

# ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

## 3, 2020

Июль – сентябрь (35)

### OLYMPUS®

### Дефектоскоп OmniScan® X3



## Прибор, которому можно доверять

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

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

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



[www.olympus-ims.com/omniscan-x3](http://www.olympus-ims.com/omniscan-x3)

Оlympus и OmniScan являются зарегистрированными товарными знаками Olympus Corporation.



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ



Exclusive Sponsor  
**OLYMPUS**

 Ministry of Science and ICT

 Incheon  
Metropolitan City



**WCNDT  
2020  
SEOUL**

# 20<sup>th</sup> WCNDT 2020

20<sup>th</sup> World Conference on Non-Destructive Testing

Songdo Convensia, Incheon, Korea

May 31~June 4, 2021

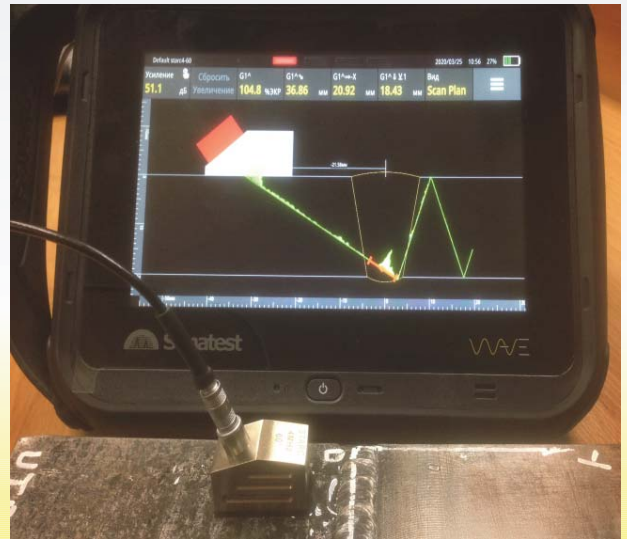
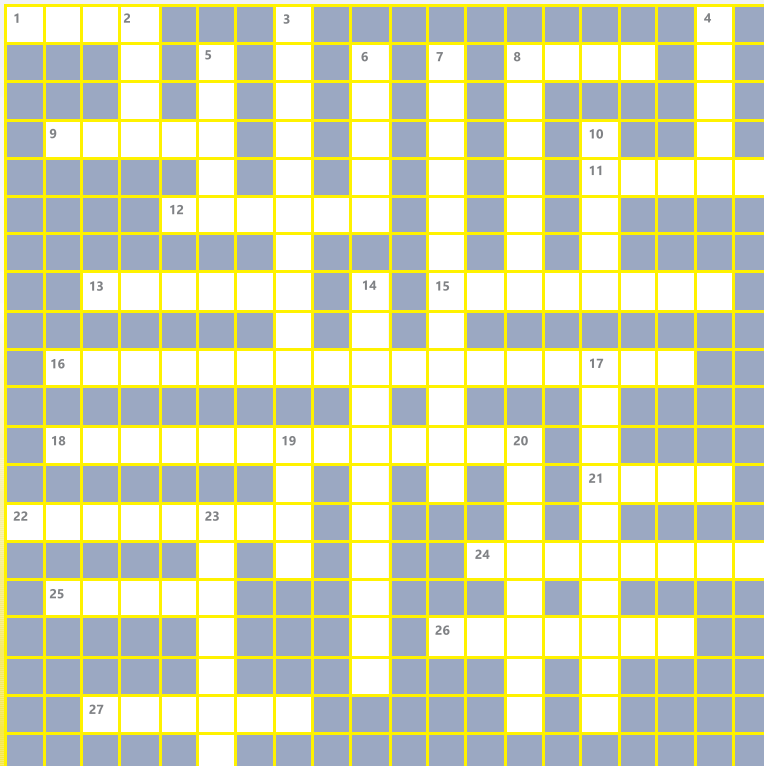


 **ICNDT**  
The World Organisation for NDT

 **KSNT**

[www.wcndt2020.com](http://www.wcndt2020.com)

# Неразрушающий контроль



Контроль стыковых сварных соединений  
с помощью ультразвукового дефектоскопа  
Harfang Wave и ПО «Интерскан»

По горизонтали:

**1.** Английский математик и гидродинамик, известный как ученый, описавший волны, распространяющиеся в твердом теле. **8.** Самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора. **9.** Дефект поверхности, представляющий собой прикатанный продольный выступ, образовавшийся в результате закатывания уса, подреза, грубых следов зачистки и грубых рисок. **11.** Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. **12.** Устройство для позиционирования преобразователей и проведения сплошного контроля. **13.** Конструктивный элемент для соединения кабеля с преобразователем. **15.** Преднамеренно образованная несплошность в материале объекта контроля или образца, имеющая правильную геометрическую форму и заменяющая дефект при теоретическом анализе процесса контроля, оценке чувствительности контроля. **16.** Метод радиационной интроскопии, основанный на анализе в процессе облучения стереопары выходных изображений, полученных в результате преобразования двух исходных радиационных изображений, создаваемых двумя пучками ионизирующих излучений, между осями которых имеется заданный угол. **18.** Аппаратура, предназначенная для исследования свойств материала. **21.** Часть магнитной цепи намагничивающего устройства, магнитопровод без обмоток, соединяющий магнитные полюсы, изготавливается из материала с высокой магнитной проводимостью. **22.** Увеличение амплитуды (мощности) сигналов. **24.** Отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений федеральных законов и иных нормативных правовых актов. **25.** Дефект поверхности, представляющий собой придавленный выступ, образовавшийся при ковке в результате неравномерного обжатия. **26.** Специалист, осуществляющий проведение экспертизы промышленной безопасности. **27.** Дефект в виде разрыва тела отливки под влиянием растворенного в стали водорода и внутренних напряжений, проходящего полностью или частично через объемы первичных зерен аустенита.

По вертикали:

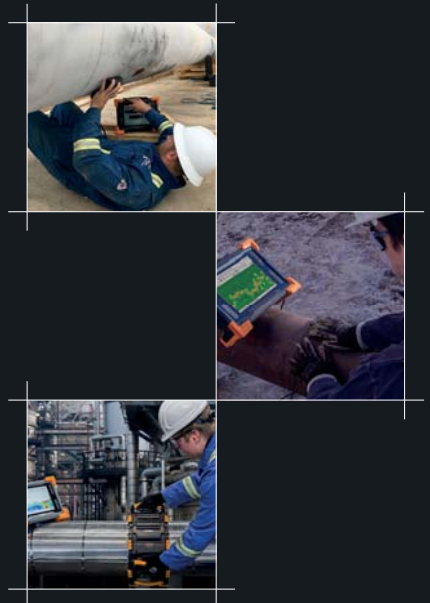
**2.** Совокупность электронных узлов дефектоскопа, предназначенных для возбуждения преобразователей или обработки сигналов и т.д. **3.** Прибор для измерения толщины. **4.** Плоский угловой отражатель, высота которого находится целиком в зоне акустического пучка, а длина выходит за его края. **5.** Простейший элемент обмотки вихретокового преобразователя. **6.** Расстояние между торцевой плоскостью вихретокового преобразователя и поверхностью объекта контроля. **7.** Компенсация сигнала, соответствующего рабочей точке, для получения заранее определенного значения, например нуля. **8.** Британский сейсмолог, открывший волну с вертикальной поляризацией SV, распространяющуюся вдоль границы раздела двух твердых полупространств из материалов с различными, но близкими акустическими свойствами, неоднородную в направлении, перпендикулярном границе раздела. **10.** Распространяющиеся в среде упругие колебания. **14.** Изотоп элемента, обладающий свойством спонтанного эмиттирования частиц, гамма-излучения или рентгеновского излучения. **17.** Дефектоскопический материал, предназначенный для извлечения индикаторного пенетранта из полости несплошности в целях образования четкого индикаторного следа. **19.** Неподвижная точка среды при стоячей волне. **20.** Точка (линия, поверхность), в которой амплитуда колебательной величины, характеризующей стоячую волну, имеет максимальное значение. **23.** Шум, создаваемый источником, внешним по отношению к вихретоковой системе контроля.



## ВЕДУЩИЙ ПОСТАВЩИК РЕШЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ:

### ПОВЕРХНОСТЕЙ И ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

- > ЕСА (матричный ВК), вихретоковые матрицы, гибкие и адаптивные преобразователи
- > ТЕСА (тангенциальный ВК), контроль углеродистых сталей
- > РЕС (импульсный ВК), картографирование коррозии без снятия изоляции
- > РЕСА (матричный импульсный ВК), увеличенная площадь захвата РЕС

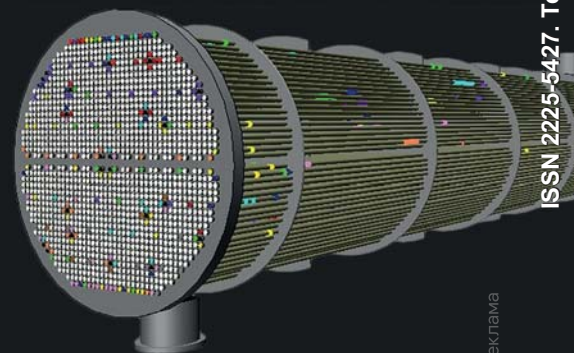


### ТРУБОК

- > ЕСТ (классический ВК)
- > ЕСА (матричный ВК), вихретоковые матрицы
- > RFT (метод удаленного поля), для контроля углеродистых сталей
- > NFT (метод ближнего поля) для контроля «оробренных» трубок
- > MFL (метод утечек магнитного потока) для контроля «оробренных» трубок
- > IRIS (УЗ-контроль вращающимися преобразователями)

### СЕМЕЙСТВО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ ДЛЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ЗАДАЧ:

**Reddy™ Ectane 2 Lyft™**



АО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ» — генеральный дистрибьютор на территории РФ, РК и РБ.  
+7 495 775-75-25 | [tndt@pergam.ru](mailto:tndt@pergam.ru) | [PERGAM.RU/NDT](http://PERGAM.RU/NDT)



EUROPEAN  
**NDT&CM2021**  
 PRAGUE, CZECH REPUBLIC  
 OCTOBER 4-8, 2021

BETTER CM & NDT – WARRANTY OF QUALITY,  
 RELIABILITY AND SAFETY

**FOUR NDT, CM AND SHM  
 EVENTS IN ONE WEEK  
 IN THE MIDDLE  
 OF THE EUROPE**

Following the 1<sup>st</sup> ENDT Days in 2007 and the highly successful 11<sup>th</sup> European Conference on NDT 2014 (ECNDT 2014) in Prague, **the Czech society for NDT** in cooperation with other NDT and CM Societies is preparing another important meeting of experts and users from the **NDT, including Condition Monitoring and Structural Health Monitoring areas for the year 2021.**

**The 2<sup>nd</sup> European NDT & CM Days in Prague (October 2021)** will consist of – **11<sup>th</sup> workshop NDT in Progress, International conference NDE & CM for Safety, 51<sup>st</sup> annual CNDT conference Defectoscopy 2021 and NDT&CM Expo.** During these days you can visit four different events at the Cubex centre Prague. It will be an exceptional opportunity to meet people interested in research & development, as well as in practice, standardization and the application of all NDT/NDE, CM and SHM methods with an emphasis on areas of modern Industry.

**These „Days“** will be one of the most important NDT, CM, SHM and related branches **European events in 2021.** We hope that the 2<sup>nd</sup> European NDT&CM Days 2021 will not only be an opportune time for exchanging research findings but also an occasion for strengthening existing contacts and establishing new ones for all participants. Naturally, seminars, workshops, excursions and other social events will be organized.

*This event represents a great opportunity for a select group of interested parties to be actively included in sponsoring and promoting the event and their business.*

*This will be the event of the decade; we hope to see you there!*



*Libor Topolář*  
**Libor Topolář**  
 CNDT president



*Pavel Mazal*  
**Pavel Mazal**  
 member of CNDT presidium

ORGANISER'S



PARTNER'S



[www.endtcm21.com](http://www.endtcm21.com)

**ORGANISING SECRETARIAT: GUARANT International spol. s r.o. European NDT&CM Days 2021:**  
 Českomoravská 2510/19, Praha 9 - Libeň, Česká republika  
 E-mail: [endtcm21@guarant.cz](mailto:endtcm21@guarant.cz) Tel: +420 284 001 444, Fax: +420 284 001 448

# A-LINE DS

Уникальные акустико-эмиссионные комплексы с цифровой передачей первичных данных

- централизованная схема обработки АЭ данных
- стандартный коаксиальный кабель
- цифровой малошумящий предусилитель-конвертер
- повышенная помехозащищенность и гальваническая развязка каналов



## Цифровой предусилитель-конвертер

- АЦП 10 МГц, 16 бит
- уровень шума менее 4 мкВ
- полоса пропускания 4÷800 кГц
- напряжение питания 4 В
- температурный диапазон -30 ÷ +60 °С
- масса менее 300 г



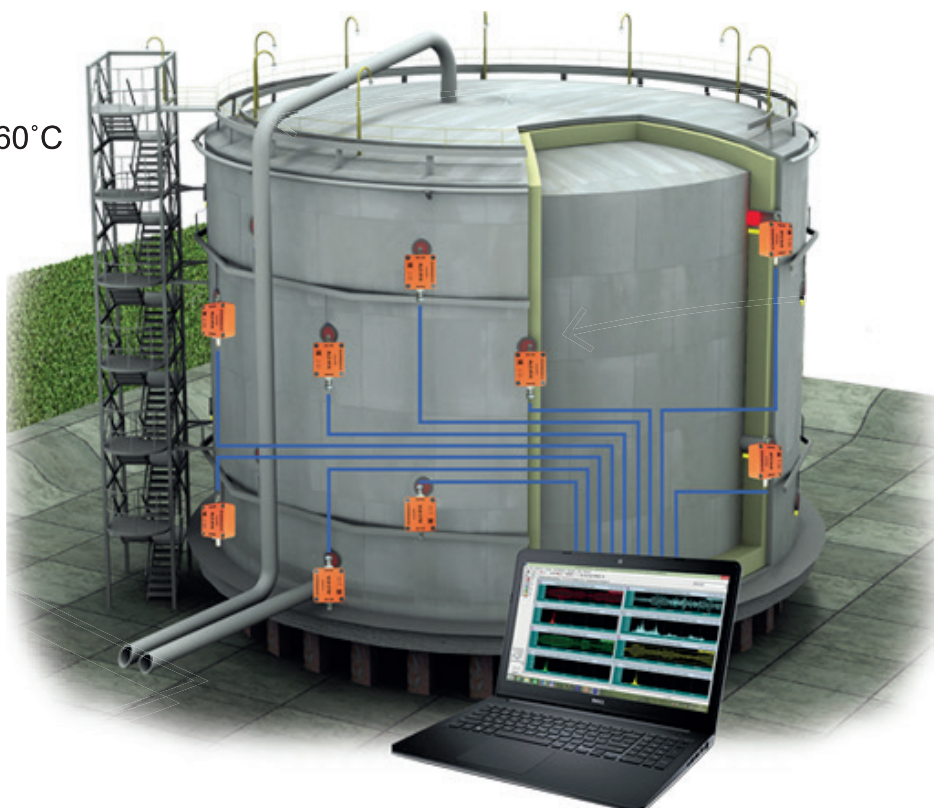
## Блок сбора и обработки данных

- взрывозащищенное исполнение



## Катушка и кабель

- длина сегмента кабеля до 200 м



# Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№3 (июль – сентябрь), 2020

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

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

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

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

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

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

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

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

Корректор Смольянина Н.И.  
Компьютерное макетирование  
Смольянина Н.И.  
Сдано в набор 22 июня 2020  
Подписано в печать 24 июля 2020  
Формат 60x88 1/8.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.  
Распространяется бесплатно

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

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

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

## НОВОСТИ

Сканер AxSEAM™ существенно упростил контроль продольных сварных швов трубопроводов ..... 4

Ультразвуковой дефектоскоп Harfang Wave. Что нового? ..... 5

Успешно проведены испытания ультразвуковых дефектоскопов «АванГард» ..... 5

## ПОЗДРАВЛЯЕМ

М.С. Шкабардне – 90 ЛЕТ! ..... 6

## ВЫСТАВКИ. СЕМИНАРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ

Отчеты о работе секций XXII Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике (продолжение) ..... 8

Отчеты по круглым столам форума «Территория NDT 2020. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» ..... 20

Гоголинский К.В. Предпосылки организации, программа и результаты работы секции «Неразрушающий контроль, мониторинг состояния и Индустрия 4.0» на XXII Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике ..... 28

Подкопаев Ю.К. Сессия ММАГС «Неразрушающий контроль качества сварки» ... 34

Беседы на VII Международном промышленном форуме «Территория NDT 2020. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» (продолжение) ..... 38

Матвеев В.И. Научно-техническая конференция «Радиолокационные системы малой и сверхмалой дальности» ..... 48

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И СТАНДАРТЫ

Зайтова С.А. Online-заседание МТК 515 «Неразрушающий контроль» ..... 54

## МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Терентьев Д.А., Елизаров С.В., Алякритский А.Л., Шиманский А.Г., Буганков А.А. Обзор аппаратных решений в многоканальных системах акустической эмиссии ... 58

Кудрявцев А.Н. Тепловизор против COVID-19. Функциональные особенности и практика применения ..... 68

История НК. Заметки на полях ..... 57

# СКАНЕР AXSEAM™ СУЩЕСТВЕННО УПРОСТИЛ КОНТРОЛЬ ПРОДОЛЬНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБОПРОВОДОВ!

*Оптимизированный эргономичный дизайн облегчает настройку и контроль*

## OLYMPUS®



Новый сканер AxSEAM Olympus, не требующий сложной настройки, позволяет оператору самостоятельно быстро и эффективно выполнить контроль продольных сварных швов трубопроводов в полевых условиях. Наряду с дефектоскопом OmniScan™ X3 сканер является одним из эффективных решений ультразвукового контроля с применением фазированных решеток и предназначен для контроля продольных сварных соединений труб и резервуаров высокого давления.

### Контроль целостности объектов критически важной инфраструктуры

Действующие нефте- и газопроводы, изготовленные устаревшим методом сварки (низкочастотной электрической контактной сваркой), необходимо периодически проверять, поскольку продольные сварные швы подвержены коррозии и образованию продольных трещин при про-

изводстве и эксплуатации. Кроме того, производители емкостей высокого давления и башен ветрогенераторов должны проверять целостность продольных сварных швов, полученных дуговой сваркой под флюсом. Сканеры, обычно используемые в таких случаях, неудобны и сложны в использовании, требуют много усилий и времени на настройку и сборку. Сканер AxSEAM решает эту проблему благодаря оптимизированной конфигурации и небывалой простоте эксплуатации.

### Эффективный и достаточно простой для использования одним оператором

Сканер AxSEAM имеет ряд преимуществ, включая легкоадаптируемые крепления для преобразователей и запатентованные полусферические колеса. Все это позволяет оптимизировать рабочий процесс и обеспечивает высокую степень автономности на рабочем месте.

Контроль целостности данных стал проще благодаря новому модулю ScanDeck™ со светодиодными индикаторами, которые предупреждают оператора о потере акустического контакта или превышении максимальной скорости сканирования. Лазерный указатель помогает оператору придерживаться линии сканирования, что очень важно при сборе данных.

Сканер требует меньше манипуляций при работе. Удобно расположенные кнопки на модуле ScanDeck обеспечивают непосред-

ственную связь с дефектоскопом OmniScan, позволяя оператору удаленно запускать сбор данных и «обнулять» положение кодировщика.

Универсальность сканера означает меньшее количество оборудования для контроля объекта. Сканер AxSEAM легко переключается между сканированием кольцевых и продольных сварных швов в широком диапазоне диаметров труб.

«Каждый элемент конструкции сканера AxSEAM нацелен на максимальную простоту и удобство использования. Новый модуль ScanDeck предоставляет оператору важную информацию в процессе сканирования, включая качество акустического контакта и скорость сканирования. Для установки сканера и полного обследования продольных сварных швов трубопровода достаточно одного оператора-контролера», — так характеризует сканер Симон Алэн, менеджер по продукту.

### Мультитехнологический контроль для улучшения вероятности обнаружения

Крепления сканера AxSEAM удерживают до четырех преобразователей (ПФР и TOFD). При использовании с дефектоскопом OmniScan™ X3 сканер обеспечивает быстрое ФР/TOFD-сканирование и контроль методом общей фокусировки (TFM) без переключения преобразователей.

*Дополнительная информация представлена на веб-сайте компании: [olympus-ims.com](http://olympus-ims.com)*

### О компании Olympus

*Компания Olympus разрабатывает и реализует решения для медицинской и медико-биологической отраслей, промышленного производства, а также выпускает цифровые камеры и аудиопродукцию. На протяжении более 100 лет компания Olympus стремится сделать жизнь людей более здоровой, более безопасной и более насыщенной; помогает выявлять, предотвращать и лечить заболевания, содействует научным исследованиям и обеспечению общественной безопасности, дает возможность запечатлеть прекрасные моменты жизни.*

*Компания Olympus предлагает широкий спектр инновационных решений — от промышленных микроскопов и видеоэндоскопов до технологии неразрушающего контроля и рентгенофлуоресцентных анализаторов. Эти продукты широко используются для контроля качества материалов и выполнения прецизионных измерений. Технологии Olympus, применяемые в таких областях, как промышленное производство, техническое обслуживание, охрана окружающей среды и природные ресурсы, способствуют повышению качества продукции и безопасности объектов промышленной инфраструктуры. Дополнительная информация о компании представлена на веб-сайте: [www.olympus-ims.com](http://www.olympus-ims.com).*



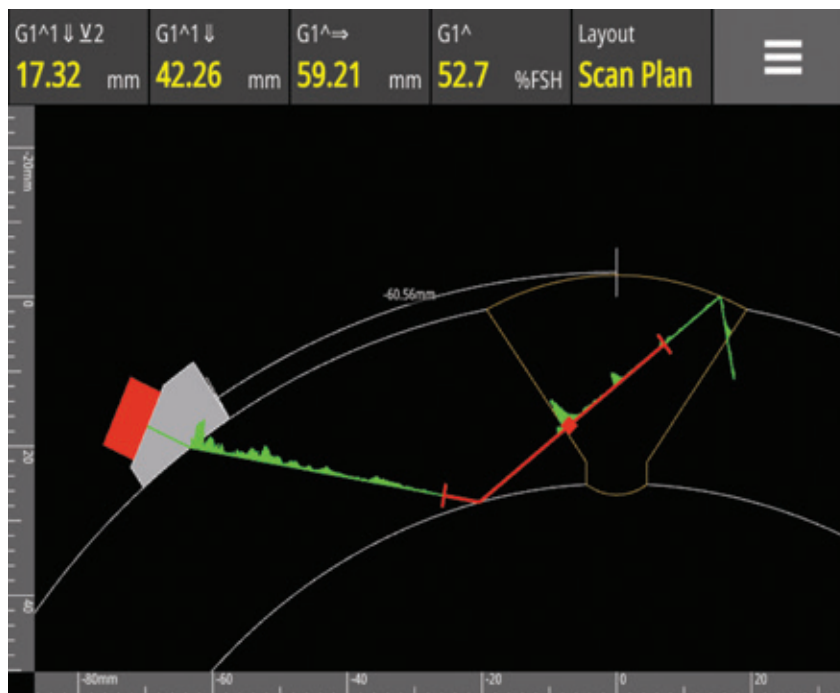
## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП HARFANG WAVE. ЧТО НОВОГО?

1. В Harfang Wave версии 1.1.0 добавлены возможности моделирования стыкового сварного шва для криволинейных поверхностей (см. рисунок). Это позволит более точно определять местоположение дефекта в сварном шве.

Новые возможности будут полезны при контроле сварных швов при изготовлении труб и эксплуатации трубопроводов различного назначения.

2. Harfang Wave получил возможность беспроводного Wi-Fi-соединения и может быть подключен к ноутбуку, локальной заводской сети и т.д.

Возможности Wi-Fi позволяют пользователям получать доступ к данным контроля удаленно. Это устраняет необходимость в использовании USB-накопителей.



Интерскан для определения местоположения дефектов

## УСПЕШНО ПРОВЕДЕНЫ ИСПЫТАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ «АванГард»

Успешно проведены испытания в целях утверждения типа ультразвуковых дефектоскопов «АванГард», выпускаемых ООО «ПАНАТЕСТ», Москва.

Ультразвуковые дефектоскопы «АванГард» предназначены для использования в составе стационарных автоматизированных установок, линий контроля и роботизированных систем.

Основные особенности дефектоскопов «АванГард»:

- от 1 до 8 каналов;
- возможность подключения нескольких дефектоскопов в режиме синхронизации;
- четыре независимых строба на каждый канал, запись А-сканов;
- режим работы Совмещенный (эхоимпульсный)/ Раздельный (прохождения);
- функция непрерывного получения результатов измерения в стробах (амплитуда, глубина/толщина) в реальном времени;

- минимальный уровень шумов благодаря двойному экранированию платы регистрации;
- предоставляется DLL-библиотека для разработки собственного программного обеспечения;

- основной электронный блок дефектоскопа изготовлен в компактном и легком корпусе, позволяющем выполнить монтаж максимально близко к ПЭП.



АванГард-1К (вид сзади)

## МИХАИЛУ СЕРГЕЕВИЧУ ШКАБАРДНЕ – 90 ЛЕТ!



Наш выдающийся современник, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, Герой Социалистического Труда СССР, член Союза писателей России Михаил Сергеевич Шкабардня, родился 18 июля 1930 г. в станице Тбилисской Краснодарского края в семье потомственных казаков. На долю Михаила Сергеевича и его сверстников пришлось голодные годы начала 30-х, годы оккупации в период фашистского нашествия и снова трудные послевоенные годы.

После окончания школы в 1949 г. он поступает в Новочеркасский политехнический институт, специализация «Приборы и средства автоматизации», который окончил в 1954 г. по специальности инженер-электрик. Профессиональная деятельность М. С. Шкабардни началась на Краснодарском заводе измерительных приборов. Глубокие знания, полученные в вузе, и серьезное отношение к делу стали основанием для продвижения молодого специалиста – с 1954 по 1968 гг. он прошел путь от инженера до главного инженера, и затем, занимая должности начальника технологического бюро цеха, начальника технологической лаборатории, начальника электроизмерительной лаборатории завода, заместителя начальника цеха, начальника специализированного конструкторского бюро завода, главного инженера Краснодарского завода электроизмерительных приборов.

После этого талантливый специалист был приглашен в Москву, в аппарат Министерства приборостроения СССР. С 1968 по 1971 г. М. С. Шкабардня – главный инженер-заместитель начальника Главного управления по производству электроизмерительных приборов и средств телемеханики Министерства приборостроения СССР. Все эти годы он не прерывает творческих связей с Новочеркасским политехническим институтом. В 1971 г. Михаил Сергеевич успешно защищает в диссертационном совете Новочеркасского политехнического института им. С. Орджоникидзе диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Исследование и разработка перьевых быстродействующих самопишущих приборов расширенного частотного диапазона».

С 1971 по 1979 г. М. С. Шкабардня работал главным инженером-заместителем начальника, начальником «Союзэлектроприбор», начальником Технического управления, начальником Научно-технического управления Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР. Несмотря на большую загруженность организационными вопросами, Михаил Сергеевич не прерывает научную деятельность, он автор около 100 научных монографий, статей и изобретений. В 1979 г. в диссертационном совете Московского энергетического института Михаил Сергеевич Шкабардня успешно защищает диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Теория и принципы построения быстродействующих самопишущих приборов» по специальности 05.11.05. В 1982 – 1987 гг. М. С. Шкабардня был заведующим кафедрой АСУ ТП Московского энергетического института, с 1986 г. – профессором.

В 1979 г. Михаил Сергеевич получает назначение на пост заместителя министра, с 1980 г. он самый молодой министр приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР. Возглавляя министерство, М. С. Шкабардня уделял серьезное внимание управленческим проблемам в промышленности и в непромышленной сфере, созданию систем управления сложными техническими объектами (атомные станции, газопроводы и т.д.) на уровне отраслевых и государственных структур. Используя программные средства и методы математического моделирования, создавались и внедрялись на сложных объектах высоконадежные системы управления, этот опыт и позволил предложить устойчивую модель хозяйственного механизма в переходный период к рыночной экономике.

К концу 1989 г. в состав Минприбора СССР входило свыше 600 предприятий и более 150 НИИ и КБ, общая численность работающих в отрасли превышала миллион человек. Только укрупненная номенклатура изделий, выпускаемых предприятиями отрасли, составляла более десяти тысяч наименований. В их числе аналитические приборы, приборы для научных исследований, испытательные машины и приборы, весоизмерительная техника, электроизмерительные приборы, приборы промышленного контроля, устройства числового программного управления, вычислительная техника, приборы времени, ювелирные изделия и многое другое, включая, конечно, АСУ ТП. Только различного рода часов в 1989 г. предприятия-

ми отрасли было изготовлено 75 млн штук, из них 30 % уходило на экспорт, в том числе в Англию, Францию и другие страны.

В 1989 г. Минприбор СССР поставлял на экспорт около 20 % производимой продукции и зарабатывал валюту, необходимую для закупки прогрессивного импортного оборудования. Существенно укреплялась отраслевая научная и опытно-экспериментальная база. Были вновь построены великолепные корпуса Института проблем управления, НИИ теплоприбора (Москва), ВНИИЭПа, НПО «Буревестник» (Ленинград), НПО «Элва» (Тбилиси), НИИ УВМ (Северодонецк), НПО «Аналитприбор» (Киев) и ряда других. Ежегодный прирост объемов выпускаемой предприятиями министерства продукции вплоть до 1989 г. составлял 12 – 15 % при обновлении номенклатуры 15 – 20 % в год. На протяжении четырех последних пятилеток Минприбор СССР занимал ведущее место среди отраслей машиностроения по темпам роста производства и производительности труда.

Особое внимание министр М. С. Шкабардня уделял развитию и поддержке исследований и приборостроения в области неразрушающих методов контроля ответственных объектов и конструкций. Одним из революционных достижений, в которое он внес существенный вклад, стало создание и проведение испытаний многоразовой ракетно-космической системы «Энергия – Буран». Михаил Сергеевич осуществлял непосредственное руководство работами по созданию комплекса систем контроля и управления, подготовкой к пуску ракеты-носителя «Энергия» и обеспечения высоконадежной и безопасной заправки больших количеств криогенных топлив. Под его руководством была создана сложная автоматическая система контроля и управления работами с ракетой-носителем на стартовом комплексе, организована в отрасли кооперация предприятий-разработчиков и заводов-изготовителей, обеспечено четкое взаимодействие коллективов на космодроме. На Министерстве приборостроения лежала ответственность за всю наземную систему автоматики взлета и посадки, обеспечившую успешный полет и автоматическую посадку «Бурана».

В 1989 г. как крупный организатор и опытный руководитель Михаил Сергеевич получил предложение и перешел работать в Аппарат Правительства СССР на должность управляющего делами Совета министров СССР, члена Президиума Совета министров СССР.

В феврале 1991 г., когда Совмин упразднили и вместо него учредили Кабинет министров при президенте СССР, М. С. Шкабардня получил предложение стать заместителем председателя этого органа по внешнеэкономическим связям, он отказался, объяснив, что не желает участвовать в разграблении страны ни в каком качестве, и вышел на пенсию.

Как человек творческий, настоящий патриот своей страны, Михаил Сергеевич не смог остаться в стороне от событий, сотрясавших Россию. Свой опыт политического участия в жизни советской страны, член КПСС с 1960 г., член Центрального комитета КПСС (1986 – 1990 гг.), депутат Верховного Совета СССР 10–11-го созывов М. С. Шкабардня реализовал в литературной деятельности. Названия книг, автором которых является Михаил Сергеевич, говорят о многом – «Была страна...», «Россия. Народ и власть», «Не разгаданная Русь», «Страницы жизни», «Живое дыхание эпохи».

Важное место в его творчестве занял уникальный энциклопедический труд «Приборостроение – XX век», посвященный истории становления и развития отечественного приборостроения – отрасли, сыгравшей огромную роль в научно-технических достижениях СССР. За вклад в развитие отечественной литературы М. С. Шкабардня награжден рядом дипломов и памятных медалей, среди них – медаль А. П. Чехова и орден В. В. Маяковского, Михаил Сергеевич член Союза писателей России.

Признанием трудов и заслуг Михаила Сергеевича Шкабардни являются государственные награды СССР: в 1971 г. награжден орденом Трудового Красного Знамени, в 1981 г. – орденом Октябрьской Революции, в 1986 г. – орденом Ленина. Указом Президента СССР от 30 декабря 1990 г. за большие заслуги в создании и проведении испытаний многоразовой ракетно-космической системы «Энергия – Буран» Михаилу Сергеевичу Шкабардне присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот». За большой вклад в развитие науки, образования, подготовку высококвалифицированных специалистов и многолетнюю плодотворную деятельность М. С. Шкабардня награжден российскими орденами – орденом «За заслуги перед Отечеством» 4-й степени (2001 г.), орденом Почета (2016 г.), медалями.

Михаил Сергеевич – патриот своей малой родины, кубанской станицы Тбилисская, и родной школы, которую он посетил в октябре 2019 г., земляки присвоили ему звание «Почетный гражданин станицы Тбилисской».

**От имени Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллектива ЗАО «НИИИМ МНПО «Спектр» и редакции журнала «Территория NDT», а также коллег и друзей сердечно поздравляем Михаила Сергеевича с юбилеем, желаем неразрушаемого здоровья, благополучия и новых творческих достижений.**

# ОТЧЕТЫ О РАБОТЕ СЕКЦИЙ XXII ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ\* (продолжение)

## СЕКЦИЯ № 7. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НА ТРАНСПОРТЕ, В ЭНЕРГЕТИКЕ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### Руководители:

**МАРКОВ Анатолий Аркадьевич,**

д-р техн. наук, ОАО «Радиоавионика», Санкт-Петербург

**МОСЯГИН Владимир Валентинович,**

канд. техн. наук, ОАО «Радиоавионика», Санкт-Петербург

На 7-й секции «Неразрушающий контроль на транспорте, в энергетике и гражданском строительстве» были прослушаны и обсуждены интересные доклады по: ультразвуковому и вихретоковому контролю колесных пар колес подвижного состава в процессе технического обслуживания, ультразвуковому контролю железнодорожных рельсов в процессе эксплуатации, оценке состояния теплообменных аппаратов и контуров электрических станций в энергетике, современным визуально-измерительным шаблонам и применению моделиро-

вания с помощью аддитивных технологий в целях обучения. Также в эту секцию были вынесены темы по проекту МАГАТЭ RER1018 и вопросы, связанные с обнаружением дефектов силовых трансформаторов.

В работе Г.Я. Дымкина, А.В. Шевелева, А.В. Куркова, И.А. Смирнова, А.Д. Шубина показаны методика и опыт контроля гребней бандажа колес локомотивов. Отличием данного подхода является возможность проверки всей поверхности бандажа при затрудненном доступе (прямо под локомотивом) с помощью поверхностных волн, обтекающих колесо. При этом достигается обнаружение поперечных трещин, развивающихся от поверхности, глубиной от 1 мм, а временные затраты на контроль составляют 5–7 мин.

В докладе П.В. Соломенчука представлена технология вихретокового контроля колесных пар вагонов в условиях цехового ремонта. Отличием является система сканирования многоканальными вихретоковыми преобразователями, устанавливаемыми вблизи семи областей колесной пары – диска, обода и ступицы. Общее время контроля одной колесной пары составляет 20 мин вместо 6 ч по традиционной технологии (до 30 пар вместо двух за смену). Сканирование пары осуществляется автоматизированно, путем ее вращения на стенде, в состав которого входят настроечная колесная пара с моделями дефектов и консольный кран.

Н.В. Мелешко, Г.Г. Газизова, А.В. Дубина, М.В. Чаевский представили систему иммерсионного механизированного ультразвукового контроля железнодорожных колес в условиях депо. Отличие состоит в том, что в процессе вращения колесной пары осуществляется частичное погружение цельнокатаного обода колеса в ванну с водой и добавкой ингибитора коррозии. За счет этого достигается наличие постоянного иммерсионного слоя для ввода и приема акустических колебаний в эхоимпульсном режиме. Как следствие, обеспечивается стабильность акустического контакта и исключается механический износ преобразователей.



А.А. Марков, выступает В.В. Мосягин



Выступает П.В. Соломенчук

\* Начала см. «Территория NDT», 2020, № 2

Работа С.Л. Молоткова, В.В. Мосягина, А.А. Маркова, Г.А. Иванова посвящена вопросам повышения информативности скоростного ультразвукового контроля рельсов, уложенных в путь, вагонами-дефектоскопами. Предложено использовать сочетание эхо-и зеркально-теневых методов при наклонном вводе продольными волнами. При этом достигается возможность выявления дополнительных эксплуатационных трещин в шейке рельса. За счет регистрации и анализа параметров огибающих амплитуд донных сигналов при наклонном вводе акустических колебаний в ряде случаев удается определять параметры трещин, превосходящих по точности для эхометода и вне зависимости от ориентации плоскости трещины.

Доклад А.Е. Шубочкина, А.Г. Ефимова, Д.И. Галкина, Е.В. Мартъянова сфокусирован на проблеме визуального и измерительного контроля сварных швов и соединений металлоконструкций в части обеспечения требований нормативных документов к допускаемой погрешности измерений. В качестве решения представлен новый универсальный измерительный шаблон с нониусом, обеспечивающий более точные измерения по отношению к массово эксплуатируемым способам. Техническое решение в основе шаблона защищено патентом на изобретение. Точность достигается за счет конструкции, материалов и более технологичного производства шаблона.

Данная работа участвовала и была отобрана среди лучших 20 работ в конкурсе инноваций, проходящем на форуме параллельно с научно-технической конференцией.

В работе Д.И. Галкина, Е.В. Мартъянова показаны примеры успешного использования трехмерных моделей объектов контроля, выполненные по аддитивной технологии, при обучении и сертификации персонала. В отличие от реальных образцов сварных швов, обладающих значительными габаритами, массой и подверженных коррозии, их печатанные трехмерные копии лишены указанных недостатков и к тому же позволяют заложить дефекты требуемых размеров и обеспечить повторяемость. В процессе обучения трехмерные модели используются для отработки технологии контроля, траектории и шага сканирования и т.д.

Доклад В.Г. Крицкого, И.С. Мелкумова, С.О. Пинежского, Н.А. Прохорова, П.С. Стяжкина про мониторинг состояния сталей в контурах электрических станций высветил проблематику и инновационные подходы к оценке состояния стенок ответственных объектов энергетики. Помимо традиционных ультразвукового и вихретокового контроля для оперативного контроля коррозионного состояния металла разработаны и используются специальные датчики. Научной предпосылкой такого



А.Е. Шубочкин

контроля является принципиальная зависимость тока и вида коррозии от потенциала материала и окружающей рабочей среды. Предлагается использовать рабочий электрод из материала контура и вспомогательный электрод из специального сплава, а измеренные значения пересчитывать в значения относительно стандартного водородного электрода. Работоспособность системы коррозионного мониторинга на базе высокотемпературных электродов, апробированных на референтных энергоблоках, была проверена на стенде в средах, моделирующих котловую воду парогенератора.

Работа Д.В. Иншакова, К.А. Кузнецова сконцентрирована на применении метода акустической импульсной рефлектометрии для диагностики технического состояния теплообменных аппаратов на опасных производственных объектах в период остановочного ремонта. Проанализированы возможные подходы к решению проблемы, связанной с ограниченным временем на обследование, большой суммарной протяженностью трубок в пучках и нечеткостью диагностических признаков дефектности трубок. Предлагается использование метода акустической импульсной рефлектометрии с анализом распределения трубок по степени дефектности.

Особенности магнитной дефектоскопии оттяжек высотных сооружений были рассмотрены в докладе Е.Б. Дыскина. Показано, что современные магнитные дефектоскопы с дистанционным управлением позволяют уверенно измерять уровень коррозионного повреждения оттяжек и обнаруживать обрыв отдельных проволок канатов. На основании данных магнитной дефектоскопии можно оценить остаточный ресурс оттяжки и при необходимости прогнозировать ее замену.

В целом работа секции прошла на весьма высоком уровне. Доклады вызвали живой интерес слушателей. Даже после завершения работы секции в рабочем порядке еще долго заинтересованные участники конференции задавали вопросы докладчикам и обсуждали поднятые в докладах вопросы.

Отчет подготовил  
В.В. Мосягин

## СЕКЦИЯ № 8. ЦИФРОВАЯ РАДИОГРАФИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ

### Руководители:

**АРТЕМЬЕВ Борис Викторович**,  
д-р техн. наук, ЗАО «НИИИИ МНПО  
«Спектр», Москва

**ГАЛКИН Денис Игоревич**,  
канд. техн. наук, ЗАО «НИИИИ МНПО  
«Спектр», Москва

В рамках 8-й секции «Цифровая радиография и компьютерная томография» участниками конференции были сделаны пять докладов.

В докладе «Повышение чувствительности гетерогенных ионизационных камер» авторы Б.В. Артемьев, И.Б. Артемьев, Л.В. Владимиров, Д.И. Галкин – сотрудники ЗАО МНПО «Спектр» и МГТУ им. Н.Э. Баумана рассказали об опыте создания и модификаций гетерогенных камер, эффективно работающих в диапазоне энергий электромагнитных квантов от 20 до 100 кэВ. В качестве практических примеров приводились запатентованные авторами конструкции, не требующие внешнего питания.

В докладе «Учет спектрального распределения энергии источника в алгебраических алгоритмах реконструкции томографических изображений» сотрудника ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. Академика Е.И. Забахина» (ФГУП РФЯЦ) А.Н. Кисилева предложен метод учета спектрального распределения энергии источников рентгеновского излучения, применение которого совместно с итерационной реконструкцией томографических изображений позволяет существенно повысить корреляцию получаемых модельных данных с исходными значениями.



*Б.В. Артемьев*

Авторы А.Б. Коновалов и В.В. Власов, сотрудники ФГУП РФЯЦ, в своем первом докладе «Перспективные стратегии регуляризации в томографии с неполным набором данных» сформулировали четыре стратегии регуляризации и представили сравнительный анализ результатов работы этих алгоритмов в условиях неполного набора проекционных данных. Во втором докладе «Применение сверточных нейронных сетей для регуляризации в малоракурсной компьютерной томографии» рассмотрен способ адаптивной фильтрации с применением сверточных нейронных сетей. Показана возможность реконструкции тестового объекта, прототипом которого послужили фантом Шерпа–Логана и метка QR-кодировки, по минимальному числу проекций. При отсутствии шумов в исходных данных число проекций может быть уменьшено до семи ракурсов при использовании алгоритма ART-TV.

В докладе «НК для сохранения культурного наследия» авторы Б.В. Артемьев и И.Б. Артемьев сделали обзор возможно-



*Д.И. Галкин*

стей неразрушающего контроля по анализу, идентификации и реставрации произведений искусства и других памятников культурного наследия. Показано, что новые возможности методов НК, использующих электромагнитное излучение различных длин волн и совершенствование технологий формирования излучения: повышение стабильности источников, возможность точной регулировки анодного напряжения у рентгеновских аппаратов или вектора поляризации у других источников электромагнитного излучения, высокая чувствительность и стабильность детекторов, позволяют использовать оборудование неразрушающего контроля не только для выявления неоднородностей и геометрической структуры изучаемых объектов, но и для обнаружения незаконных вложений и скрытых изображений, пресечения попыток создания дубликатов, выдаваемых за авторские произведения.

*Отчет подготовил  
Б.В. Артемьев*

## СЕКЦИЯ № 9. ОПТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

### Руководители:

#### **МАЧИХИН Александр Сергеевич,**

д-р техн. наук, НТЦ УП РАН, НИУ «МЭИ», Москва,  
АО «НПО «Энергомаш» им. академика В.П. Глушко», Химки

#### **КАЛОШИН Валентин Александрович,**

канд. техн. наук, АО «НПО «Энергомаш» им. академика  
В.П. Глушко», Химки



*В.А. Калошин, А.С. Мачихин*

Заседание секции «Оптический контроль» состоялось 5 марта. В работе секции приняли участие сотрудники НТЦ УП РАН, НИУ «МЭИ», АО «НПО «Энергомаш» им. академика В.П. Глушко», МГТУ им. Н.Э. Баумана. Было заслушано девять докладов, посвященных современным оптическим методам и аппаратно-программным средствам неразрушающего контроля изделий и материалов, разработанным в интересах различных отраслей промышленности: ракетостроения, авиации, энергетики и др. Каждый доклад сопровождался интересной дискуссией о достоинствах и перспективах практического применения полученных результатов.

Сотрудники НТЦ УП РАН д-р физ.-мат. наук С.В. Боритко и А.В. Карандин представили спектрометр на основе акустооптической ячейки со скачкообразной фазовой манипуляцией и показали возможность создания нового класса приборов — дифференциальных спектрометров с произвольной адресацией, работающих в реальном масштабе времени.

Доклады доцента МГТУ им. Н.Э. Баумана канд. техн. наук П.А. Носова и аспиранта НИУ «МЭИ» А.Н. Быханова были посвящены созданию новых компонентов для управления характеристиками оптического излучения.

П.А. Носов в своей работе рассмотрел вопросы расчета лазерных вариосистем, предназначенных для формирования гауссова пучка с плавным изменением продольного положения перетяжки гауссова пучка постоянного диаметра и для формирования гауссова пучка с плавным изменением диаметра перетяжки на фиксированном расстоянии от ла-

зера. Это востребовано для реализации современных лазерных технологий (обработка материалов, манипулирование микрообъектами и др.), где необходимо формирование в рабочей зоне лазерного пучка с требуемыми пространственными параметрами. Если требования и/или условия практической задачи меняются, нужно лазерное излучение с другими пространственными параметрами. Это приводит к необходимости заменять формирующую оптическую систему. При этом выполняется такая трудоемкая и дорогостоящая операция, как юстировка оптического блока лазерной системы. Этого недостатка лишены лазерные вариосистемы, в которых за счет перемещения компонентов и/или изменения их фокусного расстояния изменяются параметры выходного пучка, обеспечивая при этом изменение плотности мощности излучения в рабочей зоне. Такие лазерные оптические системы отличаются универсальностью, заменяют набор оптических насадок и снижают стоимость лазерных приборов и оборудования.

А.Н. Быханов представил исследование, посвященное созданию компактных компонентов для



*А.В. Карандин*



*П.А. Носов*



П.С. Мартьянов



А.А. Быков



Б.А. Чичигин

прецизионной фокусировки оптического излучения, основанных на дифракции света на бесселевых акустических пучках, создаваемых цилиндрическим пьезопреобразователем в жидкости. Для повышения эффективности дифракции предложено применять одновременное возбуждение двух акустических волн разных частот внутри такой акустооптической линзы. Показано, какие сочетания частот оптимальны с точки зрения максимизации концентрации излучения в центральном максимуме.

Аспирант НИУ «МЭИ» А.А. Быков представил результаты экспериментальных исследований в области теплового контроля. Для задач термографии объектов с неоднородным распределением из-

лучательной способности предложено использовать видеоспектрометр. Показано, что такой подход может иметь как научные, так и промышленные приложения.

Доклад канд. техн. наук П.С. Мартьянова (ИТЦ УП РАН) был посвящен разработке устройства для определения концентрации угарного газа в воздухе в бытовых помещениях. Особенностью данного устройства является возможность работы в удаленном режиме, при котором дистанционно регистрируется информация о концентрации угарного газа, что актуально для обеспечения безопасности и своевременной помощи находящимся в помещениях людям, которые могут быть подвергнуты воздействию этого газа.

Исследования доцента НИУ «МЭИ» канд. техн. наук А.Ю. Поройкова, проведенные совместно с ООО «Спутникс» и ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», направлены на создание измерительных систем трехмерного машинного зрения. Представлены характеристики и результаты лабораторных исследований по тестированию разработанных программно-аппаратных комплексов. Получена оценка погрешности измерений с применением созданных систем. На базе одной из разработанных стереосистем предложено создание летной лаборатории на основе беспилотного аппарата, что позволит отрабатывать уже существующие и разрабатывать новые методы и методики проведения полетных испытаний.

Особого внимания заслуживают доклады канд. техн. наук Б.А. Чичигина (НИУ «МЭИ») и Д.Д. Хохлова (ИТЦ УП РАН), посвященные разработке отечественных измерительных видеоэндоскопических средств контроля труднодоступных полостей промышленных объектов.

Прототип систем измерительной дефектоскопии, разработанный Б.А. Чичигиным, представляет собой оптическую малогабаритную систему, закрепленную на гибком средстве доставки, снабженную лазерным осветителем, формирующем на поверхности объекта структурированную подсветку. Используя цифровое изображение объекта и спроецированное на него изображение лазерных пятен, становится возможным восстановление поверхности, и в случае выявления несплошности проводится измерение ее формы. Подобная система позволит контролировать форму труднодоступных деталей на предмет наличия дефектов без проведения их демонтажа и разбора. Применение системы позволяет сократить время обследования, снижает риски возникновения неисправностей при эксплуатации ответственного оборудования в различных секторах экономики. С помощью данной системы можно как проводить эксплуатацион-





ный контроль, так и использовать ее при продлении ресурса и сборке сложного технологического оборудования.

Доклад Д.Д. Хохлова, сделанный в соавторстве с А.М. Перфиловым (АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко»), был посвящен эндоскопическим методам получения информации о пространственно-спектральных свойствах труднодоступных объектов. Использование информации о спектральных свойствах объекта (а именно, спектров поглощения, флуоресценции или комбинационного рассеяния вещества объекта) позволяет повысить эффективность эндоскопического обследования. Для решения задачи спектрального анализа излучения, соответствующего разным пространственным точкам объекта, может быть выполнена выборка спектральных интервалов с заданным шагом по длине волны и регистрация серии спектральных изображений, соответствующих этим интервалам. При этом спектральная селекция осуществляется за счет использования нескольких узкополосных фиксированных либо электронно-управляемых перестраиваемых спектральных

фильтров. В докладе описаны различные типы современных спектральных эндоскопических приборов, а также проведены их сравнение и оценка перспектив применения в технике и медицине.

Представленные доклады отражают основные тренды в развитии методов и аппаратуры оптического контроля: миниатюризация компонентной базы, комплексирование различных методов, широкое применение современных вычислительных методов и нейросетевых алгоритмов принятия решений. Доклады и проведенная дискуссия еще раз убеждают в том, что современный оптический контроль находится на стыке достижений фундаментальной науки и применения передовых информационных технологий и элементной базы.

Участники секции констатировали необходимость регулярного проведения секции «Оптический контроль» в рамках Всероссийской научно-технической конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике.

*Отчет подготовил  
А.С. Мачихин*

## СЕКЦИЯ № 10. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Руководители:**

**АБРАМОВА Елена Вячеславовна,**  
д-р техн. наук, ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н. Э. Баумана»,  
Москва

**БУДАДИН Олег Николаевич,**  
д-р техн. наук, АО АО «ЦНИИСМ», г. Хотьково

Заседание 10-й секции «Неразрушающий контроль композиционных материалов (КМ)» было проведено 5 марта 2020 г. Программа включала 15 докладов, из них 14 были доложены авторами.

Заседание секции прошло с успехом, слушатели активно участвовали в обсуждении представленных результатов. Интерес представляли различные подходы к диагностике схожих объектов, классические и новые технологии диагностики конструкций из КМ. Были рассмотрены задачи: создания и идентификации дефектов, в том числе малоразмерных; разработки технологий НК различными методами; оценки влияния на качество объектов различного типа воздействующих нагрузок; определения предельного ресурса эксплуатации на основе результатов дефектоскопии.



О.Н. Будадин

Решение задач создания новых материалов, обладающих характеристиками, необходимыми для применения их в конструкциях, работающих в сложных условиях эксплуатации (высокие, низкие температуры, направленные сложные нагрузки вплоть до разрушения, наличие остаточных напряжений, связанных с несовершенствами технологий изготовления изделий и т.д.), требует разработки диагностических средств, предоставляющих такую информацию о контролируемом объекте, которая позволит прогнозировать его свойства и влиять на них в сторону совершенствования и обеспечения требуемых параметров.

Особое место с точки зрения технической диагностики занимают конструкции из композиционных материалов в силу сложности их технологического исполнения, анизотропности характеристик, разнообразия пространственных форм. Поэтому зачастую для качественного анализа параметров изделий из КМ применяется комплексный контроль, включающий несколько методов НК.

Этой теме был посвящен доклад А.А. Курятина, Д.Ю. Руса-



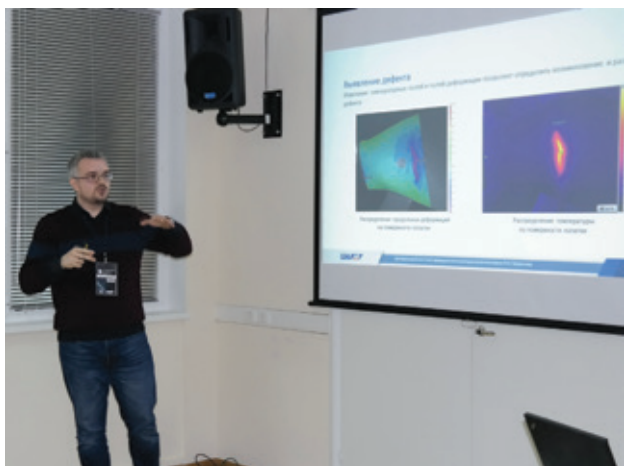
Е.В. Абрамова

кова, В.А. Чернушина «Идентификация типа дефекта при неразрушающем контроле конструкций из полимерных композиционных материалов». Авторы показали, что одной из наиболее сложных задач неразрушающего контроля конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) является идентификация типа обнаруженного дефекта: непроклей, расслоение, инородное включение, подмятие сотового заполнителя, пористость в материале и т.д. В различных типах конструкций (монокристаллических, многослойных с различными заполнителями, подкрепленных и др.) при использовании одного метода НК может возникать неясность в идентификации дефекта. На примере применения различных методов НК (ультразвуковой эхоимпульсный и теневой; рентгеновский, низкочастотный акустический импедансный и свободных колебаний, тепловой) рассмотрены их преимущества и недостатки для проведения дефектоскопии как монокристаллических, так и многослойных конструкций.

К теме выявления специфических дефектов, а вернее, малоразмерных металлических вклю-

чений, случайно попавших в структуру композиционного материала в производственных условиях, можно отнести объединенный по двум работам доклад А.О. Кузнецова «Методы и средства распознавания малоразмерных металлических включений (частиц) в материалах с малой электропроводностью (анализ современного состояния)» и «Разработка технологии и средств обнаружения металлических включений в композитном материале». На основе полученных результатов исследований разработано устройство с использованием вихретокового метода, способное обнаруживать малоразмерные металлические включения с размерами от 0,1–0,2 до 15 мм на глубине до 30 мм в полимерном композитном материале с погрешностью менее 10 %, что повышает качество конструкций из ПКМ за счет своевременного и достоверного обнаружения местоположения металлических включений.

Проблема создания искусственных дефектов в КМ, по которым возможна отработка методов НК, весьма существенна, так как они лишь в каком-то приближении имитируют естественные дефекты. Вариант решения этой задачи предложен в докладе «Теоретическое и практическое обоснование достоверности метода высокоточной имитации дефектов занижением сотового заполнителя в многослойных сотовых конструкциях из полимерных композиционных материалов» (авторы Д.Ю. Русаков, В.А. Чернушин, А.Н. Шелковой). Применение разработанного авторами метода имитации дефекта непроклея (так называемый *fib-shorting*-метод) в отличие от имеющихся аналогов позволяет имитировать дефекты со строго заданной площадью и конфигурацией. Разработанный метод показывает высокие результаты достоверности и воспроизводимости имитаторов де-



Д.В. Матюхин



О.Н. Будадин

фектов. Эффективность его применения доказана для настройки дефектоскопов, реализующих импедансный, тепловой, теневой ультразвуковой методы, а также метод свободных колебаний.

Следующей большой темой, представляющей значительный научный и практический интерес, было исследование изделий из КМ в условиях воздействия на них силовых и ударных воздействий.

В докладе А.Д. Богомоловой «Оценка влияния ударного повреждения на характеристику циклической прочности образцов, изготовленных из полимерных композиционных материалов. Анализ дефектоскопии образцов после ударного повреждения» экспериментальные исследования заключаются в определении площади внутреннего расслоения образцов с предварительно нанесенным ударным повреждением и изучении влияния площади внутреннего расслоения на циклическую прочность. Результатом дефектоскопии является изображение отсканированного образца из углепластика в программе AutoScan. При анализе изображения определяются местоположение и границы расслоений. Дефекты отображаются на графике с указанием времени и амплитуды отраженного сигнала.

О.Н. Будадин с соавторами А.Ф. Разиным, В.А. Анисковичем, Е.В. Абрамовой и С.А. Козельской представили доклад «Новые подходы к диагностике качества конструкций из полимерных композиционных материалов в условиях силового и ударного воздействия по анализу температурных полей». В данной работе рассмотрены возможности диагностики качества конструкций, функционирующих при наиболее распространенных нагрузках: квазистатических силовых нагрузках и динамических ударных нагрузках по анализу динамических температурных полей. Методы диагностики основаны на измерении косвенных проявлений разрушений, происходящих на структурном уровне материала.

Микрповреждения материала обычно не являются недопустимыми при эксплуатации конструкции, известно, что их начальное образование происходит при уровнях нагрузки, в несколько раз меньших предельных. С другой стороны, накопление микрповреждений сопровождается выделением энергии (акустической, тепловой, электромагнитной), что позволяет обнаружить зоны, в которых эти повреждения накапливаются наиболее интенсивно. Это дает возможность, во-первых, определять места концентрации напряжений, потенциально опасные области, во-вторых, определять потенциальные места разрушения изделий, не доводя сами изделия до разрушения. Методом НК, оптимально решающим задачу диагностики накопления микрповреждений, является тепловой. Проведенные исследования позволили авторам разработать математические модели, описывающие процесс образования внутренних тепловых источников в полимерном композиционном материале в процессе его силового и ударного нагружения. Разработаны и внедрены методики и программно-аппаратные средства компьютерного теплового контроля и диагностики технического состояния сложных пространственных и броневого конструкций из ПКМ на основе регистрации информации о динамических температурных полях, обусловленных наличием концентраторов напряжений (образованием микроразрушений), со специализированными алгоритмами обработки информации.

Продолжением темы наличия динамических нагрузок при функционировании изделий из композитов был доклад авторов Б.И. Шагдырова и А.О. Чулкова «Исследование влияния ударных воздействий на теплофизические характеристики композиционных материалов методом активной инфракрасной термографии», в котором были рассмотрены результаты анализа изменения теплофи-

зических характеристик, а именно температуропроводности в дефектных областях образцов из композиционных материалов, таких как кевлар, карбон, кевлар-карбон. Пластины подвергали ударным нагрузкам с энергией однократного удара до 5 Дж. Лучшую устойчивость к ударным воздействиям показали комбинированные образцы из слоев кевлара и карбона.

Вообще применению теплового метода для диагностики изделий из ПКМ была посвящена примерно треть докладов секции.

Многообразие дефектов в композитных конструкциях (КК) требует для их обнаружения и идентификации использования различных технологий теплового контроля, каждая из которых решает определенный комплекс задач. Например, в настоящее время актуальны задачи идентификации малоразмерных дефектов типа нарушения сплошности по глубине их залегания в материале (определения глубины залегания дефектов) в сложных пространственных конструкциях, задачи обнаружения малоразмерных «сомкнутых» дефектов, имеющих в нормальном состоянии практически нулевое раскрытие, проявляющихся в процессе нагружения конструкций силовыми нагрузками и не позволяющих обнаруживать себя традиционными технологиями и т.п.

В докладе «Технология комплексной тепловой дефектометрии сложных пространственных композитных конструкций в условиях эксплуатации» автора С.О. Козельской рассмотрены вопросы разработки данной темы для нахождения малоразмерных дефектов типа нарушения сплошности композитных конструкций сложной формы, включающие ультразвуковую термо-томографию и электро-силовую термографию. Предложенная технология основана на выявлении внутренних дефектов как источников теплоты, вызванной применением дополнительных источников стимуляции. При этом идентифицируются дефекты, которые ранее существовавшими методами практически не определялись, например дефекты малых размеров, сомкнутые трещины, микротрещины и т.п., с определением их местоположения в материале. Показано, что погрешность определения глубины их залегания в материале при использовании предлагаемой комплексной технологии не превышает 10 – 15 %, что вполне приемлемо для практики.

Авторы Д.В. Матюхин, С.В. Воробьев в своей работе «Применение теплового и визуального контроля при усталостных испытаниях изделий, изготовленных из полимерного композиционного материала» предложили технологию применения теплового и визуального контроля в испытаниях на многоцикловую усталость различных образцов из полимерного КМ, моделей и полноразмерных деталей авиа-

ционного двигателя из них. Разработана техника измерений при циклическом нагружении с помощью современных оптических систем, позволяющая определять собственные формы колебаний, распределение деформаций и температур на поверхности объекта исследований. Разработанная технология использована для обнаружения технологических дефектов в полноразмерных деталях при испытаниях на электродинамических вибростендах.

Работа секции показала, что акустические методы продолжают активно применяться для диагностики композиционных материалов. В развитие этого направления авторы А.А. Курятин и Г.П. Стариковский представили доклад «Неразрушающий контроль многослойных и подкрепленных конструкций из полимерных композиционных материалов ультразвуковым эхоимпульсным методом». В нем предложен альтернативный высокочувствительный способ НК многослойных и подкрепленных конструкций из ПКМ ультразвуковым эхоимпульсным методом, позволяющий не только выявлять, но и одновременно определять тип обнаруженного дефекта – расслоение в обшивке или непрочности. Также данным способом можно проводить одновременный поиск дефектов в материале листа и дефектов в клеевом слое, реализуя процесс контроля при одном акте сканирования поверхности одного из соединяемых листов в соединении лист–лист либо поверхности листа в соединении лист–заполнитель.

Для исследования влияния ударных воздействий на углеродные материалы кроме теплового метода с успехом применяется акустическая микроскопия, что показано в докладе «Импульсная акустическая микроскопия для объемной визуализации и оценки внутренних повреждений при ударных нагрузках армированных углепластиков аэрокосмического назначения», который представили авторы Е.С. Мороков, В.М. Левин, А.В. Чернов, Т.Б. Рыжова, А.Н. Шаныгин. В данной работе показаны результаты использования высокочастотной акустической микроскопии для визуализации и анализа механизмов разрушения армированных углепластиков под действием ударных нагрузок. Исследования проводились с помощью импульсного акустического микроскопа, разработанного и созданного в Институте биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук. Визуализация внутренней микроструктуры выполнялась до и после ударных испытаний с применением акустических линз на рабочей частоте 50 и 100 МГц. Идентифицируются основные типы разрушений углепластиков: образование межслоевых расслоений, растрескивание матрицы, разрыв армирующих волокон, которые на дефектограммах изображаются градиентами интенсивности цвета в серой палитре.

Влияние наличия микроразрушений на прочностные характеристики углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ), нашедших широкое применение в аэрокосмической технике, рассмотрено в докладе «Возможности акустического теневого метода для технической диагностики углерод-углеродных композиционных материалов на основе ткане-прошивного каркаса» (авторы: А.И. Смирнов, А.А. Носков, В.М. Блинов). Детали из УУКМ используются в качестве теплозащиты сопловых блоков ракетных двигателей, носовых обтекателей ракет и летательных аппаратов. В работе рассматривается УУКМ на основе ткане-прошивного каркаса (ТПК) из ткани типа УТ-900 (двухнаправленного переплетения) и комбинированной коксовой и пироуглеродной матрицы. Авторы считают, что основными физико-химическими характеристиками, определяющими качество УУКМ, являются кажущаяся плотность и открытая пористость, для исследования они применили акустический теневой метод НК с помощью построения корреляционных зависимостей ослабления и скорости распространения ультразвуковых колебаний с указанными характеристиками УУКМ, при этом при диагностике предела прочности композиционного материала оптимальным информативным параметром является ослабление УЗК.

Для изучения механизмов разрушения армированных композитов и конструкций из них в докладе «Определение деформаций в композитных материалах методом корреляции ультразвуковых изображений» предложено использование технологий ультразвуковой визуализации высокого разрешения. Авторы исследований С.А. Титов, В.М. Левин, Ю.С. Петронюк, Е.С. Мороков предложили метод измерения деформации образца при его механических испытаниях путем ультразвуковой визуализации изменений структуры под действием приложенной силы. Разработан алгоритм обработки акустических изображений, позволяющий обнаруживать и количественно характеризовать смещение структурных элементов композитной среды при разных нагрузках. Показано на образцах, что предложенный метод может быть использован для измерения продольной и поперечной деформации композитных материалов.

Направления дальнейшего совершенствования характеристик композиционных материалов в области защиты вооружения, военной и специальной техники показал В.А. Анискович в своей работе «Современные тенденции развития керамики-композитной брони», которые включают задачи создания научно-технического задела для развития технологий производства новых бронематериалов с улучшенными характеристиками.

Применение методов НК в конечном итоге необходимо для диагностики технического состоя-



ния объектов и прогнозированию их заданных эксплуатационных свойств во времени. Исследованию этой темы был посвящен доклад О.Н. Будагина с соавторами С.О. Козельской и А.Н. Рыковым «Новый подход к проблеме оценки предельного ресурса эксплуатации конструкций из полимерных композиционных материалов на основе результатов неразрушающего контроля». В нем предложено оценить эксплуатационную безопасность материалов и деталей сложной конструкции проводить на основе методов искусственного интеллекта на базе искусственных нейронных сетей и многокритериального комплексного неразрушающего контроля с использованием специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа текущих характеристик объектов диагностики и прогнозирования их остаточного ресурса в условиях внешних воздействий.

Представленные доклады отражают современное, на уровне мировых стандартов, состояние развития методов диагностики конструкций из КМ, имеющих очень широкие перспективы применения в различных отраслях промышленности, для обеспечения безопасности нашей страны и в аэрокосмических направлениях.

Вторая часть названия конференции, связанная с безопасностью, неожиданно получила развитие в современных условиях, когда весь мир охватила пандемия коронавируса. Большим спросом стали пользоваться тепловизионные приборы и ИК-термометры, позволяющие отследить ненавязчивым динамическим тепловым методом состояние здоровья больших масс людей путем измерения температуры в реальном времени их движения и выявить людей с повышенной температурой. Попутно такие оперативные обследования позволяют выявлять и многие другие заболевания. К сожалению, зачастую измерительные процедуры осуществляются некорректно, не учитывается влияние окружающей среды на открытые участки тела человека. Это приводит к неизбежным ошибкам в результатах, что в очередной раз говорит о том, что к любым измерениям нужно подходить профессионально.

*Отчет подготовила  
Е.В. Абрамова*

## СЕКЦИЯ № 11. ТЕРАГЕРЦОВЫЙ И РАДИОВОЛНОВОЙ КОНТРОЛЬ

**Руководитель:**

**ШУБОЧКИН Андрей Евгеньевич,**

д-р техн. наук, ЗАО «НИИИИИ МНПО «Спектр», Москва

В рамках 11-й секции «Терагерцовый и радиоволновой контроль» специалистами Научно-технического центра уникального приборостроения РАН в содружестве с МГУ им. М.В. Ломоносова, Новосибирским государственным университетом и Институтом ядерной физики им. Г.И. Будкера были представлены работы, освещающие современное состояние и перспективы развития методов плазмонной интерферометрии и структуроскопии терагерцового (ТГц) и инфракрасного (ИК) диапазонов.

В работе А.К. Никитина, В.В. Герасимова и Б.А. Князева показано, что при использовании такой разновидности электромагнитных волн, как



*А.Е. Шубочкин*



*Выступает О.В. Хитров*



поверхностные плазмон-поляритоны (ППП) терагерцового диапазона, контроль состояния поверхности и определение наличия на ней неоднородностей возможен на металлических изделиях большой площади с высокой чувствительностью. Авторами представлена схема устройства, позволяющего обнаруживать неоднородности размером в сотую долю длины волны, т.е.  $\sim 1$  мкм. Впервые были озвучены результаты реализации загоризонтной локации не в радиодиапазоне, а в терагерцовом диапазоне. Загоризонтные терагерцовые ППП-локаторы могут найти применение в оптико-механической промышленности для локализации объектов на выпуклой механической поверхности с ограниченным доступом к ней; в авиации для обнаружения обледенения; в инженерии и научных исследованиях для зондирования объектов, находящихся в зоне воздействия агрессивных газовых сред или ионизирующего излучения.

О.В. Хитров и А.К. Никитин предложили схему интерферометра Майкельсона с использованием полиамидной пленки вместо уголкового зеркала, позволяющего определить обе части комплексного показателя преломления терагерцового ППП (по периоду интерферограммы и по изменению ее видимости, контраста) при контроле плоской поверхности металлических изделий. Данная схема позволяет снизить интенсивность порождаемых при делении пучка терагерцовых ППП паразитных объемных волн.

Доклад Н.В. Поликарповой и А.К. Никитина был посвящен изучению акустических, фотоупругих и оптических свойств монокристаллических сред в терагерцовом диапазоне волн (от 40 до 100 мкм) для определения зависимости характери-

стик устройств, использующих акустооптический (АО) эффект, состоящий в дифракции электромагнитного излучения на ультразвуке. Показано, что при использовании лазера на свободных электронах (ЛСЭ) с помощью ячейки Голя и синхронного детектирования можно уверенно регистрировать дифрагированное излучение монокристаллических сред: антимонида алюминия AlSb, германия Ge, арсенида галлия GaAs, кремния Si и фосфида галлия GaP. Полученные авторами результаты позволяют выбрать оптимальную среду АО взаимодействия для создания модуляторов и фильтров ИК- и терагерцового излучения, а также определить размеры кристалла, необходимые для требуемых характеристик АО-устройств.

Работа И.Ш. Хасанова посвящена усовершенствованию метода пассивной плазмон-поляритонной абсорбации ИК-структуроскопии тонкостенных объектов. Автор показывает, что в случаях нарушения трансляционной симметрии на металлической поверхности (таких как край направляющей ППП-поверхности) поверхностные электромагнитные волны могут срывать в объемную волну, что в свою очередь позволяет регистрировать ее в дальней волновой зоне. Используя метод Зоммерфельда–Малюжинса, была разработана аналитическая модель, с помощью которой можно рассчитать диаграмму направленности объемного излучения в зависимости от длины волны излучения. Данная модель дает возможность обобщить результат для случая широкополосных ППП и показать, что грань металлического тела является узконаправленным источником  $p$ -поляризованного излучения терагерцового ППП.

На сегодняшний день многопиксельные камеры и детекторы, работающие в терагерцовом и дальнем ИК-диапазонах спектра, достаточно сложны и дороги. Авторы Л.А. Зыкова и И.Ш. Хасанов предлагают использовать метод фантомного видения (ФВ) в плазмон-поляритонной микроскопии терагерцового диапазона. Метод микроскопии ППП обладает сверхвысоким вертикальным разрешением за счет концентрации энергии эванесцентной волны вблизи поверхности при невысоком латеральном разрешении, обусловленным переизлучением поверхностной электромагнитной волны, возбужденной падающим излучением. Для реализации предложенного метода микроскопии ППП предложено использовать поверхности полупроводников с плазменной частотой намного больше, чем частота зондирующего сигнала, а в качестве приемника применять однопиксельные приемники, такие как ячейка Голя или детектор на горячих электронах. Получение изображения методом ФВ позволяет не пользоваться механическим сканированием и повысить латеральное раз-

решение изображений вследствие отсечки некогерентных с модулированным случайными масками (спекл-картинами) светом случайных составляющих отраженного излучения, влияния фазовых шумов.

### Заключение

Долгое время терагерцовый диапазон электромагнитных волн оставался практически неосвоенным с точки зрения спектроскопических исследований и практического применения. Последнее десятилетие принесло значительные подвижки в данной области, связанные с развитием малогабаритных источников терагерцового излучения достаточной мощности; разработкой новых материалов, прозрачных в терагерцовом диапазоне; созданием матричных и высокочувствительных детекторов. Лаборатории терагерцовой структуроскопии создаются во многих ведущих институтах мира и России, обеспечивая перспективы развития направления. Не являясь ионизирующим излучением и будучи неинвазивным, данный диапазон волн безопасен для органических тканей и открывает новые горизонты в медицине. Терагерцовые технологии объективно имеют значительный потенциал в областях дистанционного зондирования и определении опасных материалов. Характеристические признаки различных конденсированных сред (твердые тела, жидкости, биомедицинские ткани, водные растворы и смеси, химические соединения различной агрегации) попадают именно в терагерцовый диапазон и используются в качестве селективной диагностики при терагерцовой структуроскопии. Спектральные свойства терагерцовой структуроскопии определяют перспективность практической реализации в области безопасности, биомедицинских технологий, фармацевтике, нанотехнологиях, микро- и наноэлектронике, контроле продуктов питания, мониторинге климата, астрономии, космической связи и неразрушающем контроле различных материалов.

*Отчет подготовил  
А.Е. Шубочкин*

Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике изданы отдельным изданием:

**XXII Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике «Трансформация неразрушающего контроля и технической диагностики в эпоху цифровизации. Обеспечение безопасности общества в изменяющемся мире»: сб. тр. Москва, 3 – 5 марта 2020 г. – М.: Издательский дом «Спектр», 2020. – 358 с.** ■

# ОТЧЕТЫ ПО КРУГЛЫМ СТОЛАМ ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2020. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ. ИСПЫТАНИЯ. ДИАГНОСТИКА»

## РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ. МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

### Модераторы:

**МАХУТОВ Николай Андреевич,**

д-р техн. наук, профессор,  
член-корреспондент РАН, ИМАШ  
РАН им. А.А. Благодирова, Москва

**ИВАНОВ Валерий Иванович,**

д-р техн. наук, профессор,  
ЗАО «НИИИМ МНПО «Спектр», Москва

**ХАРЕБОВ Владимир Георгиевич,**

НТЦ «ЭгидА», Москва

В соответствии с деловой программой VII Международного промышленного форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» было запланировано проведение круглого стола «Риск-ориентированное техническое диагностирование. Мониторинг технических устройств». Круглый стол по этому направлению стал традиционным и в 2020 г. был организован уже в шестой раз. Заседание состоялось 4 марта 2020 г.

Заседание было проведено по следующей схеме: выступление модераторов и приглашенных экспертов, которые обозначали проблемы по использованию риск-ориентированного технического диагностирования (РОТД) для количественной оценки техногенной безопасности опасных технических устройств; вопросы к докладчикам; обсуждение каждого доклада. В конце каждого доклада и заседания круглого стола были сформулированы предложения по развитию и ис-

пользованию ТД для обеспечения техногенной безопасности. Обсуждение докладов и сообщений занимало не меньше времени, чем собственно доклады.

Приглашенными экспертами были: С.Н. Пичков (АО «ОКБМ им. И.И. Африкантова», Нижний Новгород), А.Ф. Гетман (ВНИИАЭС, Москва), М.В. Лисанов (ЗАО «НТЦ «Промышленная безопасность», Москва), А.А. Овчинников (ЗАО «ГИАП-ДИСТ-центр», Москва), А.Г. Андреев (ООО «НУЦ «КАЧЕСТВО», Москва).

Предварительно были сформулированы следующие темы для обсуждения:

- Основные проблемы риск-ориентированного технического диагностирования и задачи использования новых подходов в промышленности;
- Системная концепция прочности: методология, методы, технология, примеры применения;

- Количественные оценки риска аварий на объектах Ростехнадзора;
- Методология обоснования ресурса судовых реакторных установок;
- Использование технического диагностирования при количественной оценке риска аварии на объектах нефтегазового комплекса;
- Внедрение риск-ориентированного подхода и технического диагностирования на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли России;
- Подготовка и аттестация специалистов в области риск-ориентированного технического диагностирования.

Основные проблемы риск-ориентированного технического диагностирования и задачи использования новых подходов в промышленности были рассмотрены в выступлениях модераторов. В частности, Н.А. Махутов перечислил методы и



*В.Г. Харебов, Н.А. Махутов, В.И. Иванов*



средства контроля, диагностики и мониторинга состояний, прочности, ресурса, живучести, безопасности и рисков критически и стратегически важных объектов. Также он рассмотрел схему допускаемых и предельных состояний технических устройств, подробно остановился на структуре потенциально опасных объектов для обоснования и мониторинга рисков.

В сообщении В.И. Иванова было отмечено, что тема текущего круглого стола продолжает направление предыдущих круглых столов, но каждый раз уровень этих мероприятий повышается. Текущий круглый стол проводится накануне принятия закона о промышленной безопасности в новой, принципиально отличающейся редакции, в которой акцентировано использование технического диагностирования для обеспечения промышленной безопасности. Автором была приведена формула оценки риска аварии и отмечено, что вероятность разрушения объекта играет существенную роль в оценке риска аварии, и в настоящее время развитие оценки этой вероятности основано уже не на статистике, а на расчете, что позволяет проводить строго обоснованные количественные оценки. В заключении выступления были сформулированы основные задачи, направленные на развитие и использование риск-ориентированного подхода при оценке техногенной безопасности.

В докладе С.Н. Пичкова и Д.Н. Шишулина («ОКБМ им. И.И. Африкантова») основное внимание было уделено методологии обоснования ресурса судовых реакторных установок, используемых на отечественных ледоколах. Рассмотрены составные части определения срока службы оборудования, модель эксплуатации, нагруженность, дефект-

ность, информацию о которой получают при выполнении неразрушающего контроля. При прочностных расчетах используются физико-механические свойства материалов, их деградация в процессе эксплуатации. Существенную информацию получают при выполнении базовых экспериментов по определению параметров уравнения состояния, используются также результаты анализа эксплуатационной поврежденности, расчетные коды, базирующиеся на механике деформируемого твердого тела, механизмов разрушения поврежденной среды.

Доклад А.Ф. Гетмана (ВНИИАЭС) посвящен подробному представлению системной концепции прочности (СКП), которая должна быть положена в основу оценки технического риска аварии. СКП включает методологию, методы, технологию, иллюстрированную примерами применения. Докладчик считает, что основной недостаток технологий обеспечения прочности, основанных на концепции допускаемого напряженно-деформированного состояния объекта, заключается в большом расхождении нормативных требований безопасности и фактическими показателями, достигающем 3, 4 и более порядков. Целевой функцией системы СКП определяется уровень прочностной надежности, который должен быть обеспечен данной системой. Для достижения уровня прочностной надежности необходимо применение как новых системных методов, так и традиционных методов исследования и обеспечения прочности.

Проблемы диагностирования объектов атомных станций связаны со сложностью многих конструкций и затрудненным доступом к ним. Так, протяженность труб парогенераторов на одном блоке АЭС составляет бо-

лее 700 км; при этом визуально снаружи доступна только  $2 \cdot 10^{-5}$  часть труб. Контроль состояния труб ведется только с внутренней стороны трубы с помощью вихретокового зонда.

Применение СКП позволило обосновать возможности эксплуатации компенсаторов объема (КО) на Нововоронежской АЭС с коэффициентами запаса прочности по пределу текучести 0,9 и по пределу прочности 2,2, его эксплуатация составила 41 год. При этом была показана возможность снижения коэффициентов запаса прочности по пределу текучести; пределу прочности; пределу усталости; вязкости разрушения на 3–10 % без снижения надежности указанных конструкций. ВНИИАЭС разработал методологию по безопасному переходу с 4-летнего на 8-летнюю периодичность эксплуатационного контроля оборудования и трубопроводов для реакторных установок.

Докладчик сформулировал в качестве предложения для промышленности на основе системной концепции прочности, а также опыта ее применения в атомной отрасли и нефтегазовом комплексе разработать руководящий документ (РД) обеспечения прочности на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации. Выполнение РД обеспечит:

- снижение вероятности разрушения до  $10^{-6}$  и ниже;
- снижение металлоемкости до 10 %;
- повышение производительности объекта до 7–10 %.

М.В. Лисанов (директор Центра анализа риска ЗАО «НТЦ ПБ», д-р техн. наук) сделал доклад на тему «Использование результатов технического диагностирования (ТД) при количественной оценке риска (КОР) аварии на объектах нефтегазового комплекса». В докладе отмечено, что в настоящее время в рамках

внедрения риск-ориентированного подхода в области промышленной безопасности разработан комплекс из более чем 15 нормативных методических документов в области анализа риска аварий на опасных производственных объектах (ОПО), утвержденных Ростехнадзором и заложенных в программный комплекс ТОКСИ+risk (<https://www.safety.ru/software>). В докладе отмечено, что применяемая на объектах Ростехнадзора количественная оценка риска аварий наиболее эффективна на стадии проектирования ОПО. Она используется для сравнения вариантов проектных решений, размещения объектов, подтверждения критериев допустимого риска и т.д.), т.е. на той стадии, когда техническое состояние объектов не может быть известно в принципе.

Докладчик отметил, что при условии единой исходной информации и выполнения КОР квалифицированными специалистами по нормативным методикам расхождение в расчетах основных показателей риска для большинства нефтегазовых ОПО не превышает половину порядка величины. При этом для обоснованности выводов о безопасности при неполноте информации следует применять консервативные допущения и соблюдать условия выполнения всех требований безопасности, включая требования к квалификации персонала и своевременное диагностирование.

По мнению докладчика, предлагаемые некоторыми специалистами методы расчета вероятностей аварии (разрушения технического устройства) на основе результатов диагностирования представляются неубедительными вследствие отсутствия достоверных моделей перерастания обнаруженных дефектов в трещины определенного размера. В связи со сложностью учета

развития дефектов, выявленных при диагностировании оборудования, при проведении КОР для действующих объектов целесообразно использовать балльную оценку влияния факторов результатов диагностирования или поправочных коэффициентов к принимаемой частоте разгерметизации оборудования.

С докладчиком можно согласиться в том, что в случае отсутствия расчетов вероятности разрушения объекта необходимо использовать балльную оценку всех факторов, влияющих на возможность разрушения технических устройств, или поправочные коэффициенты. Но уже есть примеры (которые невозможно найти в RBI, но они присутствуют в НП 084-15) по расчету вероятности разрушения некоторых объектов с использованием размеров дефектов, полученных при помощи неразрушающего контроля и рассчитанных по российским методикам. В этих случаях получают истинную количественную оценку технического риска аварии.

В заключении докладчик предлагает развивать методологию технического диагностирования оборудования с учетом факторов риска для определения периодичности ТД оборудования, трубопроводов в целях эксплуатации по техническому состоянию.

А.А. Овчинников и К.О. Аллогулова (ГИАП-ДИСТцентр) представили доклад «Внедрение риск-ориентированного подхода к техническому диагностированию на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли России». Целью доклада было акцентировать внимание на текущих проблемах внедрения риск-ориентированного подхода к обеспечению промышленной безопасности ОПО. Рассмотрена действующая в промышленности система планово-предупредительных ремон-

тов в нефтепереработке. К достоинствам отнесена простота планирования сроков ТД. Отмечены и недостатки: не устанавливается объем ТД, сроки последующего ТД не зависят от реального технического состояния объекта, затраты на ТД всего оборудования (в том числе с малым риском отказа) повышенные, не оцениваются повреждающие механизмы, влияющие на отказ технического устройства. Отсюда вытекают преимущества РОТД, которые заключаются в: индивидуальном подходе к определению объема ТД для каждого устройства, учете фактического состояния оборудования при анализе вероятностей отказа технического устройства (ТУ), получении количественной оценки риска эксплуатации ТУ, а также организации сбора статистических данных о жизненном цикле устройства.

В докладе отмечены недостатки действующей системы обеспечения промышленной безопасности и причины ограничения при внедрении РОТД в отечественной промышленности. К ним можно отнести следующие:

- непонимание цели и значимости введения РОТД (RBI) — отсутствует культура применения и поддержания систем, основанных на анализе риска;
- отсутствие оценки полного и правильного объема работ, ресурсов и возможных трудностей;
- неточность информации об объекте, указанной в документации, или отсутствие важной информации, необходимой для выбранного типа оценки;
- несвоевременное внесение актуальной информации о ремонтах, изменениях в условиях эксплуатации, проведенных обследованиях;
- сложность выявления достоверной информации, так как в

различных источниках на один и тот же объект информация может различаться;

- нехватка специалистов по коррозии на производстве;
- необходимость получения большого объема данных, которые не собираются и не анализируются на предприятии;
- отсутствие статистической базы отказов для определения финансовых показателей;
- отсутствие наработанной базы экспериментальных данных на конкретных заводах (скорости коррозии материалов в различных средах с различными параметрами);
- отсутствие ограничений и требований в законодательстве для установления предельно допустимого уровня риска. В результате предприятия могут занижать или завышать риски;
- недостаточное количество сотрудников, занятых поддержанием системы ПБ;
- действующая нормативная база, усложняющая переход на систему РОТД.

В докладе намечены пути решения проблем внедрения риск-ориентированного подхода, включающие:

- упрощение объема расчетов путем концентрации анализа на основных факторах, вызывающих отказ;
- переход к количественной оценке риска на основе фактического технического состояния устройств;
- внедрение программного обеспечения в целях хранения данных о техническом устройстве, его отказах и анализа этих данных;
- внедрение системы поэтапного обучения сотрудников отделов анализа риска на предприятии для осознания целей подхода;
- разработка и внедрение стандартов предприятий, регламентирующих контроль ТУ на основе анализа рисков.

Для реализации риск-ориентированного подхода в ЗАО «ГИАП-ДИСТцентр» разработан ряд документов, включая СТО ІСТЕ 1-002-14 «Технический аудит нефтегазоперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий», СТО ІСТЕ 3-002-14 «Определение зон и объема неразрушающего контроля технических устройств технологических установок, работающих в условиях увеличенного интервала между капитальными ремонтами». Разработаны проекты ФНП «Основные требования к технической диагностике технического оборудования зданий и сооружений на опасном производственном объекте», «Техническое диагностирование. Методические рекомендации по анализу факторов ущерба и механизмов повреждения технического оборудования и конструкций на опасном производственном объекте».

По вопросам, связанным с обучением и аттестацией специалистов в области технического диагностирования, выступил представитель НУЦ «Качество» А.Г. Андреев. Было отмечено, что для обеспечения промышленности специалистами по техническому диагностированию существуют определенные условия. Принят соответствующий стандарт Министерства труда и социальной защиты РФ «Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса», введенный приказом от 10 марта 2015 г. N 156н; имеются соответствующие законодательные акты, например Указ Президента РФ от 6 мая 2018 г. № 198 «Об основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу»; подготовлена новая редакция закона о промышленной безопасности, в которой

вопросам технического диагностирования уделено большое внимание. Однако действующие предприятия уделяют мало внимания внедрению современных методик технического диагностирования в целях получения информации для расчетов риска аварии, что можно, вероятно, отнести к новизне этой проблемы.

В работе круглого стола, который продолжался пять часов, приняло участие более 30 специалистов. После каждого доклада проходило активное его обсуждение, которое занимало не меньше времени, чем сам доклад. В докладах экспертов и выступлениях заинтересованных специалистов были сформулированы проблемы и задачи в области РОТД, требующие решения. Основными из них являются:

- создание критериев и иерархического перечня объектов (по классам опасности), для которых необходимо, целесообразно и экономически обосновано проводить анализ и расчет риска аварии;
- разработка методик риск-ориентированного технического диагностирования для соответствующих классов объектов;
- создание системы документов по оценке вероятности аварии. Разработка комплекса НТД и стандартов по оценке риска с использованием методов технического диагностирования;
- создание системы обучения и аттестации специалистов, а также системы необходимых документов в области ТД (курсов обучения, программ, билетов и т.д.);
- привлечение внимания ПРОМЫШЛЕННОСТИ и ГОСУДАРСТВА к необходимости финансирования инновационных разработок новых средств и методов НК и РОТД.

*Отчет подготовил  
В.И. Иванов*

## ОБУЧЕНИЕ, АТТЕСТАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ОБЛАСТИ НК



### Модераторы:

**КОНОВАЛОВ Николай Николаевич**, д-р техн. наук, заместитель генерального директора АО «НТЦ «Промышленная безопасность», Москва

**МУЛЛИН Александр Васильевич**, руководитель органа по сертификации персонала НУЦ «Контроль и диагностика», Москва

Заседание круглого стола «Обучение, аттестация и сертификация в области НК» в рамках форума «Территория NDT 2020» прошло 5 марта 2020 г. В заседании приняли участие более 50 человек. Участниками были заслушаны пять докладов, в которых рассматривались вопросы взаимосвязи подготовки, аттестации и сертификации персонала неразрушающего контроля (НК), новые стандарты в области сертификации персонала НК, а также новые подходы в области подготовки и подтверждения компетентности персонала в этой области с учетом положительного отечественного и международного опыта.

Работа круглого стола началась с доклада «Оценка рисков в органе по сертификации персонала» (канд. техн. наук, генеральный директор ООО «НУЦ «Каче-

ство» Г.П. Батов, канд. техн. наук, заместитель генерального директора ООО «НУЦ «Качество» И.Н. Пономарева), с которым выступила И.Н. Пономарева. Она сообщила, что ООО «НУЦ «Качество» имеет большой опыт (около 15 лет) работы в качестве органа по сертификации персонала в области неразрушающего контроля. С 2005 г. ООО «НУЦ «Качество» аккредитован немецким национальным органом по аккредитации DAkkS на право сертификации персонала в соответствии с международным стандартом ISO 9712. После выхода стандарта ISO/IEC 17024:2012 «Оценка соответствия. Общие требования к органам, проводящим сертификацию персонала»

аудиторы DAkkS начали требовать проведения оценки рисков. В настоящее время во все большее количество стандартов входит обязательная оценка рисков, так, например, ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования» предусматривает оценку рисков. Стандарты серии 9000 вводят понятия «риск» и «возможность». Риск – влияние неопределенностей на достижение цели. Влияние выражается в отклонении от ожидаемого результата – позитивном или негативном. Понятие «риск» иногда используется в тех случаях, когда существует возможность только негативных последствий. Возможность – позитивное отклонение, возникающее от риска.

И.Н. Пономарева напомнила, что с 1 марта 2018 г. в России был введен в действие ГОСТ Р ИСО/ МЭК 17024–2017 «Оценка соответствия. Общие требования к органам, проводящим сертификацию персонала», который является идентичным стандарту ISO/IEC 17024: 2012. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17024–2017 устанавливает, что орган по сертификации должен документально оформить, внедрить и поддерживать систему менеджмента. В ГОСТ Р ИСО/ МЭК 17024–2017 понятие риска встречается во введении, а также в п.п. 9.4.9,



Н.Н. Коновалов, Н.Е. Филатова

9.6.3. Во введении указано: «Хотя общепризнано, что экзамены при их хорошем планировании и разработке органами по сертификации персонала могут в основном обеспечивать беспристрастность при функционировании и уменьшить риск конфликта интересов, в данный национальный стандарт включены дополнительные требования». В п. 9.4.9 указано: «Сертификат должен быть разработан таким образом, чтобы уменьшить риски его подделки», в п.9.6.3 указано: «При обосновании периода повторной сертификации должны быть учтены: ... е) риски, возникающие в результате некомпетентности сотрудников». Оценка рисков проводится согласно разработанной методике в соответствии с ГОСТ Р ИСО 31000–2019 «Менеджмент риска. Руководство».

В НУЦ «Качество» планирование рисков и возможностей проводится группой специалистов в конце каждого календарного года во время очередного оперативного совещания на основании анализа с учетом внешних и внутренних факторов и с привлечением заинтересованных сторон. Группа специалистов идентифицирует виды потенциальных отклонений от основных процессов, затем каждому возможному отклонению присваиваются значения в баллах для двух показателей-факторов. Помимо рисков, перечисленных выше, аудиторы посчитали необходимым оценить основные риски, связанные со структурой органа по сертификации. Применяется система анализа рисков и критических точек управления – FMEA-методология (Failure Mode Effect Analyses) на основании двухфакторного анализа: О – балльная оценка вероятности возникновения риска; S – балльная оценка возможных последствий от риска. Оценка рисков может проводиться лю-

бым из методов, описанных в ГОСТ Р 58771–2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска», более ранняя версия – ГОСТ Р ИСО/ МЭК 31010–2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска».

С докладом «Аттестация и сертификация специалистов неразрушающего контроля. Признание органов по сертификации СДСПНК РОНКТД» выступила зав. отделом АО «НТЦ «Промышленная безопасность» Н.Е. Филатова. Она напомнила, что подтверждение компетентности персонала, выполняющего НК на опасных производственных объектах, осуществляется в виде их аттестации в соответствии с Правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02). Аттестацию специалистов НК проводят независимые органы по аттестации (сертификации) персонала (НОАП), которые проходят аккредитацию в Единой системе оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве. НОАП проводят аттестацию специалистов НК по 12 объектам контроля, 13 видам (методам) контроля и трем уровням квалификации. Наибольшее количество специалистов аттестовано по контролю оборудования нефтяной и газовой промышленности, оборудования взрывопожароопасных и химически опасных производств, зданий и сооружений и объектам котлонадзора. Наиболее часто специалисты НК аттестуются на проведение визуального и измерительного, ультразвукового, радиационного, капиллярного и магнитного видов (методов) контроля. Количество аттестованных специалистов НК (имеются в виду специалисты, которые внесены в реестр, т.е. у которых срок аттестации не истек) из года в год растет. Наи-

большой рост количества аттестованных специалистов отмечается с 2003 по 2006 гг. и в 2018 г. по сравнению с 2017 г.

Подтверждение компетентности специалистов НК в соответствии с международным стандартом ISO 9712 проводится органами по сертификации персонала Системы добровольной сертификации персонала в области неразрушающего контроля РОНКТД (СДСПНК РОНКТД). СДСПНК РОНКТД зарегистрирована Ростехрегулированием в 2005 г. Между РОНКТД и АО «НТЦ «Промышленная безопасность» подписано 31 августа 2011 г. соглашение о сотрудничестве, одобренное 19 октября 2011 г. правлением РОНКТД, в соответствии с которым функции центрального органа СДСПНК РОНКТД выполняет АО «НТЦ «Промышленная безопасность». В 2013 г. были переработаны введенные при регистрации системы Правила сертификации персонала в области неразрушающего контроля (с учетом новой версии ГОСТ Р 54795–2011/ISO/DIS 9712) и документы, устанавливающие требования к органам по сертификации, требования к признанию органов по сертификации и требования к экспертам по оценке соответствия органов по сертификации и техническим специалистам. Сертификация специалистов НК проводится по 14 методам контроля, 6 производственным секторам и 8 промышленным секторам.

В настоящее время в СДСПНК РОНКТД признано 8 органов по сертификации персонала. Количество сертифицированных специалистов, сведения о которых включены в реестр СДСПНК РОНКТД с 2013 по 2019 гг. увеличилось более чем в 6 раз. Наибольшее количество специалистов НК сертифицировано по ультразвуковому, радиационному, визуальному и измерительному капиллярному и маг-

нитному контролю. Наиболее часто специалисты НК проходят сертификацию по неразрушающему контролю в авиации и общепромышленных секторах. Более половины специалистов сертифицировано на контроль сварных швов, труб и трубопроводов, поковок, проката.

Признание органов по сертификации персонала проводится в соответствии с Общими требованиями к признанию органов по сертификации (СДСПНК-05-2013). СДСПНК-05-2013 устанавливает порядок прохождения признания в качестве органов по сертификации персонала, требования к инспекционному контролю, повторной оценке, расширению области признания, приостановлению/сужению области действия, отзыву аттестата соответствия.

Доклад А.В. Муллина (руководитель органа по сертификации персонала НУЦ «Контроль и диагностика») «Ревизия стандарта ISO 9712:2012. Текущее состояние дел» был посвящен развитию основного международного стандарта в области сертификации персонала НК. Он напомнил, что в настоящее время действует четвертое издание стандарта ISO 9712 выпуска 2012 г. В конце 2017 г. в результате голосования было принято решение о необходимости пересмотра стандарта. В ходе голосования было получено более 400 предложений по улучшению стандарта. Подкомитет SC 7 «Квалификация персонала» Технического комитета ISO/TC 135 «Неразрушающий контроль» подготовили первый проект измененного стандарта.

Докладчик сообщил, что основные изменения, внесенные в четвертое издание, включают: уточнение обязанностей органа по сертификации, уполномоченного квалификационного органа, экзаменационного центра и работодателя; дополнения к

определениям; определения обязанностей экзаменаторов и рефери; пересмотр требований к продолжительности обучения и производственному опыту; изменения требований к тестированию остроты зрения; переработку требований к экзаменам; включение возможности использования психометрического процесса по усмотрению органа по сертификации; пересмотр требований к сертификационным документам; переработку требований к условиям сертификации; включение дополнительных требований к кандидатам на продление сертификатов; пересмотр структурированной кредитной системы для ресертификации на 3-й уровень; пересмотр приложения А, касающегося определения секторов (приложение А стало более информативным); включение нового приложения F для способов контроля.

А.В. Муллин отметил, что во время Всемирной конференции по неразрушающему контролю в Сеуле в июне этого года планируется заседание SC 7 «Квалификация персонала», которое должно обобщить отзывы на первый проект новой версии стандарта ISO 9712.

С докладом «Стандарт ГОСТ Р 58713-2019/ISO/TS 22809:2007 «Контроль неразрушающий. Несплошности в образцах, используемых в квалификационных экзаменах» — основа для гармонизации практических экзаменов» выступила Н.С. Маковчук (руководитель экзаменационного центра НУЦ «Контроль и диагностика»). Она сообщила, что с 1 марта 2020 г. на территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 58713–2019/ISO/TS 22809:2007, устанавливающий требования к образцам, используемым при приеме практических экзаменов. Необходимость введения данного стандарта продиктована неоднозначностью требований к экзаменационным об-

разцам, описанным в документах, регламентирующих порядок сертификации персонала в области НК. Кандидаты при прочих равных условиях могут получить на экзамене образцы, существенно различающиеся по сложности контроля, что приводит к снижению объективности результатов экзаменов.

Н.С. Маковчук отметила, что указанный стандарт описывает следующие ключевые моменты: минимальное количество экзаменационных образцов, которым должен располагать экзаменационный центр; возможные конфигурации экзаменационных образцов; типы несплошностей, содержащиеся в образцах; минимальный размер несплошности, подлежащей регистрации; количество несплошностей, подлежащих регистрации; требования к использованию радиографических снимков (при использовании радиографических снимков).

Н.С. Маковчук подчеркнула, что конкретные требования к формированию каталога экзаменационных образцов — это то, на что в том числе могут ориентироваться и органы по аккредитации при проведении аудит-проверок органов по сертификации персонала.

Задачей доклада «Современные методики проведения занятий при предаттестационной подготовке специалистов НК», с которым выступил Е.А. Иванайский (руководитель центра аттестации и сертификации ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана», канд. техн. наук, доцент), стало ознакомление участников круглого стола с новыми подходами при предаттестационной подготовке специалистов НК. Он сообщил, что в настоящее время в России отмечается рост производства в целом ряде областей промышленности, что вызывает дополнительную потребность в про-



фессиональных инженерных и рабочих кадрах. Однако в силу ряда причин возникают сложности в подготовке молодых специалистов в высших технических заведениях, а квалификация выпускников не соответствует ожиданиям работодателя. Анализ работы ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана» за 2019 г. показал, что при сохранении текущих тенденций в ближайшие несколько лет произойдет обновление не менее 20% общего количества дефектоскопистов, поэтому проблемы базовой подготовки и повышения квалификации специалистов НК являются весьма актуальными.

Докладчик отметил, что увеличение информационной нагрузки на поколение, начинающее трудовую деятельность, изменило возможности восприятия информации, сделав неэффективными ранее применявшиеся приемы теоретической и практической подготовки. Анализ программ введения в должность новых сотрудников ведущих российских сетевых компаний показал важность визуализации получаемой информации в процессе обучения и необходимости выработки алгоритмов поведения специалистов в различных ситуациях.

ФГАУ «НУЦ СК при МГТУ им. Н.Э. Баумана» разрабатывает модульную систему подготовки и повышения квалификации специалистов НК, основанную на кейс-методе обучения, позволяющем успешно применять теоретические знания для решения практических задач. Данный метод предусматривает создание и согласование тематического плана, который координирует последовательность обучения и позволяет отслеживать достижение целей. Применяются реалистичные кейсы, опирающиеся на ситуации, с которыми сталкивается специалист НК в повседневной работе. Структура кейса должна включать в себя фабулу, проблему и решение кейса. При этом допускается несколько уровней решений: «Идеальное», «Хорошее» и «Допустимое». Оценка кейсов проводится по полученным значениям, заносимым в рабочие тетради, которые сравниваются с эталонным результатом. Все выдаваемые кейсы структурированы по изучаемым темам и содержат ряд последовательных и взаимосвязанных событий. Объем кейсов зависит от требуемых на производстве компетенций специалистов. Совмещая кейс-метод с другими перспективными направлениями подготовки, можно максимально рас-

крыть его основные преимущества, такие как: возможность быстро удовлетворять запросы клиентов; использовать ограниченные технические средства, привлекаемые для создания контента; применять самообучение и взаимообучение.

Е.А. Иванайский сообщил, что ФГАУ «НУЦ СК при МГТУ им. Н.Э. Баумана» планирует активно заниматься подготовкой и повышением квалификации специалистов НК по различным методам в соответствии с имеющимися потребностями промышленности России.

Круглый стол проходил в режиме живой дискуссии, в ходе которой участники круглого стола могли сразу получить разъяснения по возникшим вопросам и высказать свое мнение. Подводя итоги работы, участники отметили необходимость совершенствования взаимосвязи обучения и аттестации (сертификации) персонала, внедрения новых стандартов и новых подходов в области обучения и подтверждения компетентности специалистов с учетом положительного отечественного и международного опыта.

*Отчет подготовил  
Н.Н. Коновалов*

# ПРЕДПОСЫЛКИ ОРГАНИЗАЦИИ, ПРОГРАММА И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ СЕКЦИИ «НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ И ИНДУСТРИЯ 4.0» на XXII ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

## История вопроса

Задачи и перспективы неразрушающего контроля, технической диагностики и мониторинга состояния (НК, ТД и МС) в условиях 4-й промышленной революции и инициативы «Индустрия 4.0» в последнее десятилетие активно обсуждаются в среде специалистов на уровне национальных обществ НК. Одной из первых публикаций на эту тему была статья Питера Тейера [1], в которой был дан прогноз перспектив развития НК и МС на 5, 10 и 20 лет. Оценка достоверности этих прогнозов и анализ развития были сделаны в работе [2]. Русскоязычный вариант этой статьи опубликован в журнале «В мире НК» [3].

Принимая участие в конференциях, организуемых международным и национальными обществами НК, В.А. Сясько, на тот момент член правления, в настоящее время президент Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), заинтересовался задачами и перспективами развития отрасли НК в рамках 4-й промышленной революции и Индустрии 4.0. Начало обсуждения этих проблем в РФ было положено статьей [4].

Последующие изучение этого вопроса показало, что проблемы и задачи, которые стоят перед сферой НК, во многом совпадают с общими вопросами приборостроения и метрологии в целом. В результате проведенного анализа в сентябре 2018 г. в деловой программе выставки «Дефектоскопия 2018» был представлен доклад «Перспективы и вызовы 4-й промышленной революции в метрологии и приборостроении» и написана аналитическая статья [5]. Основные положения этой статьи на русском языке изложены в публикации [6].

В начале 2020 г. была подготовлена статья в журнал Американского общества НК (ASNT) Research in Nondestructive Evaluation для специального выпуска, посвященного Индустрии 4.0, под редакцией Р.Г. Маева. Русскоязычная версия этой статьи вышла в мартовском номере «В мире НК» [7].

В настоящее время наибольшие практические успехи при внедрении новых принципов в рамках концепции НК 4.0 достигнуты в Германии, частности во Фраунгоферовском институте НК (Fraunhofer Institute for Nondestructive Testing IZFP). В Немецком обществе НК (DGZfP) создан экспертный комитет по НК 4.0 со следующими подкомитетами: аддитивное производство, технологии интеллектуальных датчиков, интерфейсы и документация, человеко-машинное взаимодействие, обучение.

На уровне руководителей национальных обществ НК США, Великобритании, России, Канады и КНР принято решение о создании международной рабочей группы при ICNDT по приборостроению, метрологии и стандартизации в рамках направления NDT 4.0.

По результатам проведенного анализа и обсуждений с ведущими специалистами в области НК, приборостроения и метрологии были сформулированы следующие генеральные направления развития, которые касаются не только НК, но носят общий характер для приборостроения и метрологии в целом:

1. Внедрение интеллектуальных датчиков и систем с функциями метрологического самоконтроля, самотестирования и самокалибровки;
2. Метрологическое обеспечение НК как многопараметрических измерений;





3. Верификация и валидация цифровых моделей (двойников);
4. Стандартизация терминологии, методов и технических решений.

#### **Интеллектуальные датчики и интеллектуальные измерительные системы**

Методические, технические и законодательные проблемы метрологии в условиях 4-й промышленной революции активно обсуждаются специалистами во всем мире [8–10].

Одним из главных трендов в этой области является внедрение интеллектуальных датчиков и интеллектуальных измерительных систем [11].

Технические и методические основы создания интеллектуальных датчиков и интеллектуальных измерительных систем с функцией самоконтроля, а также методов их метрологического обеспечения были заложены Р.Е. Таймановым, К.В. Сапожниковой и их коллегами во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии им. Д.И. Менделеева [12–16].

Практическим результатом этой работы стало утверждение трех национальных стандартов РФ [17–19].

Наиболее значимым последним достижением в этой области представляется утверждение в 2020 г. Росстандартом как типа средства измерения интеллектуальной измерительной системы ПТК «КМ-Дельта» для филиала ПАО «РусГидро» – «Саяно-Шушенская ГЭС им. П.С. Непорожного», метод метрологического самоконтроля и метод виртуальных испытаний для которой были разработаны во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева [20].

Разработки интеллектуальных датчиков, а также интеллектуальных измерительных систем ведутся также специалистами предприятий Госкорпорации «Росатом» [21–24].

Большая работа в этой области осуществляется сотрудниками и студентами Южно-Уральского государственного университета под руководством и при непосредственном участии ректора университета, д-ра техн. наук, президента Международного научно-технического общества приборостроителей и метрологов А.Л. Шестакова [25, 26]. Следует отметить также работы Омского государственного политехнического университета [27, 28] и ОКБ Московского завода «Физприбор» [29, 30].

Важность этой тематики подтверждается также тем, что на ряде международных форумов были организованы специальные секции, посвященные ей (10th IMEKO TC7 Symposium, Санкт-Петербург, 2004; 8th Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments (ISMТII), 2007, Сендай; 9th ISMТII, 2009, Санкт-Петербург; 7th International Conference on Condition Monitoring and Machinery Failure Prevention Technologies, 2010, Stratford-upon-Avon; Международная научно-практическая конференция «175 лет ВНИИМ им. Д.И. Менделеева и Национальной системе обеспечения единства измерений», 2017, Санкт-Петербург – две секции, на каждом из перечисленных мероприятий).

#### **Метрологическое обеспечение НК как многопараметрических измерений**

Концепция многопараметрических измерений применялась до настоящего времени в метрологии в основном при измерениях нефизических величин [31–33].

Процесс получения информации методами НК также может рассматриваться как измерение с точки зрения классических подходов метрологии, однако на практике необходимо учитывать множество параметров, от которых зависит результат НК, и которые зачастую невозможно однозначно разделить на информативные и мешающие. Общие ме-

тодические и технические моменты измерений и НК, их различия, а также специфика нормативно-регулирующей области НК подробно проанализированы в работах [34, 35].

В качестве одного из путей решения существующих проблем обеспечения единства измерений при НК предложено рассматривать эти измерения как многопараметрические. Примером такого подхода является разработка во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева распределенного эталонного комплекса для метрологической аттестации мер покрытий, предназначенных для калибровки вихретоковых толщиномеров [36, 37]. Меры нормируются не только по геометрическим, но и по электрофизическим параметрам [38, 39].

### Верификация и валидация цифровых моделей (двойников)

Проблема верификации и валидации цифровых моделей сложных физических объектов, а также многопараметрических средств измерения и НК на сегодняшний день стоит крайне остро. Игнорирование этой проблемы, а также необходимости реализации метрологического самоконтроля при разработке методики управления привело в числе других причин к недавним трагическим авариям в авиации. При этом на сегодняшний день отсутствует не только единство методических и организационных подходов в этой области, но и общее понимание самой необходимости такого единства.

### Стандартизация

Задачи стандартизации состоят не только в установлении норм и требований к хорошо известным, «рутинным» объектам и процессам. Для активно развивающихся отраслей науки и промышленности важно установить общие подходы и решения, начиная с единства используемой терминологии. Для эффективного развития отрасли приборостроения, в том числе средств измерений и НК, необходимо утвердить общие технические требования для разработки интеллектуальных датчиков и интеллектуальных измерительных систем, универсальные интерфейсы для подключения датчиков и приборов к коммуникационным сетям, форматы представления и протоколы передачи данных и т.д.

Анализ и всестороннее обсуждение перечисленных вопросов привели к осознанию необходимости организации сообщества специалистов в целях обсуждения, выработки и продвижения инициатив для решения перечисленных выше задач, а также популяризации идей и концепций Индустрии 4.0 в приборостроении. Для этого на XXII Всероссий-

ской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике, проходившей в рамках VII Международного промышленного форума «Территория NDT» 3–5 марта 2020 г. в Москве, была организована секция «Не разрушающий контроль, мониторинг состояния и Индустрия 4.0».

### Содержание секции «Не разрушающий контроль, мониторинг состояния и Индустрия 4.0»

На секции было представлено 16 докладов, посвященных различным аспектам решения задач приборостроения, стандартизации и метрологии в области НК и МС в эпоху 4-й промышленной революции.

В открывавшем первое заседание секции докладе зарубежного академика РАН, вице-президента РОНКТД профессора Р.Г. Маева (Канада) была представлена система НК качества точечной сварки, в которой воплощены все основные требования Индустрии 4.0: полная автоматизация, контроль в режиме реального времени, наличие функции самоконтроля, использование системы искусственного интеллекта для обработки данных и принятия решения о качестве сварного соединения.

Б. Валеске, руководитель отдела Фраунгоферовского института неразрушающего контроля (IZFP) и председатель технического комитета НК 4.0 Немецкого общества НК (DGZfP), осветил в своем докладе достижения института и направления деятельности общества в развитии концепции NDT 4.0 как составной части Индустрии 4.0.

В докладе президента РОНКТД д-ра техн. наук В.А. Сясько, подготовленном совместно с д-ром техн. наук К.В. Гоголинским, была представлена общая стратегия достижения актуальных целей и решения задач метрологии и приборостроения в области НК, технической диагностики и мониторинга состояния, связанных с тенденциями цифровизации промышленности и экономики.

Представители ВНИИМ им. Д.И. Менделеева Р.Е. Тайманов и К.В. Сапожникова в своем докладе изложили основные тенденции развития метрологии в контексте 4-й промышленной революции.

Доклад ректора Южно-Уральского университета, д-ра техн. наук, профессора, президента Международного научно-технического общества приборостроителей и метрологов А.Л. Шестакова содержал новейшие идеи и концепции применения современных математических методов и вычислительных средств, в том числе технологий искусственного интеллекта, для решения измерительных задач.

Доклад представителя ООО «Газпромнефть-Автоматизация» А.А. Кирьянова был посвящен целям и задачам метрологии в нефтегазодобывающей отрасли в эпоху цифровизации.

В докладах Г.Я. Буймистрюка (ОКБ Московского завода «Физприбор»), А.А. Маркова с соавторами (ОАО «Радиоавионика») и Е.В. Абрамовой (НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им Н.Э. Баумана) были представлены современные многоканальные системы контроля на основе интеллектуальных датчиков, а также методы анализа многопараметрической информации.

Вопросы планирования неразрушающего контроля с использованием риск-ориентированных подходов рассмотрены А.Б. Самохваловым (ООО «ДИАПАК»).

М.А. Ганzenым была представлена концепция мобильного модульного материаловедческого комплекса на основе AR-технологии для нужд образования, производства и неразрушающего контроля, разработанная коллективом авторов из Рыбинского государственного технического университета.

Второе заседание секции было посвящено разработке интеллектуальных датчиков и интеллектуальных измерительных систем, в том числе с использованием технологий искусственного интеллекта. Доклады на эту тему представили А.А. Калашников (АО «Русатом Автоматизированные системы управления»), сотрудник ВНИИМ им. Д.И. Менделеева И.Ю. Шмигельский, а также студенты и аспиранты Южно-Уральского государственного университета И.И. Федосов, Ш.Ш. Кодиров, В.В. Сеницин, Е.С. Тугова.

### Итоги работы секции.

#### Организация рабочей группы

По результатам работы секции было принято решение об организации рабочей группы.

**Название:** Приборостроение, метрология и НК в цифровой экономике.

**Цель:** развитие перспективных направлений в области приборостроения, метрологии и НК в рамках задач стратегической инициативы Индустрия 4.0.

#### Задачи

1. Объединение усилий представителей науки, высшей школы, промышленных предприятий и государственных органов.
2. Взаимодействие с международными профессиональными сообществами и организациями.
3. Подготовка специалистов.

#### Пути решения поставленных задач

1. Разработка и исследование новых принципов построения средств измерений физических величин в области приборостроения.
2. Инициирование работ в области стандартизации.
3. Практическое внедрение новых принципов метрологического обеспечения.

4. Совместные проекты в области высшего образования и повышения квалификации.
5. Публикация научной и учебно-методической литературы.
6. Организация и проведение семинаров и конференций.
7. Продвижение идей Индустрии 4.0 на государственном уровне путем участия в общественных структурах при органах исполнительной власти.

#### Деятельность рабочей группы

В рамках рабочей группы участники координируют свои действия при организации научных исследований, разработке документов по стандартизации и метрологии, а также при подготовке образовательных программ и учебных пособий.

#### Состав

Членами рабочей группы могут быть ученые, технические специалисты, работники высшей школы, руководители предприятий, представители органов власти и другие лица, заинтересованные в обмене информацией и развитии перспективных направлений в области приборостроения, метрологии и НК в рамках задач стратегической инициативы Индустрия 4.0.

На момент создания рабочей группы в нее вошли следующие участники:

**Р.Г. Маев**, зарубежный академик РАН, д-р техн. наук, вице-президент РОНКТД;

**А.Л. Шестаков**, ректор Южно-Уральского университета, д-р техн. наук, профессор, президент Международного научно-технического общества приборостроителей и метрологов;

**В.А. Сясько**, д-р техн. наук, президент РОНКТД;

**К.В. Гоголинский**, д-р техн. наук, член правления, руководитель Комитета по стандартизации и метрологии РОНКТД;

**Р.Е. Тайманов**, ФГУП «ВНИИМ им Д. И. Менделеева»;

**А.А. Кирьянов**, руководитель направления по метрологии ООО «Газпромнефть-Автоматизация» (ПАО «Газпром нефть»);

**А.А. Калашников**, канд. техн. наук, главный эксперт АО «Русатом Автоматизированные системы управления».

В ближайшие планы рабочей группы принято решение включить следующие задачи:

1. Обращение с инициативой в профильные комитеты ISO о разработке международных стандартов на базе ГОСТ Р 8.673–2009, ГОСТ Р 8.734–2011, ГОСТ Р 8.825–2013. Ответственные: В.А. Сясько, К.В. Гоголинский.



2. Подготовка и издание монографии (сборника статей) под рабочим названием «Интеллектуальные датчики и интеллектуальные измерительные системы». Ответственные: редактор Р.Е. Тайманов, издание В.А. Сясько.
3. Обращение в профильные государственные структуры, НИИ, вузы и производственные предприятия с предложением о вхождении в состав рабочей группы.
4. Участие в международной рабочей группе при ICNDT. Ответственный: Р.Г. Маев.

### Библиографический список

1. Thayer P. RCNDE industrial members' vision for the future requirements for NDE // *Insight – Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*. 2012. V. 54. No. 3. P. 124–127.
2. Thayer P. Enabling the Fourth Industrial Revolution (4IR) and the role of NDE and monitoring // *Insight – Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*. 2017. V. 59. No. 9. P. 469–472.
3. Тейер П. Неизбежность четвертой промышленной революции и роль НК и мониторинга // *В мире НК*. 2018. Т. 21. № 3. С. 5–8.
4. Сясько В.А. Незарушающий контроль и вызовы четвертой промышленной революции // *В мире НК*. 2018. Т. 21. № 2. С. 8–12.
5. Gogolinskiy K.V., Syasko V. A. Prospects and challenges of the Fourth Industrial Revolution for instrument engineering and metrology in the field of non-destructive testing and condition monitoring // *Insight – Non-Destructive Testing and Condition Monitoring*. 2019. V. 61. No. 8. P. 434. URL: <https://doi.org/10.1784/insi.2019.61.8.434>.
6. Гоголинский К.В., Сясько В.А. Метрологическое обеспечение и стандартизация НК в эпоху 4-й промышленной революции // *В мире НК*. 2019. Т. 22. № 1. С. 66–68.
7. Гоголинский К.В., Сясько В.А. От неразрушающего контроля к мониторингу состояния. Тенденции развития цифровой экономики // *В мире НК*. 2020. Т. 23. № 1. С. 4–8.
8. Eichstdt S. PTB Digitalization Strategy // *PTB-Mitteilungen*. 2017. V. 127. Is. 4. P. 40. URL: <https://doi.org/10.7795/310.20170401EN>.
9. Taymanov R., Sapozhnikova K. Metrology challenges of Industry 4.0 // *Journal of Physics: Conf. Series*. 2018. V. 1065. No. 7. P. 072044. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1065/7/072044>.
10. Taymanov R., Pronin A., Sapozhnikova K. et al. Actual measuring technologies of Industry 4.0 and analysis of their realization experience // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2019. V. 1379. No. 1. P. 012049. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1379/1/012049>.
11. Taymanov R., Sapozhnikova K. 1 – What makes sensor devices and microsystems “intelligent” or “smart”? // *Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, Smart Sensors and MEMs* / ed. by S. Nihtianov, A. Luque. 2nd Ed. Woodhead: Woodhead Publishing, 2018. P. 1–22. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102055-5.00001-2>.
12. Тайманов Р.Е., Сапожникова К.В. Метрологическое обеспечение средств измерительной техники, встраиваемых в оборудование // *Российская метрологическая энциклопедия*. СПб.: Лики России, 2001. С. 260–262.
13. Сапожникова К.В., Тайманов Р.Е. Интеллектуальные средства измерений и интеллектуальные измерительные системы // *Метрологическая энциклопедия* / под ред. В.В. Окрепилова. 2-е изд. СПб.: Лики России, 2015. С. 145–151.
14. Тайманов Р.Е., Сапожникова К.В. Интеллектуализация встроенных средств контроля как способ повышения надежности оборудования // *Проблемы машиноведения. Точность, трение и износ, надежность, перспективные технологии* / под общ. ред. В.П. Булатова. СПб.: Наука, 2005. С. 421–469.
15. Сапожникова К.В., Тайманов Р.Е. Методы и средства повышения метрологической надежности // *Метрология и измерительная техника: книга-справочник: в 3 т. Т. 3. Гл. 16* / ред. проф. Х. Радева; пер. с болг. М. Игровой и К. Коджабашевой. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2016. С. 691–748.
16. Sapozhnikova K., Pronin A., Druzhinin I., Taymanov R. Metrological self-check as a perspective trend of techn-

- cal diagnostics // 14th IMEKO TC10 Workshop on Technical Diagnostics 2016: New Perspectives in Measurements, Tools and Techniques for Systems Reliability, Maintainability and Safety 14. 2016. P. 181–186. URL: [https://www.researchgate.net/publication/305220096\\_Metrological\\_self-check\\_as\\_a\\_perspective\\_trend\\_of\\_technical\\_diagnostics](https://www.researchgate.net/publication/305220096_Metrological_self-check_as_a_perspective_trend_of_technical_diagnostics)
17. ГОСТ Р 8.673–2009 ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения. М.: Стандартиформ, 2019.
  18. ГОСТ Р 8.734–2011 ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля. М.: Стандартиформ, 2019.
  19. ГОСТ Р 8.825–2013 ГСИ. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы ускоренных испытаний. М.: Стандартиформ, 2019.
  20. ВНИИМ им. Д.И. Менделеева – гидроэнергетике // Новости института метрологии имени Д.И. Менделеева. URL: [https://www.vniim.ru/news\\_528.html](https://www.vniim.ru/news_528.html)
  21. Лункин Б.В., Калашников А.А. Диагностирование измерительных каналов с гидростатическими уровнями // Датчики и системы. 2019. № 10 (240). С. 32–37.
  22. Калашников А.А. On-line мониторинг измерительных каналов уровня с датчиками разности давлений на АЭС. Ч. 1. Математическая модель контрольного датчика // Контроль. Диагностика. 2016. № 4. С. 40–46.
  23. Калашников А.А. On-line мониторинг измерительных каналов уровня с датчиками разности давлений на АЭС. Ч. 2. Градуировочные характеристики // Контроль. Диагностика. 2016. № 5. С. 31–35.
  24. Kalashnikov A.A. Readings correction and on-line monitoring of fluid level measuring channels at NPP, Joint IMEKO TC1-TC7-TC13-TC18 Symposium 2019 // Journal of Physics: Conference Series. 2019. V. 1379. No. 1. P. 012069. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1379/1/012069>.
  25. Япарова Н.М., Белоусов М.Д., Шестаков А.Л. Использование регуляризующего алгоритма для определения коэффициентов в задаче оценки собственного состояния термометров сопротивления // Вестник ЮУрГУ. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2012. Вып. 17. С. 45–49.
  26. Shestakov A. L., Ibrayeva O. L., Iosifov D. Yu. Optimal adjustment of correction device of measuring transducer with partially known characteristics of signals // Journal of Physics: Conf. Series. 2018. V. 1065. No. 21. P. 212005. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1065/21/212005>.
  27. Ионов А.Б., Чернышева Н.С., Ионов Б.П., Плоткин Е.В. Интеллектуализация прибора как способ минимизации влияния человеческого фактора при бесконтактных температурных измерениях // Приборы. 2014. № 6 (168). С. 1–10.
  28. Ионов А.Б. Метрологические проблемы пирометрии: анализ и перспективы преодоления // Измерительная техника. 2013. № 6. С. 42–45.
  29. Буймистриук Г.Я. Принципы построения интеллектуальных волоконно-оптических датчиков // Фотон-экспресс. 2011. № 6(94). С. 38–39.
  30. Buymistryuk G. Experience of developments and applications of intelligent optical fiber sensors in industries of Russia // Proc. SPIE 8351, 3rd Asia Pacific Optical Sensors Conference. 2012. P. 83513A. URL: <https://doi.org/10.1117/12.913548>.
  31. Тайманов Р.Е., Сапожникова К.В. Измерения многопараметрических нефизических величин // Приборы. 2017. № 10 (208). С. 40–45.
  32. Sapozhnikova K., Taymanov R. Models for measurements of multidimensional quantities // XXI IMEKO World Congress "Measurement in Research and Industry". 2015. V. 21. URL: [https://www.researchgate.net/publication/283351671\\_Models\\_for\\_measurements\\_of\\_multidimensional\\_quantities](https://www.researchgate.net/publication/283351671_Models_for_measurements_of_multidimensional_quantities).
  33. Сапожникова К.В., Тайманов Р.Е. Измерения как основа формирования новых знаний // Метрология и измерительная техника: книга-справочник: в 3 т. Т. 3. Гл. 17 / ред. проф. Х. Радева, пер. с болг. М. Иговой и К. Коджабашевой. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2016. С. 749–780.
  34. Gogolinskii K.V., Syasko V.A. Actual metrological and legal issues of non-destructive testing // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. V. 1379. No. 1. P. 012045. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1379/1/012045>.
  35. Гоголинский К.В., Сясько В.А. Современное состояние и проблемы законодательного регулирования, метрологического обеспечения и стандартизации в области неразрушающего контроля // Законодательная и прикладная метрология. 2019. № 4 (161). С. 15–21.
  36. Golubev S.S., Syasko V.A., Smirnova N.I., Gogolinskii K.V. Phase-sensitive eddy-current method of metallic coating thickness measurement. On question of calibration and verification of coating thickness gauges and metallic coating thickness standards // Proc. 55th Annual Conf. of the British Institute of Non-Destructive Testing (NDT 2016) (Nottingham, UK). Nottingham, 2016. P. 166–174.
  37. Голубев С.С., Смирнова Н.И., Складановская М.И. Обеспечение единства измерений толщины металлических покрытий вихретоковыми фазовыми толщинойномерами при их градуировке и поверке // Измерительная техника. 2017. № 6. С. 25–28.
  38. Сясько В.А., Голубев С.С., Смородинский Я.Г. и др. Измерение электромагнитных параметров мер толщины металлических покрытий // Дефектоскопия. 2018. № 10. С. 25–36.
  39. Сясько В.А., Голубев С.С., Смородинский Я.Г. и др. Измерение магнитной проницаемости монолитных кольцевых мер в переменном магнитном поле // Дефектоскопия. 2019. № 11. С. 45–51.

*Материал подготовил  
ГОГОЛИНСКИЙ Кирилл Валерьевич,  
д-р техн. наук,  
Санкт-Петербургский горный университет,  
ООО «Константа»,  
Санкт-Петербург*

# СЕССИЯ ММАГС «НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРКИ»

Очередное мартовское заседание выездной сессии (симпозиума) Московского межотраслевого альянса главных сварщиков (ММАГС) состоялось 5 марта 2020 г. Основной темой сессии ММАГС были вопросы, связанные с выбором средств контроля качества сварных соединений в сварочных производствах.

Идеальным местом изучения вопросов контроля качества в сварке уже много лет является крупнейшая российская выставка по неразрушающим видам контроля – международная выставка «Территория NDT», с которой уже много лет сотрудничает ММАГС. В рамках деловой программы этой выставки 5 марта 2020 г. в конференц-зале № 2 павильона № 8 ЦВК «ЭКСПО-ЦЕНТР» прошел информационно-обучающий семинар «Новое в контроле качества сварки. Новое в подготовке сварочных кадров, в аттестации, сертифика-

ции в сварочных производствах».

Проблемы неразрушающего контроля и технической диагностики (далее НК) входят в число важнейших для сварочных и заготовительных производств, поэтому ценность международной выставки «Территория NDT» для членов ММАГС трудно переоценить.

На выставке было представлено все самое современное, передовое и наилучшее, что создано на сегодня в области НК российскими и зарубежными производителями. Выставка «Территория NDT» предоставила специалистам-сварщикам предприятий разных производственных отраслей уникальную возможность в кратчайшее время получить знания о современном состоянии НК и найти лучшие приборы и оборудование для их производств.

Кроме новейшей информации о технологиях и оборудовании НК, уже традиционно в рамках сессии ММАГС (в формате информационно-обучающего семинара) были заслушаны доклады, содержащие информацию об изменениях российского законодательства по вопросам подготовки сварочных кадров, сертификации и аттестации персонала, оборудования, сварочных материалов и технологий, стандартизации в сварке, по вопросам присвоения квалификаций.

Партнером ММАГС в подготовке мартовской сессии (симпозиума), а также организатором выставки была общероссийская общественная некоммерческая организация «Российское общество по неразру-

шающему контролю и технической диагностике» (РОНКТД), объединяющая специалистов НК во всех промышленных отраслях, а также компании разработчики, производители, поставщики оборудования, осуществляющие контроль, учебные и сертификационные центры, научные и отраслевые институты и объединения.

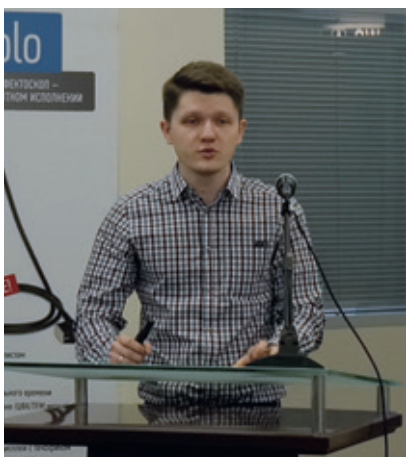
Информационно-обучающий семинар ММАГС прошел в формате заседаний круглых столов: круглый стол «Прогрессивные методы, технологии и оборудование для неразрушающих видов контроля качества сварных соединений. Услуги в оценке качества сварных швов» и круглый стол «Подготовка кадров для сварочных производств. Новое в аттестации и сертификации: сварочного и контролирующего персонала, сварочных материалов, сварочного оборудования и оборудования для неразрушающих видов контроля, сварочных технологий и технологий неразрушающего контроля, сварочных производств в целом. Повышение квалификации сварочного персонала». С вступительным словом об основных мероприятиях и планах работы ММАГС до конца 2020 г. выступил Юрий Константинович Подкопаев, президент ММАГС.

На заседании **первого круглого стола «Прогрессивные методы, технологии и оборудование для неразрушающих видов контроля качества сварных соединений. Услуги в оценке качества сварных швов»** были заслушаны доклады:

- «Проблемы контроля сварных соединений и сварочных технологий и их решение с ис-



Ю.К. Подкопаев



А.С. Шляев



О.Д. Новокшионова



Р.Г. Рахутин

пользованием метода магнитной памяти металла (А.А. Дубов, Ал.А. Дубов, А.А. Собранин, ООО «Энергодиагностика», Реутов);

- «Эффективная бесконтактная диагностика технического состояния сварных швов российских и зарубежных нефте- и газотрубопроводов методом магнитной томографии (МТМ)» (С.С. Камаева, генеральный директор московской инновационной компании «Транс-кор», канд. техн. наук; В.Я. Юртеев, первый вице-президент – сопредседатель правления Национальной технологической палаты, заместитель генерального директора по маркетингу Научно-технического центра Digital International, член Научного совета РАН по комплексным проблемам евра-

зийской экономической интеграции, модернизации, конкурентоспособности и устойчивому развитию, член Комитета РСПП по промышленной политике, Москва);

- «Новый взгляд на визуальный контроль качества подготовки стыков и качества сварных швов – механизация, автоматизация, роботизация» (А.С. Шляев, зам. директора ООО «TWN Технолоджи», Москва);
- «Высокоточные приборы для неразрушающего контроля, дефектоскопии и технической диагностики, производимые и поставляемые компанией НПП «Машпроект», – портативные ультразвуковые и динамические твердомеры, ультразвуковые толщиномеры и толщиномеры покрытий, ультразвуко-

вые и вихретоковые дефектоскопы» (О.Д. Новокшионова, зам. ген. директора ООО «НПП МАШПРОЕКТ», Санкт-Петербург);

- «Уникальные приборы российской разработки для неразрушающего контроля качества сварных соединений, выполненных контактной точечной сваркой» (Р.Г. Рахутин, технический директор ООО «Тессоникс», Москва).

На заседании **второго круглого стола «Подготовка, переподготовка и повышение квалификации сварочных рабочих и инженерных кадров для сварочных производств. Новое в аттестации, сертификации в сварочных производствах»** были заслушаны доклады:

- «Повышение квалификации и профессиональная переподго-





товка инженеров-сварщиков в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина» (А.А. Антонов, д-р техн. наук);

- «Опыт в подготовке квалифицированных сварщиков. О создании системы НАСТАВНИЧЕСТВА при подготовке квалифицированных кадров для сварочных производств» (В.Н. Поливаев, исполнительный директор Профессионального сообщества сварщиков и Союза наставников);
- «Подготовка инженеров-сварщиков в Московском политехническом университете (правопреемнике втуз «ЗИЛ» и МАМИ). Опыт в организации повышения квалификации и профессиональной переподготовки» (Р.А. Латыпов, зав. кафедрой «Оборудование и технологии сварочного производства» Московского политехнического университета, д-р техн. наук);
- «Практика использования международной и европейской сертификации для сборочно-сварочных производств РФ. Опыт подготовки рабочих и инженерных кадров, сертифицированных по европейским международным стан-

дартам» (В.Г. Барышев, международный инженер по сварке (IWE), технический директор центра международной сертификации «Прометей-СЕРТ»; Г.П. Леонов, международный инженер по сварке (IWE); О.Л. Долгополов, менеджер РНТСО).

- «Опыт подготовки для промышленных предприятий Московского региона квалифицированных сварщиков в Электростальском колледже» (А. Лапенков, мастер производственного обучения Электростальского колледжа);
- «Опыт в подготовке рабочих по профессии «сварщик» в Технической школе г. Электросталь. Обучение и аттестация специалистов сварочных производств по электробезопасности, работе на высоте и по работе с сосудами под давлением» (В.М. Липовский, руководитель Технической школы г. Электросталь);
- «Тренажеры сварщика Solda-matic – экономия денежных и энергетических средств на практическую подготовку сварщиков, опыт внедрения в Губернском колледже г. Серпухов» (С. Витишенко, ин-

структор ООО «РУТЕКТОР», Москва).

Участие в информационно-образовательном семинаре ММАГС и посещение выставки «Территория NDT 2020», несомненно, дало возможность сварщикам: в кратчайшее время ознакомиться с лучшими технологиями, оборудованием и материалами для всех видов контроля, сравнить достижения отечественных и зарубежных производителей; разобраться в вопросах подготовки, переподготовки аттестации и сертификации сварочного персонала, оборудования, материалов, узнать о последних изменениях в законодательстве РФ в области сварки; расширить связи со специалистами-сварщиками, представляющими предприятия с высокотехнологичными сварочными участками из других отраслей производства, в целях обмена опытом и знаниями; получить помощь в преодолении трудно решаемых проблем в сварочной области.

**ПОДКОПАЕВ**  
*Юрий Константинович,*  
*президент ММАГС,*  
*Электросталь*



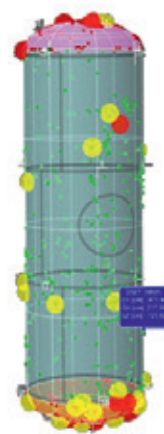
# Vallen AMSY-6

Высокоскоростные системы акустической эмиссии

vallen  
systeme

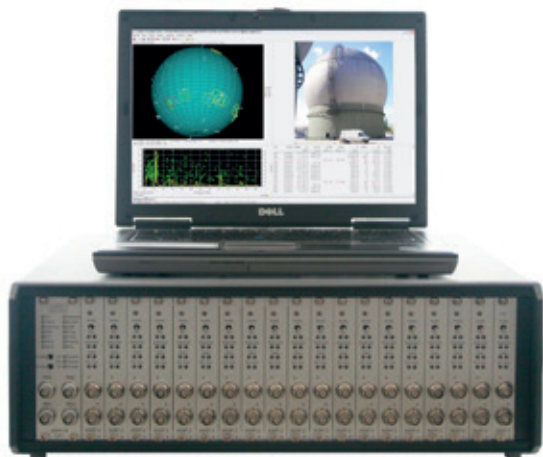
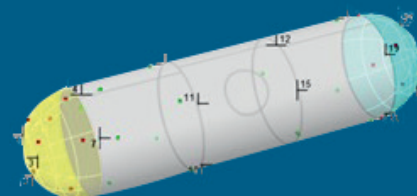
## Особенности:

- Высочайшая скорость
  - До 140 000 АЭ событий в секунду
  - 16 разрядный АЦП
  - Соединение с управляющим ПК по USB 3.0
- Функция автокалибровки с генераторами до 400В
- Запись параметров контроля по 8 каналам
- До 38 каналов в блоке
- До 254 каналов в системе
- Запись формы волны по всем каналам



## Применение:

- Контроль резервуаров
- Контроль коррозионного износа
- Выявление утечек
- Контроль сосудов, работающих под давлением
- Контроль целостности высоковольтных изоляторов
- Мониторинг состояния конструкций и сооружений
- Научно-исследовательские работы



Оборудование неразрушающего контроля

+7 495 587-82-98 +7 495 789-37-48

[www.panatest.ru](http://www.panatest.ru) [mail@panatest.ru](mailto:mail@panatest.ru) [www.vallenaе.ru](http://www.vallenaе.ru)

# БЕСЕДЫ НА VII МЕЖДУНАРОДНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ФОРУМЕ «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2020. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ. ИСПЫТАНИЯ. ДИАГНОСТИКА»<sup>\*</sup> (продолжение)



**ФЕДОРОВ Денис Владимирович**,  
начальник лаборатории неразрушающего контроля  
и технической диагностики ОП «Северный полигон»  
ООО «ЛокоТех», Санкт-Петербург (на фото слева)

*В который раз Вы участвуете в форуме? Ваши впечатления о форуме «Территория NDT 2020».*

Форум «Территория NDT 2020» является замечательной площадкой для открытых дискуссий профессионалов своего дела, новых деловых отношений с потенциальными партнерами. Выбор Экспоцентра как места проведения форума — очень правильное решение.

Я участвую в форуме в первый раз, но в перспективе обязательно буду участвовать вновь и вновь...

*Насколько важны такие мероприятия, как форумы, выставки, конференции, для специалистов НК?*

Обмен мнениями, участие в выставках и секциях чрезвычайно важны для такой наукоемкой отрасли, как неразрушающий контроль и диагностика, ведь зачастую мы занимаемся тем, чего не видно глазами и невозможно потрогать руками. Толь-

ко вдумайтесь! Узел или деталь, которая закрыта или находится внутри машины или механизма, с помощью разнообразных физических и приборных методов становится «прозрачной», и специалисты видят ее как на ладони — это великолепно!

*Что важно для вас? Расскажите о своей разработке, которая была представлена на салоне инноваций.*

Для меня как специалиста в области НК и технической диагностики с 20-летним стажем важно видеть тенденции и перспективы развития приборных средств контроля, применения новых методов и программного обеспечения, изменение функциональных возможностей и, конечно, возможность презентовать свои научные мысли и разработки.

Моя разработка «Способ диагностики электрического оборудования электровозов» посвящена совершенствованию процессов контроля электрического оборудования локомотивов железных дорог. Разработка чрезвычайно актуальна в связи с необходимостью повышения надежности эксплуатации подвижного состава и совершенствования процессов диагностики в рамках общей концепции компании «ЛокоТех», направленной на повышение технической готовности локомотивов к эксплуатации и операционной эффективности.

Идея разработки родилась в процессе выполнения диагностики электрического оборудования электровозов в Сервисном локомотивном депо Санкт-Петербург. В ходе работы я стал задумываться над повышением достоверности контроля и возможностью сокращения непроизводительных потерь. Кроме того, после изучения электрохимических процессов в паре железо—медь пришла идея проводить реверсивные замеры (в двух противоположных направлениях) активного сопротивления силовых цепей локомотивов. Последовательно проводя измерения и сопоставляя результаты с теорией, я укрепился в своей разработке и запатентовал данный способ диагностики. В настоящее время способ применяется и активно развивается,

<sup>\*</sup> Начала см. «Территория NDT», 2020, № 2

найлены дополнительные признаки дефектов, что повышает достоверность контроля.

*Что больше всего понравилось при проведении салона инноваций и стартапов?*

Салон инноваций и стартапов, проведенный в рамках форума «Территория NDT 2020», — отличный способ выразить свое мнение в совершенно различных областях промышленности и дать старт новым проектам!

До встречи на полях NDT!



**МОТАШКОВ Алексей Евгеньевич,**  
руководитель компании NDTCons, Анапа  
**ИЛЬИН Павел Александрович,**  
технический руководитель NDT Cons, Уфа

*Какое значение имеет форум для специалистов НК? Как вам атмосфера на форуме?*

Форум «Территория NDT 2020» — интересное и важное мероприятие для специалистов НК. Такие мероприятия дают возможность пообщаться с коллегами, завести новые знакомства, обменяться опытом, обсудить проблемы, познакомиться с новинками оборудования и технологий НК и ТД. Деловая программа этого форума очень насыщенная и разнообразная, и атмосфера доброжелательная, рабочая.

*Какие темы особенно важны и актуальны сейчас? Что важно для вас?*

Особенно важной темой сейчас является цифровизация отрасли. Актуально обновление нормативных баз в НК с учетом современных технологий, применяемых в производстве, диагностике и контроле. Для меня очень важно профессиональное обучение специалистов по НК не только теоретическое, но и практическое производственное, а главное — поддержка квалификации специалистов на должном уровне постоянно! Ведь ошибки в оценке

качества, например перебраковка, значительно замедляют производственный процесс, ведут к колоссальным затратам. И наоборот, пренебрежение нормами отбраковки может привести к аварии.

*Расскажите о вашем проекте. История создания. Как применяется?*

Мне довелось работать в Сабетте ведущим инспектором технического надзора по НК в компании South Tambey LNG (французско-японская организация, созданная для управления проектом «ЯМАЛ СПГ»). Этот мегапроект «Новатэка» в Арктике потребовал участия многих российских и зарубежных компаний с привлечением специалистов из многих стран мира.

Проект осуществлялся в арктических условиях при невероятных темпах и объемах строительства тысячами специалистов из разных стран с графиком 24/7/365. Такие проблемы НК, как ошибки и опечатки при составлении, согласовании технологических процедур, отсутствие технологических карт непосредственно на месте производства работ, обусловленное климатическими, производственными условиями или человеческим фактором, проявились достаточно остро. Препятствовали слаженной работе языковой барьер, незнание нормативных документов РФ иностранными специалистами, низкий уровень квалификации специалистов. Необходим был новый инструмент для решения этих проблем на современном производстве.

Идея создания мобильного приложения НК-Консультант возникла у меня на борту самолета при возвращении из Сабетты после очередной напряженной полярной вахты. Воодушевленный идеей, прямо из аэропорта ночью я отправился к своему давнему другу и коллеге Павлу Ильину. Кроме того что Павел Александрович специалист в НК, он хорошо ориентируется в нормативной документации, имеет отличные навыки программирования, работает с текстовыми, фоторедакторами, быстро справляется с логическими и математическими задачами. Лучшего партнера было не подобрать.

Павел поддержал идею и согласился стать партнером в создании приложения. Я четко осознавал, что для реализации проекта нам будут нужны и профессиональные программисты. Соответственно, понадобятся финансовые вливания в проект. Насколько серьезные, я тогда не представлял.

Проектирование и создание первой версии НК-Консультант заняло около 9 месяцев. Работали вечерами, в выходные, когда находили для этого время. Заключили договор с мобильным разработчиком-фрилансером. Проработав с ним примерно 2-3 месяца, стало понятно, что нанятый программист не справляется с поставленными задачами, работа не соответствовала требованиям нашего

проекта. В итоге он сбежал, не отработав заплаченных денег, поставив проект на грань срыва.

Не в моих правилах бросать начатое дело, если уже взялся. Решили создавать приложение заново. Мы выбросили созданные программные материалы и начали все с нуля, учитывая опыт сделанных ошибок. Спроектировали новое приложение, проведя тендер, заключили договор на разработку с IT-компанией. Сроки исполнения ПО были определены в 4 месяца после утверждения ТЗ.

Но и тут не обошлось без проблем. Программисты постоянно пытались упростить себе задачи, делая работу с недочетами и ошибками. Мы тестировали и возвращали на переделку, не принимая работу. Процесс опять затянулся. Через 6 месяцев после начала работ руководитель IT-компании признался, что программист, писавший мобильную часть приложения, отказался переделывать работу, сказав: «Можешь мне не платить, я переделывать ничего не буду». И закрыл доступ к своему репозиторию. Все исходные данные мобильной части приложения хранились у него...

Это была катастрофа! Проект был опять сорван! Назревала судебная тяжба, так как всех средств за проект IT-компания вернуть нам не могла. Нам и не нужен был возврат денег, нам нужно было приложение! Положение спас сам директор IT-компании, ему удалось открыть репозиторий программиста и скачать исходные данные приложения. Еще 6 месяцев ушло на переделки, тесты и заполнение двух нормативных документов – ГОСТ 32569–13 и РД 16–15.

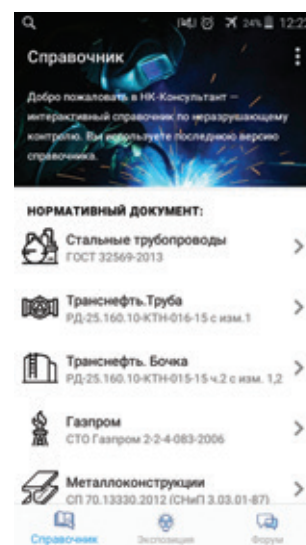
Первыми тестировщиками и пользователями НК-Консультант стали мои коллеги из компаний South Tambey LNG, «Ямал СПГ», «Велесстрой». Очень благодарен им за помощь и поддержку. 31 января 2019 г. мы опубликовали НК-Консультант в Google Play. Больше года, пока мы наполняли приложение данными, выявляли багги, доступ к приложению был абсолютно бесплатным. Сейчас мы включили недорогую платную подписку. НК-Консультантом пользуются более тысячи специалистов не только в России, но и за рубежом. Географию пользователей можно посмотреть на нашей странице в вконтакте <https://vk.com/ndtcons>, отзывы – в Гугл Плей на странице приложения.

Приложение работает оффлайн на русском и английском языках. Выбрав нормативный документ и введя параметры сварного соединения, пользователь получает всю информацию с расчетами о подготовке, проведении, отбраковке по всем методам НК, описанным в выбранном нормативном документе.

Система является шагом в направлении от бумажных носителей информации к цифровым. Это не просто дублирование текста НД на экране

устройства, а полноценная автоматизация расчетов и выдачи необходимой информации.

Централизованный механизм получения обновлений позволяет поддерживать информационную систему в актуальном состоянии. Система поддерживает расчеты любой сложности, работу с графикой, логические условия с многоуровневой вложенностью, благодаря чему можно добавить в нее любой нормативный документ, проект, процедуру.



*Что больше всего понравилось при проведении салона инноваций и стартапов?*

Салон инноваций считаю очень интересным – понравились все разработки, а главное – стремление участников идти вперед и развивать отрасль, находить решения назревших проблем в НК и диагностике.



**БАЛОБАНОВ Константин Александрович,**  
директор ООО «Ижконтрольсервис», Ижевск

*Расскажите о вашей разработке, идее создания и области применения.*

На прошедшем в рамках форума «Территория NDT» Салоне инноваций наша компания пред-

ставила «Комплект устройств для ориентации ультразвуковых преобразователей (Комплект УОУ)».

Поводом для создания комплекта стала ситуация, с которой сталкиваются многие лаборатории неразрушающего контроля, — отсутствие подходящих притертых преобразователей. Эта проблема особенно остро стоит перед теми, кто имеет дело с контролем широкой номенклатуры изделий цилиндрической формы, имеющих различные диаметры.

Как известно, каждый притертый преобразователь рассчитан на определенное направление излучения и диаметр объекта контроля, соответственно, для обнаружения дефектов различной ориентации только в одной протяженной цилиндрической заготовке из поковки или проката необходимо несколько притертых преобразователей, по количеству направлений прозвучивания. А если объектом контроля является ступенчатый вал или заготовка вала-шестерни?

Помимо технологических нюансов контроля цилиндрических деталей стоит отметить особенности самих притертых преобразователей, к которым можно отнести: более высокую стоимость и увеличенный срок изготовления по сравнению с обычными ПЭП; ограниченную применимость; сложность определения основных характеристик ПЭП, таких как время задержки в призме, точка выхода луча, истинный угол ввода.

Поэтому мы задумались о необходимости создания альтернативы притертым преобразователям. За основу взяли известное решение для контактно-щелевого ультразвукового контроля, но, доработав его, получили универсальное средство, позволяющее проводить контроль изделий как с плоской, так и с выпуклой и вогнутой цилиндрической поверхностью, в котором помимо этого имеется возможность точно выставить щелевой

зазор и задать направление излучения наклонного преобразователя.

Передавая суть идеи, разработка получила название «Устройство для ориентации ультразвуковых преобразователей», сокращенно УОУ, ставшее впоследствии основой продукта под названием «Комплект УОУ».

За счет широкого диапазона регулировки щелевого зазора с помощью Комплекта УОУ можно контролировать цилиндрические объекты по наружной поверхности диаметром от 50 мм, а по внутренней вогнутой — диаметром от 140 мм.

Еще одним важным преимуществом контактно-щелевого метода, реализованного в Комплекте УОУ, является отсутствие физического контакта преобразователя с объектом контроля, благодаря чему преобразователь практически не изнашивается и перестает быть расходным материалом.

*Возможен ли контроль сварных соединений с помощью Комплекта УОУ?*

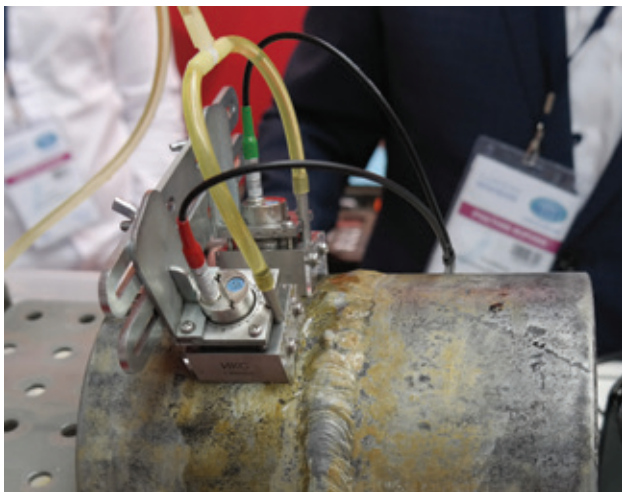
Да, с помощью УОУ можно проводить контроль сварных соединений эхоимпульсным методом с применением совмещенных ультразвуковых преобразователей, а для расширения круга решаемых задач мы добавили в Комплект УОУ набор оснастки, позволяющий позиционировать несколько УОУ относительно друг друга для реализации различных схем и способов контроля, предполагающих отдельное подключение преобразователей, например «хордовый», «тандем», «дельта» и т.д.

*А что говорится в нормативных документах по поводу возможности применения Комплекта УОУ?*

Руководящие документы по ультразвуковой дефектоскопии прутков, листов, труб, заготовок из поковок, сварных соединений, в том числе отраслевые по контролю объектов железнодорожного транспорта, судостроения, нефтяной, газовой и атомной промышленности допускают применение контактно-щелевого метода ультразвукового контроля.

*Что больше всего понравилось при проведении салона инноваций и стартапов?*

Понравилось все! Во-первых, сама идея, которая дает возможность молодым коллективам продемонстрировать свои технические решения потенциальным клиентам, услышать мнение корифеев отрасли. Во-вторых, посетителям выставки намного интереснее общаться напрямую с разработчиками, создателями продуктов, получать информацию, так сказать, из первых рук. Наконец, организация мероприятия была на высочайшем уровне, за что огромное спасибо!





**КУЛИЦКИЙ Дмитрий Андреевич,**  
директор по продуктам «LAV365», Москва  
**РОТАРЬ Даниел Петрович,**  
коммерческий директор «LAV365», Москва

*Ваше мнение о форуме «Территория NDT 2020».*

На наш взгляд, форум «Территория NDT» является одной из лучших профессиональных площадок, позволяющей участникам и посетителям решить большинство профессиональных вопросов в сфере НК: познакомиться с новинками оборудования, расширить базу потенциальных клиентов и партнеров, оценить свою конкурентоспособность, принять участие в обсуждении актуальных вопросов отрасли на заседаниях круглых столов, встретиться с передовыми представителями российской науки. Отдельно хочется выделить один из интереснейших круглых столов по данной теме (Индустрия 4.0), который проводил президент РОНКТД В.А. Сясько.

*В который раз вы участвуете в форуме? Какая атмосфера на форуме?*

Мы традиционно участвуем в этой выставке и наши впечатления также традиционно положительные. Форум «Территория NDT» с каждым годом становится лучше, развивается. Еще раз хочется отметить, что данное мероприятие – это превосходная площадка для общения и обмена мнениями, для встречи с друзьями и товарищами. Ведь кто-то живет за Уралом, кто-то в европейской части России, и часто бывает трудно встретиться, обменяться мнениями, подискутировать.

*Насколько важны такие мероприятия, как форумы, выставки, конференции, для специалистов НК?*

*Какие темы особенно важны и актуальны сейчас? Что важно для вас?*

Данное мероприятие, бесспорно, имеет огромное значение для специалистов НК. Организация подобных мероприятий очень важна, особенно когда они имеют статус международных, так как появляется возможность донести и обозначить профессиональному сообществу свою точку зрения, а также выслушать позицию коллег. Хочется отметить, что наиболее актуальной, важной темой, которую следует обсуждать на подобных мероприятиях, является цифровизация, внедрение новых технологий. Нужно стараться максимально продвигать отрасль в этом направлении, критически оценивать существующие проблемы и обмениваться информацией в целях поиска их решений, доносить до участников сообщества НК новые методики, принципы, подходы, которые помогут повысить эффективность деятельности.

*Расскажите о вашей разработке.*

«LAV365» – это специализированное программное обеспечение для управления лабораторией неразрушающего контроля. Это уникальный продукт, который на сегодняшний день не имеет аналогов в России, инструмент для ежедневной работы как для руководителей, так и для начальников лабораторий, инженеров и дефектоскопистов.

«LAV365» является облачным сервисом, который позволяет автоматизировать документацию и контролировать большинство рабочих процессов компании. Благодаря нашему сервису можно вести учет (склад) оборудования, реестр специалистов, формировать техкарты, заключения и журналы. Кроме этого в системе можно подготовить комплект документов для аттестации и переаттестации лабораторий и поддерживать его в актуальном состоянии.





**РАСТЕГАЕВ Игорь Анатольевич,**

старший научный сотрудник, научно-исследовательский отдел № 2 (НИО-2), Научно-исследовательский институт прогрессивных технологий (НИИПТ), Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

*Ваше мнение о форуме «Территория NDT 2020». Какое значение имеет это мероприятие для специалистов НК?*

Считаю форум «Территория NDT» важнейшим в России и одним из наиболее значимых в Европе событием в области неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики (ТД) для ведущих ученых, разработчиков, специалистов-практиков, занятых в этой области науки и техники.

*В который раз вы участвуете в форуме?*

Я в четвертый раз посещаю форум «Территория NDT» (2014, 2017, 2018 и 2020 гг.). В разные годы участвовал в нем в разном качестве, но в основном являюсь участником круглого стола и всегда посетителем выставки средств НК.

*Какая атмосфера на форуме?*

Деловая атмосфера форума задает общий рабочий ритм, но это не мешает повидаться со старыми знакомыми.

*Насколько важны такие мероприятия, как форумы, выставки, конференции, для специалистов НК?*

Считаю очень важным подход именно в таком комплексном виде, как на «Территории NDT».



Когда в рамках форума совмещены и выставка, и конференция, и круглые столы. Это позволяет понять не только тренды в мире НК, но и увидеть и «пощупать» их воплощение в средствах НК последнего поколения, а также задать вопросы непосредственно их авторам и понять, что осталось за рамками доклада на конференции, информации в буклете, конкретной технической реализации в приборе. Считаю, что расширение деловой программы форума организацией салона инноваций усиливает обозначенный положительный эффект и предоставляет возможность участия не только предприятиям, но и учебным заведениям. При этом у последних не всегда имеется финансовая возможность демонстрации разработок на выставке средств НК такого уровня. Однако в рамках конкурса появляется реальный шанс, так как часть расходов берут на себя организаторы салона.

*Какие темы особенно важны и актуальны сейчас?*

На мой взгляд, сейчас особенно актуальны риск-ориентированный подход в системе НК и ТД; мониторинг технического состояния опасных производственных объектов; метод акустической эмиссии; нормативно-техническое регулирование в сфере НК и ТД.

*Расскажите о вашем приборе, разработке, проекте.*

Мы представили на салоне инноваций «Преобразователь акустической эмиссии повышенной надежности». Разработчики: Игорь Анатольевич Растегаев, Алексей Валериевич Данюк, Алексей Юрьевич Виноградов, Дмитрий Львович Мерсон. История создания разработки такова. Преобразователей АЭ в мире немало, но их гарантийный срок эксплуатации ограничивается одним годом, и ни один производитель не готов установить больший срок. Об этой проблеме нам сообщил представитель организации, эксплуатирующей АЭ-систему мониторинга. В результате около 10–20 % преобразователей АЭ приходится ежегодно менять. Это неудобно и затратно, так как тре-

бует остановки производства и вывода оборудования из эксплуатации. Кроме того, возможны случаи, когда доступ для замены преобразователей АЭ затруднен или отсутствует вовсе, или они эксплуатируются в экстремальных условиях, например на Крайнем Севере, внутри изотермических резервуаров, блоков разделения воздуха и т.д. Поэтому мы взяли за разработку преобразователя, конструкция которого позволила бы гарантировать его работоспособность в течение порядка 10 лет. Сначала решали проблему стандартно – дублированием основных рабочих элементов. Однако потом родилась «изюминка» разработки – оригинальный способ восстановления работоспо-

собности антенной группы в случае, если один из преобразователей повышенной надежности все-таки выйдет из строя. Это достигается за счет перевода режима работы дублирующих линий ближайших преобразователей антенной группы на другую схему их подключения к АЭ-системе, что защищено патентом на изобретение.

*Что больше всего понравилось при проведении салона инноваций и стартапов?*

На салоне инноваций понравилось буквально все – от прекрасной организации, высокого технического уровня жюри до мощной информационной поддержки и дружеской атмосферы.



**МУРАВЬЕВА Ольга Владимировна,**

д-р техн. наук, профессор кафедры «Приборы и методы контроля качества» ФГБОУ ВПО «ИжГТУ им. М.Т. Калашникова», Ижевск (на фото вторая слева)

*Ваши впечатления от форума «Территория NDT 2020».*

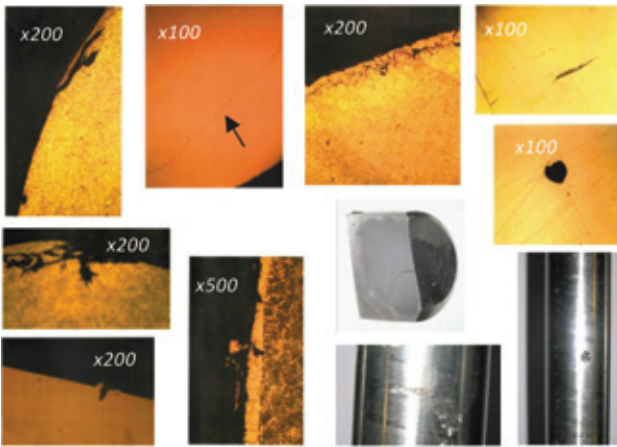
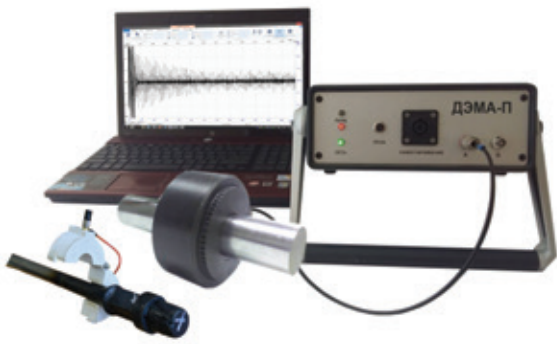
В промышленных форумах «Территория NDT» стараемся участвовать ежегодно, иногда удается представлять экспонаты. Это крупнейший форум в России, позволяющий общаться между собой коллегам в области НК, а также понять проблемы промышленного сектора экономики в области НК.

Нынешний форум «Территория NDT 2020» приятно удивил своими новыми форматами. Наряду с круглыми столами, традиционно проходившими в рамках форума, впервые в России были вручены премии в области неразрушающего контроля и

технической диагностики, учрежденные РОНКТД в 2019 г., в том числе премии были удостоены наши молодые ученые. В российской науке и технике в области НК есть много имен, которые достойны таких премий. Давайте эти инициативы продолжать и расширять.

Особенно интересной инициативой представляется проведенный в рамках форума салон инноваций, в котором удалось поучаствовать и нашей организации. В салоне инноваций наряду с ведущими фирмами-изготовителями средств НК приняли участие и разработчики, только начинающие свой путь в области создания методов и средств НК, и молодые ученые из вузов и научных организаций, разработки которых, как правило, носят инициативный характер. Для трех последних категорий, финансовые возможности которых для участия в выставке ограничены, это уникальная возможность продемонстрировать свои разработки





научному сообществу и специалистам промышленного сектора.

*Расскажите о разработке, которую вы представили на салоне инноваций.*

В рамках салона инноваций мы представляли разработку «Дефектоскоп электромагнитно-акустический прутков ДЭМА-П», предназначенный для НК цилиндрических изделий (прутки, валы, ролики, пружины, насосные штанги, детали с резьбой и др.) на наличие дефектов в виде нарушения сплошности и однородности металла, определения отклонений по диаметру и форме поперечного сечения, определения упругих модулей, оценки структуры и напряженно-деформированного состояния. Авторы: Муравьева Ольга Владимировна, Петров Кирилл Владимирович, Мышкин Юрий Владимирович. Соавторы: Муравьев Виталий Васильевич, Стрижак Виктор Анатольевич, Пряхин Андрей Васильевич, Ефремов Андрей Борисович. Дефектоскоп «ДЭМА-П» реализует бесконтактный электромагнитно-акустический метод контроля, обеспечивая высокую чувствительность к поверхностным и внутренним дефектам, высокую точность определения скорости ультразвуковых волн, отклонений по диаметру и форме сечения объекта, высокую достоверность и воспроизводимость результатов контроля, высокую производительность контроля.

Примечательно, что дефектоскоп «ДЭМА-П» входит в состав уникальной научной установки «Информационно-измерительный комплекс для измерения акустических свойств материалов и изделий», зарегистрированной на портале научно-технологической инфраструктуры Российской Федерации: <http://ckp-rf.ru>. Инновационный характер нашей разработки подтверждается несколькими патентами и множеством публикаций в научной печати, в том числе в журналах Scopus и Web of Science.

Дефектоскоп прошел промышленные испытания на ряде предприятий машиностроения, нефтяной промышленности. Результаты испытаний и последующего металлографического анализа показали наличие недопустимых внутренних и поверхностных дефектов (см. рисунок).



**МАЕВ Роман Григорьевич**,  
д-р физ.-мат. наук, профессор, академик РАН,  
президент, ООО «Тессоникс», Москва (на фото в центре)  
**РАХУТИН Руслан Григорьевич**,  
технический директор, ООО «Тессоникс», Москва  
(на фото слева)

*Расскажите о вашем участии в форуме. Какой прибор вы представили на салоне инноваций?*

Наша компания участвует в форуме первый раз, и мы очень довольны как самим фактом участия, так и результатами. Атмосфера на форуме очень позитивная, много полезной информации и контактов с новыми интересными людьми, специалистами в своей области. Наш прибор предназначен для контроля контактной точечной сварки, которая в основном используется в автомобильной промышленности. Прибор называется RSWA F2 и создан группой ученых и инженеров под руководством академика РАН Романа Григорьевича Маева. С помощью уникальной технологии многоканальных датчиков УЗК, прибор позволяет визуально

оценить качество литого ядра точечной сварки в реальном времени. В настоящее время прибор используется практически всеми производителями автомобилей в мире. Наше оборудование работает более чем в 20 странах там, где производят полный цикл сборки автомобилей. В России нашим оборудованием пользуются НАМИ, «Фольксваген», «Хендэ», «Магна» и другие заводы.

*Полезно ли было для вас участие в выставке и салоне инноваций?*

Участие в выставке позволило не только продемонстрировать наш прибор, но и познакомиться с изделиями других участников рынка, пообщаться напрямую с разработчиками оборудования УЗК. Это дает бесценный опыт в реализации новых проектов и усовершенствовании текущего оборудования. Салон инноваций привлекает большое количество потенциальных новых клиентов и помогает расширять рынки сбыта. Особенно приятно, что наша уникальная разработка не только привлекла внимание других участников и посетителей, но и по достоинству была оценена экспертами жюри. Мы очень гордимся нашим вторым местом и надеемся, что на следующем салоне сможем продемонстрировать другие наши новые разработки.



**БАБАДЖАНОВ Леон Сергеевич**,  
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник,  
ФГУП «ВНИИМС», Москва

*Ваше мнение о форуме «Территория NDT 2020». Какая атмосфера на форуме?*

Мое мнение о форуме «Территория NDT 2020» весьма положительное, очень полез-

ное мероприятие. Впервые участвовал в форуме.

На форуме была деловая атмосфера, проходил активный обмен информацией. Специалисты неразрушающего контроля имели возможность получить новые сведения из первых рук.

Такие мероприятия, как форумы, выставки, конференции, чрезвычайно важны для специалистов НК, так как позволяют быстро узнавать о новых достижениях и разработках, активно их обсуждать, способствуют ускорению внедрения новых разработок.

*Какие темы особенно важны и актуальны сейчас? Что важно для вас?*

Особенно важны и актуальны темы, связанные с дефектотометрией и его метрологическим обеспечением, автоматизацией измерений и обработки результатов.

Для меня особенно важно обеспечение точности и правильности измерений геометрических параметров дефектов материалов и изделий.

*Расскажите о вашем проекте.*

Наш проект (патент) «Устройство для измерения геометрических параметров объектов» основан на новом частотно-интерференционном методе измерения и имеет разнообразное применение, например измерение толщины полупроводниковых покрытий, длины волны света, а также может использоваться для поверки высокоточных приборов линейных размеров.

Разработчиками являются сотрудники ФГУП «ВНИИМС»: Л.С. Бабаджанов, М.Л. Бабаджанова, А.Г. Данелян.

*Что побудило вас к созданию этого устройства?*

Причиной разработки является то обстоятельство, что до настоящего времени в промышленности и метрологии для измерений толщины полупроводниковых покрытий применяются приборы полувекковой давности, которые морально и физически устарели. Создание на основе патента прибора позволит существенно повысить точность и производительность измерений толщины полупроводниковых покрытий.

Устройство находится в стадии практической реализации.

*Что больше всего понравилось при проведении салона инноваций и стартапов?*

Салон инноваций и стартапов дает возможность узнать о новых разработках, напрямую пообщаться с разработчиками и обсудить новинки со специалистами.



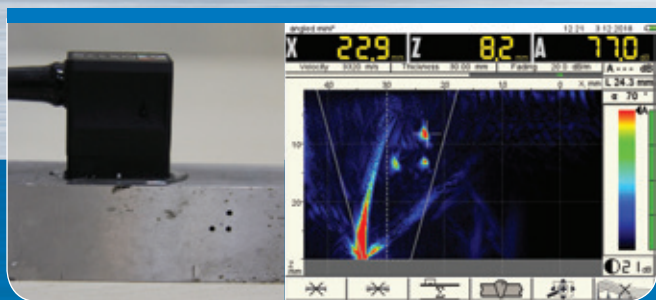
АКУСТИЧЕСКИЕ  
КОНТРОЛЬНЫЕ  
СИСТЕМЫ

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

# A1525 Solo

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП – ТОМОГРАФ  
В КОМПАКТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

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



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

**ПЕРВЫЙ В МИРЕ!**



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



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

Очередная XIII научно-техническая конференция «Радиолокационные системы малой и сверхмалой дальности» состоялась 5 февраля 2020 г. в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Модератор конференции зав. лабораторией RSLAB, канд. техн. наук С.И. Ивашов. Конференция традиционно включала в себя следующие направления: подповерхностная радиолокация (георадары); радиолокация биологических объектов (медицинские радары); радиолокационные системы безопасности (средства охраны и досмотра);

неразрушающий контроль в СВЧ-диапазоне; свойства и области использования терагерцового диапазона; обследование объектов культурного наследия.

В мероприятии приняли участие представители более 60 организаций России – Москвы и Подмосковья, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Челябинска, Воронежа, а также Беларуси, Болгарии и Украины. Было заслушано и обсуждено 17 докладов, отразивших современные тенденции развития методов и средств ближней радиолокации в указанных направлениях. Непосредственным организатором подобных ежегодных мероприятий является Лаборатория дистанционного зондирования при МГТУ им. Н.Э. Баумана – Лаборатория RSLAB (Remote Sensing Laboratory), организовавшая в том числе Международную школу для молодых ученых «Регистрация подповерхностных объектов радиолокаторами малой дальности» в 2016 г. [1] и Международную школу для молодых ученых «Применение радиолокаторов малой дальности в медицине» в 2017 г. [2].

Данное направление начало развиваться несколько лет назад, многие работы показали серьезные положительные результаты [3, 4] и получили поддержку ряда организаций важнейших отраслей науки и промышленности.

Первый доклад «Оценка возможности применения технологии радиовидения для диагностики объектов культурного наследия на примере пирамиды Хеопса» был представлен группой ученых трех стран: России, США и Италии. Зав. Лабораторией RSLAB канд. техн. наук С.И. Ивашов рассказал о предварительных результатах совместного проведенных исследований состояния древнейшего сооружения с помощью методов ближней радиолокации.

С помощью мюонной томографии (США, Япония) впервые удалось обнаружить некоторые неизвестные ранее полости в стенах пирамиды. Однако примененная аппаратура оказалась не только сложной, но и малопродуктивной. При использовании других методов, например ближней радиолокации, критическим параметром для исследо-



Выступление С.И. Ивашова



Великая пирамида в Гизе (Египет) строилась как гробница для фараона Хуфу почти 20 лет (около 2560 г. до н. э.)

вания пирамиды из-за ее больших размеров является уровень затухания электромагнитных волн в теле пирамиды. При коэффициенте затухания более 2,0–2,5 дБ/м регистрация полезного сигнала практически невозможна из-за недостаточного уровня регистрируемого сигнала. Поэтому потребовалось срочное измерение коэффициента затухания электромагнитных волн в диапазоне до 100 МГц для известняка и гранита в теле пирамиды, чтобы продолжить дальнейшие исследования с использованием предложенного метода.

Даже необработанные предварительные данные измерений позволяют определить положение пустоты, а также оценить ее размер. Реконструкция записанных голограмм даст более точные данные об объектах внутри пирамиды. Исследование поляризационных эффектов может добавить ценную информацию о внутренних объектах пирамиды.

В физических экспериментах с реальной пирамидой целесообразно использовать набор передающих и приемных антенн, с помощью которых можно реализовать некий аналог медицинской томографии. В этом случае записанные радиолокационные данные позволят восстановить распределение элек-

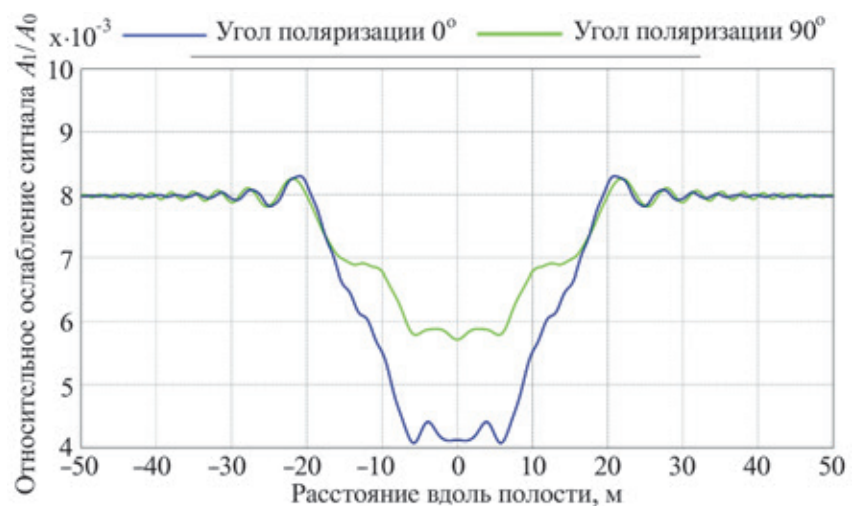
трических свойств среды по внутреннему объему пирамиды, что позволит локализовать внутренние полости пространства и определить их форму с высокой точностью.

Используя программу FEKO, можно построить трехмерную модель реальной пирамиды с учетом уже известных галерей и камер внутри нее, а также смоделировать необходимую антенную систему. Это позволит проверить математическую модель и разработать методы реконструкции радиоголограмм, а также подготовить данные для физических

экспериментов непосредственно на пирамиде.

Предложенный метод радиовидения в неоднородных средах с потерями может быть использован и на других исторических объектах. Примером таких объектов являются крепостные и монастырские стены, стены старинных зданий и храмов, обычно имеющие толщину более 1,5 м.

В следующем докладе «Геофизическое обследование периферии кургана Туннуг» докладчик (И.В. Прокопович, ИЗМИ РАН, г. Троицк) рассказал о комплексных исследованиях строения при-



Запись относительного ослабления сигнала  $A_1/A_0$  на частоте 100 МГц при моделировании прохождения излучения через участок с пустотой на общей толщине 100 м



И.В. Прокопович

поверхностного слоя самого древнего скифского кургана IX в. до н.э., расположенного в Республике Тыва, Россия. Курган является частью так называемой «долины царей», где находится множество курганов скифского времени. Курган стоит на вечной мерзлоте, ученые предполагают, что именно вечная мерзлота помогает сохранить органику — останки людей, животных, ткани, предметы из дерева и кожи.

Специалисты Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИ РАН) провели уникальные геомагнитные и георадарные исследования, в результате которых удалось построить трехмерную модель внутреннего строения периферии кургана. 3D-модель показывает локальные аномалии, которые могут указывать на археологические объекты. В частности, геофизики выяснили, где находится каменное кольцо вокруг кургана, не видимое с земли из-за толщины дерна. А значит, стали известны и конечные масштабы Туннуга. Кроме того, были обнаружены места предположительно древних погребений. Из-

вестны их размеры и глубина залегания. Это значительно экономит время и усилия археологов, так как во время раскопок основное внимание они могут уделить обнаруженным при георадарной работе аномалиям. В качестве георадара был использован низкочастотный вариант импульсного георадара «Лоза», укомплектованный антеннами с центральной частотой 25 МГц (длина 600 см), 50 МГц (длина 300 см) и 100 МГц (длина 150 см).

В докладе «Опыт применения георадиолокации при поиске пустот и подземных тоннелей» Н.Г. Пудова (ООО «НПЦ «Геотех») рассказала о практических результатах работ по обнаружению бункеров, подземных пустот и ходов с помощью георадара «ОКО-3», снабженного антенным блоком АБ-150 (150 МГц). В частности, в одном из восстанавливаемых храмов Тульской области был обнаружен неизвестный ранее подземный ход.

Опыт эксплуатации показал широкие возможности успешного применения данных устройств в проведении инженерно-геофизических изысканий и неразрушающего мониторинга среды с высокой детальностью. Особенно четко выявляются подземные тоннели и сооружения, заполненные грунтовыми водами. Применение современного программного обеспечения и алгоритмов обработки позволяют повысить надежность подповерхностного зондирования. Компания оказывает техническую поддержку и предлагает обучение при использовании радиоволновых методов в неразрушающем контроле.

На тему «Влияние свойств среды на восстановление радиолограмм, зарегистрированных подповерхностными радиолокаторами» сделал сообщение В.В. Разевиг (Лаборатория RSLAB). При малых значениях диэлектрических параметров (например, при относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon \leq 1,5$  и  $\text{tg}(\delta) \leq 10^{-3}$ ) повышение частоты зондирования улучшает чувствительность метода и разрешение регистрируемых изображений. По итогам экспериментов сделан вывод, что



Курган Туннуг (вид сверху), Республика Тыва, Россия



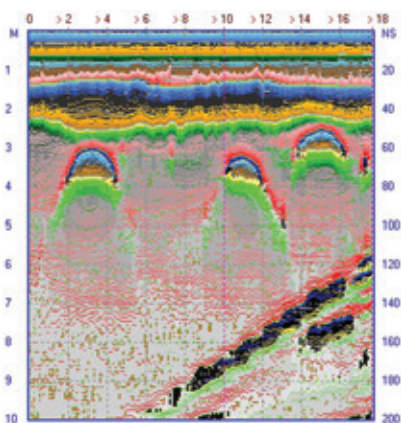
Использование георадара



Н.Г. Пудова



Георадар «ОКО-3»



Пример радиограммы

рассмотренный алгоритм с дополнительными этапами обработки существенно повышает контраст дефектов теплоизоляционных материалов и фона. Использование широкополосных измерений позволяет получать разрешение по дальности и определять глубину расположения дефектов в диэлектрических конструкциях.

Георадарные технологии все большее применение находят при решении практических задач в борьбе с террором. Такие специализированные устройства стали называть стеновизорами. В докладе «Применение сверхширокополосной антенны для обнаружения людей по движению или дыханию за радиопрозрачными преградами» М.П. Ширококов (ООО «НПЦ «Геотех») рассказал о результатах использования радаров РО-400 и РО-900 для обнаружения людей, незаконно находящихся внутри кирпичных и железобетонных помещений.

Данные технологии в последнее время находят применение для обнаружения живых людей под завалами во время чрезвычайных ситуаций после землетрясений, оползней, разрушения зданий. Широкополосные системы с использованием эффекта Доплера позволяют обнаруживать людей не только по дыханию, но и по сердцебиению.

В докладе «Разработка высокопроизводительной и компактной микроволновой системы персонального досмотра в движении, предназначенной для массового использования» А.В. Журавлев (Лаборатория RSLAB) сообщил о возможностях ближней радиолокации при оперативном досмотре пассажиров на конечных пунктах транспортных узлов. Известно применение рентгеновских досмотровых систем на принципе обратно рассеянного излучения с предельно

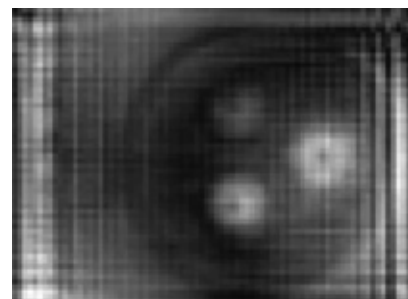
допустимой дозой облучения, многочисленных типов металлодетекторов, тепловизионных систем, а также радиоволновых систем досмотра активного и пассивного типов. В работе исследован новый перспективный досмотровый комплекс на основе принципов ближней радиолокации, позволяющий использовать составляющую сканирования за счет свободного движения людей в контролируемой зоне и построения радиоизображения запрещенных предметов под одеждой пассажиров. Практические исследования проводились на манекенах с применением электромагнитного излучения на частоте 25–26 ГГц с дозой облучения в пределах нормы. Результаты положительные.

При любых исследованиях и измерениях очень важен уровень информационного сигнала и надежность конечного результата. Свой доклад «Алгоритм подавления шума» В.А. Кропотов (ИТЦ «Союз») посвятил исследованию возможности подавления шума и возможности более надежного выявления слабого информационного сигнала. Алгоритм Кропотова (АК) основан на следующей системе уравнений:

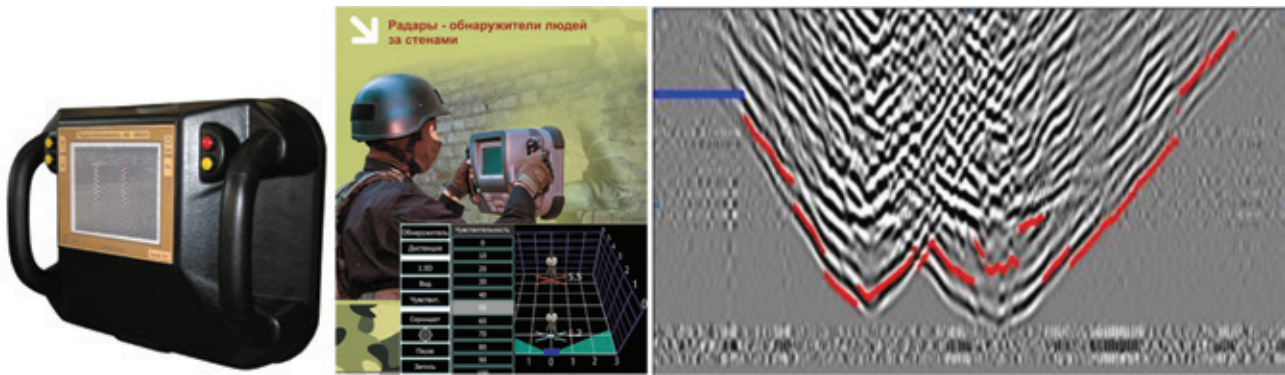
$$\int_0^{\infty} N(t)dt=0;$$

$$\int_0^{\infty} (S(t) + N(t))dt=S(t),$$

где  $N(t)$  – шум;  $S(t)$  – полезный сигнал.



Сканирование образца теплозащитного материала голографическим радаром «РАСКАН-5/7000» и восстановленная картина заложенных внутренних дефектов



Радар PO-400: типовая радарограмма обнаружения двух движущихся объектов за кирпичной стеной

При решении этой системы уравнений выделится полезный сигнал  $S(t)$  независимо от уровня шума  $N(t)$  в реальном времени, даже если уровень полезного сигнала в сотни раз меньше шума. При применении АК дальность радиосвязи увеличивается более чем в 30 раз без изменения параметров приемника и передатчика. При использовании АК дальность радиолокации увеличивается более чем в 5 раз без изменения параметров радиолокатора. Целесообразно применение данного алгоритма обработки в радиоприемниках, сотовых телефонах, космических спутниках, системах передачи данных, радарх, измерительных приборах, металлоискателях, приборах для обнаружения взрывчатых и наркотических

веществ. Стеновизоры позволяют быстро и точно определять координаты и размер объекта в пространстве за преградой и максимально достоверно отобразить на мониторе его перемещения в реальном времени. Устройства работают в условиях, когда уровень помех в десятки раз превышает уровень отраженного сигнала. Его невозможно заглушить при РЭБ (радиоэлектронная борьба) и имеет высокую скрытность при работе из-за малой мощности излучения, не более 10 мВт.

Представители компании Rohde & Schwarz сделали два доклада. Один из них «Анализ сигналов РЛС», представленный А.Ю. Агуреевым, содержал ценную информацию о приборах – лучших современных спектроанализаторах

компании, столь необходимых при проведении настроечных операций приемо-передающих трактов радиолокационных станций и особенно при спектральном анализе информационных сигналов. Докладчик предложил апробированные методики анализа непрерывных, импульсных, частотно-перестраиваемых и других более сложных сигналов с помощью предложенных спектроанализаторов. В другом докладе «Портативный измеритель коэффициента отражения покрытий СВЧ-диапазона» С.Е. Просыпкин (Rohde & Schwarz) ознакомил участников конференции с новой разработкой компании, предназначенной для оперативного локального контроля отраженных и рассеянных электромагнитных полей в



В.А. Кропотов



А.Ю. Агуреев



Л.Н. Онищенко





Выступление проф. Н.П. Чубинского (МФТИ)

широком диапазоне частот до 6, 14 и 18 ГГц с более высокой чувствительностью, чем традиционные измерители. Использование данного прибора позволяет повысить надежность специализированных измерений с помощью ближней локации и защищенность конструкций от внешнего воздействия.

Л.Н. Онищенко (Лаборатория RSLAB) в докладе «Портативный биорадиолокатор для выявления нарушений сна и эпизодов падений» рассказала о новом направлении в современной медицине, использующем ближнюю радиолокацию для бесконтактного контроля качества сна (а следовательно, и здоровья) пациентов различного уровня деятельности. Прибор работает на частоте 24 ГГц с дозой облучения менее  $3 \text{ мкВт/см}^2$ , что в 3 раза ниже допустимых норм. При этом не требуется, как ранее, применения многочисленных контактных датчиков, весьма неудобных для пациентов. Дистанционно регистрируются нестандартные движения во время сна, параметры дыхания и сердцебиения. Методика согласована со службами Минздрава РФ.

Н.П. Чубинский (МФТИ) в докладе «Перспективная радио-

локационная система ледовой разведки в Арктике» сообщил о новых результатах радиолокационных исследований по изучению структуры и толщины льда, данные о которых весьма необходимы при использовании техники для освоения северных территорий и Арктики в целом. Во время первичных исследований были измерены диэлектрические свойства морского льда, показавшие существенные отличия от свойств пресных льдов: большее поглощение и местами резкие структурные изменения, в том числе связанные с температурой окружающей среды. Данные измерения позволили выбрать схему и основные параметры вертолетного радиолокатора для трассовых испытаний в различных участках Арктического региона.

Необычный доклад на тему «Использование методов георадиолокации при изучении деревьев» сделал А.Ю. Калашников (МГСУ). Автор рассказал о возможностях радиоволновых методов в исследовании расположения корневой системы, профилировании стволов деревьев (на примере дуба, березы и осины), используя принципы томографии и показав радарограммы распределения влаги, воздуха внутри ствола, наличия пустот и рыхлостей. Работа носит сугубо экологический характер и направлена на исследование и сохранение элитных пород деревьев не только в заповедных зонах, но и для восстановления ценных пород семенами качественных деревьев.

Следует отметить ряд специфических докладов, прозвучавших на конференции. В частности, А.В. Крисилов (концерн «Созвездие») в докладе «Исследование метода определения координат источника радиополучения по измерению кривизны волнового фронта антенной решеткой» предложил новый алгоритм эффективного об-

наружения первичного источника радиополучения или местонахождения вторичных отражающих объектов. В другом докладе «Алгоритмы обработки данных радиолокатора предупреждения столкновения транспортных средств» Д.А. Охотников (МАИ) сообщил о результатах использования портативных радаров для анализа дорожной обстановки, границ дороги, наличия транспортных средств, их сближения и предупреждения столкновений. В будущем радары найдут широкое применение в так называемых беспилотных транспортных средствах.

Анализ тем и результатов исследований с использованием достижений ближней радиолокации показал состояние радиоволновых методов и перспективы их развития для решения многих практических задач науки, техники и промышленности.

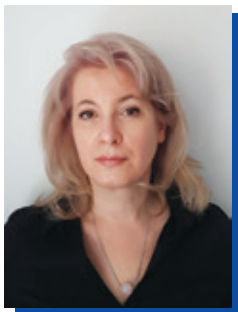
#### Библиографический список

1. Матвеев В.И. Международная школа для молодых ученых «Регистрация подповерхностных объектов радиолокаторами малой дальности» // Контроль. Диагностика. 2017. № 5. С. 54–60.
2. Матвеев В.И. Международная школа для молодых ученых «Применение радиолокаторов малой дальности в медицине» // Территория NDT. 2018. № 1. С. 28–35.
3. Лаборатория дистанционного зондирования: сайт организации. URL: [www.rslab.ru](http://www.rslab.ru)
4. Биорадиолокация / под ред. А.С. Бугаева, С.И. Ивашова, И.Я. Иммореева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 396 с.

*В статье используются фотоматериалы с сайта конференции <http://seminar.rslab.ru>*



# ОНЛАЙН-ЗАСЕДАНИЕ МТК 515 «НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ»



## **ЗАИТОВА Светлана Александровна**

Председатель МТК 515 «Неразрушающий контроль»,  
президент СРО ОЮЛ КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР,  
Республика Казахстан

28 мая 2020 г. в режиме онлайн прошло заседание МТК 515. Организатором заседания выступил РГП «Национальный институт стандартизации и сертификации» Комитета технического регулирования и метрологии (КТРМ) Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан. На заседание были приглашены полноправные члены МТК 515 в лице национальных гостандартов (Беларусь, Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Узбекистан, Украина) и наблюдатели (Азербайджан, Армения, Россия), включая национальные общества по неразрушающему контролю, и представители бизнес-сообщества.

### **Повестка заседания 28 мая 2020 г.**

1. О внесении изменений в план работы МТК 515 «Неразрушающий контроль» согласно утвержденному на 2020 г. Национальному плану стандартизации Республики Казахстан и инициативных предложений участников.
2. О проблемах формирования подкомитетов МТК 515 «Неразрушающий контроль».
3. Разное.

Формирование плана работ межгосударственного комитета по стандартизации является наиболее проблемным вопросом в рамках Межгосударственного совета по стандартизации, метроло-

гии и сертификации стран – участниц СНГ (МГС). План формируется, исходя из интересов всего общества, финансируется за счет национального органа по стандартизации, который ведет секретариат МТК, или инициативно заинтересованными сторонами. На основе планов работ межгосударственных комитетов по стандартизации формируется Программа межгосударственной стандартизации (ПМС), которая является плановым документом МГС, содержащим перечень проводимых и намеченных к выполнению работ по межгосударственной стандартизации.

Необходимо также отметить, что ПМС формируют с учетом приоритетных направлений работ по межгосударственной стандартизации, принятых МГС в соответствии с ГОСТ 1.0–2015 (п. 5.2). При этом ПМС должен совпадать с национальными планами по стандартизации, так как МГС не финансирует реализацию ПМС. Национальные планы по стандартизации исходят из национальных интересов и приоритетов и далеко не всегда совпадают с ПМС. С момента создания Таможенного союза и в дальнейшем Евразийского экономического союза (ЕАЭС) приоритетами для разработки межгосударственных стандартов стали технические регламенты (ТР). Доказательная база к техническим регламентам является основанием для включения в национальные планы стандартизации во всех странах ЕАЭС. Такой подход почти полностью исключил участие в разработке межгосударственных стандартов более широкого круга пользователей из СНГ.

Доминирующий подход разработки межгосударственных стандартов для доказательной базы ТР почти полностью исключает разработку ГОСТов на новые технологии, которые мало используются в качестве обеспечения безопасности продукции и процессов вследствие отсутствия положительного опыта применения в ЕАЭС, а также незаинтересованностью в них рабочих групп ТР.

Данная ситуация негативно сказывается на процессе внедрения новых технологий через разработку и внедрение стандартов, а также в целом на качестве и безопасности жизнедеятельности в ЕАЭС из-за крайне медленного применения лучших мировых практик.

**В работе первого онлайн-заседания МТК 515 приняли участие:**

Республика Беларусь	<b>Володченко Анатолий Дмитриевич</b> – начальник сектора виброакустических измерений производственно-исследовательского отдела радиоэлектронных измерений РУП Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ)
	<b>Добров Александр Анатольевич</b> – ведущий инженер по метрологии производственно-исследовательского отдела радиоэлектронных измерений РУП Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ)
	<b>Крень Александр Петрович</b> – заведующий лабораторией контактно-динамических методов контроля ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси» (в качестве наблюдателя)
Кыргызская Республика	<b>Тен Евгений Станиславович</b> – ведущий специалист Управления технической политики ГП «НК «Кыргыз темир жолу»
Республика Таджикистан	<b>Рахимзода Джурахон</b> – начальник Управления по метрологическому обеспечению единства измерений Агенства Таджикстандарт
Республика Узбекистан	<b>Самижонов Алишер Нигматжон</b> – начальник Производственного сектора метрологической службы Института стандартов
Украина	<b>Сазонов Павел Александрович</b> – начальник научно-технического отдела поверки и калибровки СИТ неразрушающего контроля ГП «Днепрстандартметрология», ПК «Днепрстандартметрология»
Российская Федерация	<b>Смирнова Надежда</b> – отв. секретарь ТК 371 «Неразрушающий контроль»
	<b>Померанцев Дмитрий Сергеевич</b> – ООО «Олимпас Москва»; ПК «Поверхностные методы/ Surface methods»
	<b>Волоховский Василий Юрьевич</b> – ООО «Интрон Плюс», ПК «Вихретоковый неразрушающий контроль/Eddy current testing»
	<b>Абрамова Елена Вячеславовна</b> – ФГАУ «НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана», ПК «Тепловой (термографический) контроль/Thermographic testing»
Азербайджанская Республика	<b>Маммадов Сабир Арифович</b> – MAG-Pi, ПК «Квалификация персонала/ Personnel qualification»
Республика Казахстан	<b>Зайтова Светлана Александровна</b> – президент СРО ОЮЛ «Казахстанский регистр», председатель МТК 515
	<b>Тиванова Оксана Викторовна</b> – секретарь ТОО «Аттестационно-методический центр»
	<b>Анаркулова Асия</b> – главный специалист Комитета технического регулирования и метрологии Управления технического регулирования и стандартизации
	<b>Кудайбергенова Айсулу</b> – начальник Центра стандартизации национального органа по стандартизации «КазИнСт»
	<b>Курманалиева Гульмира Бахытовна</b> – заместитель начальника Центра стандартизации национального органа по стандартизации «КазИнСт»
	<b>Амреева Айжан Мальтаевна</b> – главный специалист Центра стандартизации национального органа по стандартизации «КазИнСт»
Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации	<b>Капканова Назерке Талгаткызы</b> – ведущий специалист Центра стандартизации национального органа по стандартизации «КазИнСт»
	<b>Черняк Владимир Николаевич</b> – ответственный секретарь МГС

Не исключением в данной ситуации является и МТК 515. В конце 2019 г. секретариатом МТК 515 был согласован с членами и наблюдателями план стандартизации на 2020 г., включающий как стандарты из доказательной базы к ТР, так и на новые технологии. план был опубликован в № 2 (апрель-июнь), 2020 журнала «Территория NDT». В декабре 2019 г. Приказом № 39 от 27.01.2020 г., утвержденным председателем КТРМ Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан, был опубликован Национальный план стандартизации Республики Казахстан 2020 г., который включил в себя только четыре стандарта из Плана МТК 515 и семь стандартов на основании решений коллегии Евразийской экономической комиссии. При этом на официальном сайте <http://easc.by> в Программе работ по межгосударственной стандартизации на 2019–2021 гг. (ПМС 2019–2021) (актуализация 2020 г.) вывешен третий вариант плана МТК 515 на 2020 г. В сложившейся ситуации 28 мая 2020 г. на онлайн-заседании МТК 515 было принято следующее решение по данному вопросу:

1. На основе принятого на 2020 г. Национального плана стандартизации Республики Казахстан, закрепленной областью стандартизации за МТК 515, рекомендовать Бюро по стандартизации МГС внести корректировки в ПМС 2020–2021 гг.
2. Дополнить План работ стандартизации МТК 515 на 2020 – 2021 гг. инициативными стандартами:
  - ГОСТ ISO 9712 «Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала» (на основе ГОСТ Р ИСО 9712–2019, IDT ISO 9712:2019, Шифр ПНС 1.17.371-2.008.18);
  - ГОСТ ISO 22809 «Контроль неразрушающий. Несплошности в образцах, используемых в квалификационных экзаменах» (на основе ГОСТ Р 58713–2019/ISO/TS 22809:2007, IDT ISO/TS 22809:2007, Шифр ПНС 1.17.371-2.011.18).
3. Обратиться в Госстандарт Республики Казахстан о необходимости пересмотра методики формирования Национального плана стандартизации за счет бюджетных средств в целях разработки стандартов на новые технологии, способные обеспечить безопасность и качество жизни населения, в рамках межгосударственной стандартизации.
4. Информировать участников МТК 515 о правилах и сроках формирования Национального плана стандартизации Республики Казахстан в рамках межгосударственной стандартизации.
5. Обратиться в Госстандарт Республики Казахстан о продлении срока предложений-заявок на 2021–2023 гг. для МТК 515 до 1 июля 2020 г.

Основополагающий ГОСТ 1.4 «Межгосударственная система стандартизации. Межгосударственные технические комитеты по стандартизации. Правила создания и деятельности» в 2020 г. находится в статусе актуализации. Согласно разделам 4. «Общие положения» и 6. «Правила проведения работ межгосударственным техническим комитетом по стандартизации» проекта ГОСТ 1.4-2020:

**4.1.2.** Основными задачами МТК в закрепленной за ним области деятельности являются:

- подготовка предложений для программы межгосударственной стандартизации (см. п. 6.1 ГОСТ 1.4);
- рассмотрение проектов межгосударственных стандартов и проектов изменений данных стандартов (см. 6.2);
- периодическая проверка закрепленных за МТК межгосударственных стандартов в целях выявления необходимости их обновления или отмены (см. 6.3.1 и 6.3.2);
- рассмотрение предложений об отмене межгосударственных стандартов, закрепленных за МТК, а также случаев одностороннего прекращения применения межгосударственных стандартов в государствах – участниках соглашения (см. 6.3.3 и 6.3.4);
- сотрудничество с МТК в смежных областях деятельности в целях проведения совместных работ по межгосударственной стандартизации или для координации этих работ (см. 6.4.1 и 6.4.2);
- сотрудничество с заинтересованными государственными органами власти, предприятиями и другими организациями при проведении работ по межгосударственной стандартизации в государствах – членах МТК (см. 6.4.3).

**4.1.3.** Кроме выполнения основных задач, указанных в п. 4.1.2, МТК может принять участие в работах по международной стандартизации (см. 6.5) в закрепленной за данным комитетом области деятельности.

Таким образом, основная роль МТК – это координация работ на межгосударственном уровне. В данном объеме сотрудничества почти потеряна основная содержательная роль МТК как экспертного сообщества в закрепленной за МТК сфере стандартизации. Нет понимания, как национальные органы по стандартизации МГС должны работать с экспертным сообществом в условиях, когда голозование за МТК проводят не секретариаты, а имеющие доступ к системе АИС Госстандарты.

В данной связи по второму вопросу повестки заседания МТК 515 от 28 мая 2020 г. было при-

нято следующее решение, направленное на более широкое вовлечение представителей экспертного сообщества МГС в работу по стандартизации:

1. Продлить процесс формирования подкомитетов до конца 2020 г.
2. Расширить представительство в подкомитетах за счет национальных обществ по неразрушающему контролю и технической диагностике.
3. Рекомендовать участникам подкомитетов ISO 135 от СНГ войти в состав подкомитетов МТК 515.
4. Совместно с Бюро по стандартизации МГС выработать меры по объединению экспертного сообщества в области неразрушающего контроля на площадке МТК 515.

Напомним, что в МТК 515 установлена схема зеркальных подкомитетов к ISO 135:

- Поверхностные методы / Surface methods;
- Ультразвуковой контроль / Ultrasonic testing;
- Вихретоковый неразрушающий контроль / Eddy current testing;
- Радиографический контроль / Radiographic testing;
- Течеискание / Leak testing;
- Квалификация персонала / Personnel qualification;
- Тепловой (термографический) контроль / Thermographic testing;
- Акустико-эмиссионный контроль / Acoustic emission testing.

В период пандемии COVID-19 участниками онлайн-заседания МТК 515 был вынесен на обсуждение вопрос массового использования в качестве диагностики экспресс-тестов для оперативного измерения температуры тела человека с помощью бесконтактных измерительных приборов на основе метода теплового тестирования (ТТ). Участниками онлайн-заседания также был поставлен вопрос о достоверности результатов такой диагностики и необходимости принятия ряда мер метрологического регулирования на государственном уровне. К сожалению, ни одна из стран, представленных в МТК 515, на конец мая 2020 г. не обладает сведениями о положительных результатах массового использования приборов ТТ для оперативного измерения температуры тела человека.

Следующее онлайн-заседание МТК 515 запланировано на октябрь 2020 г.

**СРО ОЮЛ КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР**  
[www.kazregister.kz](http://www.kazregister.kz)

# История НК

## Заметки на полях

Из книги

### «HANDBOOK OF NONDESTRUCTIVE EVALUATION»,

Charles J. Hellier

В 1920 г. в арсенале Уотертауна в Бостоне, штат Массачусетс, д-р Х. Х. Лестер начал работу, которую можно назвать началом развития промышленной радиографии в США. Д-ру Лестеру было поручено разработать методы контроля с использованием рентгеновского излучения для исследования отливок, сварных швов и броневых плит, чтобы существенно улучшить качество материалов, используемых в армии. Несмотря на то что Уильям Конрад Рентген открыл рентгеновские лучи на 27 лет раньше, мало что было достигнуто в их применении для контроля материалов, главным образом из-за низкой мощности ранних рентгеновских аппаратов. Оборудование в лаборатории было архаичным по сегодняшним стандартам, но работа д-ра Лестера и это оборудование стали основой для развития контроля материалов и изделий с использованием источников рентгеновского излучения.



На фото свинцовая экспозиционная комната рентгеновской лаборатории доктора Х.Х. Лестера (1922 г.)

# ОБЗОР АППАРАТНЫХ РЕШЕНИЙ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ



**ТЕРЕНТЬЕВ**  
Денис Анатольевич

Канд. физ.-мат. наук,  
старший научный сотрудник,  
ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва



**ЕЛИЗАРОВ**  
Сергей Владимирович

Генеральный директор,  
ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва



**АЛЯКРИТСКИЙ**  
Александр Львович

Заместитель  
генерального директора,  
ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва



**ШИМАНСКИЙ**  
Аркадий Григорьевич

Инженер-электроник  
отдела разработки  
радиоэлектронной аппаратуры,  
ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва



**БУГАНКОВ**  
Алексей Андреевич

Инженер-электроник  
отдела разработки  
радиоэлектронной аппаратуры,  
ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва

*Для передачи и преобразования первичного сигнала акустической эмиссии в набор типовых параметров отдельных импульсов, таких как амплитуда, длительность, время нарастания и т.п., в современных акустико-эмиссионных системах используются три ключевых элемента: канал связи, аналого-цифровой преобразователь и акустико-эмиссионный процессор. Рассмотрены все три возможных варианта их взаимного расположения, которые соответствуют традиционной архитектуре, цифровой модульной компоновке и архитектуре «цифровой датчик». Показаны преимущества, ограничения, рекомендованные сферы применения и примеры реализации каждой из трех архитектур.*

## Современный уровень требований к АЭ-системам

Размер объектов акустико-эмиссионного (АЭ) контроля может варьироваться в очень широком диапазоне: от небольших образцов размером в несколько сантиметров до многокилометровых участков магистральных трубопроводов или резервуаров объемом до 50 000 м<sup>3</sup>. Максимальные дистанции между преобразователями акустической эмиссии (ПАЭ) обусловлены как уровнем шумов, так и затуханием акустического сигнала в объекте контроля и на промышленных объектах, как правило, составляют от 6 до 12 м, а в случае трубопроводов, заполненных жидкостью, могут достигать до 30–70 м. Проведение каждого дополнительного нагружения массивного объекта или его участка может быть связано с большими временными затратами. Из-за наличия эффекта Кайзера многие объекты невозможно контролировать методом АЭ по частям. Поэтому пользователи АЭ-систем, как правило, заинтересованы в том, чтобы иметь возможность диагностировать одновременно как можно больший объект или участок большого объекта. В то же время применяемое при контроле оборудование АЭ должно иметь достаточную чувствительность и производительность, чтобы выявлять весь диапазон источников АЭ от I до IV класса и не быть при этом слишком громоздким.

Данные особенности метода АЭ, а также необходимость получения качественных результатов АЭ-контроля обуславливают следующие обяза-

тельные требования к АЭ-оборудованию, закрепленные в нормативных документах [1–3]:

- многоканальность (обычно до нескольких десятков каналов);
- значительные дистанции, доходящие до нескольких сотен метров, между рабочим местом оператора и точками установки ПАЭ. Данное требование обусловлено как большими размерами контролируемых объектов, так и необходимостью обеспечения безопасности, например при проведении пневмоиспытаний;
- синхронизация каналов с точностью до 1 мкс или долей микросекунды. Это требование обусловлено необходимостью проведения локации источников АЭ при значениях скорости распространения акустического сигнала, доходящих до нескольких тысяч метров в секунду;
- работа с импульсным широкополосным и достаточно сложным по форме входным сигналом;
- низкий уровень шумов (не выше 5 мкВ СКЗ, приведенных к входу предусилителя), в том числе в условиях сильных электромагнитных наводок;
- широкий динамический диапазон входного сигнала;
- полоса рабочих частот 30–500 кГц, т.е. промежуточная между частотами, характерными для вибродиагностики и ультразвукового контроля. При этом данные должны регистрироваться в течение достаточно продолжительного времени (как правило, равного нескольким часам). При этом допускается работа не с полным объемом первичных данных, объем которых может достигать нескольких терабайт, а лишь с АЭ-параметрами, т.е. компактным набором обработанных данных, характеризующих каждый импульс АЭ, и частью осциллограмм, позволяющих получить общее представление о типовых импульсах, регистрируемых каждым ПАЭ. Поток таких импульсов может доходить до нескольких тысяч в секунду.

Следующие характеристики АЭ-систем не являются обязательными согласно [1–3], но могут дать дополнительное удобство в работе, а также позволяют провести АЭ-контроль в сложных условиях:

- подача имеющих заданную амплитуду импульсных электрических калибровочных сигналов на требуемый ПАЭ. Данная опция удобна для проверки качества акустического контакта, измерения эффективной скорости и коэффициента затухания;
- перенастройка частотных фильтров;
- контроль целостности измерительных линий;
- возможность записи непрерывного потока первичных данных [4, 5];

- низкочастотные параметрические каналы для подключения тензодатчиков, манометров, термодатчиков и других устройств, позволяющие получать информацию о величине нагрузки или параметрах технологического процесса;
- методы выявления импульсов АЭ, отличающиеся от традиционного порогового.

При АЭ-контроле некоторых объектов могут быть полезны такие опции, как:

- гальваническая развязка;
- герметичный кабель;
- взрывозащищенное исполнение;
- беспроводная передача данных со всех или с части каналов. Данная опция полезна, например, при АЭ-контроле трубопровода, пересекающего транспортную магистраль или водную преграду.

Также для пользователей важны такие потребительские свойства АЭ-систем, как:

- стоимость;
- масса и габариты комплекса;
- скорость развертывания системы;
- степень автоматизации различных операций;
- максимальная длина линии, гибкость компоновки линий;
- возможность оперативной замены кабеля;
- стойкость различных частей комплекса к негативным внешним воздействиям;
- энергопотребление.

### Возможные типы компоновки АЭ-систем

Первичные данные АЭ-система получает в аналоговом виде с преобразователей акустической эмиссии. В настоящее время ПАЭ, как правило, являются пьезоэлектрическими. Амплитуда сигнала на их выходе обычно невелика и составляет от единиц микровольт до сотен милливольт, поэтому сигнал ПАЭ сразу поступает в предусилитель, находящийся в непосредственной близости от него.

Для анализа результатов АЭ-контроля (как онлайн, так и офлайн), как правило, используются представленные уже в цифровом виде и предварительно обработанные данные, которые представляют собой наборы АЭ-параметров отдельных импульсов, таких как амплитуда, длительность, время нарастания, число выбросов и т.д. [6, 7].

Для передачи и преобразования первичного аналогового сигнала с ПАЭ в набор АЭ-параметров в АЭ-системах используются три ключевых элемента: канал связи, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и АЭ-процессор, которые могут быть расположены в различной последовательности. Каналы связи между удаленными точками контроля и блоком сбора и обработки данных могут быть как аналоговыми, так и цифровыми, как кабельными, так и беспроводными. Обработка данных в со-

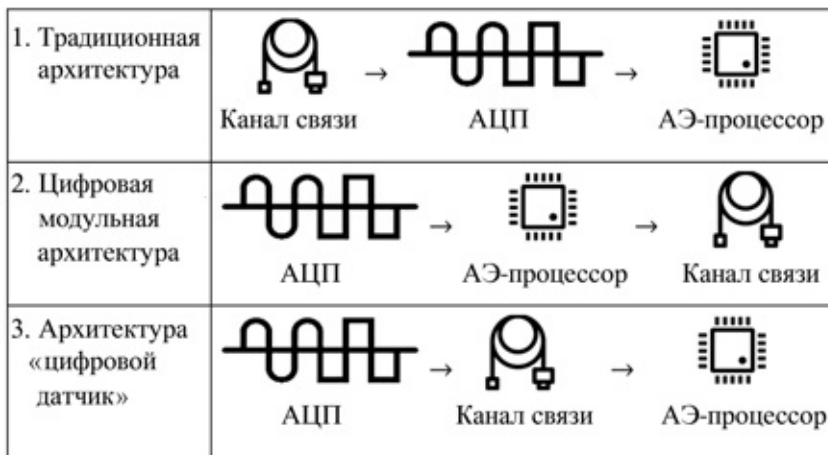


Рис. 1. Три возможных варианта взаимного расположения канала связи, АЦП и АЭ-процессора

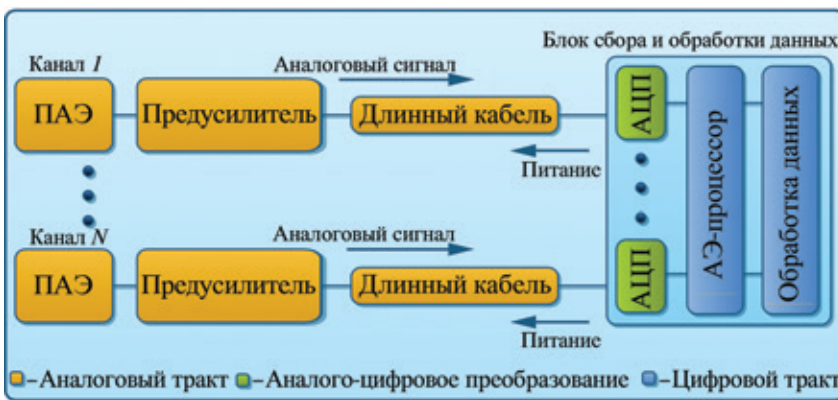


Рис. 2. Традиционная архитектура АЭ-систем

временных АЭ-системах в основном цифровая, поэтому в состав систем, как правило, входит один или несколько АЦП. Дальнейшая обработка данных ведется с использованием так называемых АЭ-процессоров – электронных плат, извлекающих из непрерывного потока преобразованных в цифровой вид АЭ-данных отдельные импульсы и вычисляющих параметры каждого такого импульса.

Из шести возможных вариантов взаимного расположения канала связи, АЦП и АЭ-процессора работоспособны только три, все они представлены на рис. 1. Каждый тип архитектуры имеет свои преимущества и ограничения, подробно описанные далее.

### Традиционная архитектура

Наибольшее распространение получили АЭ-системы традиционной архитектуры с централизованной схемой сбора и обработки данных, соответствующей компоновке: канал связи → АЦП → АЭ-процессор (рис. 2). Сигнал от каждого ПАЭ усиливается в предусилителе (как правило, на 20–40 дБ) и по отдельному коаксиальному кабелю длиной до нескольких сотен метров передается в аналоговом виде на блок сбора и обработки данных. Преобразование АЭ-сигнала в цифровой вид и последующая обработка проводятся в блоке сбора и обработки данных.

Преимущества такого рода АЭ-систем:

- невысокая стоимость при высоком уровне быстродействия;
- возможность применения ПАЭ как без встроенных предусилителей, так и со встроенными предусилителями, в том числе и специального исполнения (герметичные и т.п.);
- использование, как правило, стандартных коаксиальных кабелей с BNC-разъемами, что позволяет быстро и легко выполнить ремонт (замену) кабелей и разъемов силами специалистов, проводящих контроль;
- возможность записи непрерывного потока первичных данных.

Ограничения, характерные для АЭ-систем традиционной архитектуры:

- аналоговый сигнал затухает и искажается при передаче в длинных кабельных линиях. Наибольшая допустимая длина коаксиального кабеля составляет 200–250 м, следовательно, максимальное расстояние между крайними преобразователями АЭ на объекте контроля (например, трубопроводе) не превышает 500 м;
- длинный кабель в условиях современного промышленного предприятия или инженерного сооружения часто выступает в роли антенны для электромагнитных наводок, зачастую превышающих по амплитуде сигналы, соответствующие источникам АЭ IV класса [6, 7];
- система не может быть использована совместно с радиоканалом, что существенно затрудняет АЭ-контроль переходов через транспортные магистрали и водные преграды;
- большая суммарная масса кабелей и катушек обусловлена необходимостью прокладывать кабель от каждой точки контроля к блоку сбора и обработки данных.

Такого рода системы подходят для решения следующих задач:

- АЭ-контроль объектов небольших и средних размеров (емкост-



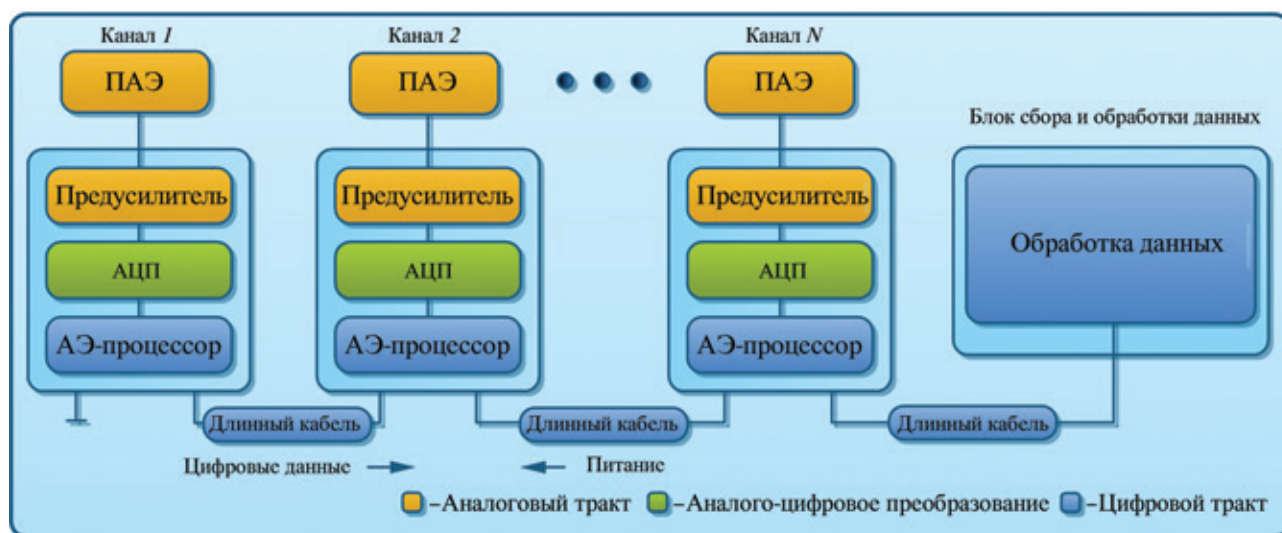


Рис. 3. Цифровая модульная архитектура АЭ-систем

тей, сепараторов, теплообменников, технологических трубопроводов и пр.);

- АЭ-контроль объектов в условиях отсутствия электромагнитных помех;
- АЭ-контроль объектов, имеющих подводные или затопливаемые участки, специализированными герметичными ПАЭ со встроенным предусилителем.

### Цифровая модульная архитектура

Второй тип архитектуры АЭ-систем – цифровая модульная – реализуется следующим образом: на объекте контроля непосредственно рядом с каждым ПАЭ располагаются модули сбора данных (модуль АЭ), каждый из которых состоит из АЦП и АЭ-процессора. Полученные в результате обработки АЭ-процессором данные в виде компактного набора АЭ-параметров и при необходимости часть осциллограмм передаются в блок сбора и обработки данных по высокоскоростной последовательной или параллельно-последовательной линии в цифровом виде (рис. 3).

Преимущества данной компоновки систем следующие:

- невосприимчивость к электромагнитным наводкам;
- расположение АЭ-процессора в непосредственной близости от каждого ПАЭ, что на несколько порядков снижает объем данных, которые необходимо передавать по линии связи. Это позволяет увеличить быстродействие системы или максимальное число каналов при прочих равных условиях;
- цифровая передача данных и относительно малый объем данных, которые нужно передавать, что делает возможным использование (как опции) беспроводной передачи данных;

- последовательная или параллельно-последовательная линия связи каналов друг с другом и с блоком сбора и обработки данных благодаря цифровой передаче данных, что позволяет минимизировать суммарную длину кабельной линии и сделать ее сборку максимально удобной, а также одновременно проводить АЭ-контроль протяженных объектов длиной до нескольких километров;
- возможность автоматического контроля целостности и качества работы цифровых линий связи между каналами;
- простота наращивания ранее купленной системы путем докупки или аренды модулей АЭ.

Ограничения цифровой модульной архитектуры следующие:

- высокая стоимость;
- отсутствие возможности передачи непрерывного потока первичных данных;
- массивные (по сравнению с предусилителями) модули сбора данных.

Системы цифровой модульной архитектуры могут применяться в любых, в том числе самых сложных условиях, в частности для проведения АЭ-контроля:

- многокилометровых участков магистральных трубопроводов;
- крупногабаритных объектов (резервуаров большого объема и т.п.);
- при высоком уровне электромагнитных помех на современных предприятиях;
- переходов через дороги и водные преграды с использованием радиоканала для связи между блоком сбора и обработки данных и всеми модулями АЭ либо их частью.

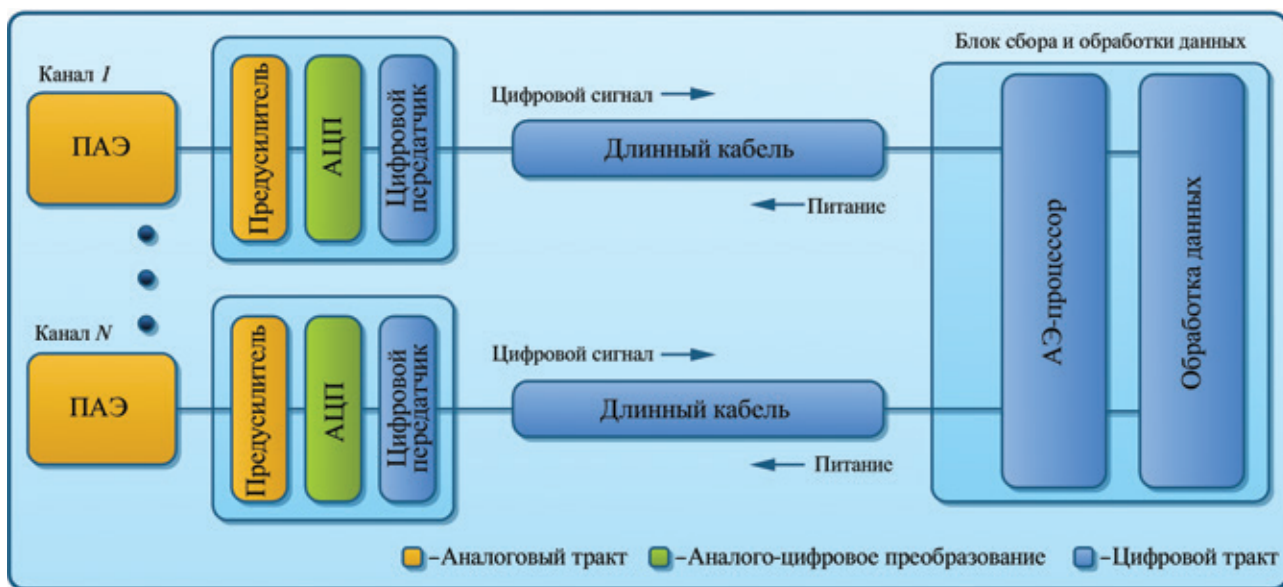


Рис. 4. Архитектура «цифровой датчик»

#### Архитектура «цифровой датчик»

Основным недостатком АЭ-систем традиционной архитектуры является подверженность электромагнитным наводкам. Системы с цифровой модульной компоновкой решают эту проблему, однако ценой существенного усложнения архитектуры и вызванного им удорожания АЭ-комплекса.

От всех этих недостатков свободна архитектура АЭ-систем «цифровой датчик», которая совмещает в себе централизованную схему обработки данных и цифровую передачу первичной информации на блок сбора и обработки данных (рис. 4). Основные принципы концепции следующие:

- для минимизации длины аналогового тракта сигнал от преобразователя АЭ усиливается и преобразовывается в цифровой вид в конвертере, находящемся в непосредственной близости от каждого ПАЭ;
- для упрощения архитектуры системы АЭ процессор находится в блоке сбора и обработки данных, поэтому по кабельной линии в цифровом виде передаются именно первичные (не подвергнутые обработке в целях выделения АЭ-сигналов и их параметров) данные;
- для реализации цифрового канала передачи первичных АЭ-данных по обычному коаксиальному кабелю в блок сбора и обработки данных используется последовательный битовый поток.

Это позволяет наряду с возможностью сохранения всего первичного АЭ-потока избежать потери качества данных, вызванной их прохождением в аналоговом виде по длинной кабельной линии, и тем самым повышает достоверность и надежность контроля или мониторинга. Вычисление АЭ-пара-

метров производится в блоке сбора и обработки данных аналогично тому, как это происходит в системах традиционной архитектуры, что дает возможность воспользоваться высокой вычислительной мощностью и пропускной способностью, свойственной системам с централизованной обработкой данных на базе электронных плат расширения для компьютера.

Преимущества такого рода АЭ-систем следующие:

- невосприимчивость к электромагнитным наводкам;
- принадлежность к среднему ценовому диапазону;
- использование стандартных коаксиальных кабелей;
- возможность передачи первичных данных;
- гальваническая развязка;
- небольшие по сравнению с модулями АЭ масса и габариты конвертеров, устанавливаемых около каждого ПАЭ.

Ограничениями систем типа «цифровой датчик» являются:

- необходимость прокладки отдельного кабеля от блока сбора и обработки данных к каждому ПАЭ;
- меньшие, чем в цифровой модульной архитектуре, значения максимальной дистанции между ПАЭ и блоком сбора и обработки данных;
- невозможность беспроводной передачи данных.

АЭ-системы архитектуры «цифровой датчик» могут быть рекомендованы для проведения АЭ-контроля практически в любых условиях, в частности в условиях высокого уровня электромагнитных помех на современных предприятиях, и на любых объектах.



Рис. 5. АЭ-системы семейства A-Line:

а – варианты исполнения блока сбора и обработки данных Ethernet Vоx и Portable; б – общий вид АЭ систем A-Line и разветвительный кабель; в – предусилитель; г – конвертер DS; д – элементы комплекса DDM-2: модуль, разветвитель и прямо-передающее устройство

### Примеры современных АЭ-систем

Все три возможных варианта архитектуры реализованы в современных многоканальных АЭ-системах серии A-Line, выпускаемых компанией «ИНТЕРЮНИС-ИТ».

Все многоканальные АЭ-системы, выпускаемые компанией (рис. 5, а, б), имеют:

- единые формат данных и программное обеспечение для сбора и анализа данных;
- возможность синхронизации нескольких однотипных систем в целях контроля больших объектов;
- возможность соединения кабелей для их удлинения;
- исполнение как вида Ethernet Vоx (подключаемый к ноутбуку по Ethernet-проводу или Wi-Fi отдельный компактный системный блок с электронными платами расширения), так и Portable (моноблок с электронными платами расширения, монитором и клавиатурой).

Примеры использования АЭ-системы семейства A-Line приведены на рис. 6.

### Системы классической архитектуры

Классическая архитектура «канал связи, АЦП, АЭ-процессор» представлена АЭ-системой A-Line PCI-1, производство которой предполагается прекратить в 2020 г. в связи с выпуском аналогичной системы нового поколения A-Line PCI-2 (см. рис. 5, в, б, а).

### 1. Сравнение технических характеристик A-Line PCI-1 и A-Line PCI-2

Параметр	A-Line PCI-1	A-Line PCI-2
Характеристики АЦП	2 МГц, 16 бит	20 МГц, 16 бит
Размер буфера осциллограмм	32 кБ	8 МБ
Уровень шума, мкВ, в полосе 30–500 кГц	≤ 5	≤ 4
Предельная скорость регистрации параметров АЭ, имп./с на канал	≥ 10 000	≥ 100 000

Помимо улучшения представленных в табл. 1 характеристик, касающихся быстродействия, параметров АЦП, объема памяти, уровня шумов и т.п., в A-Line PCI-2 появились следующие нововведения:

- обеспечена цифровая связь с предусилителем, позволяющая по команде с компьютера подавать на ПАЭ калибровочные импульсы с настраиваемой амплитудой величиной до 200 В;
- добавлен на каждом канале интерфейс для прямой записи на внешний накопитель непрерывного потока данных;
- добавлен разработанный компанией «ИНТЕРЮНИС-ИТ» алгоритм беспороговой регистрации АЭ-данных – SMART [8, 9].

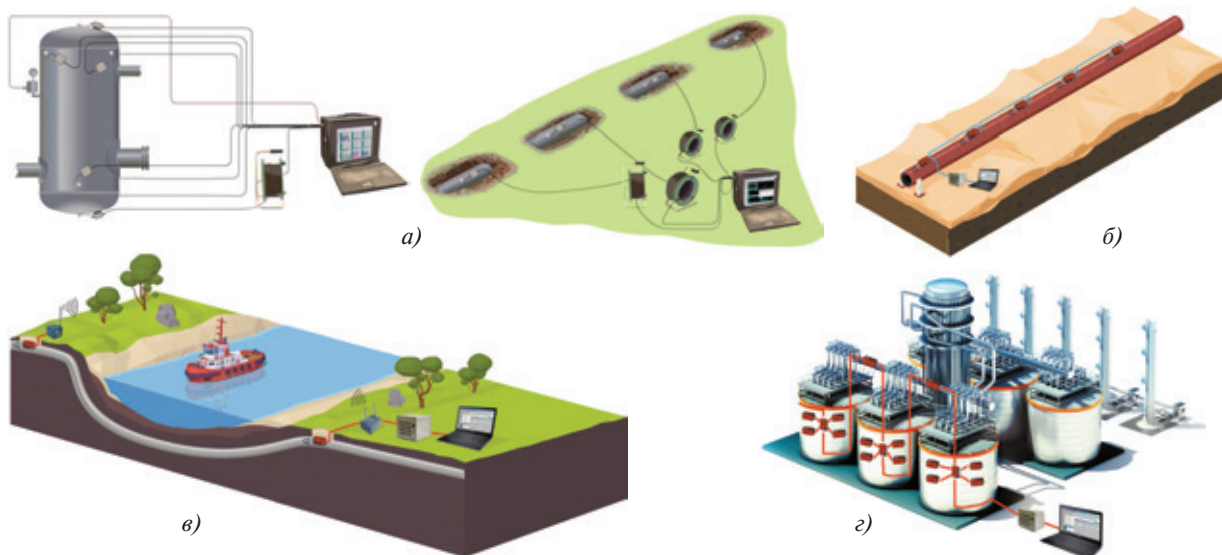


Рис. 6. Пример использования АЭ-системы семейства А-Line: а – централизованная схема подключения в системах PCI-1, PCI-2 и DS; б – последовательное подключение модулей в линию в системах DDM-1 и DDM-2; в – радиоканал в системах DDM-1 и DDM-2; г – комбинированное подключение модулей как по централизованной схеме, так и последовательно в линию в системе DDM-2

### Системы цифровой модульной компоновки

Цифровая модульная архитектура «АЦП, АЭ-процессор, канал связи» представлена уникальной распределенной системой сбора и обработки данных А-Line DDM-1 [10], выпускающейся с 2003 г., а также новой, выпускающейся с 2019 г. системой А-Line DDM-2 (см. рис. 5, д, 6, б–г).

Помимо улучшения представленных в табл. 2 характеристик, касающихся быстродействия, параметров АЦП, объема памяти, уровня шумов и т.п., в А-Line DDM-2 появились следующие нововведения:

- передача данных осуществляется с использованием легких и стандартных коаксиальных кабелей с удобными BNC-разъемами;
- возможность использования разветвителя линии дает уникальную гибкость конфигурации расстановки преобразователей на объекте и позволяет достичь минимальной возможной суммарной длины и массы используемых кабелей (см. рис. 6, г);
- автоматический контроль качества установки ПАЭ;
- разработанный компанией «ИНТЕРЮНИС-ИТ» алгоритм беспороговой регистрации АЭ-данных – SMART [8, 9].

### Архитектура «цифровой датчик»

Представленная в 2019 г. АЭ-система А-Line DS относится к принципиально новой архитектуре «цифровой датчик» (см. рис. 5, г и 6, а).

## 2. Сравнение технических характеристик А-Line DDM-1 и А-Line DDM-2

Параметр	А-Line DDM-1	А-Line DDM-2
Максимальное количество измерительных линий в стандартном блоке сбора и обработки данных	2	8
Максимальное количество АЭ-каналов на линию (на стандартный блок сбора и обработки данных)	16 (32)	20 (40)
Максимальная длина сегмента кабеля между модулями АЭ, м	100	150
Характеристики АЦП	1 МГц, 14 бит	4 МГц, 18 бит
Максимальная измеряемая амплитуда, дБ	98	105
Частотный диапазон, кГц	30–500	30–500
Уровень шума, мкВ, в полосе 30–500 кГц	≤ 5	≤ 4
Цифровая фильтрация	Нет	Есть
Габариты АЭ-модуля, мм	155×85×45	155×65×50
Масса АЭ-модуля, кг	0,7	0,6
Степень защиты от внешних воздействий	IP-65	IP-67
Взрывозащищенное исполнение	Нет	Ex ia

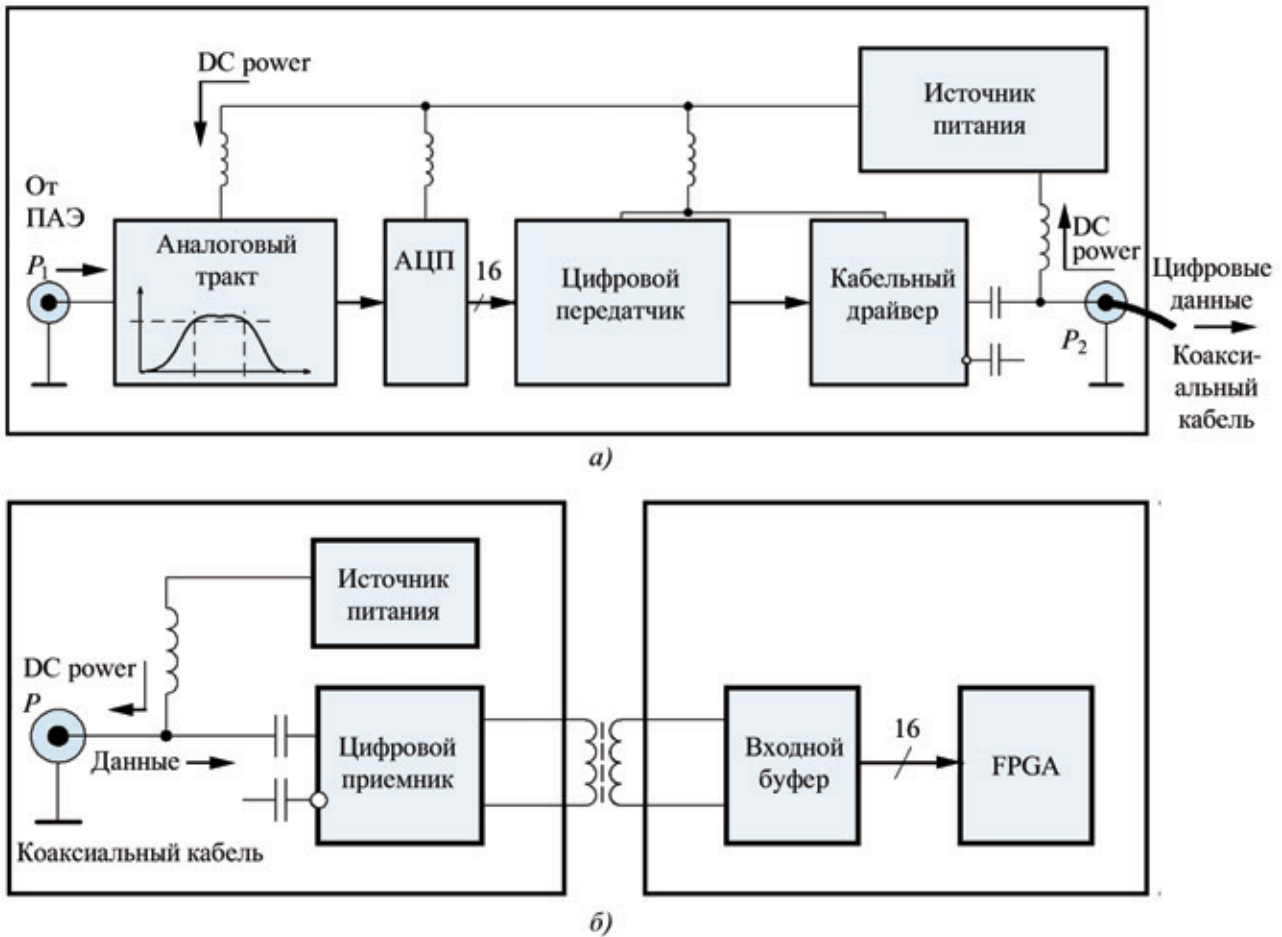


Рис. 7. Функциональные схемы архитектуры «цифровой датчик»: а – конвертер; б – приемная сторона

**Технические характеристики A-Line DS**

Полоса пропускания, кГц .....	4 – 800
Разрядность АЦП, бит .....	16
Максимальная частота преобразования АЦП, МГц .....	2
Уровень шума, приведенного ко входу, мкВ .....	4
Марка подключаемого кабеля .....	RG-58 A/U
Максимальная длина подключаемого кабеля, м .....	200
Габаритные размеры конвертера DS (Д×Ш×В), мм .....	105×60×50
Масса конвертера DS, кг .....	0,3
Рабочий температурный диапазон, °С ...	–30... +60

На рис. 7 представлен фрагмент примера функциональной схемы архитектуры «цифровой датчик» [11, 12]. Находящийся рядом с каждым ПАЭ конвертер осуществляет предварительное усиление и формирование частотной полосы первичного АЭ-сигнала, аналого-цифровое преобразование и передачу цифровых данных по длинному коакси-

альному кабелю. Питание подается на конвертер по коаксиальному кабелю. В свою очередь приемная сторона состоит из двух плат: первая осуществляет прием входящего битового потока и подачу питания на «цифровой предусилитель», а вторая отвечает за согласование интерфейсов с системой сбора данных и вычисление АЭ-параметров. Кроме того, на приемной стороне реализована гальваническая развязка каждого цифрового канала.

Данная АЭ-система прошла как лабораторные, так и полевые испытания в условиях промышленных предприятий. В сложных условиях нефтеперерабатывающего предприятия она продемонстрировала более высокую помехозащищенность и высокую надежность работы по сравнению с системой традиционной архитектуры с аналоговой передачей данных.

Дальнейшее сокращение длины аналогового тракта может быть достигнуто за счет перехода к интегрированному устройству, объединяющему в

едином конструктиве ПАЭ, предусилитель, АЦП и цифровой передатчик. Это устройство «цифровой датчик» и дало название архитектуре. Данное решение должно позволить добиться не только нового повышения уровня помехозащиты, но и снижения уровня собственных шумов аппаратуры и упрощения выпуска АЭ-систем во взрывозащищенном варианте.

### Выводы

1. Для передачи и преобразования первичного сигнала с ПАЭ в набор АЭ-параметров в современных АЭ-системах используются три ключевых элемента: канал связи, АЦП и АЭ-процессор.
2. Имеются три возможных варианта их взаимного расположения, которые соответствуют традиционной архитектуре, цифровой модульной компоновке и архитектуре «цифровой датчик», каждый из этих вариантов характеризуется своими преимуществами и недостатками.
3. Все три возможных варианта архитектуры реализованы в современных АЭ-системах.

### Библиографический список

1. РД 03-299–99. Требования к акустико-эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов. М., 1999. 32 с.
2. EN 13477-1-2001. Non-destructive testing. Acoustic emission. Equipment characterization. Part 1: Equipment description. Brussels, 2001.
3. EN 13477-2-2010. Non-destructive testing. Acoustic emission. Equipment characterisation. Part 2: Verification of operating characteristic. Brussels, 2010. 34 p.
4. Kaita Ito, Manabu Enoki. High sensitivity detection of AE events in noisy environment using stream re-

coding and parallel computation // Journal of Acoustic Emission. 2016. V. 33. P. 109–122.

5. Baensch F., Baer W., Wossidlo P., Habib A. Non-threshold Acoustic Emission analysis of damage evolution in pipe segments of steel S355J2H under bending load // Journal of Acoustic Emission. 2018. V. 35. P. 233–240.
6. ПБ 03-593–03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. М.: ПИО ОБТ, 2003.
7. ГОСТ Р 55045–2012. Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Термины, определения и обозначения. М.: Стандартинформ, 2019.
8. Елизаров С.В., Барат В.А., Шиманский А.Г. Интеллектуальная акустико-эмиссионная система SMART нового поколения // В мире неразрушающего контроля. 2014. № 3 (65). С. 26–29.
9. Пат. на изобр. RU 2660403. Способ беспороговой автоматической интеллектуальной регистрации сигналов акустической эмиссии устройством неразрушающего контроля / В. А. Барат, А. Г. Шиманский; опубл. 01.02.2017.
10. Пат. на изобр. RU 2267122. Многоканальная акустико-эмиссионная система для диагностики промышленных объектов и устройство регистрации и обработки акустико-эмиссионных сигналов / В.Г. Харебов, П.Н. Трофимов, А.Л. Алякритский и др.; опубл. 27.12.2005.
11. LVDS Owner's Manual. 4th ed. / National Semiconductor, 2011.
12. Implementing a Variable-Length Cat5e Cable Equalizer: Application report / Texas Instruments // SBOA125, 2010.

## История НК

### Заметки на полях



### Уважаемые читатели!

Если у вас есть материалы, связанные с историей неразрушающего контроля: редкие фотографии людей, оборудования и объектов контроля, любопытные «дефектоскопические истории», присылайте их в редакцию журнала. Наиболее интересные материалы будут опубликованы на страницах журнала «Территория NDT».

Телефон редакции: (499) 393-30-25

E-mail: [tndt@idspektr.ru](mailto:tndt@idspektr.ru)

### Ответы на кроссворд

**По горизонтали:** 1. Лэмб. 8. Сбой. 9. Закат. 11. Отказ. 12. Сканер. 13. Разъем. 15. Имитатор. 16. Стереорадиоскопия. 18. Структуроскоп. 21. Ярмо. 22. Усиление. 24. Инцидент. 25. Заков. 26. Эксперт. 27. Флокен.

**По вертикали:** 2. Блок. 3. Толщиномер. 4. Риска. 5. Виток. 6. Зазор. 7. Балансировка. 8. Стоунли. 10. Волна. 14. Радиоизотоп. 17. Проявитель. 19. Узел. 20. Пучность. 23. Наводка.

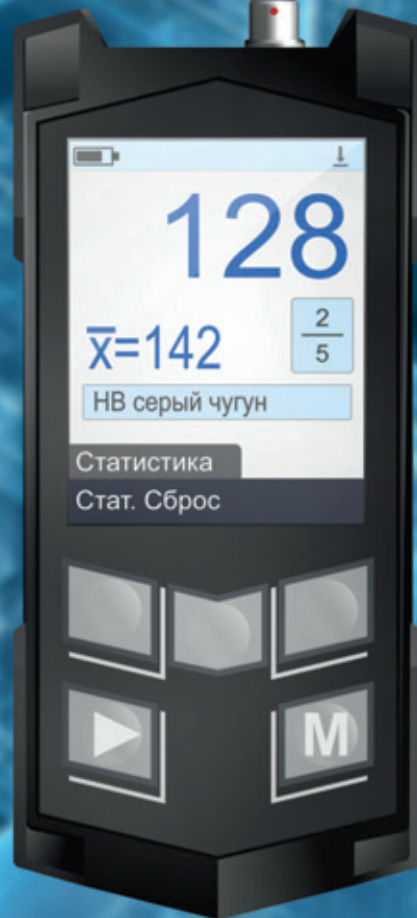
# КОНСТАНТА®

приборы неразрушающего контроля

## Константа КТ

портативный многофункциональный твердомер,  
реализующий три стандартизированных метода измерений

Leeb



Ultrasonic Contact  
Impedance (UCI)

PortableRockwell (PR)

office@constanta.ru  
constanta.ru

# ТЕПЛОВИЗОР ПРОТИВ COVID-19. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ



**КУДРЯВЦЕВ**  
**Александр Николаевич**

Руководитель отдела «Системы безопасности» АО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ», Москва

В свете последних событий в мире мы все чаще слышим об эпидемиологических тепловизорах. В этой статье мы расскажем об устройстве таких приборов, чем они отличаются от обычных тепловизоров, какова их эффективность и нужны ли они вообще.

## Что лучше: градусник или тепловизор?

При нынешнем уровне развития мировой науки и техники существует ограниченный перечень специализированных средств для измерения поверхностной температуры тела человека. Они делятся на две большие группы по методу применения – контактные и бесконтактные. В первую группу входят привычные всем нам градусники и термометры (ртутные, спиртовые, электронные), во вторую – дистанционный термометр (пирометр) и эпидемиологические тепловизоры, которые в свою очередь подразделяются на ручные и стационарные (табл. 1).

### 1. Устройства для измерения поверхностной температуры тела человека

Устройство	Точность измерения, °С	Скорость измерения
Ртутный градусник	0,1	1 чел. за 10 мин
Электронный градусник	0,2	1 чел. за 1 мин
Пирометр	0,5	1 чел. за 2 с
Ручной тепловизор	1,0	1 чел. за 2–3 с
Стационарный тепловизор	0,3	Сразу до 30 чел. за 0,5 с

Обычный ртутный градусник, который изобрел Фаренгейт 300 лет назад, остается самым простым, точным и дешевым средством измерения температуры тела. Bravo, Габриель!

Но ставить градусник каждому на проходной офисного здания или на пропускном пункте терминала аэропорта невозможно. Тут нужна скорость! По данным таблицы, стационарный эпидемиологический тепловизор примерно в 30 000 раз (!) быстрее обычного градусника. Но как быть с точностью? У тепловизора она в 3 раза ниже, чем у термометра. А нужна ли безупречная точность измерения для выявления лихорадки у человека?

## Так что же такое эпидемиологический тепловизор?

Обратим внимание на один очень важный факт: ни один измерительный прибор, в том числе и тепловизор, не лечит от заболевания, будь то вирус или инфекция.

Итак. Основная задача эпидемиологического тепловизора – быстро и точно выявить человека с температурой на максимально возможной дистанции.

На первый взгляд может показаться, что с этой задачей справится любой измерительный тепловизор. Но это не так.

Для того чтобы добиться максимальной точности измерения температуры человека (особенно если он не один и находится в движении), нужны высокая частота радиометрических кадров, т.е. количество точек, на которых измерена температура, в единицу времени и специальные алгоритмы обработки большого массива данных.

Кроме того, оптические блоки эпидемиологических тепловизоров комплектуются видеокамерами высокого разрешения с функцией определения лиц для создания автоматических отчетов или интеграции в систему контроля и управления доступом (СКУД). В основном это относится к стационарным системам.

## Классификация эпидемиологических тепловизоров

Эпидемиологические тепловизоры подразделяются на ручные и стационарные (табл. 2). Последние в свою очередь можно разделить на ис-



пользующие эталонный излучатель (АЧТ – абсолютно черное тело) и работающие без него.

**Ручные приборы** (см. табл. 2) представляют собой портативные устройства, по внешнему виду напоминают обычные пирометры или ручные видеокамеры.

- **Достоинства:** легкие, удобные, дешевые (по сравнению со стационарными). Могут работать несколько часов автономно за счет встроенного аккумулятора. Полезны там, где нет возможности подключиться к стационарному источнику электроэнергии.

- **Недостатки:** низкая (по сравнению со стационарными) точность измерения, отсутствие возможности охвата всех лиц в кадре, измерение температуры каждого человека в отдельности, маленькая дальность действия. Оператору необходимо наводить измерительную рамку тепловизора на лицо человека, при этом имеет место человеческий фактор. Нельзя интегрировать в СКУД. Нет записи событий с распознаванием ФИО человека по базе. Применяются для индивидуального измерения температуры тела.

**Стационарные эпидемиологические тепловизоры** (см. табл. 2) представляют собой аппаратно-программные комплексы, состоящие, как правило, из двух отдельных блоков: оптический блок (тепловизор + видеокамера) и блок управления (ноутбук, системный блок, автоматизированное место оператора).

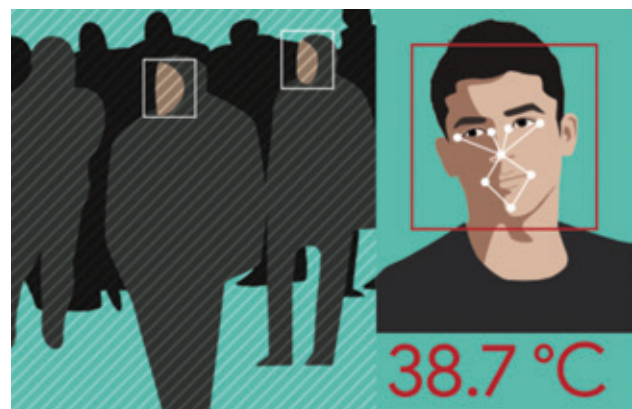
Это точные и быстрые приборы для определения температуры человека. Основное отличие от ручных – возможность одновременного измерения температуры большого потока людей. Это качество незаменимо в тех случаях, где индивидуальный замер температуры невозможен (например, контрольно-пропускной пункт терминала аэропорта).

Применение стационарных эпидемиологических тепловизоров довольно обширно: терминалы аэропортов, железнодорожных вокзалов, морских портов, КПП, проходные предприятий, офисов, входные группы стадионов, фитнес-центров, концертных залов, гостиниц, крупных ТЦ, метро...



### Что такое АЧТ? Зачем оно нужно, и можно ли обойтись без него?

АЧТ – это абсолютно черное тело – эталонный излучатель, который на своей поверхности формирует очень точное значение температуры, до сотых долей градуса. Он устанавливается в поле зрения объектива тепловизора и используется в качестве эталона температуры для калибровки прибора. Та-



*Уникальный режим работы: мы используем математическую модель нейросетей, которая вычисляет среднюю температуру у людей в потоке и корректирует порог срабатывания системы*

## 2. Сравнительная таблица ручных и стационарных тепловизоров

Параметр	Ручной тепловизор	Стационарный тепловизор
Температурная чувствительность NETD	0,06	0,04
Точность измерения, °C	±2	±0,3
Дальность действия, м	1,5	5–7
Автоматический захват всех лиц в кадре	Нет. Измерение температуры каждого человека в отдельности путем наведения измерительной рамки на лицо	Да
Время срабатывания, с	2–3	0,5
Ширина зоны контроля, м	1,5	5,0
Наличие дневной видеокамеры	Нет	Да
Интеграция СКУД (турникет на КПП)	Нет	Да
Автоматическая запись тревожных событий с распознаванием ФИО человека по базе	Нет	Да
Возможность подключения мобильных устройств (планшетов) для оперативного перемещения сотрудника охраны в зоне досмотра	Нет	Да
Цена	Низкая	Высокая

ким образом увеличивается точность измерения температуры до 0,3 °C.

Давайте разберемся... Поверхностная температура тела здорового человека находится в диапазоне от 26 до 37 °C и зависит от окружающей среды и физиологических особенностей конкретного организма. Однако получается, что идеально откалиброванный с помощью АЧТ тепловизор с точностью в 0,3 °C измерит температуру человека, вошедшего в помещение с морозного воздуха, но «не увидит» лихорадку, так как поверхностная температура тела была понижена условиями окружающей среды. Получается, что формальный подход сравнения температур работает только в условиях постоянной окружающей температуры.

Наиболее универсальным и действенным способом безошибочного обнаружения человека с повышенной температурой в плотном потоке лю-

дей является использование математической модели, которая вычисляет среднюю температуру у людей в потоке и корректирует порог срабатывания системы.

Эта технология называется автоматической компенсацией температуры (Absolute Temperature Compensator – АТС). Автоматически подсчитываются средние значения температуры последних 10 объектов, причем не принимая во внимание два наибольших и два наименьших значения. Это позволяет использовать прибор в полностью автоматическом режиме, без использования эталонного «абсолютно черного тела» (АЧТ), а также исключает ложные срабатывания.

### Возможна ли 100%-ная защита?

Прежде чем ответить на этот вопрос, напомним: задача тепловизора не поставить диагноз (пока это невозможно сделать на расстоянии, к сожалению), а выявлять людей с повышенной температурой тела. И с этой задачей эпидемиологические тепловизоры справляются очень неплохо. Естественно, чем технологичней тепловизор, тем меньше погрешность и точнее результат.

Здесь уместно провести параллель между эпидемией и военными действиями.

Достоверно известно, что войны придают большой импульс развитию технологий. И сейчас в условиях пандемии уже заметно, как сильно оживился рынок тепловизоров во всем мире. Кто знает, может быть, после нынешней пандемии будут разработаны принципиально новые средства выявления больных, которые будут давать 100%-ный результат. Но пока этого не произошло.

Вернемся к сравнению с военными действиями... В условиях эпидемии тепловизор должен выступить в роли первого эшелона обороны – он защищает границы и принимает на себя основной, массированный удар невидимого противника. Естественно, всех больных с помощью тепловизора выявить нельзя (в основном из-за бессимптомного течения болезни и непроявленного инкубационного периода). Поэтому далее действуют следующие эшелоны защиты – применение защитных масок и перчаток, обработка рук санитайзерами, соблюдение режима карантина... Все вместе – это средства борьбы с эпидемией, каждый из них в отдельности не идеален. Но вместе они дают положительный результат.

### Существует ли альтернатива эпидемиологическим тепловизорам?

На данный момент альтернативы эпидемиологическому тепловизору как заградительному средству защиты на пропускных пунктах (входах) не су-



1918 г. Эпидемия испанки. Больные разделены тонкими перегородками в большом зале



2020 г. COVID-19. Павильон «Крокус Экспо» переоборудован в дополнительный стационар в ожидании больных

ществует! Есть средства, которые работают параллельно и тем самым повышают эффективность общей борьбы с вирусом.

Ношение масок должно стать нормой. Кстати, это не мешает стационарным комплексам находить лица.

#### Что нас ждет?

Немного истории.

Испанский грипп, или «испанка», был, вероятней всего, самой массовой пандемией гриппа за всю историю человечества как по числу заразившихся, так и по числу умерших. Эпидемия длилась с января 1918 г. по декабрь 1920 г.; во всем мире ис-

панкой было заражено около 550 млн человек, или 29,5% населения планеты.

Число умерших оценивают в 90 млн человек, или 4% населения Земли, что позволяет считать эту эпидемию одной из наиболее масштабных катастроф в истории человечества.

Таким образом, летальность испанки среди зараженных составила 3–20% (COVID-19 – 1%).

Население Земли в период испанки – 1,5 млрд человек. Население Земли в период COVID-19 – 7,7 млрд человек.

Расслабляться рано: до конца 2021 г. мы все в зоне риска.

Всем здоровья! ■

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

## **АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ДЕФЕКТОВ СВАРКИ**

**ISBN 978-5-02-038780-5**

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

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

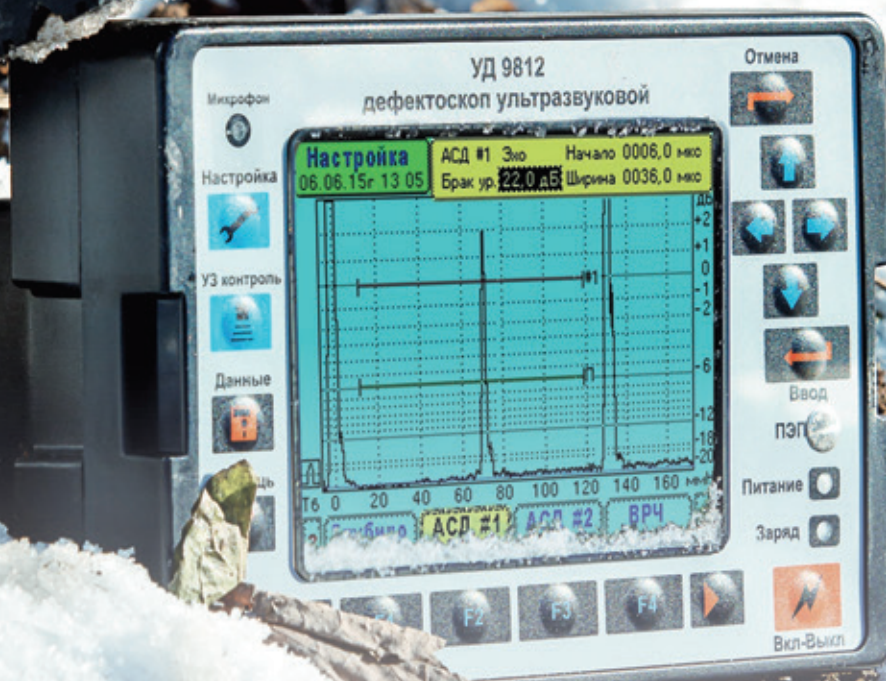
Книга предназначена для специалистов и научных работников в области электроники и неразрушающего контроля машиностроительных конструкций, а также преподавателей, аспирантов и студентов вузов соответствующих специальностей.



**1300 руб.**



# Ультразвуковой дефектоскоп УД 9812 «УРАЛЕЦ»



ООО «Физприбор»

620137, Екатеринбург, ул. Вилонова, 6Б  
+7 (343) 355-00-53, [www.fpribor.ru](http://www.fpribor.ru)



только реальность