРИТОРИЯ NDT

**Организатор** Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД)

**Место проведения** Экспоцентр на Красной Пресне  
Павильон № 2

**Деловая программа** *Круглые столы по актуальным вопросам применения НК в различных отраслях промышленности:*

- Авиация
- Космос
- Железнодорожный транспорт
- ЖКХ и строительство
- Металлургия и машиностроение
- Лакокрасочные покрытия
- Нефтегаз
- Энергетика

*А также будут рассмотрены темы:*

- Антитеррористическая безопасность
- Медицинская диагностика
- Метрологическое обеспечение в НК
- Новые возможности и комплексирование технологий
- Практика обработки данных в НК
- Современные технологии сварки и средства контроля сварных соединений
- Состояние и перспективы развития стандартизации в области НК
- Техническая диагностика и оценка риска аварии

*В рамках Форума пройдут:*

- Сессия научного совета РАН
- Заседание ТК 371 "Неразрушающий контроль"

**Партнерство**

- Пройдет в партнерстве с:
- 19-й Международной специализированной выставкой «Интерлакокраска – 2015»
  - 9-м Международным салоном «Обработка поверхности. Защита от коррозии»
  - 4-м Международным салоном «Специальные покрытия»



**On-line бронирование выставочной площади** [www.expo.ronktd.ru](http://www.expo.ronktd.ru)

**Участники выставки\*** Более 90 экспонентов

\* - по состоянию на 20.01.2015. Полный перечень экспонентов представлен на сайте [www.expo.ronktd.ru](http://www.expo.ronktd.ru)

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

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

[info@ronktd.ru](mailto:info@ronktd.ru)



**3 - 6 МАРТА 2015, МОСКВА**

## **ТЕМАТИКА. УСЛОВИЯ. ПРЕИМУЩЕСТВА**

- Ожидается участие **более 100** ведущих российских и зарубежных компаний, **более 2500 специалистов** из России, стран СНГ, Германии, Чехии, Италии, Болгарии, Китая, Великобритании, Франции, Сербии.
- Коммерческая эффективность для экспонентов и посетителей. Участники Форума - разработчики и поставщики оборудования, сервисные компании, учебные и сертификационные центры, специализированные издания, национальные общества НК.
- Особые условия для **партнеров РОНКТД** – скидка 10% на выставочную площадь.
- **Бесплатное участие** для региональных отделений РОНКТД, высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов, возможность представить на выставке разработки и информацию о деятельности.
- В рамках выставки будут организованы конкурсы на **«Лучшую разработку в области НК»** и **«Лучший стенд»**.
- Финальный тур XII-го **Всероссийского конкурса специалистов неразрушающего контроля** по следующим методам НК: акустическая эмиссия, визуальный и измерительный, вибродиагностический, капиллярный, магнитный, радиационный, тепловой и ультразвуковой.

**Приглашаем Вас принять участие в ведущем в России Форуме по неразрушающему контролю Территория NDT-2015!**

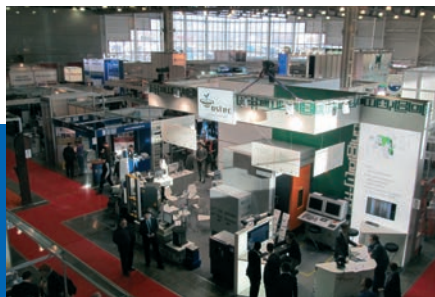


на правах рекламы

**Дирекция РОНКТД:  
Тел.: +7 (499) 245 56 56**

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

**[info@ronktd.ru](mailto:info@ronktd.ru)**



# МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА «AEROSPACE TESTING & INDUSTRIAL CONTROL – 2014»



**КЛЮЕВ**  
Владимир Владимирович  
Академик РАН



**АРТЕМЬЕВ**  
Борис Викторович  
Д-р техн. наук, проф.



**МАТВЕЕВ**  
Владимир Иванович  
Канд. техн. наук



**ТУРОБОВ**  
Борис Валентинович  
Канд. техн. наук

ЗАО «НИИИМ МНПО «Спектр», Москва

*Дан краткий обзор экспозиции комплексной выставки «Aerospace Testing & Industrial Control», проведенной фирмой АТИ на новой выставочной площадке в «Крокус Экспо» и в новом формате. Совмещение в единой экспозиции трех тематических выставок дало возможность не только расширить экспозицию, но и привлечь большее количество посетителей за счет специалистов смежных отраслей промышленности.*

11-я Международная выставка испытательного и контрольно-измерительного оборудования состоялась 28–30 октября 2014 г. в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо» при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ и Федерального космического агентства. Организатор — группа компаний ITE. Информационная поддержка, в частности, оказана издательским домом «Спектр», журналами «Территория NDT» и «Контроль. Диагностика». По своим масштабам эта выставка почти достигла размеров выставок оборудования и приборов для неразрушающего контроля и технической диагностики, которые проходили совместно с 10-й Европейской и 20-й Всероссийской кон-

ференциями по НК и ТД на территории Экспоцентра в 2010 и 2014 гг. [1–8].

Экономический рост последнего десятилетия и новые мировые стандарты качества продукции оказали влияние и на производство испытательного оборудования, средств контроля и диагностики. Последние тенденции таковы, что лидеры отрасли стремятся в первую очередь производить универсальное оборудование и предлагать решения, отвечающие запросам любых отраслей промышленности [2].

Комплексная выставка «Aerospace Testing & Industrial Control» представила в этом году диагностическое оборудование и технологии для материалов и продукции раз-

ных отраслей промышленности, среди них: авиастроение, машиностроение, нефтеперерабатывающая и химическая промышленность, металлургия, нанотехнологические производства, электроэнергетика, целлюлозно-бумажная, фармацевтическая и легкая промышленность.

Среди участников выставки — ведущие российские и международные компании, такие как: «Диполь», «Сантек», «Совтест АТЕ», «Кропус», «Радиант», «Криосистемы», Shimadzu, Meggitt, «Мелитэк», «СокТрейд», «Лаборатория АС», National Instruments, «Висом», EMCI, «Контрольно-измерительная и Весовая Техника», «Октава+», «Термо Техно», Ostec, «Прист» и др.





Центральный зал экспозиции

На официальном открытии выставки организаторы мероприятия отметили все возрастающий экономический эффект взаимодействия лидеров производства контрольно-измерительного оборудования и специалистов ведущих машиностроительных отраслей, в том числе авиационно-космической промышленности.

В выставочных мероприятиях приняли участие свыше 106 компаний из 12 стран мира. За три дня работы выставку посетили более 3,5 тыс. специалистов авиакосмической и смежных отраслей промышленности.

В этом году выставка расширила свою тематику, представив: неразрушающий контроль, техногенную и экологическую диагностику, климатические и механические испытания, лабораторный контроль, промышленную автоматизацию и информационные технологии не только для авиакосмической, но и для других важнейших отраслей промышленности.

В основных разделах выставки было показано оборудование, системы и технологии для:

- сбора и анализа промышленных данных, обработки и автоматизации измерений;
- контроля и тестирования авиационной и авиакосмической техники;
- разработки программного обеспечения и регулирования управления систем летательных аппаратов и комплексов;

- неразрушающего контроля;
- ремонта, обработки и защиты элементов и подсистем авиакосмической техники на этапе эксплуатации;
- оказания услуг в области контроля и исследований.

Для комплексного обследования летательных аппаратов, а также сопутствующих конструкций применяется сложная система тестирования всех модулей на предмет надежности в реальных условиях. В данном процессе применяется целый ряд разработанных приборов, которые совместно с программным обеспечением позволяют максимально точно определить наличие и параметры дефектов для их дальнейшего устранения.

Большое внимание при оценке надежности конструкций летательных аппаратов уделяется системам моделирования, которые предназначены для воссоздания критических ситуаций разрушения материалов и конструкций в целях дальнейшего их предупреждения. Разработаны и используются многоцелевые системы моделирования, способные провести комплексный анализ стойкости конструкции при действии многочисленных факторов.

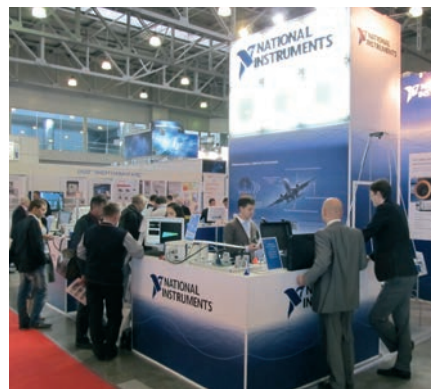
Многообразие методов, применяемых при контроле качества материалов, дает широкие возможности для всестороннего исследования объектов. В диагностических



Стенды компаний «Диполь» и «Синеркон»

исследованиях выделяют разрушающий (механические испытания) и неразрушающий контроль. В авиационной методике неразрушающего контроля разнообразны, среди них: визуальный (оптический) контроль, ультразвуковой, магнитный, радиационный, вихревой, электрический, тепловой, вибрационный и другие методы, которые в разной степени были представлены на выставке.

Так, на стенде компании ООО «ГлобалТест» (российского разработчика и производителя измери-



Стенды компаний «Аэротест», ЦНИИТМАШ, National Instruments, «Мелитек», «Кропус»



Стенды МГУ им. Н.Э. Баумана и «ГлобалТест»

тельной аппаратуры) можно было ознакомиться более чем с 200 типами датчиков вибрации, удара, силы, давления, акустической эмиссии и согласующих электронных устройств, востребованных не только в России, но и за рубежом. Кроме того, данная компания представляет полный спектр услуг по комплектации измерительных и испытательных комплексов, систем технической диагностики, а также их метрологического обеспечения.

Иные типы датчиков и преобразователей (акселерометры, датчики силы, давления, угла поворота, наклона и т.п.) демонстрировали другие известные компании «ОКТАВА+», Meggitt, ЗАО «Сенсор Системс», ООО «Полтраф СНГ», МГУ им. Н.Э. Баумана. Значительный ряд миниатюрных трехкомпонентных высокотемпературных акселерометров и датчиков показала также компания РСВ Piezotronics. Другим важным направлением является разработка и применение датчиков расхода газов (воздуха, кислорода, азота, аргона, гелия и др.) в современных «чистых» технологиях

важнейших отраслей промышленности (ООО «Измерение и контроль»).

Вибрационные испытания доминируют в системах диагностики сложных узлов и механизмов. Виброиспытательное оборудование было представлено на выставке целым рядом отечественных и иностранных компаний, в том числе ЗАО «Аврора», «Совтест АТЕ», Ostec, AssemRus и др. Многообразие виброоборудования обусловлено большим диапазоном решаемых задач, поэтому экспоненты демонстрировали электродинамические и электромеханические стенды (с разными способами охлаждения – водяным и воздушным), с настольными и стационарными вибростендами, обеспечивающими разные виды механических воздействий (от простых синусоидальных вибраций до случайных широкополосных и узкополосных вибраций вплоть до одиночных или многократных ударов), а также одно-, двух- и трехкомпонентные одно-временные транспортные вибрации. В современных вибростендах предусмотрены различные режи-

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

мы работы в требуемых диапазонах частот, виброперемещений и виброускорений. Многие виды виброоборудования специально разработаны для проведения углубленных вибрационных испытаний на воздействие окружающей среды и анализа сигналов с числом каналов от четырех до сотен. Многие пользователи отмечают легкое в освоении управление, расширенные функции анализа и отчета, большие возможности для расширения и модернизации и, конечно же, стабильность и высокий уровень качества системы. А вот компания Ostec продемонстрировала в действии относительно простую настольную электромеханическую виброустановку модели VST-3030LSS, создающую вибрации в вертикальном направлении в диапазоне частот 5–100 Гц с ускорением 0–8g и регулируемым размером перемещений 0–2,5 мм. Такой типовой стенд обеспечит испытания на виброустойчивость и транспортную тряску любых изделий массой до 15 кг.

Большую гамму электродинамических виброустройств можно было увидеть на стенде российской компании «Совтест АТЕ», электродинамические стенды которой сконструированы в расчете на длительный срок эксплуатации с высокой прочностью к поперечным колебаниям и осевой жесткостью. Отмечается тенденция разработки и применения сканирующих виброметров типа PSV-500, позволяющих осуществлять бесконтактные измерения вибраций с рабочих расстояний от 80 мм до 100 м, обеспечивая визуализацию и анализ колебаний конструкций, т.е. возможность получения «виброфотографии» поверхности.

Оптические системы исследования и диагностики находят широкое применение не только при виброконтроле, но и при анализе напряженно-деформированного состояния. Так, компания «ОКТА-ВА+» показала целый ряд систем для получения трехмерных оптических изображений при измерении параметров деформационных процессов конструкций в аэрокосмической промышленности. Оптические системы также получили при-

менение в качестве высокоточных средств измерений при аттестации оснастки, контроле на соответствие чертежам деталей на конвейере, оценке повторяемости по форме и размерам.

Высокоточные 3D-измерения в промышленности с использованием координатно-измерительных машин и лазерных технологий находят все большее практическое применение, в том числе в аэрокосмических отраслях промышленности (Cybercom Ltd, «НМС Рус», НИАТ, Delcam, Shimadzu). Видеоэкстензометр TRViewX (Shimadzu) позволяет решать задачи различной сложности, в частности измерять продольные и поперечные деформации.

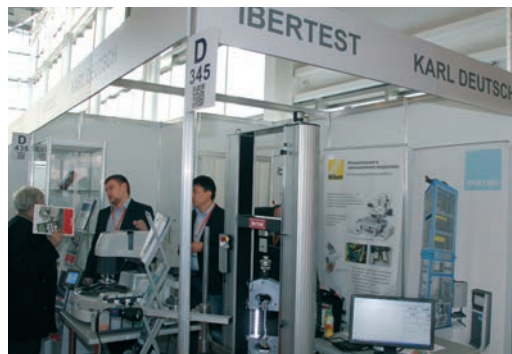


Стенд «НМС Рус»: лазерный трекер (сканер) для 3D-измерений формы и размеров

Большое внимание стали уделять созданию систем и комплексов для полной автоматизации работ на исследовательских, испытательных, технологических и контрольно-диагностических установках. Примером могут быть АСТест-системы компании «Лаборатория автоматизированных систем (АС)», которые позволяют автоматизировать практически все операции при решении диагностических задач — от калибровки измерительных каналов до печати результирующих протоколов. К тому же программное обеспечение этих систем построено по модульному принципу, автоматизируя все процессы, включая создание, поиск и запуск сценариев экспериментов с выполнением измерений по ним. Другая высокопроизводительная модульная платформа, предназначенная для создания автоматизированных измерительных и испытательных комплексов в формате стандарта

PXI (National Instruments), имеет практическую реализацию более чем в 1500 модулях, что позволяет успешно решать большинство комплексных измерительных задач. Комплексные построения сложных контрольно-измерительных систем представила на выставке также компания НПП «МЕРА» (для анализа параметров динамических процессов при испытаниях авиационных двигателей). Один из производимых измерительно-вычислительных комплексов МІС-500 предоставляет возможность создавать измерительные системы более чем с 5000 каналов. Другая фирма — ОКБ «Аэрокосмические системы» — представила на выставке автоматизированный тестирующий комплекс для проверки электрических параметров кабельных сетей и жгутов, уже широко применяемый такими компаниями, как Airbus, Boeing и Lockheed Martin.

Механические свойства играют ключевую роль при разработке конструкционных материалов. Основой для понимания этих свойств являются сведения о том, как материал реагирует на эксплуатационную внешнюю механическую нагрузку. Для этого проводят механические испытания, чтобы определить предел прочности, модуль упругости, пластичность, ударную прочность и другие параметры. Для выполнения подобных процедур и широкого спектра климатических испытаний компании «ЮДЖИ-ЭНЛАБ» и ЭСТ-СМТ предложили большой выбор соответствующего оборудования от ведущих мировых производителей: гамму температурных, климатических, вакуумных камер, солевой туман, имитации солнечного излучения, испытаний на воздействие песка и пыли, в том числе установки имитации космического пространства. Все они работают по соответствующим программам в автоматическом режиме, позволяя имитировать реальные условия испытаний. Наблюдается тенденция создания комбинированных климатических камер, способных дополнительно совмещать виброиспытания.



Стенды «Криосистемы» (гелиевый течеискатель), ОКБ «Спектр», Karl Deutsch

Структура и свойства поверхности определяют многие эксплуатационные свойства изделий, различных деталей, узлов конструкций и инструмента. Современные методы формирования поверхности, пленок и покрытий, созданных с использованием нанотехнологий и обладающих уникальным сочетанием свойств, которые принципиально отличаются от свойств материалов, обработанных традиционными методами, требуют прецизионных измерений физико-механических и трибологических свойств на субмикронном и нанометровом уровнях. Компания «Мелитэк» представила на выставке модельный ряд современного оборудования, соответствующего новейшим техническим стандартам: нанотвердомеры, скрэтч-тестеры, трибометры, профилометры, для оценки твердости и модуля упругости материалов структур, адгезионной прочности, износостойкости, коэф-

фициента трения, профиля и шероховатости поверхности. Большой выбор средств для физико-механических испытаний предложила также компания «Термо Техно», а фирма TESCAN – сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения серии MIRA.

Аналитическое оборудование, без которого не обойтись в современных технологических процессах любой отрасли, было представлено рядом фирм, в частности Shimadzu, «СокТрейд», «Термо Техно», «Мелитэк». Это значительная линейка спектрометров на различных принципах действия для решения аналитических задач (например, XRF-анализатор для экспрессного определения элементного состава различных материалов), лазерные дифрактометры для измерения размеров наночастиц, высокоточные измерители температуры, давления, влажности, проводи-

мости, скорости потока и других физических параметров сред. Привлекли также внимание анализаторы ELTRA, широко известные своей точностью, надежностью и эксплуатационной гибкостью. Данные анализаторы применяют в авиационной промышленности для контроля концентрации и содержания углерода в поверхностном слое стали, а также уровня содержания O, H и N в титане (VERDER Scientific, ОКБ «Спектр»).

Традиционные приборы и системы неразрушающего контроля в широком ассортименте были показаны рядом известных компаний. Так, компания «МЕГАТЕХ» продемонстрировала технические видеоэндоскопы jProbe различной конфигурации со сменными зондами разных диаметров и длин. Следует добавить, что компания «МС СИСТЕМС» представила на выставке новую линейку промышленных видеоскопов IPLEX TX от

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ



Стенды компаний «МЕГАТЕХ» и «МС СИСТЕМС»: демонстрация видеоэндоскопов

известной фирмы OLYMPUS, в частности видеоскоп с артикуляцией и диаметром зонда 2,4 мм для осмотра чрезвычайно труднодоступных мест. По сравнению с фиброскопами сверхмалого диаметра (до 1 мм) IPLEX TX обеспечивает изображения более высокого качества.

Визуально-оптические методы контроля получили еще большее развитие с появлением стерео- и измерительных оптических микроскопов (OLYMPUS – «Мелитэк»), предназначенных для проведения работ в материаловедении в отраженном и проходящем свете, а также оптико-цифровых микроскопов типа DSX500 для визуального контроля и точных измерений.

На стенде «Совтест АТЕ» можно было ознакомиться с моделью ShuttlePix P-400R (японской компании Nikon), открывающей новую эру в микроскопии. Цифровые микроскопы позволяют осуществлять компьютерную работу с изображениями, проводить обработку графики, выполнять продвинутые измерения и создавать отчет. Сегодня они особенно идеально подходят для тестирования и анализа электронных компонентов и устройств.

Следует добавить, что получают распространение целые станции визуального контроля (например, LynxR VS8 компании Vision Engineering – Ostec), предназначенные в первую очередь для визуального контроля поверхностного монтажа, включая монтаж компонентов с малым шагом выводов. Заслуживает внимания портативная инспекционная измерительная камера CamZ (Ostec) для визуального контроля в труднодоступных местах и документирования до 100 изображений высокого разрешения.

Привлекли внимание посетителей также системы тестирования современной электроники всемирно известной компании National Instruments, позволяющие сократить время и упростить процесс тестирования автоматизированными системами. Optical Measurement Systems показала оригинальное телевизионное устройство выверки

визирной линии прицела с осью канала оружейного ствола УВ-ТВ.

Своевременно были представлены приборы для анализа изображений – новинки компании SIAMS, особенно необходимые для решения задач в области материаловедения и металлографического контроля широко применяемых сплавов. Приборы являются средством измерения как анализаторы микроструктуры твердых тел, имеют сертификат Ростехрегулирования и утвержденную методику проверки.

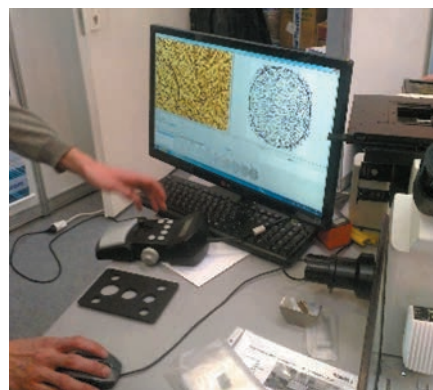
Тепловизионную технику можно было увидеть на стендах компаний TekKnow (Optris GmbH), «МЕГАТЕХ», «Камера IQ» и МАИ. Тепловизоры любых производителей позволяют проводить диагностику в широком спектре применений для детализированного температурного анализа и выявления проблемных компонентов и критических точек. Тепловизионные камеры Optris PI с уникальным соотношением цена – качество формируют тепловизионные изображения в режиме реального времени с частотой до 120 Гц, позволяя отображать на экране компьютера динамические термограммы (ИК-фильмы с радиометрическими характеристиками).

Магнитопорошковый метод и капиллярный контроль в достаточной степени были представлены на стенде НПЦ «Кропус» в виде стандартных и специализированных систем, генераторов тока, размагничивающих устройств и расходных материалов, а также пенетрантов и индикаторных материалов. Методы особенно эффективны при выявлении опасных дефектов лопаток турбин, валов винта самолета, стоек шасси, деталей вертолетов и т.п.

Компьютерная томография набирает обороты. С началом использования компьютерной томографии для нужд промышленности и материаловедения существенно изменились не только электрические параметры, но и конструкции томографов. Прежде всего, в большинстве промышленных томографов вращается образец, а не трубка с детектором. Промышленные образцы,



Стенд компании Ostec



Стенды компаний «СИНЕРКОН» и SIAMS: применение микроскопов для металлографии



Стенд МАИ: демонстрация возможностей тепловидения



Стенды «Кропус» и «Техинтест» (DeFelsko): УЗ-дефектоскопы, вихрековые и магнитные толщинометры покрытий



Стенд «ПРИСТ» с наборами электро- и радиоизмерительных приборов

как правило, имеют твердую конструкцию и вращаются на 360° в произвольной плоскости. В этом плане отдел технологий контроля компании Ostec проявил инициативу и разработал пособие по выбору решений на базе компьютерной томографии для задач современного производства, в котором изложены особенности установок и описаны сервисные услуги по применению компьютерной томографии в металлообработке, нефтегазовой сфере, в электронике, для исследований, музеев и т.п.

Заслуживают внимания рентгеновские аппараты YXLON для контроля широкого круга объектов – от легких сплавов и тонкостенных материалов до материалов высокой плотности толщиной до 115 мм по железу (модель MG325/452). Другая модель YXLON.MG103/165/226 предназначена не только для применения в радиографии и радиоскопии, но также для дозиметрии и сканирующих методов, таких как томография.

Большой выбор современных приборов НК на других физических принципах (акустические, ультразвуковые, магнитные, вихрековые и комбинированные методы) в виде толщиномеров, дефектоскопов, структуроскопов, коэрцитиметров, твердомеров, ферритометров и магнитометров был представлен в широком ассортименте на стендах НПЦ

«КРОПУС», АКА-SCAN, «Мелитэк», «Амкро», «КОНСТАНТА», «Техинтест».

Сугубо специальное оборудование в виде безэховых или экранированных камер, а также испытательных комплексов на воздействие кондуктивных помех можно было увидеть на стендах компаний ЭМСИ и «Диполь». Подобное оборудование позволяет проводить проверку электронного оборудования на устойчивость к воздействию помех и электромагнитную совместимость, особенно при испытаниях бортовой электроники, робототехники и систем оперативной связи.

Нельзя себе представить подобную выставку без демонстрации электро- и радиоизмерительных приборов общего и специального назначения. Каталоги известных производителей – «Диполь», ЗАО «НПО «СЕРНИЯ», «Прист» способны удовлетворить требования любых потребителей. Среди приборов – спектроанализаторы, осциллографы, мультиметры, генераторы сигналов, частотомеры, измерители мощности, источники питания, системы сбора данных, калибраторы, средства подключения (интерфейсы) и т.д.

Хотелось бы упомянуть еще один стенд – компании ООО «Метрология-Комплект», ознакомившей посетителей с современной линейкой метрологических стендов, главным назначением которых являются безопасность и яр-



Зал презентаций

кая визуализация процессов поверки и ремонта.

**Деловая программа** выставки была представлена Международной научно-технической конференцией «Интеллектуальные системы измерений, контроля, управления и диспетчеризации в промышленности», а также семинарами участников выставки. Организаторы: ФГУП «ЦАГИ» и Международная выставочная компания ITE.

На пленарном заседании ведущие метрологи обсуждали вопросы нормативно-правового регулирования в области обеспечения единства измерений, о порядке внесения изменений в соответствующие законы, перспективы развития метрологического обеспечения конкретно космической промышленности.

Деловая программа также включала в себя проведение семинаров и презентаций на стендах участников. В зоне презентаций прошли семинары компаний: «Диполь», «Сигма Про», «Октава+», Группа Компаний ИМС, «Океан Электроники» и «Интертех Корпорейшен». На них демонстрировались конкретные датчики и системы вибромониторинга и сбора данных, испытания бортовой электроники на ЭМС, а также была проведена презентация нового испытательного оборудования передовых компаний и представлен анализ мировых разрабо-

ток для исследования материалов. Конечно, нельзя сравнивать рекламные сообщения представителей компаний-производителей с докладами на научных семинарах [9], но и на них можно было почерпнуть много новой информации о развитии и состоянии НК в России и мире [10].

Прошедшая выставка – это уникальная встреча с представителями крупнейших испытательных научных центров, НИИ, ведущими разработчиками систем контроля и диагностики. Выставка показала высокий уровень диагностического приборостроения и контрольно-измерительных систем с тенденцией их дальнейшей интеллектуализации и расширения функциональных возможностей.

### Библиографический список

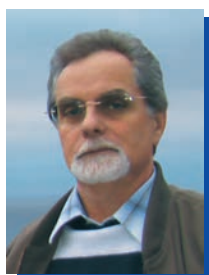
1. **Клюев В.В., Артемьев Б.В., Ефимов А.Г. и др.** 20-я Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике // Контроль. Диагностика. 2014. № 5. С. 5–16.
2. **Клюев В.В., Артемьев Б.В.** XX Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике и выставка «Территория NDT» // В мире неразрушающего контроля. 2014. № 1 (63). С. 35–36.
3. **Горкунов Э.С., Клюев С.В., Артемьев Б.В. и др.** Международная специализированная выставка «Территория NDT-2014» // Территория NDT. 2014. № 2. С. 12–19.
4. **Артемьев Б.В., Клюев С.В.** 10-я Европейская конференция и выставка по неразрушающему контролю // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76. № 8. С. 70–73.
5. **Клюев В.В., Артемьев Б.В.** 20-я Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике // Приборы. 2014. № 5. С. 53–54.
6. **Горкунов Э.С., Клюев С.В., Артемьев Б.В. и др.** Международная специализированная выставка «Территория NDT-2014» // Территория NDT. 2014. № 2. С. 12–19.
7. **Матвеев В.И., Артемьев И.Б.** Научно-техническая конференция «Радиолокационные системы малой и сверхмалой дальности» // Территория NDT. 2014. № 2. С. 34–36.
8. **Артемьев Б.В., Ефимов А.Г., Кузелев Н.Р.** NDT – «Все под контролем!» // Контроль. Диагностика. 2013. № 5. С. 79–87.
9. **Клюев В.В., Кузелев Н.Р., Артемьев Б.В.** Сессия научного совета РАН по автоматизированным системам диагностики и испытаний // Контроль. Диагностика. 2013. № 6. С. 72–80.
10. **Клюев В.В., Артемьев Б.В.** О развитии неразрушающего контроля и технической диагностики в России // Контроль. Диагностика. 2014. № 3. С. 45–60.



## САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ДИСТАНЦИОННАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ И НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ»



**ШИПША**  
**Владимир Григорьевич**  
Канд. техн. наук, доцент,  
руководитель центра неразрушающего  
контроля Учреждения науки  
«Инженерно-конструкторский центр  
сопровождения эксплуатации  
космической техники»,  
Санкт-Петербург



**ПАВЛОВ**  
**Игорь Валерьевич**  
Канд. техн. наук,  
доцент кафедры приборостроения  
Национального минерально-сырьевого  
университета «Горный»,  
Санкт-Петербург

В Санкт-Петербурге 25–27 ноября 2014 г. прошла Международная дистанционная научно-техническая конференция «Приборы и методы неразрушающего контроля качества изделий и конструкций из композиционных и неоднородных материалов». Организаторами конференции выступили Санкт-Петербургское и Ленинградское областные региональные отделения РОНКД. Партнерами организаторов конференции являлись МНПО «Спектр», ЦНИИ специального машиностроения, Обнинское НПП «Технология», ООО «Звук», учреждение науки «Инженерно-конструкторский центр сопровождения эксплуатации космической техники», ООО «НТЦ «Эталон», ЗАО «Константа», Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информа-



ционных технологий, механики и оптики, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси, Белорусско-Российский государственный университет, фирма NDT1 Kraft.

Конференция объединила специалистов, занимающихся производством, неразрушающим контролем и разработкой средств контроля качества композиционных материалов различной структуры. В конференции приняли участие следующие организации: ОАО «НПО «Искра», ОАО «ФНПЦ «Алтай», ЗАО «НТТ-Константа», ООО «Звук», ОАО «КБСМ», ОАО «НПО Энергомаш», ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», ОАО «Композит», МГУ им. М.В. Ломоносова, ИПФ НАН Беларуси, КБ «Салют» ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, ООО «Радиоавионика», ОАО «ПО «Севмаш», СПбГПУ, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», ЗАО «Константа», ОАО «УНИИ КМ», журнал «В мире неразрушающего контроля», БАНКиТД.

Целью конференции являлся обмен опытом между специалистами России и зарубежных стран в области разработки и применения неразрушающих методов и средств контроля качества, композиционных и структурно-неоднородных материалов, промышленных изделий и конструкций на их основе, т.е. материалов наиболее трудно контролируемых, так как граница между неоднородностью структуры и дефектностью часто неопределенна, что приводит к недобраковке и перебраковке изделий из них.

Программный комитет конференции работал под руководством председателя В.Е. Прохоровича — руководителя Санкт-Петербургского регионального отделения РОНКТД, д-ра техн. наук, профессора и его заместителя — А.И. Потапова, руководителя Ленинградского областного регионального отделения РОНКТД, д-ра техн. наук, профессора.

Доклады были сгруппированы по четырем основным направлениям:

- новые методы и средства неразрушающего контроля и диагно-



Участники российско-белорусской дистанционной научно-технической конференции



Председатель оргкомитета В.Е. Прохорович, руководитель Санкт-Петербургского регионального отделения РОНКТД, д-р техн. наук, профессор

стики композиционных и структурно-неоднородных материалов;

- неразрушающий контроль физико-механических характеристик композиционных и структурно-неоднородных материалов и изделий в процессе производства и эксплуатации;
- контроль геометрических характеристик изделий и покрытий (размеры, форма, толщина, объем, диаметр и др.);
- дефектоскопия изделий и конструкций из композиционных и структурно-неоднородных материалов, в том числе клеевых соединений.

Конечно, на практике тематика докладов была гораздо шире. Участники конференции представили доклады, рассматривающие вопросы: особенностей неразру-



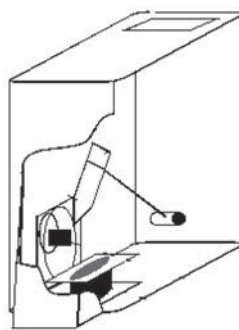
Заместитель председателя оргкомитета А.И. Потапов, руководитель Ленинградского областного регионального отделения РОНКТД, д-р техн. наук, профессор

шающего контроля качества композиционных материалов, динамического и инструментального индентирования, термографического, вихретокового, георадиографического, лазерного и низкочастотного ультразвукового контроля, а также информацию по приборам, применяющимся при неразрушающем контроле.

Конференция проводилась в дистанционном формате одновременно на трех площадках: в зале заседаний Санкт-Петербургского регионального отделения РОНКТД (учреждение науки «Инженерно-конструкторский центр сопровождения и эксплуатации космической техники»), в конференц-зале Санкт-Петербургского горного университета и в Белорусско-Российском университете в Могилеве.



Внешний вид прибора динамического индентирования



Внешний вид датчика динамического индентирования

В работе конференции принял участие вице-президент РОНКД С.В. Ключев.

Проведение конференции в дистанционном формате стало возможным благодаря применению интернет-технологий. На каждой площадке участники на многооконном экране видели докладчика, его презентацию и залы заседаний на всех трех площадках, слушали докладчика и задавали вопросы. Кроме того, специалисты могли принять участие в работе конференции в режиме онлайн, зарегистрировавшись и подключившись к трансляции конференции со своих рабочих или домашних компьютеров. Размеры каждого окна многооконного экрана в процессе каждого доклада могли меняться в зависимости от важности происходящего события (презентация, вопросы к докладчику, ответы на вопросы, комментарии ведущего или членов конференции). Применение дистанционного режима позволило резко увеличить число активных участников конференции, так как в настоящее время не многие из ученых, работающих в области неразрушающего контроля, могут выехать на несколько дней на конференцию в другой город или страну. Эффективности проведения конференции также способствовало четкое соблюдение регламента конференции. Каждый участник с точностью до минуты знал время своего выступления или коллег с интересующим его докладом.

Наибольший интерес участников вызвали доклады по неразрушающему контролю качества композиционных материалов:

- К.В. Гоголинского «Новые возможности измерения локальных

механических характеристик композиционных материалов методом инструментального индентирования»;

- А.П. Крения «Программно-аппаратный комплекс для определения локальных физико-механических характеристик пространственно-армированных углеродных материалов методом ударного микроиндентирования»;
- А.А. Карабутова «Измерение пористости углепластиковых изделий лазерно-ультразвуковым методом»;
- В.Е. Прохоровича, Ю.Е. Тупицина, А.В. Виноградова «Особенности проведения обследования технического состояния строительных конструкций стартовых космических комплексов с последующим проведением поверочных расчетов для обеспечения их безотказной эксплуатации или реконструкции».

Представленные доклады вызвали оживленное обсуждение и множество вопросов.

Особое внимание участники конференции уделили приборным методам неразрушающего контроля перспективных материалов. Для определения физико-механических характеристик компонентов углерод-углеродных композиционных материалов наиболее перспективными признаны методы инструментального (кинетического) и динамического индентирования.

#### Метод инструментального индентирования

Физическая сущность метода кинетического индентирования заключается в следующем: индентор

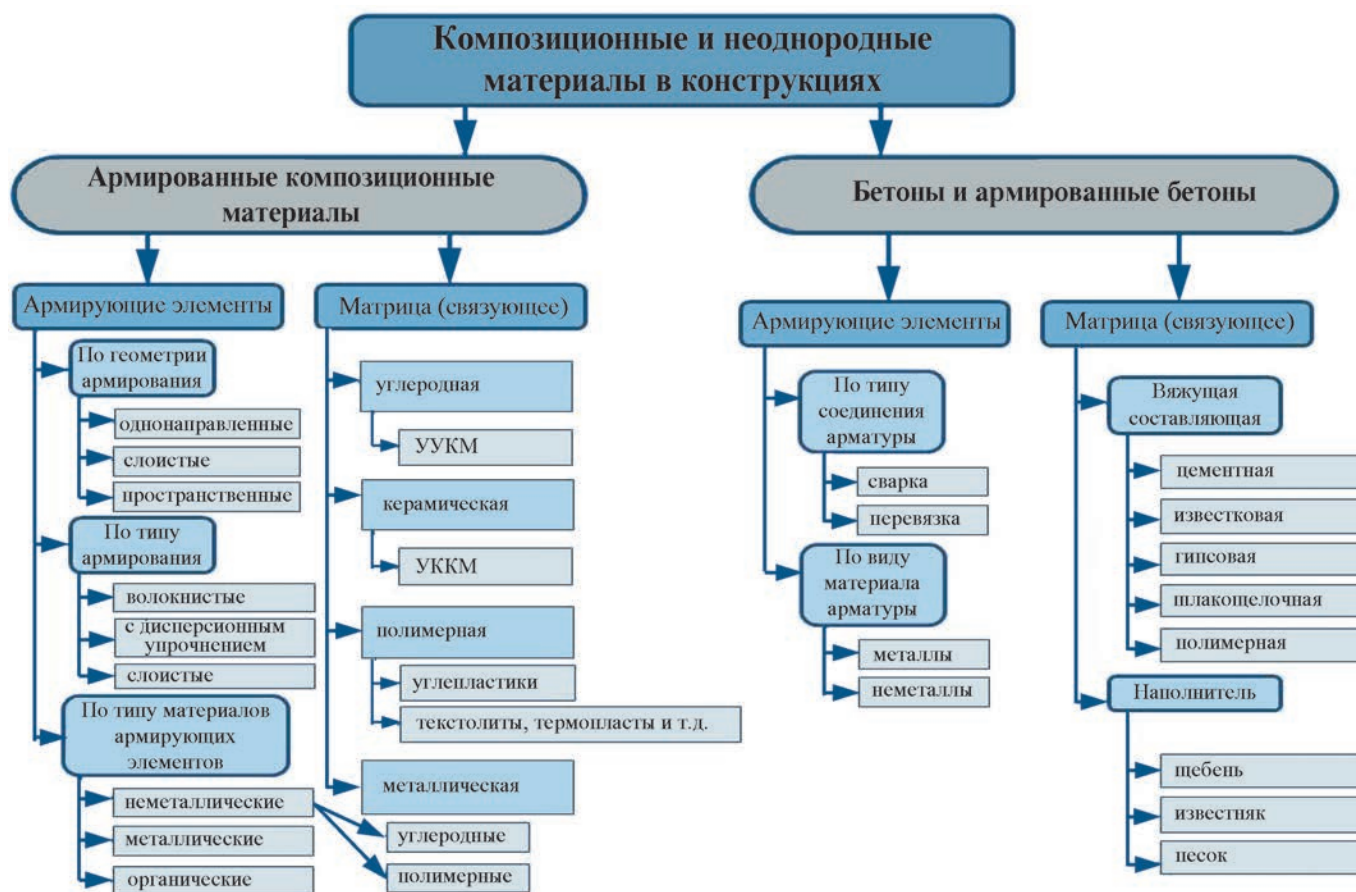
известной формы под действием нагрузки  $P$  вдавливается в поверхность образца с постоянной скоростью. При достижении заданной нагрузки  $P_{\max}$  или глубины вдавливания  $h_{\max}$  движение индентора останавливается на определенное время для выдержки материала под нагрузкой. После этого индентор отводится в обратном направлении. В процессе вдавливания и отвода индентора идет непрерывная запись значений нагрузки и соответствующих перемещений индентора. Результирующая зависимость представляет собой кривую нагрузка – внедрение. Твердость индентирования  $H_{it}$  определяется как отношение максимальной нагрузки  $P_{\max}$  к площади проекции контакта индентора с поверхностью.

#### Метод динамического индентирования

Установка состоит из датчика и электронного блока АЦП, измерительного кабеля и интерфейсного шлейфа, а также комплекта специального программного обеспечения для ПК. Механизм перемещения обеспечивает разгон и возврат индентора в исходное положение по окончании процесса соударения. Скорость индентора измеряется магнитоиндукционным датчиком. Данные о скорости индентора поступают на блок считывания измерительной информации и обрабатываются с использованием ПК.

Электрическая часть установки представляет собой систему аналого-цифрового преобразования аналогового сигнала индукционного преобразователя с выводом информации в цифровом виде в память ПК для ее последующей обработки. Индукционная катушка преобразователя является устройством, чувствительным к скорости механического перемещения индентора, к концу которого прикреплен постоянный магнит. При движении магнита в катушке индуктивности наводится электродвижущая сила индукции, пропорциональная скорости движения индентора.

По настоящее время не существует единой классификации ком-



Классификация композиционных и неоднородных материалов в конструкциях

позиционных материалов и по этой причине часто возникают различия в терминологии специалистов, для решения этой проблемы участники конференции обсудили и доработали предложенную В.Е. Прохоровичем схему классификации композиционных материалов.

Немаловажно также то, что оргкомитет счел возможным сделать участие в конференции бесплатным. Более того, наиболее интересные доклады были отображены по отзывам участников конференции и программным комитетом для опубликования в сборнике материалов конференции. Сборник материалов, переработанных авторами в виде научных статей, выйдет из печати в 1-м квартале 2015 г. Подготовка материалов к публикации и издание осуществляется редакцией журнала «В мире НК» и издательством «Свен».

Во время работы конференции была представлена экспозиция оборудования и материалов для не-

разрушающего контроля и технической диагностики, выпускаемого компаниями «Мега Инжиниринг», «Константа», DUR.

Так как несмотря на дистанционный порядок проведения конференции на нее прибыло много иногородних участников, для них в рамках культурной программы была организована автобусная экскурсия в государственный комплекс «Дворец конгрессов – Константиновский дворец», расположенный в Петродворцовском районе Санкт-Петербурга и музей Горного университета Санкт-Петербурга. В завершение конференции состоялся товарищеский ужин участников в банкетном зале Горного университета, на котором участники конференции в неформальной обстановке подвели итоги конференции.

Особо участники конференции отметили необходимость и перспективность дальнейшего расширения опыта проведения конференций в дистанционном режиме,

что позволяет с учетом реалий настоящего времени сделать конференции наиболее эффективными для ученых России и зарубежных стран и пропагандировать передовые достижения в области неразрушающего контроля и технической диагностики, что и является одной из главнейших задач РОНКД и его региональных отделений. Также было отмечено, что при проведении конференций в дистанционном режиме легко организовать запись докладов, которые можно выкладывать на сайте РОНКД для ознакомления заинтересованных лиц, делать на них ссылки в последующих статьях и докладах. Дистанционность конференций позволяет организовывать прямые трансляции из лабораторий и с мест непосредственного применения рассматриваемых методик и приборов их реализующих.

Авторы статьи являются членами организационного комитета конференции

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

# INTERPOLITEX

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА



МОСКВА, ВДНХ  
ПАВИЛЬОН № 75  
21-24 ОКТЯБРЯ 2014

ПОЛИГОН ФКП НИИ «ГЕОДЕЗИЯ»  
22 ОКТЯБРЯ 2014

## INTERPOLITEX-2014



### «ИНТЕРПОЛИТЕХ 2014»



**МАТВЕЕВ**  
Владимир Иванович  
Канд. техн. наук

ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр», Москва



**КОВАЛЕВ**  
Алексей Васильевич  
Д-р техн. наук

границ, беспилотные многоцелевые комплексы, различное снаряжение и оборудование.

Как и всегда в открытии выставки принимал участие министр внутренних дел России. Выступая перед участниками, генерал-полковник полиции Владимир Колокольцев отметил, что «Интерполитех» остается крупнейшей в России

выставкой средств обеспечения безопасности государства, а в этом году экспонентами выступают более 470 организаций, в том числе 64 компании из 19 зарубежных государств».

Экспозиция нынешней выставки разместилась на площади более 25 тыс. м<sup>2</sup>, где было установлено около 430 демонстрационных стендов. Самым большим оказался коллективный стенд подразделений МВД России во главе с ФКУ НПО «СТиС».

На стенде можно было увидеть подповерхностные радары, последние модели нелинейных радиолокаторов для обнаружения в ограждениях закладок, портативные анализаторы паров взрывчатых веществ, а также спецтехнику ряда компаний.

На стенде многопрофильной фирмы «ТАСК-Т» (совместно с продукцией Научно-производственного центра антитеррористической и криминалистической техники «СПЕКТР-АТ») демон-

стрировались: поисково-наблюдательные тепловизоры разного назначения, устройства и прицелы ночного видения, многочисленные модификации досмотровых эндоскопов и видеоскопов, приборы проверки документов и криминалистическая техника (более 26 типов устройств). В качестве новинки были представлены телевизионные эндоскопы серии ЭТВЦ-М, являющиеся эффективным средством осмотра внутренних полостей объектов в труднодоступных местах, обеспечивая вывод изображения на экран видеомонитора.

Видеоэндоскопы имеют различные варианты конструктивного исполнения. Общим является пластмассовый обрезиненный корпус. Рабочий модуль гибкий, защищенный титановой или стальной оплеткой, с удаленным управляемым концом. Поворот дистального конца возможен в одной плоскости. Особенность видеоскопа серии ЭТВЦ-М – возможность быстрой смены рабочих модулей разного диаметра и длины, а также применения специальных зондов со сверхтонкой рабочей частью.

Была также показана новая разработка «КАЙМАН-2» – ультрафиолетовая камера с дополнительным оптическим каналом, позволяющая видеть (в отличие от камер оптического и инфракрасного диапазонов) некоторые камуфляжные укрытия объектов. Кроме того, данное устройство является превосходным дефектоскопом электрооборудования, проводов высоковольтных линий,



Коллективный стенд МВД России

опорных изоляторов путем визуализации изображения коронных разрядов на ранней стадии совместно с изображением контролируемого объекта. Вызвал также интерес новый набор тестов «НАРКО-КАСПЕР», предназначенный для взятия проб и экспресс-анализа различных веществ для обнаружения и идентификации наркотиков.

Наибольшее распространение на практике получило досмотровое оборудование на основе **рентгеновского излучения**, которое было представлено рядом организаций: «РЕЙКОМ Групп», ФСБ РФ, ВНИИА им. Н.Л. Духова (ГК «РОСАТОМ»), «СЮРТЕЛЬ», ИНПЦ СНК МГТУ МИРЭА, ADANI и др. Новые разработки компании ADANI типа CONPASS для досмотра человека стали самыми продаваемыми в мире. Система создает дозу за одно обследование менее 0,25 мкЗв. По законодательству многих стран (ЕС, США, Россия) годовая доза облучения для

человека не должна превышать 250 мкЗв.

Компания «РЕЙКОМ Групп» (от фирмы Astrophysics Inc.) предложила широкий ассортимент рентгенотелевизионных интроскопов различных размеров и габаритов – от небольших установок для досмотра почты до установок досмотра грузов на паллетах. Отличительной особенностью большинства моделей интроскопов является способность разделения объектов на изображении по шести цветам в зависимости от атомного числа и плотности веществ. Другой особенностью является возможность просмотра багажа со всех сторон за счет регистрации и сшивания многокурсовых проекций одного и того же объекта.

На стенде ФСБ РФ была показана портативная рентгенотелевизионная установка ПЗ-1074, предназначенная для контроля и анализа внутреннего строения опасных



Стенд TACK-T



предметов на месте их обнаружения. Установка размещается на мобильном робототехническом комплексе, обеспечивающем ее доставку к месту проведения исследований. Минимальный размер выявляемой стальной проволоки 0,1 мм при проникающей способ-

ности по стали до 24 мм. Дальность работы в беспроводном варианте 150 м.

Компания ИНПЦ СНК МГТУ МИРЭА разработала целый ряд оригинальных досмотровых устройств, в том числе передвижной комплекс досмотра «ШТОК-ПКП», в который входят: рентгеновский двухракурсный интроскоп для контроля ручной клади и багажа, микродозовая установка рентгеновского сканирования пассажиров с использованием обратно рассеянного излучения, монитор наличия радиоактивных материалов и ручной радиометр, стационарный и переносной металлодетекторы, автоматизированное рабочее место оператора. Семь комплексов «ШТОК-ПКП» использовались для обеспечения безопасности при проведении зимних Олимпийских игр 2014 года в Сочи.



Досмотровые рентгенотелевизионные системы для контроля багажа (РЕЙКОМ Групп – Astrophysics Inc.)



Стенд «ИРА-Инжиниринг»

На стендах «ИРА-Инжиниринг», «РЕЙКОМ Групп», «СЮРТЕЛЬ», «НЕЛК», НПК «ДЕДАЛ» была широко представлена досмотровая техника на основе индукционного метода в виде ручных металлодетекторов и стационарных рамочных блокпостов. Основная тенденция в их развитии заключается в выравнивании чувствительности по росту человека и, как следствие, разработке мультисенсорных систем. Так, например, рамочный стационарный металлодетектор РС-3300 имеет 33 зоны обнаружения, что обеспечивает точное определение местоположения «закладок» по росту человека и равномерную чувствительность.

НПК «ДЕДАЛ» представил, в частности, комбинированный блокпост «СПЕКТР», совмещающий функции радиационного мониторинга и металлообнаружителя, что позволяет существенно повысить уровень защищенности ядерно-опасных объектов и эффективно противодействовать угрозам ядерного терроризма.

В последнее время активно развивается досмотровое оборудование на других физических



Мультисенсорная система наблюдения



Тепловизионный прицел

принципах, в частности на применении радиоволн миллиметрового диапазона. Российская компания ASTRON впервые представила малогабаритный пассивный терагерцовый комплекс THERZ-7A для проведения быстрой и эффективной проверки потока людей без физического контакта. Система обнаруживает скрытые объекты, так как отличает естественную энергию человеческого тела от энергии неживых предметов, даже если они спрятаны под одеждой. В устройстве используется высокочувствительный детектор диапазона 80–100 ГГц при центральной частоте 90 ГГц.

Тепловизионная техника разведки, наблюдения и охраны территорий была представлена на данной выставке значительным количеством компаний: FLIR, «ТАСК-Т» (НПЦ «СПЕКТРАТ»), ЦНИИ «ЦИКЛОН», «ПЕРГАМ», Zhejiang DALI Technology

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

Co. Ltd, Группа компаний ЦЭК, НПО «АМБ», ОАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», Lahoux Optics, ZYBRON, GUIDE, ЗАО «Дедал-НВ» и др. Современное тепловидение развивается по пути повышения разрешающей способности изображений за счет уменьшения размеров чувствительных элементов матриц вплоть до 17 мкм, преимущественного применения неохлаждаемых микроболометров из аморфного кремния или оксида ванадия, а также миниатюризации модулей. Основным рабочим диапазоном по-прежнему остается длинноволновый диапазон 8–14 мкм.

На стенде «ТАСК-Т» демонстрировались пять современных типов тепловизионной техники. Это прежде всего портативные, мобильные и стационарные тепловизоры спектрального диапазона 8–14 мкм на неохлаждаемых микроболометрических матрицах разного размера и разрешения («КАТРАН-М», «КАТРАН-2М», «КАТРАН-3Б» и др.). В значительном ассортименте здесь также можно было увидеть современные оптические и тепловизионные прицелы серии «ГРАНИТ». Новинкой является 2-спектральная система видеонаблюдения «ОМАР» с лазерным дальномером.

ЦНИИ «Циклон» представил линейку тепловизоров с применением матриц разного размера на неохлаждаемых микроболометрах длинноволнового инфракрасного диапазона. Тепловизоры этой компании выполнены в виде миниатюрных камер, портативных камер-дальномеров, портативных камер-тепловизоров, портативных комплексов разведки, наблюдения и целеуказания, приборов ночного вождения, а также в виде двухспектральных систем видеонаблюдения (система «ФИЛИН»). В арсенале компании есть и охлаждаемые тепловизионные камеры средневолнового ИК-диапазона («БЕРКУТ», «РОСИТА СВ»), обладающие повышенной дальностью обнаружения объектов (людей, броне-

техники и летательных аппаратов).

Китайская компания DALI продемонстрировала серию неохлаждаемых портативных тепловизионных камер длинноволнового диапазона для широкого применения, в том числе для патрулирования территорий и охраны правопорядка. Заслугой компании является факт самостоятельного производства качественных неохлаждаемых микроболометрических матриц.

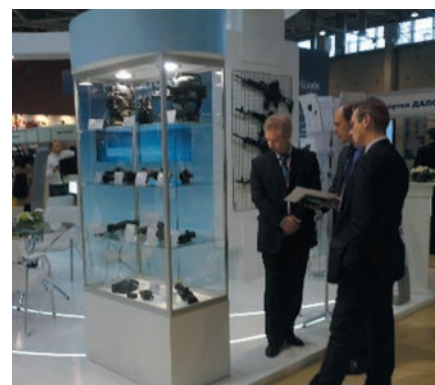
Еще две известные компании Lahoux Optics и Xenics были представлены на выставке. Здесь можно было ознакомиться с инфракрасными модулями ближнего и среднего ИК-диапазонов. Сенсоры и матрицы, реализованные в диапазоне спектрального отклика 7,5–9 мкм, имеют температурную чувствительность 10–25 мК. Представленные тепловизионные камеры Cheetah-640CL (Xenics) отличаются повышенным быстродействием для работы в диапазоне до 1,7 мкм, позволяя визуализировать сверхвысокоскоростные процессы (1730 Гц) при научных исследованиях и промышленных испытаниях.

На коллективном стенде холдинга «Швабе» была показана оптико-тепловизионная техника (тепловизоры, прицелы) ряда известных организаций Новосибирска, Казани, Москвы и Подмосковья, в частности «Красногорского завода им. С.А. Зверева». В случае необходимости охранно-наблюдательные функции представленных комплексов усиливаются дополнительной радиолокационной станцией, работающей, как правило, в частотном диапазоне ~34 ГГц с дальностью до 30 км.

В последнее время получили развитие **комплексные системы** мониторинга территорий на основе объединения тепловизионной и радиолокационной техники, что обеспечивает повышенную дальность обнаружения, надежность системы и максимальную всепо-



Стенд компании DALI, Китай



Стенд холдинга «Швабе»



РЛС «МИКРАН»



Стеновизор PO-900

годность. Подобные системы были представлены фирмами «МИКРАН», «ЮМИРС» и «ЭЛ-ВИС НеоТек».

Следует добавить, что сверхширокополосные радары стали успешно применяться самостоятельно при проведении контртеррористических операций и для быстрого поиска пострадавших людей во время ликвидации последствий природных и техногенных катастроф. По крайней мере две компании демонстрировали образцы данной техники, так называемые стеновизоры. Одна из них «МЕРКУРИЙ-ПРО» представляла известную израильскую фирму CAMERO, показав три модели стеновизоров типа Xaver, а другая российская компания «ЛОГИС-ГЕОТЕХ» представила четыре модели

стеновизоров, в том числе ручной вариант PO-900 с дальностью обнаружения человека по дыханию до 14 м через кирпичные и железобетонные стены толщиной до 60 см. Также вызвал интерес комбинированный прибор этой компании, совмещающий в себе металлоискатель и георадар на частоте 1200 МГц.

Ряд стендов был посвящен радиоконтролю («НЕЛК», «СЮРТЕЛЬ», «НОВО» и др.), т.е. радиомониторингу окружающей среды в целях защиты от утечек информации, пеленгования и подавления незарегистрированных источников электромагнитного излучения в широком спектральном диапазоне. Здесь можно было ознакомиться с современными устройствами радиоэлектронной борьбы портативного, мобильного и стационарного характера.

Современные **эндо- и видеоскопические** системы досмотрового назначения можно было увидеть на стендах «ТАСК-Т», «МАРТ Групп», ФСБ РФ, МВД РФ и «СЮРТЕЛЬ»: мини-бороскопы диаметром 1 мм, длиной до 1 м; видеоскопы с артикуляцией в двух плоскостях; эндоскопы-трансформеры, позволяющие быстро менять зонды разных длин и диаметров, и т.п.

Оборудование для **проверки документов** показали ряд компаний. Так, «ТАСК-Т», ЗАО «Регула-Русь», ООО «Целевые технологии», SAFRAN, МГТУ им. Н.Э. Баумана, филиал НИУ МЭИ (г. Смоленск) представили ряд модификаций просмотровых и спектральных ви-

деолуп, приборов контроля подлинности документов, микроскопы, а также считыватели документов, работающие при белом, УФ- и ИК-освещении. Наибольшую популярность приобрел многоспектральный прибор «ГЕНЕТИКА-09» (фирмы «ТАСК-Т»).

На выставке помимо **оптических обнаружителей видеокамер** наблюдения «ОПТИК-2», «ХАББЛ», «СТОПКАМ» (компания «Сюртель»), «ГРАНАТ», «ГРАНАТ-2», «АНТИСВИД-2», «СПИН-2» («ТАСК-Т»), оптико-электронных приборов НФ-1168 (ФСБ РФ) и «АНТИСНАЙПЕР» (МГТУ им. Н.Э. Баумана) можно было увидеть обнаружитель «АМУЛЕТ» (компания «НЕЛК»), осуществляющий прием паразитных излучений работающих видеокамер в сложной электромагнитной обстановке и независимо от применяемых в камерах способов кодирования и передачи видеосигнала.

В очередной раз были представлены образцы **анализаторов (детекторов) взрывчатых и наркотических веществ**. Известная компания ООО «Модус», входящая в группу компаний «Южполиметалл-Холдинг», показала новые модификации спектрометра ионной подвижности серии «КЕРБЕР» для определения сверхмалых концентраций взрывчатых и наркотических веществ. Одна из модификаций – «КЕРБЕР Т» дополнительно тестирует отравляющие вещества. По-прежнему востребован портативный рамановский анализатор «Хим-Эксперт»



Эндоскопы-трансформеры ЭТВЦ-М (НПЦ «СПЕКТР-АТ»)





Беспилотники вертолетного типа



для оперативной идентификации широкого класса химических соединений.

Другая организация, ВНИИА им. Н.Л. Духова, показала свой ряд обнаружителей взрывчатых и других опасных веществ в ручной клади, багаже, автомобилях и бесхозных предметах. Обнаружение и идентификация взрывчатых и наркотических веществ осуществляются путем воздействия на них быстрыми мечеными нейтронами и дальнейшим анализом ответного ионизирующего излучения. Для автоматизированного контроля наличия следов взрывчатых веществ на пальцах рук пассажиров при проходе через контрольно-пропускные пункты предназначено мобильное устройство ПЗ-1095, представленное на стенде ФСБ РФ. Наконец, на стенде «ТАСК-Т» можно было ознакомиться с новы-

ми наборами химических экспресс-тестов «НАРКО-КАСПЕР» для обнаружения и идентификации наркотических и взрывчатых веществ.

Первый российский профессиональный алкометр с электрохимическим датчиком «АЛКОТЕКТОР» «ЮПИТЕР» имеет три исполнения. В одном из них проводится распечатка теста, содержащего полную информацию о результате экспресс-анализа вместе с необходимыми дополнительными данными (время, место, условия и т.п.).

Много внимания было уделено новому направлению в охране акваторий, периметров и территорий с применением **беспилотных летательных аппаратов**, способных расширить возможности наблюдательной и охранной техники. Целый ряд стендов («НЕЛК», «ЭЛЕК-

ТРОПРИБОР», RADAR MMS, «Шеньжень Кэвэйтай Индастри», ФТИ НАН Беларуси) был посвящен беспилотникам самолетного и вертолетного типов. На одних беспилотниках устанавливают только оптическую аппаратуру, на других — целые комплексы в составе: малагабаритная РЛС, тепловизор и камера видеонаблюдения с высоким разрешением.

В этом году была подготовлена целая программа представления технических новинок и идей. Более 100 участников предоставили для каталога свои инновационные решения. Здесь и новинки вооружения, и всевозможные виды специальной техники: броневые автомобили, многофункциональные робототехнические комплексы, беспилотные летательные аппараты и катера, защитные костюмы и поисково-дозмотровая техника, специальные средства связи и т.п.



Спецавтомобили и катера береговой охраны

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ



Оружие ближнего боя



Высокоскоростные камеры для анализа взрывов, результатов стрельбы и т.п.



Генеральный директор НПЦ «СПЕКТР-АТ», д-р техн. наук, проф. А.В. Ковалев

В этой связи показателен стенд «РОСНАНО», на котором демонстрировалась перспективная продукция, полученная с применением современных нанотехнологий: бронекерамика для защиты военнослужащих (бронезилеты) и корпусов бронетехники, композитные материалы для элементов крыла истребителей 5-го поколения, термоэлектрические охлаждающие

модули для микро- и наноэлектроники, лазеров, космических приборов и многое другое.

Участников и гостей ожидала обширная научно-деловая программа: 5 конференций, 5 круглых столов, 3 семинара и 8 презентаций, которые отразили наиболее актуальные проблемы российского государства и его граждан. Около 70 докладчиков выступили перед участниками мероприятий. Несомненный интерес привлекла к себе конференция МВД России «Перспективы создания образцов вооружения и специальной техники нового поколения». На шести ее секциях обсуждались вопросы применения и перспективы развития спецавтотранспорта и поисково-досмотровой техники, специальных средств нелетального действия и систем связи, технических средств охраны, информационной безопасности и др. На одной из секций системный доклад на тему «Современные и перспективные средства наблюдения и прицеливания производства НПЦ «СПЕКТР-АТ» был сделан генеральным директором этой фирмы, д-ром техн. наук, проф. А.В. Ковалевым.

В рамках XVIII Международной выставки средств обеспечения безопасности государства «ИНТЕРПОЛИТЕХ-2014» 22 октября 2014 г. на полигоне ФКП НИИ «Геодезия» в г. Красноармейске Московской области был организован демонстрационный показ эксплуатационных и боевых возможностей вооружения и техники с проведением показательных учений специальных подразделений МВД России.

В ходе показа были продемонстрированы реальные боевые возможности стрелкового и артиллерийского вооружения, находящегося на вооружении спецподразделений МВД России, образцы стрелкового и гранатометного вооружения, элементы штурмового десантирования с вертолетов с применением имитационных и пиротехнических средств по защите личного состава в ходе боевых действий. Показ сопровож-

дался реальным боевым уничтожением мишеней и макетов штатным оружием. В показе приняли участие специальные подразделения силовых структур «Рысь», «Зубр», «Гром», «Пересвет» и «Витязь».

*Некоторые статистические данные, приведенные в статье, получены в пресс-центре «ИНТЕРПОЛИТЕХ».*

#### Библиографический список

1. Матвеев В.И., Артемьев Б.В., Ефимов А.Г. и др. NDT – «все под контролем!» // Контроль. Диагностика. 2013. № 5. С. 79–87.
2. Клоев С.В., Матвеев В.И., Пушкина И.Ю. и др. Основные тенденции развития и состояние НК и ТД в мире // 18-я Всемирная конференция (18th WCNDT) // Контроль. Диагностика. 2012. № 6. С. 75–80.
3. Клоев В.В., Мигун Н.П., Артемьев Б.В., Матвеев В.И. Достижения российских и белорусских ученых в области неразрушающего контроля и технической диагностики изделий сложной конструкции // Территория NDT. 2012. № 4. С. 30–40.
4. Матвеев В.И., Коршакова Н.В., Шелихов Г.С. и др. Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности // Контроль. Диагностика. 2012. № 5. С. 74–80.
5. Артемьев Б.В., Клоев С.В. 10-я Европейская конференция и выставка по неразрушающему контролю (Москва, Экспоцентр, 7 – 10 июня 2010 г.) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76. № 8. С. 70–73.
6. Клоев В.В., Соснин Ф.Р., Ланге Ю.В. и др. 16-я Международная конференция по неразрушающему контролю. Монреаль, Канада, 30 августа – 3 сентября 2004 г. // Контроль. Диагностика. 2005. № 1. С. 3–22.
7. Клоев В.В., Артемьев Б.В. 20-я Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике // Приборы. 2014. № 5. С. 53–54.

# A1220 MONOLITH



**АКУСТИЧЕСКИЕ  
КОНТРОЛЬНЫЕ  
СИСТЕМЫ**

Приборы для неразрушающего  
контроля металлов, пластмасс  
и бетона

115598, МОСКВА, УЛ. ЗАГОРЬЕВСКАЯ, Д. 10, КОРП. 4  
ТЕЛ./ФАКС +7 (495) 984-74-62 (МНОГОКАНАЛЬНЫЙ)  
WWW.ACSYS.RU | MARKET@ACSYS.RU

**КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ —  
ВАШЕ НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ**



**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ  
НИЗКОЧАСТОТНЫЙ  
ДЕФЕКТОСКОП ДЛЯ РЕШЕНИЯ  
ЗАДАЧ ТОЛЩИНОМЕТРИИ  
И ДЕФЕКТОСКОПИИ  
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНА,  
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА  
И ГОРНЫХ ПОРОД**

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

- Контроль объектов эхо-методом и методом сквозного и поверхностного прозвучивания
- Диапазон измерений толщины при скорости ультразвука 2500 м/с (бетон) – от 100 до 2150 мм
- Средняя измеряемая толщина железобетона – 600 мм
- Минимальный диаметр обнаруживаемого дефекта типа цилиндрическое сверление – 30 мм
- Диапазон устанавливаемых скоростей ультразвука – от 500 до 15 000 м/с
- Рабочая частота преобразователей – от 25 до 250 кГц
- Диапазон перестройки усиления – от 0 до 100 дБ
- Большой цветной TFT дисплей с разрешением 640x480
- Встроенная аккумуляторная батарея на 8 ч непрерывной работы
- Связь с ПК по USB
- Специализированное программное обеспечение – В-,С-,D-сканы
- Габаритные размеры электронного блока – 260x156x43 мм
- Масса электронного блока – 0,8 кг
- Диапазон рабочих температур – от -30 до + 55 °С



# НОВАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ, СОЗДАННЫЕ В ВУЗАХ РОССИИ



**КУЗЕЛЕВ**

**Николой Ревокатович**

Д-р техн. наук, проф.,  
ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр», Москва

С 29 по 30 сентября 2014 г. в выставочном комплексе «Гостиный Двор» (Москва) состоялась национальная выставка-форум «ВУЗ-ПРОМЭКСПО». Организаторами мероприятия выступили Министерство образования и науки РФ совместно с Министерством промышленности и торговли РФ и Министерством экономического развития РФ. Стратегические партнеры выставки — государственные корпорации «Ростех» и «Росатом».

Основными целями мероприятия были демонстрация современных и научных разработок, направленных на модернизацию российской промышленности, а также выстраивание взаимодействия организаций реального сектора экономики с российскими вузами. На общей площади 6000 м<sup>2</sup>

экспозиции представили акционерные общества с государственным участием, государственные корпорации, федеральные государственные унитарные предприятия, разрабатывающие программы инновационного развития. Конечно, не остались в стороне и лучшие вузы страны, чьи разработки привлекли особое внимание гостей форума.

Выставка проходила два дня, в течение которых высшие учебные заведения и предприятия продемонстрировали новейшие разработки в таких областях, как: машиностроение, информационно-телекоммуникационные, транспортные и космические системы, индустрия наносистем и материалов и т.д.

Приведем лишь несколько примеров представленных разработок в области НК и ТД.

Национальный исследовательский томский политехнический университет (НИТПУ) включил в свою экспозицию целый комплекс технологий и приборов НК, применяемых в передовых отраслях российской промышленности и пользующихся устойчивым спросом за рубежом.

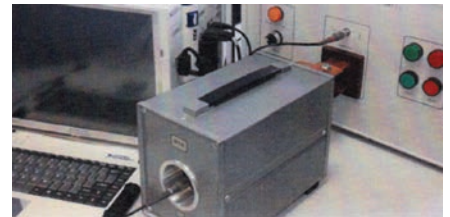


Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс испытаний сильноточного измерительного и коммутационного оборудования



Рис. 2. Комплекс автоматического, цифрового, рентгенографического контроля качества сварных швов труб

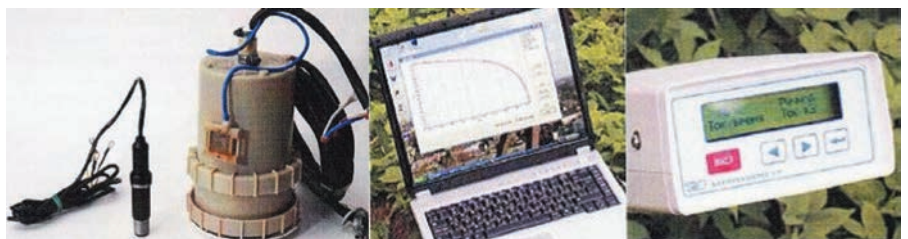


Рис. 3. Комплект приборов коррозионного мониторинга магистральных трубопроводов



Рис. 4. Комплекс активно-пассивного контроля качества соединений

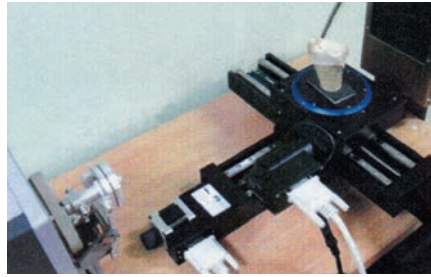


Рис. 5. Компактный рентгеновский микротомограф TOLMI-150-10



Рис. 6. Толщинометры серии ТАУ

Навигационные телекоммуникационные комплексы нового поколения с использованием навигационной системы Глонасс и беспилотных летательных аппаратов для мобильных групп и центров управления полетами обеспечивают:

- информационное взаимодействие разнородных наземных и воздушных средств;
- высокую интеграцию и резервирование каналов связи (радио, сотовых, спутниковых, наземных);
- комплексное использование навигационной и геоинформационной информации;
- автоматизацию учета и отчетности.

Комплекс ориентирован на решение широкого спектра задач. Основное его назначение – мониторинг территории с использованием беспилотного летательного аппарата и сопровождение мобильных групп различного назначения, в том числе спасательных групп.

Программно-аппаратный комплекс для автоматизированных испытаний сильноточных преобразователей (рис. 1) предназначен для автоматизации процесса испытаний сильноточного измерительного и коммутационного оборудования. Применение комплекса позволит оперативно определять динамические метрологические характеристики компонентов и элементной базы силовой электроники.

Дефектоскопический комплекс контроля труб предназначен для автоматического, цифрового, рентгенографического контроля качества сварных швов трубопровод-

ных систем (рис. 2) диаметра 1020 и 1420 мм при строительстве и эксплуатации газопроводов.

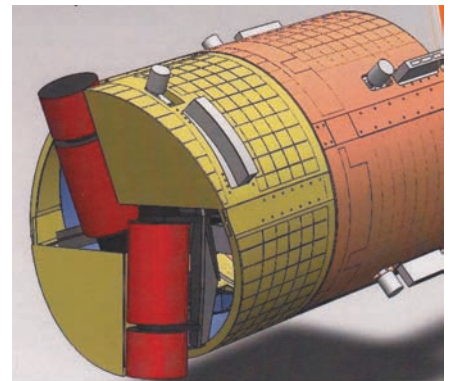
Комплект приборов коррозионного мониторинга магистральных трубопроводов (рис. 3) предназначен для:

- определения остаточной скорости коррозии и степени электролитического наводороживания стенки трубопровода при различных потенциалах катодной защиты;
- прогноза состояния стенки магистральных газонефтепроводов в процессе их длительной эксплуатации и определения остаточного ресурса.

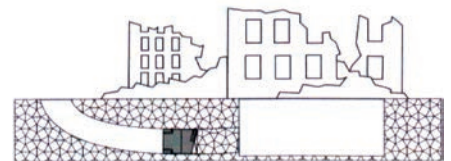
Комплекс может быть использован при проведении изысканий при прокладке трасс трубопроводов и оптимизации их электрохимической защиты на стадиях проектирования и эксплуатации.

Технологии активно-пассивного контроля качества соединений, полученных методом сварки трением с перемешиванием, предназначены для неразрушающего контроля сварных соединений данного типа при изготовлении и ремонте конструктивных и корпусных элементов. Комплекс позволяет проводить автоматизированную диагностику сварных соединений тепловым, радиационным, вихретоковым, акустическим методами контроля (рис. 4).

Компактный рентгеновский микротомограф TOLMI-150-10 (рис. 5), разработанный в лаборатории TOLMI Томского политехнического университета, предоставляет возможность высокоточного контроля ответственных изделий и узлов на уровне мировых стандартов,



а)



б)

Рис. 7. Щитовой проходческий агрегат многоцелевого назначения (а) и схема проходки (б)

обладает высоким пространственным (5–10 мкм) и плотностным (0,5 %) разрешением контроля.

Толщинометры серии ТАУ (рис. 6) предназначены для измерения остаточной толщины промышленных объектов, выполненных из различных материалов, по времени распространения ультразвуковой волны.



а)

Рис. 8. Течеискатель на поверхностно-акустических волнах (а), разработанный ООО «ЭИСлаб» (б) и ООО «ИЭСК «ЭНЭФКОМ» (слева И. Зубков, директор ЭИСлаб)



б)

Прибор неразрушающего экспресс-контроля металлов и сплавов позволяет проводить сортировку готовых изделий по маркам сталей и сплавов, оценивать качество термической обработки металлов, определять на деталях и инструменте обезуглероженный слой и его глубину.

Институт угля СО РАН совместно с ОАО «КОРМЗ» (Кемерово) и Юргинский технологический институт (филиал ТПУ) представили новый вид щитовых проходческих агрегатов многоцелевого назначения (рис. 7). Он предназначен для проходки выработок различного назначения и расположения в пространстве и представляет собой новый класс горных машин.

Выставка «Вузпромэкспо-2014» собрала на своей площадке около ста вузов России и стала объединяющей для ученых российской вузовской науки, студентов, аспирантов, молодых ученых и лидеров отечественного бизнеса.

Течеискатель на поверхностно-акустических волнах (рис. 8) предложили разработчики ООО «ЭИСлаб» (Дзержинск, Нижегородская обл.) и ООО «ИЭСК «ЭНЭФКОМ» (Москва). Течеискатель представляет собой твердотель-

ный датчик, сопряженный с измерительной схемой и аналого-цифровым преобразователем с последующей компьютерной обработкой. Может быть выполнен как в виде переносного прибора, так и в дистанционном исполнении.

Течеискатель работает в индикаторном режиме, т.е. показывает только наличие течи как изменение состояния окружающей среды и не измеряет величину течи (величина течи может быть откалибрована по конкретному газу). Прибор способен работать как в газовых средах, так и в вакууме. Чувствительность: по гелию –  $10^{-9} \dots 10^{-11}$  м<sup>3</sup> Па/с, по фреону-R134A –  $10^{-11}$  м<sup>3</sup> Па/с. Избирательность отсутствует. Датчик лучше реагирует на газы с отличной от воздуха плотностью, чем выше разница, тем больше чувствительность. Энергопотребление: ~25 мВт без учета цифровой схемы. Размеры и масса зависят от исполнения и возможностей миниатюризации микроэлектроники, в настоящий момент датчик имеет размеры приблизительно 1×2×0,5 см при массе несколько грамм.

Стенды и новинки техники и технологий, созданных в вузах, привлекли внимание Правитель-

ства Российской Федерации. Заместитель министра образования и науки Российской Федерации А.А. Климов выразил уверенность в том, что взаимодействие представителей науки, производства и бизнеса здесь, в Гостином Дворе, принесет высокий экономический эффект.

### Выводы

Проведенное мероприятие позволяет сделать вывод, что в настоящее время возможно взаимовыгодное сотрудничество промышленных предприятий с вузами как в подготовке специалистов для промышленности, так и в организации совместных работ по созданию новой техники и технологий НК и ТД.

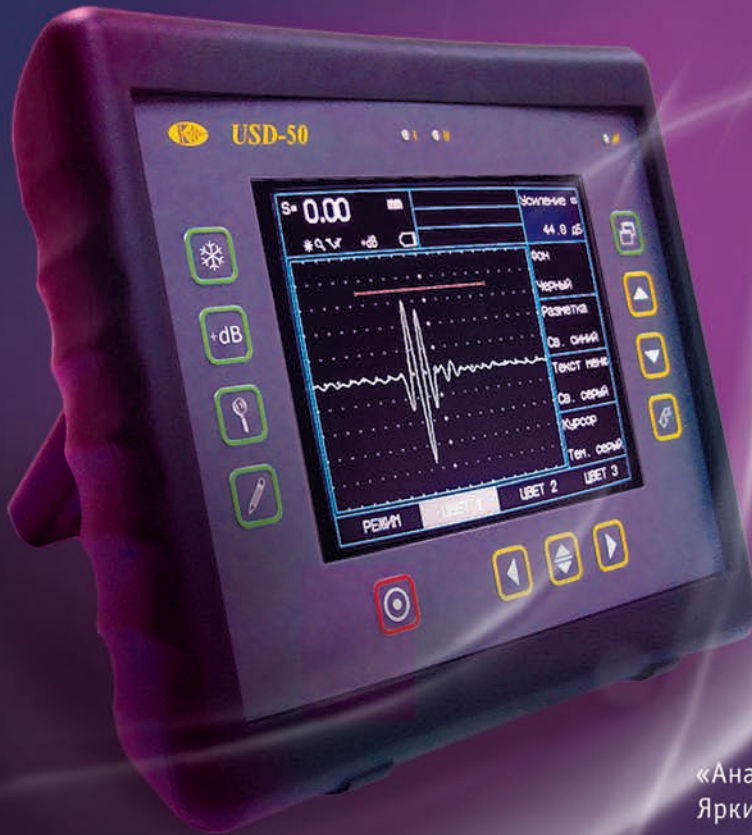
ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр» постоянно расширяет взаимодействие с вузами, заключая договора МГТУ, МЭИ, МГУПИ, Российским государственным университетом нефти и газа. Такое сотрудничество позволяет будущим специалистам по разработкам МНПО «Спектр» в области создания средств неразрушающего контроля на реальных примерах изучать возможности современного отечественного оборудования, применяемого при контроле качества.

НОВЫЙ СТАНДАРТ КАЧЕСТВА  
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКОСКОПОВ

# УСД-50



*Ультразвук как искусство*



«Аналоговая» динамика сигнала  
Яркий и контрастный цветной TFT  
дисплей с разрешением 640×480  
Регулируемая амплитуда и  
форма импульса возбуждения  
Высокая разрешающая способность  
В-скан  
Функции ВРЧ и АРК  
Два независимых строба  
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

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ



**ТРОИЦКИЙ**  
**Владимир Александрович**  
Д-р техн. наук, профессор,  
председатель УО НКТД,  
член Международной  
академии по НК,  
зав. отделом



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



**ГОРБИК**  
**Владимир Михайлович**  
Ведущий инженер

Отдел «Неразрушающие методы контроля качества сварных соединений»,  
Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев, Украина

Технологические трубопроводы являются одним из самых распространенных видов сооружений, которые находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Они предназначены для транспортировки жидких, газообразных и сыпучих веществ при различных значениях давления и температуры. Диаметры технологических трубопроводов колеблются в большом диапазоне. Технологические трубопроводы промышленных предприятий, а также трубопроводы водо-, тепло- и газоснабжения предприятий коммунального хозяйства обычно имеют относительно малый диаметр. К общим проблемам всех этих видов трубопроводов относятся: большое количество сварных соединений, подавляющее большинство которых являются стыковыми кольцевыми; разнотолщинность; разный возраст отдельных труб; необходимость установки ремонтных участков и т.п., недопустимых в магистральных трубопроводах.

Важное значение для обеспечения работоспособности технологических трубопроводов всех категорий имеет периодический мониторинг их технического состояния. Однако проводить мониторинг технического состояния таких трубопроводов обычными методами НК достаточно сложно, так как такие трубопроводы часто находятся в изоляции, под землей, некоторые секции труб подняты над землей, отдельные участки погружены в воду, расположены в рывках под железнодорожными и другими переходами. К сожалению, в настоящее время диагностика технологических трубопроводов пока вынужденно базируется на понятиях и критериях дефектности металла как сварного шва, так и тела трубы без оценки состояния трубопроводных систем в целом. Для этого необходимо применение какого-либо интегрального метода диагностики. В последние годы существенный прогресс в развитие методов оценки качества общего технического

состояния технологических трубопроводов внесла разработка технологии интегральной их дефектоскопии с использованием метода дальнедействующего низкочастотного ультразвукового контроля (НЧ УЗК) направленными волнами. Значительным преимуществом этого метода перед традиционными методами УЗК является возможность использования как при экспресс-контроле общего состояния швов свежих трубопроводов сразу после их монтажа для формирования первоначальной дефектограммы трубопровода, так и при последующем их мониторинге для создания информационной базы, наблюдения за эксплуатационным ресурсом трубопроводов. К главным преимуществам метода дальнедействующего НЧ УЗК относятся быстрдействие, отсутствие скарирования поверхности тела протяженного объекта, обнаружение только крупных поражений и т.д.

Метод НЧ УЗК основан на возбуждении в контролируемом протяженном трубопроводе низкочастотных ультразвуковых колебаний из зоны установки акустического блока. Акустические антенны создаются на основе различных типов излучателей: пьезоэлектрических, магнитоэлектрических преобразователей. Чаще всего для диагностики трубопроводных систем используют акустические антенны на основе пьезоэлектрических преобразователей, которые применяются как для возбуждения УЗ-колебаний в трубопроводе, так и для приема отраженных эхосигналов от различных видов отражателей.

Все отражатели в трубопроводе можно разделить на два вида — симметричные и асимметричные. К симметричным отражателям от-



носятся сварные швы, фланцы, опоры, патрубки и т.п., местоположение которых на трубопроводе известно по технической документации. Эхосигналы от симметричных отражателей являются важными метками для определения местоположения асимметричных отражателей. К асимметричным отражателям относятся дефектные участки трубы, обусловленные чаще всего повреждениями поперечного сечения стенки трубы из-за коррозии и эрозионного износа стенки трубы. Коррозионные поражения стенки трубы ориентированы как вдоль окружности трубы, так и вдоль продольной оси трубы. Они могут находиться на внутренних и наружных поверхностях, однако распознать с помощью дистанционного ультразвукового контроля, какая именно это поверхность, практически невозможно. Повреждения, обусловленные эрозионным износом стенки трубы, чаще всего ориентированы вдоль продольной оси трубы и расположены со стороны внутренней поверхности. Асимметричные отражатели могут располагаться в различных местах трубы. Для идентификации их местоположения вдоль трубы служат эхосигналы от симметричных отражателей. При наличии дефектов в сварном шве, обусловленных деформацией формы шва и коррозионным поражением, они будут идентифицироваться синхронно со сварным швом.

Для акустического портрета общего состояния трубопровода с помощью НЧ УЗ направленными волнами используют в основном две моды волн — продольную и крутильную. Существенной особенностью этих волн является минимальная дисперсия их групповых скоростей в определенных диапазонах частот ультразвуковых волн. По технологии контроля протяженных трубопроводов целесообразно применение симметричной продольной моды нулевого порядка  $L(0,1)$  или  $L(0,2)$  в области минимальной дисперсии скорости либо недисперсионной нулевой крутильной моды  $T(0,1)$ .

Визуально распространение направленных волн можно предста-

вить в виде кольцевой волны, которая проходит вдоль трубы по всему сечению и взаимодействует с поперечным сечением трубы в каждой точке. Наиболее приемлемой модой является быстродвижущаяся нулевая продольная мода  $L(0,2)$ , скорость которой не зависит от частоты в диапазоне частот выше 20 кГц.

Крутильные волны с модой  $T(0,1)$  нулевого порядка характеризуются равенством фазовой и групповой скоростей и не обладают дисперсностью. Отсутствие дисперсии и низкая скорость крутильной волны позволяют уменьшить мертвую зону и улучшить разрешающую способность. Крутильная волна обязательно проявляется от нулевой частоты со скоростью поперечных волн, существует на любой частоте при постоянной скорости поперечных волн и является осесимметричной модой.

В Институте электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины с 2004 г. проводятся научно-исследовательские работы по разработке технологии и технических средств дальнего действия НЧ УЗК направленными волнами протяженных трубопроводов. Для изучения процессов распространения низкочастотных направленных волн в протяженных трубопроводах создан экспериментальный сварной трубопровод длиной 48 м из труб длиной 6 м. В трубопроводе использованы трубы с внешним диаметром 114 мм и толщиной стенки 6 мм из стали Ст3. Трубопровод смонтирован на специальных опорах, которые изолируют его акустически от внешней среды. В процессе исследовательских работ созданы пьезопреобразователи для возбуждения в трубопроводе направленных волн продольной и крутильной мод.

В целях отработки технологии обнаружения дефектов в трубах по параметрам отраженных эхосигналов использовали метод физического моделирования реальных дефектов путем механического изготовления в трубах локальных моделей несплошностей. В качестве таких моделей несплошностей были приняты:

- утонение стенки трубы размером  $18 \times 10$  см на расстоянии 3,2 м от одного конца трубы;
- прорезь по окружности трубы шириной 2,5 мм, глубиной 2,5 мм, длиной  $0,5L$ , где  $L$  — длина окружности трубы, на расстоянии 4,48 м от конца трубы;
- прорезь шириной 2,5 мм, глубиной 2,5 мм, длиной  $0,3L$  на расстоянии 14,91 м от конца трубы.

Испытаны антенны как для технологических трубопроводов диаметром до 330 мм, так и для труб теплообменников диаметром до 1,5" с вводом НЧ-колебаний со стороны их внутренней поверхности (изнутри трубок).

Исследования проводили на четырех стальных теплообменных трубках длиной 4 м, внешним диаметром 21,7 мм, внутренним диаметром 15,7 мм и, соответственно, толщиной стенки 3 мм. В трех из четырех труб были изготовлены различные модели дефектов, а одну трубу оставили без дефектов. В качестве моделей дефектов использовали:

- сегментную прорезь глубиной 1,8 мм и шириной 1 мм;
- четыре сегментные прорези глубиной 1,8 мм и шириной 1 мм, расположенные в одной плоскости поперечного сечения трубы и сдвинутые один относительно другого на  $90^\circ$ ;
- продольный сегментный паз глубиной 1,8 мм, шириной 11 мм и длиной 200 мм;
- плоскостные сверления разной глубины диаметром 2 и 4 мм;
- сквозные отверстия диаметром 2 и 4 мм.

Исследования показали перспективность применения НЧ УЗК для диагностики состояния трубок теплообменников без сканирования их поверхности. Это существенное преимущество данного метода по сравнению с вихретоковым, магнитным и другими методами, используемыми для теплообменных трубок.

Для расшифровки результатов НЧ УЗК применяли различные толщиномеры и другие средства. Метод НЧ УЗК является интегральным, характеризующим трубу в целом, но при этом ее акустический портрет требует расшифровки.

Насколько это необычный метод, говорит то обстоятельство, что первый стандарт по длинноволновому методу контроля появился только в 2009 г., это итальянский стандарт UNI/TS 11317 – 2009 г., а японский стандарт JIS-0NDIS 2427 принят в 2010 г. И это при том, что первые образцы НЧ УЗ-систем были выпущены в конце 1990-х гг. Сейчас в развитых странах это один из наиболее быстро развивающихся методов мониторинга технологических трубопроводов. Пока он находит применение преимущественно для технологических трубопроводов.

Процесс прохождения низкочастотных акустических волн чувствителен к изменениям толщин стенок труб, к характеру отложений на внутренней поверхности, коррозии и другим изменениям сечения. Полученный при этом эхосигнал содержит информацию об отражателях и расстоянии до них.

Длинноволновый низкочастотный ультразвуковой контроль позволяет определить изменения толщин стенок труб по характеру отраженного сигнала, его амплитуде и форме. Время появления отраженного сигнала здесь соответствует только расстоянию вдоль трубы от антенны до отражателя.

При этом значительно усложняется интерпретация результатов длинноволнового контроля. Проблема заключается не только в селектировании отраженного сигнала, но и его обнаружении и выявлении на фоне помех, которые могут быть соизмеримы или превосходить интересующий отраженный сигнал, который может маскироваться, например, многократно превосходящими его по амплитуде сигналами от сварных швов, фланцев, колен трубы, ответвлений. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что эхосигнал значительно ослабляется при отражении с дальних участков трубопроводов. Эти особенности данного метода, к сожалению, потенциальные заказчики НЧ-метода плохо себе представляют, предпочитая точность и чувствительность этого метода соизмеримой с аналогичными характеристиками традиционного высокочастотного

ультразвукового контроля. Основное и неоспоримое преимущество длинноволнового НЧ-метода контроля – это возможность достаточно быстро без сканирования поверхности объекта выявлять наиболее критические участки трубопроводов без их вскрытия. Поэтому со временем в первую очередь такие системы будут использоваться для мониторинга объектов, технологических труб и т.п., а также при НК:

- при пересечении дорог трубопроводами;
- при прохождении трубопроводов через стену и другие препятствия;
- изношенных секций труб, когда необходима информация о предстоящих объемах работ;
- надземных и труднодоступных секций трубопровода;
- при выявлении коррозии под изоляцией и с минимальным удалением изоляции;
- криогенных трубопроводов, трубопроводов повышенной температуры, аммиакопроводов;
- заводских трубопроводов всех категорий;
- трубопроводов и других протяженных объектов, подходящих к пристани, в прибрежной зоне.

Таким образом, НЧ УЗ-контроль существенно расширяет возможности дефектоскопии. Особенно эффективен этот метод для промышленных технологических трубопроводов относительно малого диаметра, получение акустических портретов которых облегчает последующий их мониторинг.

Принципиальные отличия используемой техники длинноволнового ультразвукового контроля и самих подходов в интерпретации результатов контроля требуют специальной и достаточно сложной подготовки и сертификации дефектоскопистов.

Начиная с 2000 г. в разных странах ведется подготовка и сертификация персонала по указанному методу в соответствии с общим стандартом по неразрушающему контролю EN14748/2004. Но специальных стандартов по подготовке и сертификации персонала по указанному методу пока нет. Подготовка организована в инсти-

тутах, которые имеют реальные системы НЧ УЗК для диагностики трубопроводов направленными волнами, для определения изменения толщины стенок труб, например в ИЭС им. Е.О. Патона (Киев).

В 2011 г. появился американский стандарт ASTM E2775-11 для так называемой базовой конфигурации трубопроводов, которая предполагает открытые прямые и доступные для контроля участки вспомогательных трубопроводов с кольцевыми сварными соединениями. В этом же стандарте указано, что он «определяет общий порядок выполнения тестирования и идентификации по выявлению различных аспектов, имеющих особое значение для получения достоверных данных». Там же указано, что сама интерпретация результатов контроля и критерии приемки исключены из стандарта. Эти критерии определяются индивидуально для каждого типа технологического трубопровода в зависимости от его категории и многих других обстоятельств.

В ИЭС им. Е.О. Патона в процессе выполнения европейского проекта LRUT разработаны два диагностических ультразвуковых комплекса для определения состояния и коррозионного износа трубопроводов диаметром до 330 и до 630 мм. При резонансной частоте 36 и 16,3 кГц эти устройства (рис. 2) соответственно состоят из следующих блоков:

- акустической антенны, представляющей собой кольцевой блок акустических преобразователей, расположенных равномерно по диаметру трубы с внешней стороны и прижимаемых к трубе;
- устройства возбуждения зондирующих импульсов, приема отраженных сигналов и программного управления режимами;
- персонального компьютера для регистрации, обработки и анализа полученной информации о техническом состоянии трубопровода.

На рис. 1 показано такое исследование трубопровода длиной 48 м, диаметром 114 мм, на рис. 2 НЧ-установка показана при диагностике трубы нефтяного сортамента.

## Точность определения расстояния от антенны до выявленных дефектов и сварных швов вдоль трубы

Параметр	Нумерация швов и дефектов									
	Д1	I	II	Д2	III	IV	V	VI	VII	Торец
Расчетный (по УЗК), м	4,15	6,05	12,12	14,97	18,35	24,48	30,78	36,59	42,88	48,68
Измеренный рулеткой, м	4,25	6,04	12,09	15,25	18,34	24,45	30,56	36,62	42,69	48,69

Д1, Д2 – дефекты; I – VII – нумерация швов трубопровода.



Рис. 1. Диагностический ультразвуковой комплекс на трубе Ø 114 мм

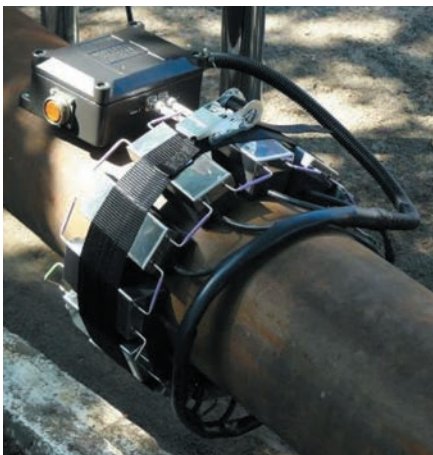


Рис. 2. Диагностический ультразвуковой комплекс на трубе нефтяного сортамента

Экспериментально проверена точность определения расстояния от антенны до выявленных дефектов и сварных швов вдоль трубы (см. таблицу).

Разметка трубы и ее осциллограмма представлены на рис. 3.

Расчет расстояния до шва и дефектов выполняли по формуле

$$L = \frac{vt}{2},$$

где  $t$  – время прохождения отраженного эхосигнала на осциллограмме;  $v$  – скорость распространения ультразвука для торсионных возбуждений волны.

Из таблицы видно, что точность измерения расстояний вдоль

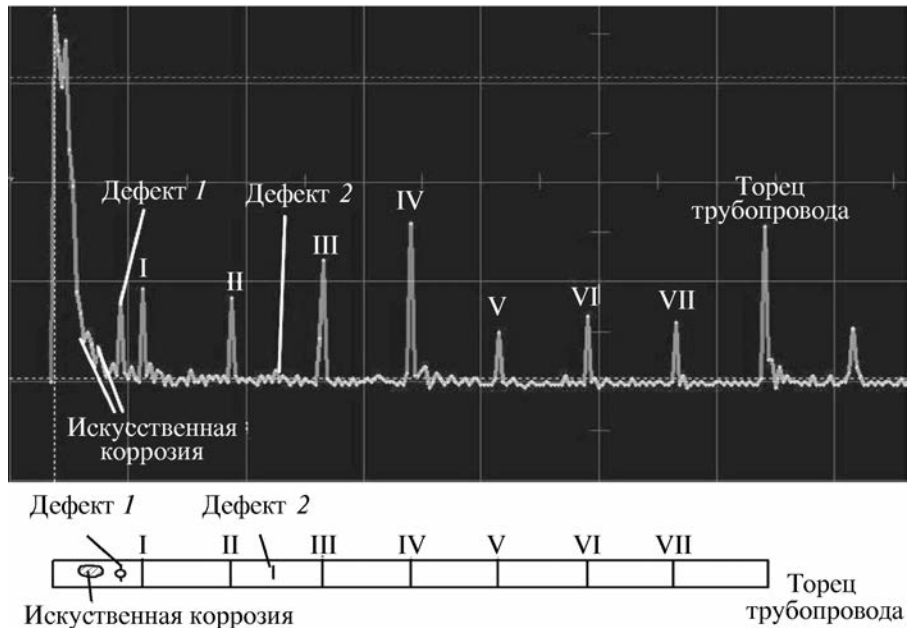


Рис. 3. Осциллограмма эхосигнала на экспериментальном участке трубопровода длиной 48 м, римскими цифрами выполнена нумерация импульсов швов трубопровода, причем три из них хороших (V, VI, VII), два явно плохих (III, IV) и два удовлетворительных (I, II)

оси трубы достаточно высокая (не хуже 30 см) и почти не зависит от расстояния до выявленных отражателей и сварных швов трубы. Этой точности вполне достаточно для определения места шурфления и вскрытия трубопровода. Обращает на себя внимание, что отраженные сигналы от однотипных кольцевых швов (рис. 1), выполненные одним сварщиком в равных условиях, разные. Это говорит о большой перспективности мониторинга качества новых трубопроводов перед их изолированием. Так, легко выявить плохо сваренные сварные швы перед изолированием трубопровода.

Фрагменты экспериментальных обследований открытых участков газопровода Краснопаркопского бромзавода (труба Ø 330 мм, толщина стенки 8 мм) показаны на рис. 4. Этот метод здесь был использован для обсле-

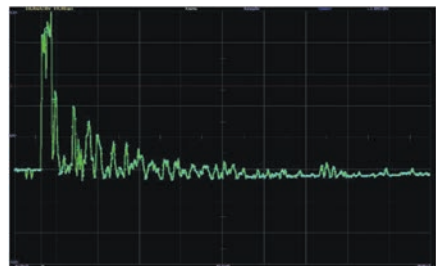
дования участков трубопроводов на расстоянии до 150 м от установленной антенны. При этом необходимо отметить высокое качество поверхности контролируемого объекта – трубы. Выполнить интерпретацию результатов контроля в этом случае достаточно сложно на фоне многократного отражения акустических волн, в том числе и от фланца трубы (см. рис. 4).

Там же проводили обследования подземного участка газопровода, покрытого усиленной противокоррозионной бризольной изоляцией толщиной 9 мм (рис. 5). В этом случае акустические волны практически сразу же затухают.

Исследования возможности выявления коррозионных поражений длинноволновым методом проводили на полигоне труб ТЭЦ в г. Вишневое с достаточно большим количеством новых и быв-



а)

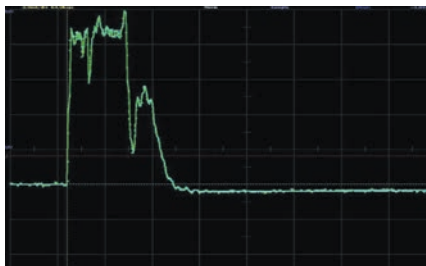


б)

Рис. 4. Контроль наземного участка газопровода длиной 150 м (а) и осциллограмма эхосигнала (б)



а)

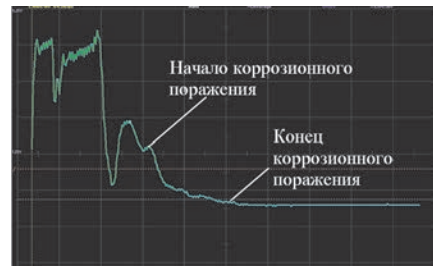


б)

Рис. 5. Контроль подземного участка газопровода с противокоррозионной брызольной изоляцией (а) и осциллограмма эхосигнала (б)



а)



б)

Рис. 6. Контроль подземного участка действующей теплотрассы и осциллограмма (а) эхосигнала от коррозионного поражения трубопровода (б)

ших в употреблении труб с различными видами защитной изоляции. Экспериментально подтверждено, что для толстых битумных покрытий дальность НЧ УЗ-контроля не превышает 1–3 м. Установлено, что достаточно хорошо НЧ УЗ-волны проходят по трубам с теплоизоляцией, подобной, например, пенопласту с последующей гидроизоляцией. Длина экспериментальных бывших в употреблении труб на этом складе не превышала 8–12 м. Были выявлены скрытые участки коррозионных поражений, отверстий врезок и ремонтные участки.

Исследования утонений из-за коррозионных поражений подземных участков труб действующей теплотрассы (рис. 6) были успешными. В местах, указанных НЧ УЗК при гидравлических испытаниях теплотрассы, была обнаружена утечка на одном из отмеченных участков. На трубопроводах с глубоким и обширным коррозионным поражением НЧ-колебания далеко не распространяются. Так, на одном из трубопроводов теплотрассы после шурфования была установлена акустическая антенна

и выявлен участок сильного коррозионного поражения на расстоянии порядка 6 м от антенны. Утверждение обнаруженных мест разрывов, планирование ремонтов и мониторинга теперь должны проводиться на основе длинноволнового метода НЧ УЗ-контроля. Это особенно важно для трубопроводов с высокой степенью коррозионных поражений. Причем интерпретация результатов контроля в этом случае сравнительно простая – сигнал на участке сильного коррозионного поражения практически полностью затухает, т.е. трубу следует ремонтировать, не допускать ее разрушения. Место сильного затухания НЧ-колебаний должно быть изучено и отремонтировано.

Основные технические характеристики описанных комплексов по дальности контроля, точности определения расстояния до отражателей соответствуют аналогичным характеристикам зарубежных образцов.

#### Библиографический список

1. Троицкий В.А., Бондаренко А.И. Техническая диагностика протя-

женных объектов низкочастотным ультразвуком // Сб. Всеукраинского семинара «Техническая диагностика в промбезопасности». Киев, 2010.

2. Troitskiy V.A., Paton B.E., Gorbik V.M., Shvidkiy S.A. Works on Low-frequency ultrasonic testing of pipelines of the E. O. Paton Electric Welding Institute // The 2nd South-East European IIW International Congress, Sofia, Bulgaria, рсt. 2010. Sofia, 2010.
3. Троицкий В.А., Попов В.Ю. Ультразвуковой контроль сварных соединений. Киев: Феникс, 2010. 220 с.
4. Троицкий В.А. Мониторинг больших площадей корабельных и мостовых конструкций в свете проекта Ship-Inspector // Территория NTD. 2013. № 1. С. 50–54.
5. Demma A., Alleyne D. Guided Waves: standardization and certification // 6th International Conference on Certification and Standardization NDT. Valencia, 2011, June 13–14. Valencia, 2011.
6. ASTM E2775-11. Standard Practice for Guided Wave Testing of Above Ground Steel Pipework Using Piezoelectric Effect Transduction.

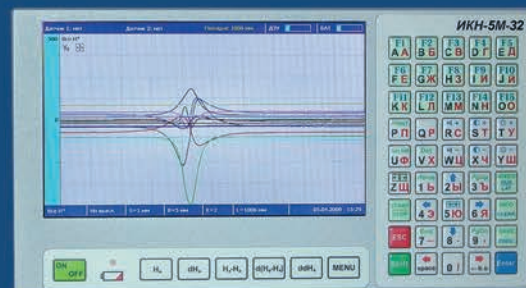
# Приборы для ранней диагностики повреждений оборудования, трубопроводов и конструкций с использованием метода магнитной памяти металла



**ИКН-7М-16**



**ИКН-8М-4**

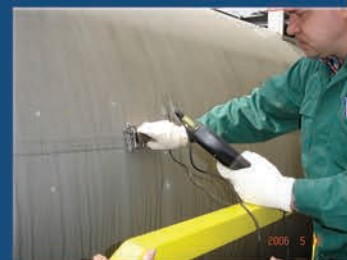


**ИКН-5М-32**

**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.energodagnostika.ru E-mail: mail@energodagnostika.ru

# ПРОБЛЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ИХ РЕШЕНИЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА



**ДУБОВ Анатолий Александрович**

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

В настоящее время в ОАО «Газпром» и на предприятиях других отраслей промышленности все большее внимание уделяется неразрушающему контролю (НК) фактического напряженно-деформированного состояния (НДС) оборудования и конструкций, находящихся в длительной эксплуатации. Все большее количество специалистов осознает необходимость НК НДС при оценке ресурса и рисков объектов промышленности и транспорта.

Однако следует отметить, что большинство методов и средств НК НДС направлено на контроль средних объемных напряжений, уровень которых, как правило, не превышает предела текучести металла.

В то же время известно, что основными источниками возникновения и развития повреждений оборудования и конструкций являются зоны концентрации напряжений (ЗКН), в которых процессы коррозии и усталости развиваются наиболее интенсивно. Установлено, что уровень напряжений в локальных ЗКН, размеры которых колеблются от десятков микрон до нескольких миллиметров, могут значительно превышать не только предел текучести, но и предел прочности металла.

Кроме того, большинство методов НК напряжений проходят тарировку на образцах в лабораторных условиях, и поэтому результаты такой тарировки нельзя переносить на контроль НДС реального оборудования из-за влияния масштабного фактора и по другим причинам.

До сих пор существует множество проблем при реализации НК НДС на практике. Фактическое НДС трубопроводов и оборудования, как правило, не соответ-

ствует расчетному НДС, и в общем случае неизвестно фактическое распределение деформаций по величине, знаку, направлению, глубине объекта контроля (ОК).

В работах [1, 2] подробно рассмотрены проблемы НК НДС материалов на основе экспериментальных и теоретических исследований.

Рассмотрим, например, проблемы, которые проявились при сравнительных испытаниях различных методов и средств НК НДС на действующих газопроводах компрессорной станции «Лысково» ООО «Волготрансгаз», организованных и проведенных ОАО «Газпром» в 2000 г.

На рис. 1 представлены участок трубопровода обвязки ( $\varnothing 529 \times 12$  мм) газоперекачивающего агрегата № 3 (ГПА-3) и точки контроля напряжений, которые были рекомендованы комиссией для сравнительных измерений различными методами и приборами.

Зоны контроля для сравнительных испытаний были выбраны по расчетным данным.

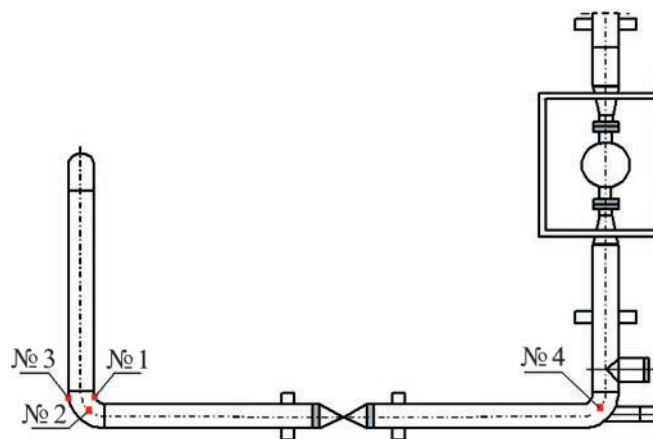


Рис. 1. Участок трубопровода обвязки газоперекачивающего агрегата:  
№ 1 – 4 – точки контроля напряжений

Этот объект является наиболее проблематичным с точки зрения определения истинных напряжений, так как неизвестно, каково было исходное состояние трубопроводов. Поэтому была сделана попытка установления напряженного состояния по разности деформаций трубопровода в холодном и горячем состояниях, т.е. без давления газа и под давлением газа.

В таблице представлены результаты сравнительных испытаний НДС указанного трубопровода обвязки КС, находящегося под давлением газа, по отдельным методам НК.

### Результаты сравнительных испытаний НДС

Метод контроля	Уровень напряжений, МПа		
	Зоны контроля		
	№ 1	№ 2	№ 3
Расчетный	95	95	80
Тензодатчики	186	102	176
Магнитошумовой (STRESSCAN-500с)	136	95	200
Магнитошумовой («ИНТРОМАТ»)	-27	8	35
Магнитошумовой («ПИОН-01»)	38	40	—
АФЧХ-тестирование*	-154	74	77

\* Метод амплитудно-фазовых и частотных характеристик, основанный на измерении электропроводности материала

Из таблицы видны резко различающиеся результаты по величине и знаку напряжений, полученные разными методами по испытаниям в одних и тех же зонах контроля (№ 1 – 3). Например, напряжения по показаниям тензодатчиков оказались в 1,5 – 2 раза выше расчетных. Следует отметить, что даже приборы, основанные на использовании одного физического метода – магнитошумового (или эффекта Баркгаузена), показали разные напряжения как по величине, так и по знаку.

В указанных испытаниях принимали участие и специалисты ООО «Энергодиагностика» (Москва) с применением приборов типа ИКН (магнитометрических измерителей концентрации напряжений) и метода магнитной памяти металла (МПМ).

На рис. 2 представлены результаты контроля методом МПМ в виде линий смены знака нормальной составляющей собственного магнитного поля (линии  $H_p^y = 0$ ), которые соответствуют линиям максимальной деформации трубопровода, находящегося под давлением газа. При этом на линиях деформации были выявлены зоны максимального градиента магнитного поля  $dH/dx$ , которые по методике соответствуют зонам максимальной концентрации напряжений. На левом колене трубопровода обвязки методом МПМ были выявлены две зоны максимальной концентрации напряжений (ЗКН1 и ЗКН2) и одна зона ЗКН3 на правом колене трубопровода.

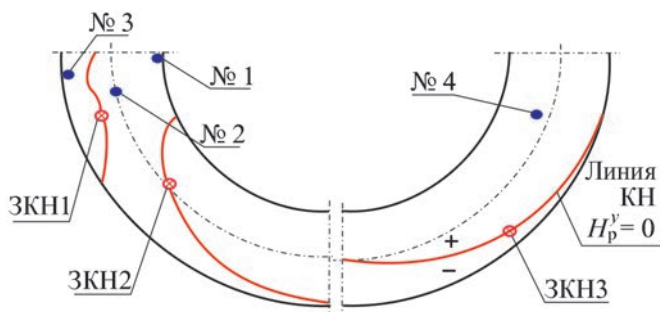


Рис. 2. Результаты контроля методом МПМ в виде линий смены знака нормальной составляющей собственного магнитного поля (линии  $H_p^y = 0$ ), которые соответствуют линиям максимальной деформации трубопровода, находящегося под давлением газа

На рис. 3 представлены фрагменты магнитограмм, зафиксированные в ЗКН1 и ЗКН2 при контроле левого колена трубопровода в осевом направлении.

Следует отметить, что при повторном контроле другими методами НК НДС в ЗКН1, ЗКН2 и ЗКН3, выявленных методом МПМ, были получены заметно большие уровни напряжений по сравнению с результатами, указанными в таблице. Например, в ЗКН2 по методу АФЧХ напряжения в осевом направлении оказались равными 150 МПа, а при установке датчика перпендикулярно линии деформации – 268 МПа. По значениям градиента поля  $dH/dx$ , зафиксированного приборами ИКН (метод МПМ), уровень напряжений в ЗКН1 и ЗКН2 (см. рис. 3) составляет не ниже предела текучести (~290 МПа) для стали 20, из которой изготовлен трубопровод обвязки.

Методика оценки уровня напряжений в ЗКН, выявленных методом МПМ по градиенту магнитного поля, представлена в работе [3].

Различие в результатах оценки величины и знака напряжений, полученных разными методами (см. таблицу), можно пояснить следующими причинами.

Во-первых, любое искусственное вводимое от прибора физическое поле в объект контроля, находящийся в напряженно-деформированном состоянии, обязательно будет взаимодействовать с собственными

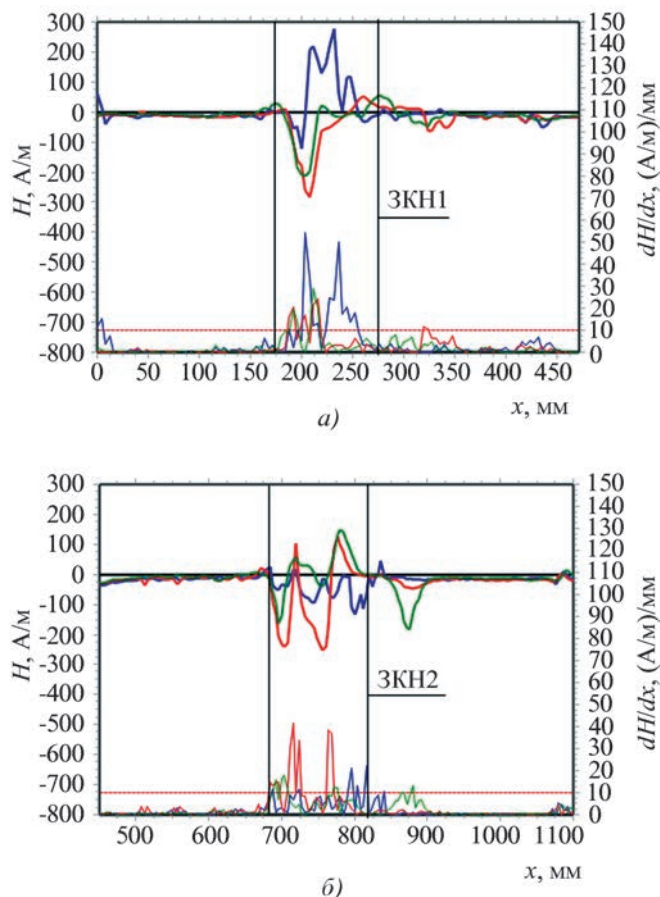


Рис. 3. Результаты контроля методом МПМ левого колена в ЗКН1 (а) и в ЗКН2 (б) на входном трубопроводе обвязки агрегата № 3 ГКС «Лысково» (Волготрансгаз)

физическими полями материала, например электромагнитными, сформировавшимися на уровне кристаллической решетки. И результат такого взаимодействия для разных физических методов НК обязательно будет разным.

Во-вторых, важным условием объективности контроля напряжений является не только определение зоны максимальных напряжений, фактически сложившихся на трубопроводе, но и правильное (одинаковое) расположение датчиков приборов по отношению к фактическим линиям деформации.

Например, при данных испытаниях было установлено, что если поставить заранее ориентированный датчик прибора перпендикулярно по отношению к линии максимальной деформации и концентрации напряжений (КН), то можно получить напряжения сжатия и, наоборот, напряжения растяжения, если поставить датчик вдоль линии КН (см. рис. 2). В другом месте, если делать измерения, двигаясь датчиком прибора вдоль линии КН по периметру трубы, можно получить, наоборот, напряжения сжатия, а в перпендикулярном направлении к линии КН – напряжения растяжения.

В-третьих, при выполнении контроля напряжений (особенно методами и приборами, основанными на одном физическом принципе) необходимо было учитывать изменение величины и знака напряжений при разной глубине проникновения физического поля используемого прибора по толщине стенки трубопровода.

Кроме того, при выполнении контроля напряжений разными методами и средствами НК должны быть использованы одинаковые тарифовочные характеристики, указывающие связь параметров физического поля прибора с деформациями и напряжениями.

При тарифовке различных средств НК НДС на образцах при их растяжении измеряют продольную и поперечную деформацию по отношению к направлению нагрузки. Продольной деформации соответствует напряжение растяжения, а поперечной деформации – напряжения сжатия. Таким образом, на реальном оборудовании на основе тарифовочных характеристик, полученных в лабораторных условиях, можно измерить только продольную и поперечную деформации. При этом в большинстве случаев на реальном оборудовании неизвестно, где и как ставить датчик используемого прибора по отношению к зонам КН. В работе [2] показано, что в зонах КН кроме деформаций сжатия и растяжения имеют место деформации: сдвига, радиальные, широтные и угловые (кручения). Показано, что в зонах КН под действием рабочих нагрузок формируется максимальная плотность дислокаций с выходом на поверхность, например, трубы в виде линии деформации скольжения (см. линию  $H_p^y = 0$  на рис. 2).

В работах [1, 2] также представлены существующие противоречия между «сопроматовским» и «физическим» подходами к оценке НДС реального оборудования. В соответствии с положениями сопромата в основе понятия «напряжение» лежит произведение модуля упругости  $E$  на деформацию  $\epsilon$ .

На физическом уровне понятие «напряжение» – это концентрация механической энергии в объеме изделия. Энергетический подход к оценке напряжений интегрально учитывает все виды деформации, которые имеют место на реальном оборудовании. Учитывая изложенное, можно отметить, что различие в оценках уровня напряжений, полученное разными методами НК при испытании на трубопроводах обвязки агрегата компрессорной станции, вполне объяснимо. Метод МПМ является одним из первых методов НК НДС, в основе которого лежит оценка энергетического состояния материала, определяющая возможность материала сопротивляться внешним нагрузкам в ЗКН.

Тарифовка метода МПМ выполняется непосредственно на оборудовании путем сравнения магнитных параметров в ЗКН и вне ее.

По результатам сравнительных испытаний различных методов и средств НК НДС на газопроводах КС «Лысково» комиссией ОАО «Газпром» были сделаны следующие выводы:

- на современном этапе ни одно из испытанных средств определения напряжений в теле труб в реальных условиях эксплуатируемых компрессорных станций, применяемых в отдельности, не может обеспечить достаточно достоверных сведений о напряженно-деформированном состоянии;
- достаточно достоверной оценкой НДС трубопроводов эксплуатируемых станций можно считать результаты определения НДС как минимум двумя методами и/или средствами, расходящимися не более чем на 30 % в сечениях с максимальными напряжениями и не более чем на 10 % в сечениях с напряжениями, превышающими допустимые по СНиП 2.05.06–85;
- следует рекомендовать для оценки НДС трубопроводов действующих компрессорных станций сочетания экспериментальных и расчетно-экспериментальных методов;
- следует считать целесообразным предварительное обследование трубопроводов сканирующими приборами, основанными на методе магнитной памяти металла, для сокращения объемов измерений НДС трубопроводов.

Таким образом, для выявления участков газопроводов с ЗКН, предрасположенных к повреждениям, предлагается использовать метод магнитной памяти металла (МПМ).

При его применении не требуется никаких подготовительных работ (зачистки металла, снятия слоя краски и изоляции). Работы с использованием метода МПМ можно выполнять как во время ремонта, так и под нагрузкой, без останова оборудования. На метод МПМ разработаны и введены российские и международные стандарты. Имеется ряд руководящих документов для нефтегазовой отрасли. В частности, РД 51-1–98 «Методика оперативной диагностики локальных участков газопроводов с использованием магнитной памяти металла». Данный руководящий документ, утвержденный ОАО «Газпром» еще в 1998 г., введен в действие и допущен к применению на практике.



Методика, изложенная в указанном РД, за период с 1998 г. по настоящее время прошла широкую проверку на практике. Наиболее значителен опыт ее применения в ООО «Газпром трансгаз Томск», ООО «Газпром добыча Уренгой» при экспресс-сортировке газопроводов, бывших в эксплуатации, на годные и негодные, при оценке состояния технологических трубопроводов КС, при определении потенциально опасных стресс-коррозионных участков газопроводов.

Самое главное, что данная методика позволяет выявить не только развитые дефекты, но и дает возможность определить уровень концентрации напряжений на этих дефектах, т.е. оценить степень их опасности. Кроме того, методика позволяет выполнить оценку НДС в зонах термического влияния (ЗТВ) сварного соединения и выявить локальные ЗКН – источники будущих повреждений.

В настоящее время указанная методика на основе значительного экспериментального материала пере-

работана и усовершенствована. Предприятием ООО «Энергодиагностика» в соответствии с современными требованиями стандартов разработаны рекомендации по применению данной методики на предприятиях ОАО «Газпром». Рекомендации находятся на рассмотрении во ВНИИГАЗ.

### Библиографический список

1. Власов В.Т., Дубов А.А. Физическая теория процесса «деформация—разрушение». М.: ЗАО «Тиссо», 2007. 517 с.
2. Дубов А.А. Новые требования к методам и средствам диагностики напряженно-деформированного состояния материалов // Территория NDT. 2012. № 4. С. 52–56.
3. 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. 395 с. ■

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА RS 2 WP ДЛЯ КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ КОРРОЗИИ И ЭРОЗИИ



**СЕМЕРЕНКО**  
**Алексей Владимирович**

Руководитель отдела средств НК и ТД,  
специалист III уровня по УЗК,  
ООО «Панатест», Москва

Данная статья продолжает цикл публикаций, начатый в № 4 за 2014 г. и посвященный возможностям ультразвукового дефектоскопа RS 2 WP производства фирмы Sonatest (рис. 1).

В этой публикации будет рассмотрена возможность использования указанной измерительной системы для

создания карт толщин объектов, подверженных коррозии и эрозии.

Примером применения прибора для поиска дефектов такого рода может служить дефектоскопия резервуаров.

*Основные технические характеристики системы:*

- ширина полосы пропускания 1...22 МГц;
- амплитуда ГЗИ 70 В;
- максимальное число каналов 128;
- число активных каналов (апертура) до 32;
- получение А-, В-, С-сканов в реальном времени;
- одновременное получение до четырех С-сканов;
- функция построения карт больших площадей (сшивки);
- программные средства для автоматической оценки параметров дефекта;
- число измерительных стробов до шести.

Одним из основных диагностических параметров, по которым оценивается скорость коррозии и прогнозируется остаточный ресурс резервуара, является толщина стенки объекта. Измеряют толщину металла каждого из следующих элементов конструкции: стенка — отдельно по каждому поясу, патрубков на стенке — по нижней образующей; днище — окрайка и центральная часть; крыша стационарная — настил и несущие



Рис. 1. Ультразвуковой дефектоскоп RS 2 WP



Рис. 2. Эрозионное поражение металла

конструкции (каркас щита, фермы и др.); крыша плавающая – коробка, центральная часть. При этом учитывают, что более интенсивному коррозионному износу подвергаются настил кровли, верхние два пояса стенки и днище.

Рассмотрим пример контроля на образце с эрозионным поражением внутренней поверхности (рис. 2) с применением роликового преобразователя (РП).

Для работы используется РП модели CWP (рис. 3), специально сконструированный и предназначенный для поиска коррозионных повреждений металла и составления карты коррозии.

Конструкция CWP показана на рис. 4. Эргономичный дизайн РП, разработанного для контроля сосудов и трубопроводов, облегчает проведение диагностики объектов с цилиндрической поверхностью за счет хорошей фиксации ролика на поверхности. Благодаря заполненной жидкостью шине датчик подходит для контроля грубых, ржавых поверхностей. Количество элементов – 64, активная зона – 44,8 мм, рекомендуемая апертура – 8 элементов. Матричные РП на 64-элементной фазированной решетке с шагом 0,8 мм и высокоточным кодировщиком положения обеспечивают получение С-сканов в реальном времени. Производительность контроля при использовании CWP может достигать 2 м<sup>2</sup>/мин.

Износостойкая резиновая шина позволяет работать по неровным поверхностям с шероховатостью ~1 мм (рис. 5) и даже по сварному шву.

С помощью РП наиболее успешно выполняется контроль:

- наличия питтингов и расслоений;
- коррозионного износа;
- стенок резервуаров;
- композитных материалов;
- деталей морских судов.

Области применения:

- нефтегазовая отрасль;
- авиакосмическая отрасль;
- морское судостроение;
- автомобилестроение.

Для настройки дефектоскопа RS 2 WP для проведения УЗК необходимы сведения об объекте контроля (материал, геометрия, толщина) и о типовых дефектах, которые необходимо в нем выявить. Исходя из этого выбирают частоту преобразователя, параметры А-скана (амплитуда, расстояние, время), которые контролируют с помощью стробов, количество С-сканов, которое нужно вывести на монитор.



Рис. 3. Роликовый преобразователь CWP



Рис. 4. Конструкция CWP

Для испытаний выбрали образец толщиной 6,5 мм, изготовленный из низкоуглеродистой стали, с параллельными поверхностями и следами эрозии на внутренней поверхности. Скорость звука в металле 5960 м/с.

Материал имеет небольшой коэффициент затухания ультразвука, поэтому частоту преобразователя выбрали 5 МГц. Диапазон развертки установили около 20 мм, чтобы можно было наблюдать первый и второй донные сигналы.

Интерфейсный строб устанавливают на эхосигнал, отраженный от поверхности ввода для компенсации изменения пути звука в иммерсионной жидкости преобразователя. Первый измерительный строб (красный) настраивают на первое отражение звука от донной поверхности, второй (синий), соответственно, на второе отражение (рис. 6). Толщина образца определяется расстоянием между первым и вторым донными сигналами.

На рис. 7 и 8 приведены две отсканированные области: одна без эрозии (рис. 7), а другая с эрозией (рис. 8). Карта цветов Spectrum установлена на диапазон толщин 2 мм (красный) – 8 мм (синий).

На С-скане (рис. 9) с картой цветов допустимо/недопустимо (зеленый/красный), примененной к поставленной задаче, четко показаны пораженные области.

Программное обеспечение позволяет выполнить полный анализ полученных данных и автоматически рассчитать площадь дефектов, имеющих сложную конфигурацию.

В процессе постобработки можно «сшить» отдельные С-сканы, пользуясь возможностью их вращения и перемещения, в единый Т-скан и, таким образом, получить карту толщины всей поверхности ОК. Имеется возможность сохранения, экспорта и печати сканов в виде масштабированных изображений или изображений в натуральную величину с раскладкой на несколько страниц для последующего наложения на ОК и точного определения местоположения дефектов.

## Заключение

Дефектоскоп RS 2 WP с роликовым преобразователем CWP, конструкция которого позволяет проводить измерение толщины стенки как горизонтальной, так и вертикальной ориентации, делают измерительную систему надежным средством диагностики плоских протяженных поверхностей промышленных объектов в соответствии с требованиями, изложенными в нормативных документах.

Результаты контроля дна резервуара, полученные с помощью RS 2 WP, совпадают с результатами контроля, выполненного магнитным сканером, традиционно применяющимся для такого типа диагностики.

На данный момент RS2 WP внесен в реестр средств измерений и допущен к применению на территории РФ.

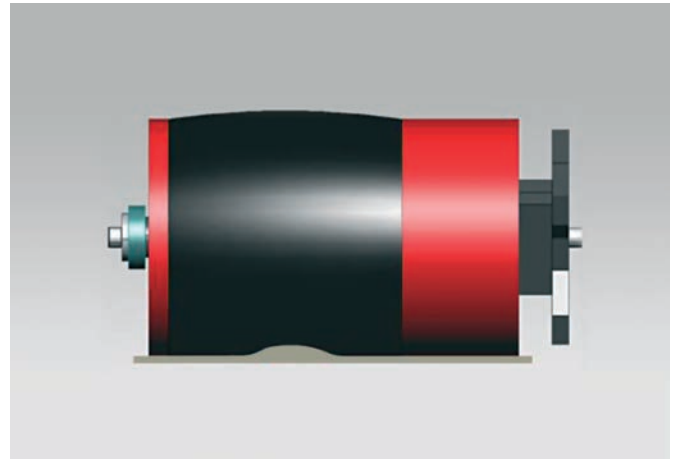


Рис. 5. Работа по шероховатой поверхности



Рис. 6. А-скан, на котором показана настройка стробов

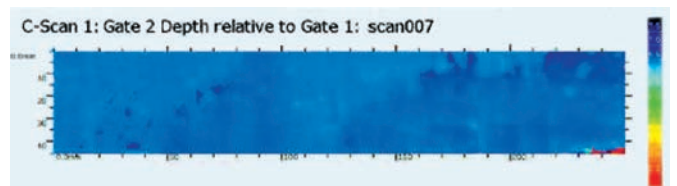


Рис. 7. С-скан бездефектной области

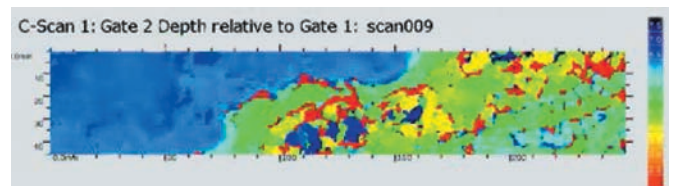


Рис. 8. С-скан области с эрозией

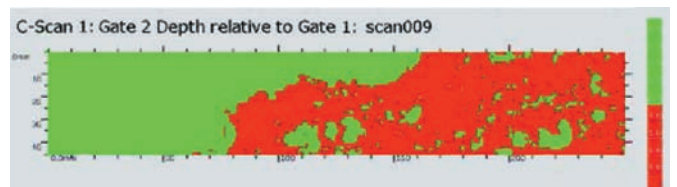


Рис. 9. С-скан области с эрозией и картой цветов допустимо/недопустимо

# RS2WP



Ультразвуковой дефектоскоп

*Ваша задача -  
наше решение!*



- ▶ Частотный диапазон 1-22 МГц
- ▶ Амплитуда ГЗИ -70 В
- ▶ Максимальное число каналов-128
- ▶ Число активных каналов-32
- ▶ Максимальная частота повторения ЗИ – 100 кГц
- ▶ Получение А, В, С-сканов в реальном времени
- ▶ Одновременное получение до 4-х С-сканов
- ▶ До 6 измерительных стробов
- ▶ Программные средства для автоматической оценки площади дефектов и статистического анализа полученных данных
- ▶ Функция построения карт больших площадей
- ▶ Использование роликового преобразователя для работы без контактной среды по необработанной поверхности



официальный представитель  
Sonatest Ltd на территории РФ

Тел./факс: +7(495) 789-37-48, (495) 587-82-98  
mail@panatest.ru www.panatest.ru



В лучших британских  
традициях

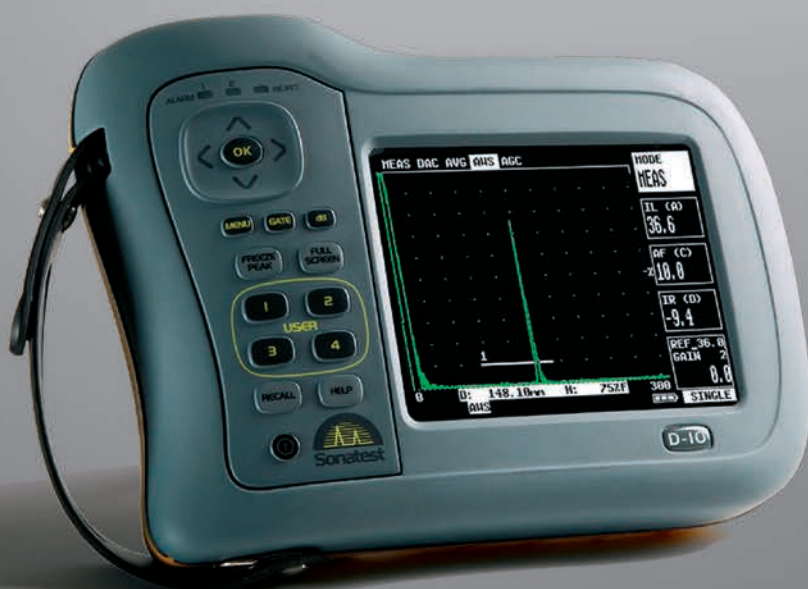
## Ультразвуковые дефектоскопы нового поколения

### 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
- Амплитуда зондирующих импульсов до 450 В
- Работа при t от -20 до +70°C
- До 16 ч автономной работы
- Масса 2,5 кг, включая батарею
- Гарантия до 5 лет



### SiteScan D



- 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
- До 18 ч автономной работы
- Масса 1,7 кг, включая батарею
- Исполнение IP 67

ООО «ПАНАТЕСТ» – официальный представитель  
Sonatest Ltd. (Великобритания) на территории России  
111024, Москва, ул. Авиамоторная, д. 12, оф. 405  
(495) 789-37-48, 587-82-98  
www.panatest.ru, mail@panatest.ru

Ваша  
задача –  
наше  
решение!



# НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КАК СРЕДСТВО СОКРАЩЕНИЯ НАКЛАДНЫХ РАСХОДОВ



## ЗОТОВ

### Вадим Владимирович

Руководитель отдела неразрушающего контроля ЗАО «Теккно», Санкт-Петербург

На сегодняшний день все большее количество предприятий переходят или частично перешли с обслуживания по регламенту на обслуживание оборудования по техническому состоянию, а также активно внедряют технологии и средства энергосбережения. Использование данных технологий позволяет сократить расходы на техническое обслуживание оборудования от 20 до 70 %, снизить до нуля количество аварийных остановов, уменьшить расход энергоносителей на 30–50 %.

Таких результатов позволяет добиться оборудование, поставляемое компанией «Теккно». Кроме того, компания обеспечивает экспертное сопровождение клиентов, включающее в себя: опытную эксплуатацию, гарантийное обслуживание, техническую поддержку на всем жизненном цикле оборудования, помощь в организации отдела неразрушающего контроля, обучение специалистов.

## Ультразвуковой диагностический детектор

Ультразвуковой детектор позволяет выявлять наличие дефектов в

работе оборудования на их ранней стадии развития, до обнаружения их другими средствами диагностики. Самый простой и при этом эффективный и многофункциональный прибор данного типа — это УЗ-детектор Sonaphone. Несмотря на компактные размеры, он способен решать широкий круг задач, таких как:

- поиск утечек в пневмо-, газо- и паровых системах;
- контроль герметичности вакуумных систем;
- контроль технического состояния подшипников, редукторов;
- контроль технического состояния конденсатоотводчиков и другой запорной арматуры;
- тест на герметичность сосудов, корпусов, кабин, отсеков при атмосферном давлении;
- обнаружение коронных разрядов на ЛЭП и подстанциях на удаленном расстоянии;
- обнаружение частичных разрядов и электрических дуг.



Применение Sonaphone для поиска утечек в паровых системах

Принцип действия прибора основан на преобразовании неслышимых человеческим ухом ультразвуковых колебаний, излучаемых неисправным оборудованием, в доступные для восприятия человеком формы. Измеренный уровень характерного шума дефектов позволяет прогнозировать развитие дальнейших событий и принимать меры по предотвращению неисправностей на ранней стадии их развития. К важным особенностям Sonaphone также относится возможность обнаружения повреждений находящихся в корпусе (щиты управления, трансформаторы) объектов с внешней стороны, т.е. без проникновения внутрь объекта.



УЗ-детектор Sonaphone RD

Внедрение УЗ-детектора Sonaphone на одной из фабрик Санкт-Петербурга снизило расход сжатого воздуха на 30 % за счет обнаружения и устранения утечек в пневмосистемах.

Использование прибора на ЛАЭС г. Сосновый Бор позволило обнаружить и устранить утечки водорода. В результате УЗ-детектор Sonaphone был внедрен как средство ранней диагностики развивающихся дефектов в атомной энергетике.

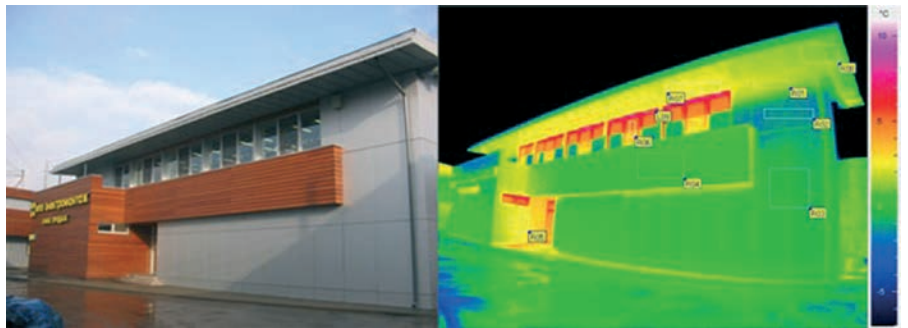
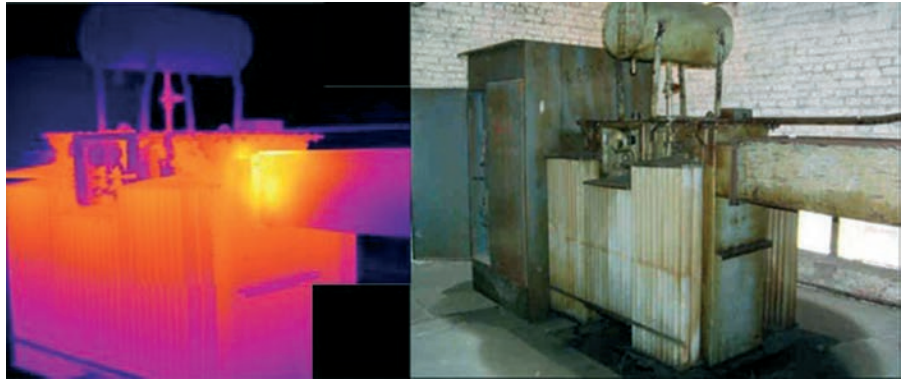
## Тепловизионная диагностика

Применение тепловизионной диагностики позволяет оптимизировать затраты на ремонт и энергоснабжение за счет своевременного выявления и устранения недостатков:

- в теплоизоляции зданий;
- в отопительных системах;
- в трубопроводах горячей воды и пара;
- в системах электроснабжения и вентиляции;
- в работе тепломеханического и электрооборудования.

*Устранение утечек тепла сокращает затраты на энергоснабжение от 10 до 50 %.*

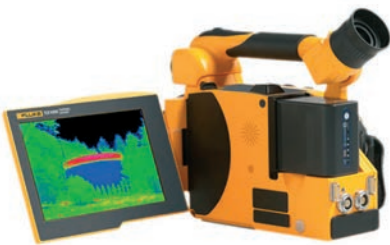
Идеальным решением для проведения тепловизионной диагностики являются тепловизоры Ti400 и TiX1000.



*Тепловизионные камеры наглядно показывают наличие «проблемных зон» в работе оборудования и теплоизоляции зданий*



*Тепловизор Ti400*



*Тепловизор TiX1000*

**Ti400** – простой в освоении тепловизор с ИК-разрешением 320×240 пикс, позволяющий проводить качественную ИК-диагностику зданий, оборудования и коммуникаций. Функция автофокусировки, характеристики ударостойкости (сохраняет работоспособность при падении с высо-

ты 2 м на бетонный пол) и пылевлагозащищенности (IP54) делают его универсальным инструментом тепловизионной диагностики для использования в сложных условиях как высококвалифицированными специалистами, так и сотрудниками с базовыми знаниями в ИК-диагностике.



*Диагностика электродвигателя с помощью вибрметра N300*



Виброметр N300

Для профессиональной экспертной диагностики прекрасно подходит **TiX1000** (High Definition) – «топовая» модель на рынке тепловизионных приборов. Этот прибор обеспечивает ИК-съемку объектов с разрешением от 1024×768 пикс в стандартном режиме и 2048×1536 пикс (3 мегапикселя) в режимах SuperResolution и Dynamic SuperResolution (с перемещением оптико-механической системы).

Наличие у TiX1000 8 сменных объективов (опция) позволяет настроить его под решение задач любой сложности, таких как, например, детальная съемка с большого расстояния опасных или труднодоступных объектов или диагностика состояния мельчайших деталей микросхем.

### Вибродиагностика

Использование вибродиагностики можно условно разделить на несколько уровней по сложности. Первый и наиболее простой способ – это внедрение на предприятии портативных приборов для периодического контроля уровня вибрации. Такой подход позволяет вести статистику и на основании ее данных проводить плановый ремонт только тех агрегатов, которые в этом действительно нуждаются, а также контролировать качество выполненного ремонта.

В свою очередь оперативные меры по снижению вибрации при-

водят к уменьшению механической нагрузки на оборудование и как результат к снижению температуры, расхода энергии и частоты технического обслуживания. Это позволяет сократить ЗИП на складе, избежать остановов производства по причине выхода из строя оборудования.

В широкой линейке приборов для вибродиагностики компании «Теккноу» стоит выделить **вибромметр N300**.

Виброметр N300 – это простой, удобный и компактный прибор для измерений вибрации, которые позволяют оценить общее состояние оборудования, выявить причины повышенной вибрации и спрогнозировать остаточный ресурс. Помимо этого прибор обладает функцией балансировки в эксплуатационных условиях в одной или двух плоскостях вращающихся механизмов.

N300 интуитивно понятен благодаря графическому дисплею с подсветкой и наглядной пошаговой программной обработке, значительно упрощающей анализ проведенных измерений.

Более сложным, но и более эффективным способом вибродиагностики является установка стационарных систем вибромониторинга. Компания «Теккноу» предлагает такие системы как российского, так и итальянского производства. Рассмотрим подробнее итальянскую систему TDSP.

### Система TDSP

Система TDSP разработана с использованием новейшей элементной базы и максимально соответствует требованиям современного производства, что делает ее прекрасным инструментом для решения широкого диапазона задач. TDSP применима как для защиты одного механизма, так и для диагностики оборудования высокой сложности или целого предприятия.

На сегодняшний день итальянский производитель довольно скромно представлен на россий-



Система вибромониторинга TDSP

ском рынке, в основном системы вибромониторинга попадают на предприятия в составе оборудования, поставляемого из ЕС. Между тем эти системы вибродиагностики и оборудование для балансировки используют такие производители, как «Феррари», «Фиат», «Эйрбас».

Основным плюсом TDSP является модульность системы и как результат этого возможность при необходимости увеличивать количество контролируемого оборудования и расширять возможности диагностического комплекса независимо от его первоначальной комплектации. Еще одним несомненным преимуществом комплекса TDSP является его 4-уровневый интуитивный интерфейс, который позволяет предотвратить вмешательство в работу неквалифицированного персонала.

ЗАО «Теккноу» работает на промышленном рынке с 1996 г. и выдержала не один кризис. За этот период компания «Теккноу» выбрала лучших производителей оборудования по каждому из направлений и наладила собственное производство. В «Теккноу» с уверенностью заявляют, что готовы решить любую техническую задачу, опираясь на профессионализм сотрудников и лучшие российские и зарубежные разработки в области неразрушающего контроля, метрологии и КИП.



# PELENG-204

## ДЕФЕКТОСКОП

- Два электроакустических канала
- Частотный диапазон **0,4 - 25 МГц**
- Диапазон усиления **120 дБ**
- Работа в **иммерсионном** режиме
- Обобщенные и индивидуальные **АРД-диаграммы (AVG, DGS)**
- **Три уровня** чувствительности
- **Автоматическое** или ручное измерение характеристик дефекта
- **Автоматическая** установка скорости ультразвуковых колебаний в зависимости от угла ввода преобразователя и материала
- Режим оценки затухания
- Слежение за **акустическим контактом**
- Автоматическая или ручная настройка **ВРЧ (TVG)**
- Режим **учета кривизны** поверхности
- Полуавтоматическая настройка глубиномера и чувствительности
- Возможность работы с **DAC-кривыми**
- Автоматическое определение **параметров** преобразователя
- Большой высококонтрастный цветной **TFT-дисплей**
- Время автономной работы **10 ч.**
- Температурный диапазон от **-30 °С до +50 °С**



**АЛТЕК**<sup>®</sup>  
НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ГРУППА

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



# НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КАК ОДНО ИЗ КЛЮЧЕВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В СФЕРЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ, ЭНЕРГЕТИКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ



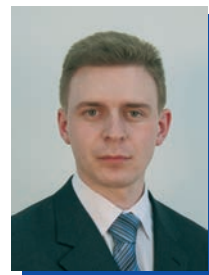
**БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ**  
**Вячеслав Феокистович**  
Д-р техн. наук, проф.,  
заведующий кафедрой  
«Технология авиационных  
двигателей и общего  
машиностроения»



**ТИМОФЕЕВ**  
**Михаил Владимирович**  
Канд. техн. наук, доцент



**СУТЯГИН**  
**Александр Николаевич**  
Канд. техн. наук, доцент



**ГАНЗЕН**  
**Михаил Анатольевич**  
Канд. техн. наук,  
старший преподаватель

Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева

Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева осуществляет подготовку технических специалистов и научно-педагогических кадров в сфере авиационной техники и общего машиностроения уже почти 60 лет. Выпускники университета работают на таких предприятиях города и региона, как ОАО «НПО «Сатурн» (проектирование и производство авиационных и энергетических газотурбинных двигателей), ОАО «ОДК — Газовые турбины» (создание газоперекачивающих агрегатов и электростанций малой и средней мощности), ООО «Русские газовые турбины» (производство газотурбинных установок большой мощности), а также на многих других.

Одной из выпускающих кафедр Рыбинского университета является кафедра «Технология авиационных двигателей и общего машиностроения». В настоящее время на кафедре обучаются: бакалавры по направлениям 24.03.05 «Технология производства двигателей летательных

аппаратов», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», специалисты по направлению 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», магистры по профилю 15.04.05 «Техническое перевооружение машиностроительных производств», а также студенты других специальностей, тесно связанных с машиностроением, аспиранты и докторанты.

Преподаватели кафедры ведут занятия по таким учебным дисциплинам, как «Испытания и обеспечение надежности воздушно-реактивных двигателей», «Сборка и испытания газотурбинных установок», «Надежность и диагностика технических систем» и «Неразрушающие методы контроля в машиностроении».

Долгое время указанные дисциплины входили в программу подготовки студентов как чисто теоретические, ознакомительные курсы. Однако после перехода на новый образовательный стандарт эти дисциплины перешли в разряд научно-практических, что неза-

медлительно отразилось на учебном процессе: был введен ряд новых лабораторных и практических работ, интенсифицирована самостоятельная работа студентов в области изучения методов неразрушающего контроля и диагностики.

В 2014 г. Т.Н. Галяткиной была с отличием защищена магистерская диссертация «Повышение надежности дисков ГТД в эксплуатации за счет применения вихретокового метода контроля» (научный руководитель — А.Н. Семенов, д-р техн. наук, профессор).

В 2014 г. при поддержке гранта научно-технического совета университета на кафедре была открыта лаборатория неразрушающего контроля. Первоначальной основой лаборатории стало оборудование собственной разработки: прибор неразрушающего контроля ПНК-1 [1, 2], использующий термоэлектрический принцип контроля (рис. 1).

Прибор ПНК-1 предназначен для исследования физико-механи-

ческих характеристик металлических материалов (микротвердости поверхностных слоев, степени поверхностного упрочнения материала, изменения модуля упругости материала, остаточных напряжений в поверхностном слое, структурных изменений и других параметров) путем измерения термо-ЭДС, возникающей на стыке «холодного» материала изделия и горячего электрода. Особенностью прибора является использование только одного контактного электрода, нагреваемого до температуры на 100 °С выше по сравнению с «холодным» электродом, что позволяет пренебречь температурой окружающей среды и повысить уровень достоверности получаемых результатов измерений. Кроме того, такое конструктивное решение значительно повышает быстродействие прибора (порядка 1 с на измерение).

Также в состав лаборатории вошла созданная преподавателями и сотрудниками кафедры установка для лазерного контроля заготовок [3, 4] (рис. 2).

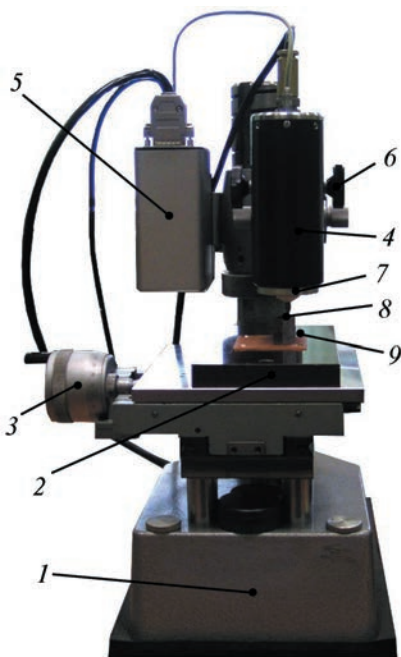


Рис. 1. Прибор для термоэлектрического контроля ПНК-1:  
1 – основание; 2 – координатный стол; 3 – лимб; 4 – нагреватель; 5 – термостатированные преусилители; 6 – винт вертикального перемещения; 7 – горячий электрод; 8 – исследуемый образец; 9 – холодный электрод



Рис. 2. Знакомство студентов с установкой для лазерного контроля заготовок

Установка включает в себя: осветитель, анализатор изображения, управляющее устройство и микропроцессорный блок синтеза векторно-растровой модели. Полупроводниковый лазер установки освещает объект измерения в различных плоскостях с помощью управляющего устройства. Анализатор изображения регистрирует изображение объекта в фиксированной плоскости. Затем изображение поступает в микропроцессорный блок синтеза векторно-растровой модели, где информация преобразуется в трехмерное цифровое изображение объекта, которое может быть экспортировано в любую CAD/CAM/CAE-систему для дальнейшего анализа поверхностей заготовки.

Отличительной особенностью созданной установки является возможность одновременного контроля правильности геометрии заготовки (в том числе равномерности распределения припуска) с заданной точностью и выявления поверхностных дефектов с возможностью обучения (добавления в память устройства новых видов поверхностных дефектов) (рис. 3).

Прототип устройства был представлен на международной выставке «Идеи – Изобретения – Инновации» IENA-2013 (г. Нюрнберг, Германия) и был награжден бронзовой медалью.

Помимо собственных разработок в настоящее время в распоряжении лаборатории неразрушающего контроля имеются следующие

виды оборудования и материалов:

- 1) универсальный ультразвуковой дефектоскоп УСД-60 (НПЦ «Кропус», Москва);
- 2) универсальный вихретоковый дефектоскоп «ВЕКТОР» (НПЦ «Кропус», Москва);
- 3) толщиномер покрытий «Константа К6Ц» (ЗАО «Константа», Санкт-Петербург);
- 4) наборы для цветной дефектоскопии Sherwin;
- 5) магнитный стенд собственной разработки, магнитные порошки MiGlow, ультрафиолетовые осветители;
- 6) бинокулярные лупы, лупы с подсветкой, видеэндоскоп Voltcraft BS-25;
- 7) конвертированная инфракрасная камера Pentax ist\*DL;
- 8) шумомер Spylab RTA Meter.

Перечисленное оборудование позволяет выполнять широкий спектр работ и активно используется как в образовательном процессе, так и научной работе кафедры. К примеру, дисциплина «Неразрушающие методы контроля в машиностроении» включает в себя четыре лабораторные работы: «Выявление поверхностных и подповерхностных дефектов магнитопорошковым и капиллярным методами контроля», «Определение параметров качества поверхностного слоя при помощи термоэлектрического и вихретокового контроля», «Ультразвуковой контроль скрытых дефектов изделий и соединений», «Вихретоковый контроль эксплуа-

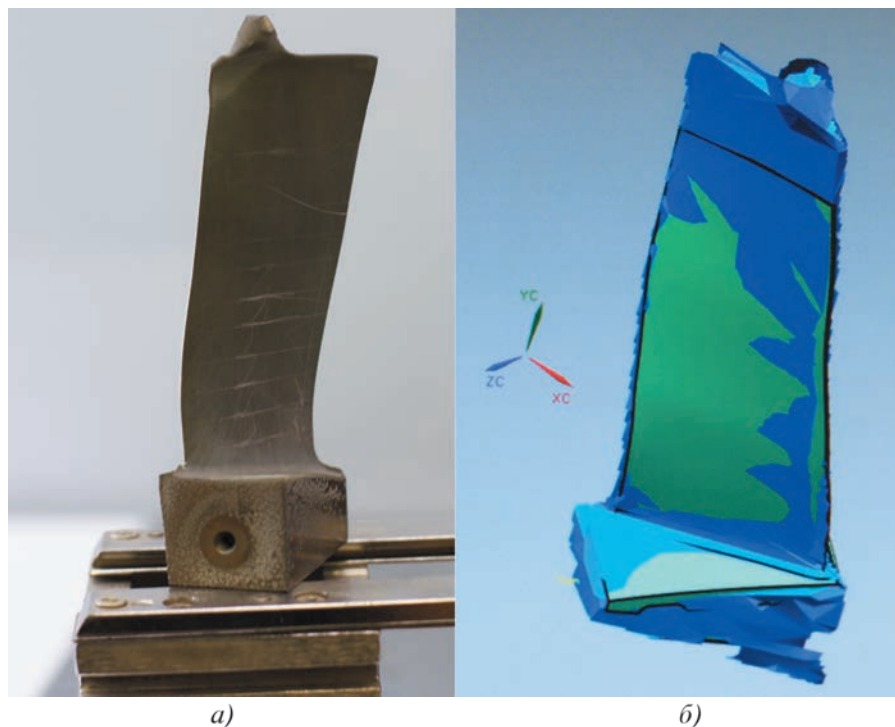


Рис. 3. Измеряемая заготовка — лопатка компрессора ГТД (а) и результат совмещения синтезированной векторно-растровой модели с исходной математической моделью заготовки (б)

тационных повреждений ответственных деталей».

Предполагается внедрение технологий и оборудования для неразрушающего контроля и диагностики в другие учебные курсы: «Надежность и диагностика технических систем» (создание лабораторных и практических работ по визуальной диагностике повреждений, диагностике состояния функциональных покрытий, вибро- и шумодиагностике машин и оборудования); «Сборка и испытания ГТУ» (контроль сварных и паяных швов, заклепочных соединений, оценка уровня звуковой эмиссии лопаточных машин, вибродиагностика и уравнивание нежестких роторов).

В 2014 г. преподавателями кафедры было подготовлено и издано учебное пособие «Неразрушающие методы контроля изделий в машиностроении». Кроме того, при обучении студентов используются учебные пособия из серии «Диагностика безопасности» (издательский дом «Спектр», Москва) и другая современная научно-техническая литература.

Научная работа лаборатории неразрушающего контроля тесно

связана с основным направлением научной деятельности кафедры — исследованием и обеспечением параметров качества поверхностного слоя высоконагруженных изделий. Актуальные и планируемые направления научной работы новой лаборатории включают в себя:

- исследование взаимосвязей параметров качества поверхностного слоя с информативными признаками различных видов неразрушающего контроля (удельной электрической проводимостью, дифференциальной термоЭДС и др.);
- создание систем оперативного и сканирующего контроля качества изделий, в том числе интегрируемых в технологическое оборудование и автоматические линии;
- оптимизация технологий неразрушающего контроля для применения их в условиях слабой оснащённости производства (повышение доступности методов НК).

Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева и кафедра «Технология авиационных двигате-

лей и общего машиностроения» приглашает к научному сотрудничеству в сфере неразрушающего контроля и диагностики другие образовательные и научные учреждения России и зарубежья.

Научные и методические разработки кафедры будут показаны на предстоящей выставке «Территория NDT-2015» (3–6 мая 2015 г., Экспоцентр на Красной Пресне).

*Авторы статьи выражают благодарность сотрудникам компании «Техно-НДТ» (г. Саратов) за квалифицированную помощь в выборе и покупке оборудования для оснащения лаборатории неразрушающего контроля.*

#### Библиографический список

1. Пат. 70331 РФ, МПК7 G05 D 23/22. Установка для неразрушающего контроля материалов ПНК-1 / В.Ф. Безъязычный, М.В. Тимофеев, А.Н. Сутягин; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П.А. Соловьева. № 2006144703/22; заявлено 14.12.2006; опубл. 20.01.2008 // Бюл. 2008. № 2. 3 с.
2. Тимофеев М.В., Татарин А.Ю., Фоменко Р.Н., Ганзен М.А. Анализ возможностей термоэлектрического метода неразрушающего контроля // Справочник. Инженерный журнал. М.: 2008. № 8 С. 25–30.
3. Пат. 118737 РФ, МПК G01 B 11/00. Устройство лазерного контроля заготовок деталей машин / М.В. Тимофеев, А.Н. Сутягин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева. 2011149220/28; заявлено 02.12.2011; опубл. 27.07.2012 // Бюл. 2012. № 21. 3 с.
4. Разработка лабораторно-учебного комплекса лазерного контроля заготовок деталей машин / М.В. Тимофеев, А.Н. Сутягин // Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета им. П.А. Соловьева: сб. науч. тр. 2012. № 2 (23). С. 229–233.