

# ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# 4, 2018

октябрь – декабрь (28)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

## «НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «СВАРКА И КОНТРОЛЬ»

ПРИ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»



(499) 267-34-56, (499) 263-67-83  
mgту@sertink.ru  
www.sertink.ru

Подробная информация на стр. 9



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

## 100%-ый охват сканированиягиба трубы



### Новый сканер FlexoFORM™

#### **Повторяет изгибы трубы**

Гибкий преобразователь и водяные призмы обеспечивают надежный акустический контакт на отводах труб с НД 101,6 мм и более

#### **Сокращает время подготовки**

Кодировщик картирует поверхность, поэтому нанесение опорных линий необязательно

#### **Обеспечивает плавное и быстрое сканирование**

Магнитные колеса плотно прилегают к поверхности трубы, не требуя особых усилий от оператора

#### **Генерирует данные высокого разрешения**

До 1 мм × 1 мм, что упрощают анализ отражателей и остаточной толщины стенки





# Люминесцентный анализатор МИК для определения свежести мяса



- не требует предварительного взятия пробы
- компактность и легкость
- моментальное получение результата

Телефоны: +7 (965) 253-36-06 / +7 (496) 524-94-94

Email: [micontrol.info@gmail.com](mailto:micontrol.info@gmail.com)

[micontrol.ru](http://micontrol.ru)

## ВЕДУЩИЙ ПОСТАВЩИК РЕШЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ:

### ПОВЕРХНОСТЕЙ И ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

- > ECA (матричный ВК), вихретоковые матрицы, гибкие и адаптивные преобразователи
- > TECA (тангенциальный ВК), контроль углеродистых сталей
- > PEC (импульсный ВК), картографирование коррозии без снятия изоляции
- > PECA (матричный импульсный ВК), увеличенная площадь захвата PEC

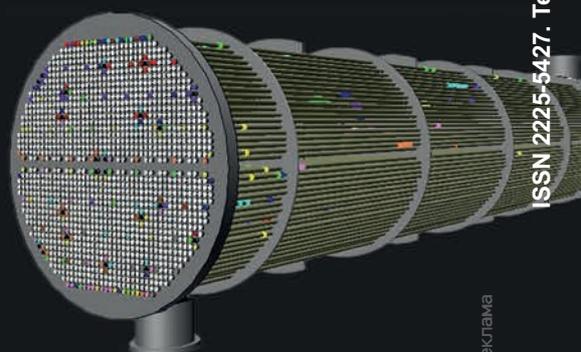


### ТРУБОК

- > ECT (классический ВК)
- > ECA (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™**





передовые  
промышленные  
решения

Скидка от 20%\* на комплекты дефектоскопов  
OmniScan MX2; Epoch 6LT и Epoch 650  
при покупке дефектоскопа  
и двух преобразователей к нему

*\* Предложение ограничено*



Epoch 650



Epoch 6LT



OmniScan MX2



ООО «Инженерные Технические Системы» –  
официальный дистрибьютор промышленного оборудования  
+ 7 (495) 134-44-73, [www.ets-ndt.ru](http://www.ets-ndt.ru)



# НОВЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП НА ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТКАХ УСД-60ФР

NEW

Сочетание классического дефектоскопа на фазированных решетках с цифровой фокусировкой сигнала



Ударопрочный корпус с защитой по IP65 для работы в полевых условиях



Масса прибора всего 1,4 кг



Реконструкция изображения на полный экран 640x480 без потери быстродействия



Морозоустойчивое (от -30°C) исполнение



Автоматическая настройка, конструктор разделки сварного шва



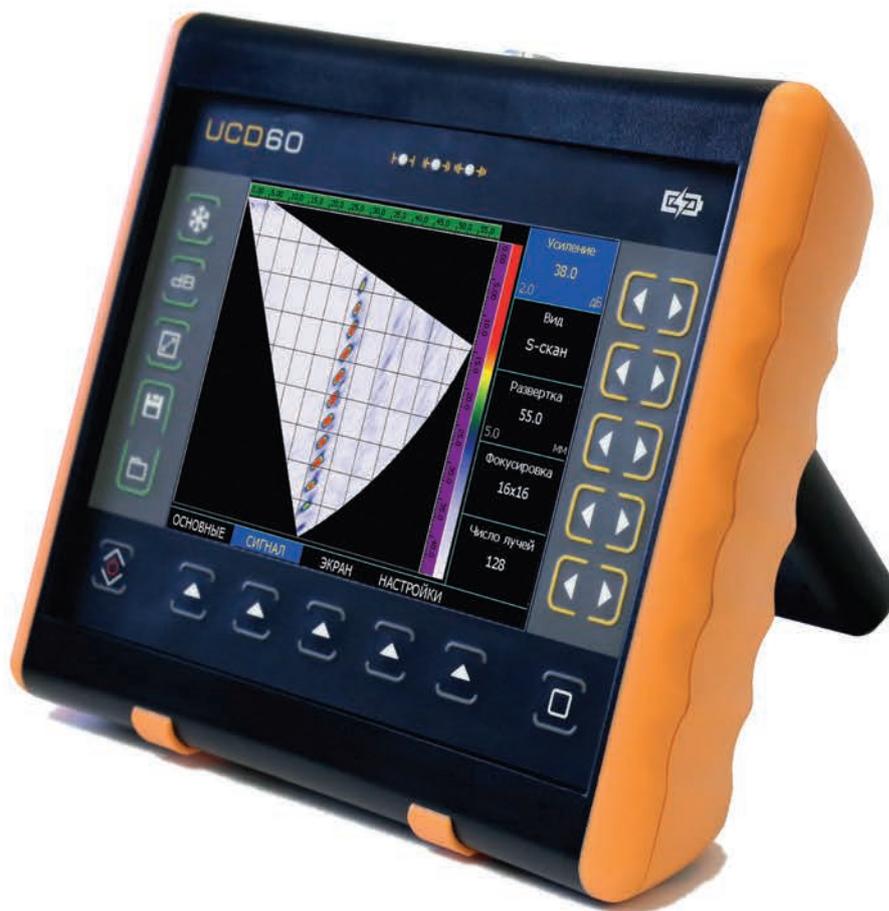
Подключение стандартных 16-элементных ФР



Работа в режиме обычного дефектоскопа + вход для 1 или 2-коорд. энкодера для подключения различных сканеров и построения С-скана, В-скана, TOFD



Гарантия 3 года



Новый ультразвуковой дефектоскоп УСД-60 ФР сочетает в себе возможности классических фазированных решеток с достижениями технологии цифровой фокусировки сигнала. Позволяя реконструировать полноэкранное изображение (640x480 точек) с 16-ти элементных датчиков ФР без потери производительности, этот легкий (1,4 кг) современный дефектоскоп является вершиной линейки высококачественных и надежных ультразвуковых дефектоскопов компании КРОПУС.

Возможность работать с обычными УЗ-преобразователями в режиме классического дефектоскопа, подключение сканеров TOFD и 2-координатных сканеров С-скана, иммерсионная зона контроля, работа с АРД-диаграммами и множество других возможностей в сочетании с доступной ценой и 3-летней гарантией делают этот дефектоскоп лучшим предложением на отечественном рынке средств НК.

ВСЕ ПРИБОРЫ СЕРТИФИЦИРОВАНЫ • СДЕЛАНО В РОССИИ

**КРОПУС**  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

ТЕЛЕФОН/ФАКС

(495) 229-42-96  
(800) 500-62-98

sales@kropus.ru  
www.kropus.ru

# Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№4 (октябрь – декабрь), 2018

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:  
Агалова А.А.  
Клейзер Н.В.  
Сидоренко С.В.  
Чепрасова Е.Ю.

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

Журнал зарегистрирован в Феде-  
ральной службе по надзору в сфере  
связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций (Роском-  
надзор). Свидетельство о регистра-  
ции средства массовой информации  
ПИ № ФС77-47005

Учредители:  
ЗАО Московское научно-произво-  
дственное объединение «Спектр»  
(ЗАО МНПО «Спектр»);  
Общероссийская общественная ор-  
ганизация «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 26 октября 2018  
Подписано в печать 3 декабря 2018  
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, опубли-  
кованной в рекламных материалах.  
Статьи публикуемые в журнале, не ре-  
цензируются. 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

- Сясько В.А.** Научно-практическая конференция «Использование передовых технологий и средств неразрушающего контроля, технической диагностики на промышленных объектах повышенной опасности Республики Крым» ..... 4
- Семеренко В.А.** Электромеханическая компенсация расстояния ..... 5
- Цомук С.Р.** Петербургский семинар по НК продолжает работу ..... 5
- Отчет о VIII конференции** с международным участием «Деятельность в области экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования, неразрушающего контроля, дополнительного профессионального образования» ... 7

## ПОЗДРАВЛЯЕМ

- К 100-летию** академика Б.Е. Патона ..... 10
- Поздравляем** с юбилеем Н.Н. Коновалова ..... 12

## ИНТЕРВЬЮ НОМЕРА

- Самокуров А.А.** В мире все решают профессионалы! ..... 14

## ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

- Встреча производителей оборудования НК.** Взаимный обмен опытом и объединение усилий ..... 24
- Сирро С.В., Сирро А.В.** Исследование произведений искусства и объектов культурно-исторического наследия. Новые технологии и их применение ..... 30

## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

- Коновалов Н.Н.** О Системе добровольной сертификации персонала в области неразрушающего контроля и диагностики РОНКТД ..... 36

## ИСТОРИЯ НК

- Бобров В.Т.** Ученые – изобретатели ультразвуковых методов контроля. К 90-летию изобретения С.Я. Соколова. Обзор. Часть 1. Становление ультразвуковой дефектоскопии ..... 38

## МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

- Борисков Ю.В.** Картографирование коррозии без снятия изоляции через обшивку из оцинкованной стали. Теперь это возможно ..... 54
- Определение свежести** мяса и необработанных мясных продуктов с помощью нового анализатора МиК ..... 60

# НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ»

С 1 по 5 октября в санатории «Гурзуфский» прошла, уже ставшая традиционной, третья научно-практическая конференция, акцентировавшая свое внимание на вопросах НК и ТД промышленных объектов повышенной опасности Республики Крым. Актуальность тематики обусловлена тем, что за последние десятилетия накопилось большое количество проблем, связанных с изношенностью давно не модернизированных транспортных систем, технологического оборудования, нефте- и газопроводов, особенно острых с учетом сложной геологической структуры и возможности практически постоянных землетрясений.

На конференции присутствовало много специалистов промышленных предприятий Симферополя, Севастополя и других городов Крыма.

Конференцию открыл и выступил с кратким сообщением о деятельности РОНКТД, в том числе в Крыму, президент РОНКТД В.Е. Прохорович. От имени специалистов Крыма делегатов конференции приветствовал В.П. Анисимов.

На конференции были представлены доклады специалистов Крыма и других регионов России, посвященные практическому использованию методов и приборов НК широкой номенклатуры.

Наибольший интерес вызвали доклады А.С. Мусихина «Неразрушающий контроль защитных лакокрасочных покрытий электроискровым методом», посвященный практическому использованию импульсного

электроискрового метода на объектах городского газового хозяйства, трубопроводном транспорте и других объектах повышенной опасности; О.Н. Будагина «Современные средства неразрушающего контроля и технической диагностики сложных конструкций из полимерных композиционных материалов», в котором были рассмотре-



Организационный комитет конференции



Дискуссии продолжались даже во время кофе-брейков

ны актуальные вопросы обеспечения требуемого технического состояния трубопроводных систем и сложных крупногабаритных систем с использованием оптических методов на основе оптоволоконных кабелей и прогнозирования их ресурса в условиях подвижных пород, что особенно актуально для республики Крым; А.А. Дубова «Проблемы контроля напряженно-деформированного состояния технических устройств и их решение с использованием метода магнитной памяти металла», вызвавший достаточно серьезную дискуссию по основным положениям, взятыми за основу предлагаемых методик контроля и анализа; Е.В. Абрамовой, Н.А. Быстровой и А.А. Травкина «Законодательная, нормативная и методическая база применения теплового контроля зданий», в котором в качестве «бонуса» были рассмотрены возможности применения тепловых методов неразрушающего контроля (НК) для экологического мониторинга (фиксации несанкционированных сточных вод, загрязнения воздуха производственными выбросами, а также загрязнений водной поверхности).

Актуальность практически всех докладов определила большое число задаваемых вопросов, в результате чего заседания были достаточно длительными. Несмотря на это, участники конференции побывали на интересной обзорной экскурсии с посещением одного из филиалов Производственно-аграрного объединения «Массандра».

Атмосфера на конференции была как всегда дружелюбной и творческой, с легкой ноткой ностальгии по молодым годам в родном Крыму!

**СЯСЬКО Владимир Александрович, д-р техн. наук, профессор, генеральный директор ООО «Константа», Санкт-Петербург**

# ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ РАССТОЯНИЯ

Для выполнения ответственных задач при автоматизированном вихретоковом контроле компания Rohmann GmbH, Германия, разработала и начала поставки Модуля автоматической компенсации зазора (EMDC) (см. рисунок).

Расстояние между датчиком и объектом контроля поддерживается одинаковым за счет электрической и механической коррекции.

EMDC может быть интегрирован с вихретоковыми системами ELOTEST IS500, ELOTEST PL500, ELOTEST PL600, что позволяет обеспечить постоянное номинальное расстояние между датчиком и контролируемой поверхностью на протяжении всей процедуры контроля.

Диапазон изменения зазора 0–15 мм (для модели EMDC-15).

С применением электро-механической компенсации можно, не снижая чувствительности, решать сложные задачи контроля, такие как:

- контроль изделия некруглой формы;
- контроль изделия со сложной геометрией;
- контроль изделия с неконцентричными элементами.

Для оптимизации контроля в зависимости от конкретной задачи подбираются сменные датчики.

EMDC-15 управляется с помощью модуля, встроенного в вихретоковый дефектоскоп ELOTEST. Параметры управления устройством интегрированы в программное обеспечение прибора. Управление осуществляется через графическое меню. Управляющие сигналы передаются в автоматиче-



Модуль автоматической компенсации зазора

скую линию контроля через модуль ввода-вывода, установленный в приборе.

Цепь аварийной защиты, встроенная в управляющую электронику, позволяет быстро увеличить зазор при уменьшении минимально допустимого расстояния.

**СЕМЕРЕНКО**

*Алексей Владимирович,*

*руководитель отдела*

*средств НК и ТД,*

*ООО «ПАНАТЕСТ», Москва*



## ПЕТЕРБУРГСКИЙ СЕМИНАР ПО НК ПРОДОЛЖАЕТ РАБОТУ

Состоялись очередные заседания постоянно действующего Петербургского научно-практического семинара по НК («Гурвич-клуба»).

17 мая на уже освоенной «Гурвич-клубом» площадке – в Доме ученых в Лесном прошло заседание, тематика которого объединила историю и современность НК в РФ. Участники Клуба не могли пройти мимо известного исторического события 2018 г., и с докладом «Творческое наследие С.Я. Соколова. 90 лет со дня рождения ультразвуковой дефектоскопии» на заседании выступил заведующий кафедрой СПбГЭТУ «ЛЭТИ» К.Е. Аббакумов. В обширном докладе с интересными, «антикварными» иллюстрациями автор проанализировал зарождение УЗД, основные работы С.Я. Соколова, его учеников и родной кафедры – «Электроакустика и ультразвуковая техника».

Второй доклад – уже по современ- ным технологии и оборудова-



нию – «Опыт применения активной термографии для НК крупногабаритных объектов» сделал генеральный директор ООО «Константа» В.А. Сясько.

Удачной иллюстрацией доклада стала демонстрация оборудования для активной термографии, которую провели специалисты ООО «АктивТестГруп».

Заинтересованность участников заседания при обсуждении ра-



боты системы активной термографии NDTherm подтвердила, что демонстрация современного оборудования НК должна стать обязательной формой работы Клуба.

Заседание 17 мая стало первой вехой работы «Гурвич-клуба» – семинару исполнился один год. По этому случаю председатель совета клуба С.Р. Цомук сделал короткое сообщение о некоторых итогах годичной работы.



В частности, было отмечено, что состав участвующих в заседаниях специалистов стабилизировался, в среднем каждое заседание собирает 40...50 человек из 7 городов, которые представляют 46 учебных, научных, производственных организаций. За год было заслушано 11 докладов (4 – обзорных, 3 – по обучению и сертификации персонала, 1 – по отраслевой системе НК, по 1 – по активной термографии, радиографии, капиллярному контролю). В члены Клуба вступили 15 организаций, представителям которых были вручены специально подготовленные к этому дню Сертификаты членов Клуба. Естественно в день рождения Клуба кофе-брейки были усилены приветственными бокалами вина.



27 октября организаторы работы семинара решили перенести заседание из интерьеров XX века в обстановку современных тренингов, симпозиумов – заседание прошло в Международном деловом центре «Нептун».

Тематика заседания соответствовала, было сделано два доклада по одному из актуальных в настоящее время направлений УЗК –



методике TOFD. С фундаментальным сообщением «Дифракционные методы акустического контроля: отличительные особенности и ограничения области их применения» выступил М.В. Григорьев (НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана).

Доклад вызвал бурную дискуссию как по сути методики, так и по терминологии дифракционно-временного метода УЗК, который автор эмоционально и достаточно доказательно призвал дополнить измерением амплитуды сигналов и преобразовать в дифракционный амплитудно-временной.

Второй доклад, сделанный гостем из Беларуси – В.В. Бухвальдом («Объединенная Сварочная Компания») был посвящен практике использования TOFD на различных объектах, также вызвал активное обсуждение, правда, многие вопросы присутствовавших были обусловлены недостаточно конкретным статистическим материалом сообщения.

По уже устоявшейся традиции участники были обеспечены печат-



ными материалами (журналами, информационными листками), предоставленными информационным партнером Клуба – издательским домом «Спектр» и обсуждена информация о конференциях. В частности, с приветствием «Гурвич-клубу» от Украинской конференции по НК выступил Н.П.Разыграев; участники заседания получили и Информационное сообщение №2 о XXIII конференции «УЗДМ», которая состоится в пригороде Санкт-Петербурга в конце мая 2019 г.

*ЦОМУК Сергей Роальдович,  
председатель совета  
«Гурвич-клуба», Санкт-Петербург*

# ОТЧЕТ О VIII КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

В период с 8 по 13 октября состоялась VIII конференция с международным участием «Деятельность в области экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования, неразрушающего контроля, дополнительного профессионального образования».



Участники конференции

Организаторами конференции являлись ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана» подразделение «СертиНК», Общероссийский профессиональный союз экспертов в области промышленной безопасности, координирующий орган Единой системы оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве АО «НТЦ «Промышленная безопасность», члены Комитета Торгово-промышленной палаты РФ по промышленной безопасности. В качестве организационного партнера конференции выступила организация ООО «НТО «Межрегион СПб».

В конференции приняли участие организации из разных уголков России, занимающиеся деятельностью в области промышленной безопасности, в том числе проведением экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования, неразрушающего контроля, оценки соответствия, обучения, осуществляющие эксплуатацию, изготовление, монтаж, ремонт технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте.

К участникам конференции с приветственным словом обратились Владимир Семенович Котельников (генеральный директор АО «НТЦ «Промышленная безопасность»), Петр Сергеевич Каныгин (председатель Общероссийского профессионального союза экспер-



Оргкомитет: Котельников В.С., Каныгин П.С., Быстрова Н.А., Рябцев С.Л., Котельников В.В., Нурмухамедов В.С. (справа налево)

тов в области промышленной безопасности), Наталья Альбертовна Быстрова (руководитель подразделения «СертиНК» ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана»), Виталий Саматович Нурмухамедов (генеральный директор ООО «НТО «Межрегион СПб»).

В рамках пленарной части конференции с докладом выступил руководитель координирующего органа Единой системы оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве В.С. Котельников. Он рассказал о деятельности и перспективах развития Единой



Участники секции «Техническое диагностирование и неразрушающий контроль»



*География участников конференции  
Российская Федерация: Москва, Санкт-Петербург,  
Владимир, Нижний Новгород, Рязань, Казань, Волгоград,  
Воронеж, Уфа, Саратов, Самара, Оренбург, Краснодар,  
Славянск-на-Кубани, Челябинск, Тюмень, Красноярск,  
Хабаровск, Пермь, Пенза, Екатеринбург, Барнаул,  
Новотроицк, Воткинск, Химки (МО), Люберцы (МО);  
Республика Беларусь: Минск*



Президиум конференции: Быстрова Н.А., Котельников В.С., Каныгин П.С., Котельников В.В. (справа налево)

системы, сделал обзор последних изменений в документах Единой системы, устанавливающих требования к независимым органам по аттестации персонала.

Председатель Общероссийского профессионального союза экспертов в области промышленной безопасности П.С. Каныгин рассказал об актуальных проблемах в области экспертизы промышленной безопасности и обозначил предложения по совершенствованию данного вида деятельности. Председатель подкомитета по подготовке специалистов в области промышленной безопасности В.В. Котельников доложил о результатах работы Комитета Торгово-промышленной палаты Российской Федерации по промышленной безопасности, осветил основные положения независимой системы рейтингования экспертных организаций. Руководитель подразделения «СертиНК» Н.А. Быстрова высту-

пила с докладом, посвященным вопросам подготовки и аттестации в области промышленной безопасности. В докладе были рассмотрены основные положения проекта постановления Правительства РФ «О подготовке и аттестации по вопросам промышленной безопасности, безопасности гидротехнических сооружений, безопасности в сфере электроэнергетики».

На конференции были рассмотрены вопросы проведения экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования и неразрушающего контроля технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору. Особое внимание было уделено проблемам, связанным с обеспечением качества работ по неразрушающему контролю, экспертизе промышленной безопасности.

В рамках конференции была организована работа секции «Техническое диагностирование и неразрушающий контроль». В период проведения конференции было организовано ежегодное совещание руководителей и экзаменаторов региональных и отраслевых экзаменационных центров независимого органа по аттестации персонала в области неразрушающего контроля (НОАП) ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана».

В рамках конференции прошло общественное обсуждение проектов профессиональных стандартов «Эксперт в области промышленной безопасности», «Специалист по техническому диагностированию, обследованию, освидетельствованию технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах и объектах энергетики», разработка которых осуществляется по инициативе Комитета Торгово-промышленной палаты Российской Федерации по промышленной безопасности.

Традиционно конференция, проводимая ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана» подразделение «СертиНК», становится уникальной площадкой для получения актуальной информации об изменениях нормативно-правового поля, регулирующего вопросы промышленной безопасности, расширения круга общения в сфере профессиональных интересов, обсуждения и выработки мнения профессионального сообщества по актуальным проблемам в области экспертизы промышленной безопасности, технического диагностирования и неразрушающего контроля.

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



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**

# **«НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «СВАРКА И КОНТРОЛЬ»**

**ПРИ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»**

**(ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана»)**

## **Направления деятельности:**

- Дополнительное профессиональное образование по направлениям:
  - неразрушающие методы контроля;
  - техническое диагностирование;
  - подготовка кандидатов в эксперты в области промышленной безопасности в соответствии с постановлением Правительства РФ от 28 мая 2015 г. № 509;
  - радиационная безопасность при эксплуатации источников ионизирующего излучения;
  - промышленная безопасность на опасных производственных объектах;
  - строительный контроль;
  - энергосбережение и энергоэффективность.
- Аттестация/сертификация персонала в области НК по российским (ПБ 03-440-02) и международным (ISO 9712) стандартам.
- Дополнительная аттестация специалистов НК, выполняющих работы на объектах ПАО «Транснефть» (ОР-03.120.00-КТН-063-15).
- Аттестация лабораторий неразрушающего контроля, аккредитация испытательных лабораторий (разрушающего, неразрушающего контроля, лабораторий, осуществляющих испытания продукции).
- Проведение энергоаудита, инспекционного контроля, экспертизы промышленной безопасности.

## **Основание для проведения работ:**

- Лицензия департамента образования г. Москвы
- Лицензия Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
- Аккредитация в Единой системе оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве
- Аккредитация на соответствие требованиям международным стандартам, выданная национальным органом по аккредитации Федеративной Республики Германия DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle)



**105005, г. Москва, Госпитальный переулок, д. 4/6  
(499) 267-34-56, (499) 263-67-83 • [mgtu@sertink.ru](mailto:mgtu@sertink.ru) • [www.sertink.ru](http://www.sertink.ru)**

# К 100-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА БОРИСА ЕВГЕНЬЕВИЧА ПАТОНА



Нас рано списывать на берег,  
мы много знаем и понимаем...

*Б.Е. Патон*

**Выдающемуся ученому, президенту Национальной академии наук Украины, директору ИЭС им. Е.О. Патона, академику РАН и НАН Украины, дважды Герою Социалистического Труда, Герою Украины Борису Евгеньевичу Патону исполнилось 100 лет!**

Вот что написал в книге воспоминаний выдающийся ученый и организатор науки, академик Евгений Оскарович Патон, имя которого по праву носит всемирно известный Институт электросварки: *«Я нахожу удовлетворение в том, что научил работать других, подготовил целое поколение молодых ученых-сварщиков. Это настоящая хорошая смена, и они успешно двигают вперед наше общее дело. Среди них и мои сыновья».*

Борис Евгеньевич Патон родился в Киеве, в семье академика Е.О. Патона, 27 ноября 1918 года. В 1941 г. Борис Евгеньевич окончил Киевский политехнический институт. В 1941—1942 гг. он — инженер электротехнической лаборатории на заводе «Красное Сормово», г. Горький, в 1942 г. стал младшим, а затем старшим научным сотрудником, заведующим отделом, заместителем директора, с 1953 г. по настоящее время возглавляет Институт электросварки им. Е.О. Патона. С 1962 г. Б.Е. Патон является действительным членом Академии наук СССР (с 1992 г. — Российской академии наук), президентом Национальной академии наук Украины.

Б.Е. Патон — выдающийся ученый в области электросварки, металлургии и технологии металлов с мировой известностью и признанием. Его научные исследования посвящены процессам автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом, разработке теоретических основ автоматической сварки, проблемам управления сварочными процессами, создания новых перспективных конструкций и функциональных материалов будущего. Под руководством Б.Е. Патона создан принципиально новый электрошлаковый способ сварки, им основана новая отрасль металлургии — спецэлектрометаллургия. Именно Б.Е. Патон впервые начал и активизировал исследования в области применения сварки и родственных технологий в космосе, создания космических конструкций. Он является автором более 720 изобретений (500 иностранных патентов), более 1200 научных публикаций, в том числе 20 монографий.

Благодаря фундаментальным исследованиям Б.Е. Патона и его учеников открылись перспективы для создания новейших конструкционных и функциональных материалов XXI века. Борис Евгеньевич внес большой вклад в создание новых типов сварных конструкций, промышленных способов сварки магистральных трубопроводов и других ответственных конструкций.

Борис Евгеньевич прилагает большие усилия для сохранения и развития международного научного сотрудничества и реализации международных научных программ, является одним из основателей и

на протяжении 10 лет бессменным президентом Международной ассоциации академий наук, объединяющей национальные академии наук, а также ряд ведущих научных центров стран СНГ.

Большое внимание Б.Е. Патон уделяет проблемам повышения качества сварных соединений и методам неразрушающего контроля как составной части технологии производства сварных конструкций. Поэтому одним из ведущих научных отделов ИЭС им. Е.О. Патона является отдел № 4 – Неразрушающие методы контроля качества сварных соединений. Наряду с издающимся с 1948 г. журналом «Автоматическая сварка» (в переводе на английский и китайский язык – «The Paton Welding Journal») и журналом «Современная электрометаллургия» по инициативе Б.Е. Патона издается журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», главным редактором которого он является.

Несмотря на большую занятость, Борис Евгеньевич находит время для посещения ведущих организаций, разрабатывающих методы и оборудование неразрушающего контроля качества сварных соединений, и детального ознакомления с их исследованиями. В общении с Б.Е. Патоном ученые и специалисты смогли оценить всю глубину и многообразие проблем и решений в области неразрушающего контроля и технической диагностики сварных соединений, ответственных конструкций и технологий их промышленного производства. По инициативе и при личном участии академика Б.Е. Патона в 1978–1979 гг. было подготовлено правительственное решение по развитию средств неразрушающего контроля качества сварных соединений. Постановление Совета министров СССР «О расширении внедрения в сварочное производство современных методов и средств неразрушающего контроля качества сварных соединений» сыграло большую роль в развертывании исследований и разработок в интересах повышения качества и автоматизации неразрушающего контроля сварных соединений. В соответствии с этим постановлением была существенно расширена производственная база научных организаций и промышленных предприятий по производству средств неразрушающего контроля.

В кооперации ИЭС им. Е.О. Патона с МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИИХИММАШ, ВНИИНК,

НИИИН и других организаций были проведены исследования, разработаны и переданы в промышленное производство специализированные приборы и автоматизированные установки ультразвукового контроля качества сварных соединений.

На всех трубных заводах страны был внедрен сдаточный неразрушающий контроль нефтегазопроводных труб. Внедрение неразрушающего контроля в производстве электросварных труб на металлургических заводах способствовало совершенствованию технологического процесса и повысило их качество. В результате длительной эксплуатации установок были определены оптимальные режимы настройки аппаратуры, накоплены статистические данные о типах дефектов, их связи с нарушениями технологии изготовления труб и разработаны предложения по усовершенствованию методов и аппаратуры контроля труб.

Роль Б.Е. Патона в развитии сварочной науки, обеспечившей прогресс металлургии, машиностроения, трубопроводного транспорта, авиакосмической, нефтехимической и многих других отраслей промышленности, невозможно переоценить. Неоценимо влияние Б.Е. Патона на достижения в разработке неразрушающих методов контроля и технической диагностики сварных соединений и конструкций ответственного назначения.

Серьезное внимание уделяет Б.Е. Патон созданию принципиально новых технологий неразрушающего контроля, лично участвует в изобретении способов и устройств контроля.

Ученые и специалисты в области неразрушающего контроля считают Бориса Евгеньевича своим лидером, ученым, внесшим огромный вклад в организацию исследований, разработки и промышленного производства средств автоматизированного неразрушающего контроля.

Его самоотверженный труд отмечен многочисленными научными и государственными наградами и премиями, в 2010 г. академику РАН Б.Е. Патону была присуждена одна из самых престижных международных премий России – «Глобальная энергия».

Преданность Б.Е. Патона главному делу своей жизни – науке является примером для его многочисленных учеников и последователей.

***Члены Международной академии неразрушающего контроля, ученые и специалисты Российского и Украинского общества по неразрушающему контролю и технической диагностики желают Борису Евгеньевичу вдохновения, крепкого здоровья, новых творческих успехов и большого человеческого счастья!***

# ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ НИКОЛАЯ НИКОЛАЕВИЧА КОНОВАЛОВА



17 октября 2018 г. исполнилось 60 лет Николаю Николаевичу Коновалову, доктору технических наук, заместителю генерального директора АО «НТЦ «Промышленная безопасность».

После окончания с отличием в 1982 г. Московского высшего технического училища им. Н.Э. Баумана Николай Николаевич работал в ЦНИИМЭ, где прошел путь от инженера до старшего научного сотрудника, затем стал директором Научно-технического центра ОАО «РосЭК».

С 2000 г. Николай Николаевич работает в НТЦ «Промышленная безопасность». При его непосредственном участии разработана нормативно-методическая база и сформированы организационные структуры Системы неразрушающего контроля на опасных производственных объектах, в том числе создана сеть органов по аттестации персонала и лабораторий неразрушающего контроля; разработаны и внедрены документы по организации и развитию Единой системы оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве, а также федеральные нормы и правила, устанавливающие основные требования к проведению неразрушающего контроля на опасных производственных объектах.

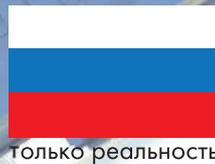
С 2011 г. Н.Н. Коновалов – член правления РОНКТД и руководит направлением по сертификации персонала, осуществляемой в рамках Системы добровольной сертификации персонала в области неразрушающего контроля и диагностики (СДСПНК) РОНКТД.

Николай Николаевич Коновалов имеет третий уровень квалификации по четырем методам неразрушающего контроля. Им опубликовано более 160 печатных трудов, в том числе более 10 монографий и учебных изданий, разработано более 50 методических документов по проведению неразрушающего контроля и технического диагностирования технических устройств, зданий и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах. Николай Николаевич – ведущий специалист в области вероятностных методов оценки норм допустимости дефектов и достоверности неразрушающего контроля и руководит подготовкой аспирантов, выполняющих работы, связанные с этими научными проблемами, из которых двое успешно защитили диссертации.

Н.Н. Коновалов является членом секции № 4 НТС Ростехнадзора, Комитета по проблемам магистрального транспорта углеводородов, Технического комитета по стандартизации «Неразрушающий контроль» (ТК 371), редакционных советов журналов «Контроль. Диагностика» и «В мире неразрушающего контроля».

Высокий профессионализм, организаторские способности, трудолюбие, отзывчивость и доброжелательность снискали Николаю Николаевичу Коновалову заслуженный авторитет.

*От имени Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллектива редакции журнала «Территория NDT», а также многочисленных коллег и друзей сердечно поздравляем Николая Николаевича Коновалова с юбилеем и от души желаем крепкого здоровья, долгих лет жизни, счастья, благополучия и дальнейших успехов в трудовой деятельности.*



# МЕЧТА ДЕФЕКТОСКОПИСТА

ООО «Физприбор»  
Екатеринбург, ул. Восточная, 54  
+7 (343) 355-00-53  
sale@fribor.ru  
fribor.ru

# В МИРЕ ВСЕ РЕШАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ!



## **САМОКРУТОВ** **Андрей Анатольевич**

Президент группы компаний «АКС»,  
доктор технических наук,  
член-корреспондент  
Академии электротехнических наук РФ,  
специалист III уровня по ультразвуковому  
и магнитному контролю,  
лауреат Премии Правительства РФ 2004

*С чего началась история фирмы «Акустические Контрольные Системы»?*

1991 год. Этот период в СССР был связан с ощущением катастрофы. Но понимание, что смутное время пройдет, дало нам силы пережить тот трудный этап. Три молодых сотрудника отдела НИОБ НИИИИ «Спектр» – Виктор Шевалдыкин, Владимир Козлов и я – в то время уже имели хорошие результаты по контролю бетона. Мы понимали, что занимаем в этом направлении одно из лидирующих положений в мире. Наши результаты никто не мог повторить. Поэтому для нас был единственный путь в будущее – это продолжать заниматься своим делом. Именно тогда и была создана фирма АКС. Изначально аббревиатура АКС расшифровывалась как АКустический Сектор. На протяжении первой половины девяностых годов мы занимались разработкой и производством низкочастотной аппаратуры для контроля бетона, запатентовали технологию сухого точечного контакта. На этой платформе придумали и разработали многие технические решения. Но «разработческая деятельность» оказалась плохим бизнесом – заказов было мало, финансировалось это направление очень тяжело.

В то время мы сотрудничали с ВНИИЖТом (ВНИИ железнодорожного транспорта). Для реше-

ния их задач мы разрабатывали опытные образцы различных приборов. Среди прочего был создан тестер для контроля бетонных опор линий электропередач, который позволял оценивать степень их разрушения на протяжении всего периода эксплуатации. Это было первое изделие АКС, выпускающееся серийно до сих пор. Именно тогда пришло понимание, что бизнес должен строиться на производстве большого количества однотипных приборов. После этого мы начали серийно выпускать оборудование для контроля металла – ультразвуковые толщиномеры и дефектоскопы. Далее, используя наработки по томографии бетона, мы создали уникальные приборы, превосходящие по своим показателям как российские, так и многие зарубежные аналоги – высокочастотные томографы с ЦФА для сварных соединений.

Несколько слов хочу сказать о наших взаимоотношениях с НИИИИ «Спектр». Будучи самостоятельной компанией, мы параллельно работали в структуре института интроскопии, и при этом со стороны директора НИИИИ Владимира Владимировича Клюева ощущали позитивное отношение к нам и получали поддержку во многих вопросах. В рамках ассоциации «Спектр-Групп», в состав которой входила компания АКС, В.В.Клюеву удавалось



## АКУСТИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Научно-производственная компания «АКС» была организована в 1991 г. За прошедшие годы ею накоплен уникальный опыт.

В настоящее время «Акустические Контрольные Системы» являются крупнейшим в России разработчиком и изготовителем высокотехнологичных приборов для ультразвукового контроля. Знание, опыт и применение новейших технологий позволяют коллективу профессионалов создавать приборы, сочетающие высокие технические характеристики, широкие функциональные возможности, современный дизайн, максимальное удобство, простоту использования.

гармонично сочетать интересы многих малых предприятий с научной деятельностью.

*Акустические Контрольные Системы сегодня — это ...?*

Сегодня Акустические Контрольные Системы — это группа компаний.

Изначально была только фирма АКС. Затем была выделена компания «АКСИС», которая специализировалась на вопросах продвижения и распространения нашей продукции.

Через некоторое время была создана еще одна компания — «АКС-Сервис», направлением деятельности которой стало оказание услуг в области неразрушающего контроля. Часто возникают ситуации, когда заказчику нет смысла покупать дорогостоящее оборудование, тем более что работа с таким оборудованием требует специального обуче-

ния и определенных навыков. Специалисты «АКС-Сервис» могут провести контроль различных объектов, используя как нашу ультразвуковую технику, так и оборудование других компаний, другие методы контроля.

В 2014 г. была организована компания «АКС-Базис», которая сначала занималась строительством, а потом и эксплуатацией собственного здания АКС. Мы прошли сложный путь: разработка проектов, получение разрешений на строительство, получение технических условий и лимитов по электричеству, газу, воде, ввод в эксплуатацию. Строительство длилось 3 года. Сейчас все компании группы расположились в 3-этажном здании, которое спроектировано и построено с учетом потребностей нашего бизнеса. 3000 м<sup>2</sup> площадей оснащены современными инженерными системами и соответствуют всем техническим и эксплуата-



*Д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник  
Виктор Гаврилович Шевалдыкин*



*Канд. техн. наук, зам. генерального директора  
Владимир Николаевич Козлов*



*Новое здание АКС*

ционными требованиям, а также требованиям безопасности.

В 2017 г. в Германии была создана дочерняя компания ACS Solutions, что позволило расширить географию для продвижения продукции. Намного проще работать на экспорт, если есть европейская площадка. Кроме того, ACS Solutions – это хорошие программисты, которые решают задачи по созданию аппаратуры под брендом АКС. Компания ACS Solutions также занимается созданием установок автоматизированного контроля, выступает в роли системного интегратора, через нее мы планируем расширить рынок диагностических услуг.

*За рубежом легче работать в этом направлении?*

Нет. Войти в рынок диагностики сложнее, чем в России. Есть специфические сложности в работе, в том числе языковой барьер, нормативные документы, разница в ментальности. Но диверсификация рынков оправдывает затраченные усилия.

*Продавать оборудование за границей сложнее?*

Продавать в чем-то, может быть, проще. Сложнее обеспечивать сервисное обслуживание проданного оборудования.

*В планах создание дилерской сети в Европе?*

Не только в Европе, но и по всему миру. С зарубежными клиентами мы работаем из Германии. Руководит этим направлением работы директор ACS Solutions Андрей Булавинов. Сейчас налажена работа с дилерами США, Великобритании, Германии, Канады, Японии, Китая, Кореи и других стран. Опыт уже есть. Так что это направление тоже отрабатываем.

*Как решается вопрос обслуживания и сервиса за рубежом?*

Если мы поставляем оборудование, то должны обеспечивать его оперативный ремонт и обслуживание. Сейчас это решается на площадке в Германии. Что-то ремонтируется там на месте, что-то приходится везти в Россию.

*А какие сложности есть на российском рынке?*

Излишняя бюрократизация и зарегулированность. В России многие крупные структуры создали собственные реестры оборудования, разрешаемого к применению на их объектах. Порядок внесения в реестры постоянно меняется, стоит это дорого. Это усложняет и удорожает внедрение новых технических решений. Мое мнение – прибор для неразрушающего контроля должен быть зарегистрирован только в одном месте – как средство измерения в Росстандарте, а ведомственные реестры

должны автоматически включать эти приборы в свои списки.

*Какую роль вы отводите научным исследованиям, научным разработкам? Как вы оцениваете важность именно этого направления?*

Чтобы оценить важность того или иного элемента в бизнесе, можно всегда использовать простой мысленный эксперимент. Что будет, если изъять науку из цепочки: научные исследования – разработка – производство – продажа? Наверное, лет десять ничего не будет. А потом конкурентоспособность продукции упадет, и компания окажется в отстающих. Если рассматривать всю эту цепочку и убирать по очереди тот или иной элемент, то получится: убрал продажу – нет денег сейчас, убрал производство – нет денег завтра, убрал разработку – нет денег через год, убрал науку – и можешь закрывать свой бизнес через 5 – 10 лет. Тот, кто понимает это и смотрит в будущее, должен заниматься научными исследованиями. Именно научные исследования дали возможность АКС занять лидирующие позиции в России и в мире (по определенным технологическим направлениям).

*Ваш приоритет в исследованиях только ультразвук или есть еще какие-то направления?*

Ультразвук. На протяжении нашей истории были проекты, в которых мы использовали другие методы – магнитный контроль, вихретоковый контроль, но опыт показывает, что лучше заниматься тем делом, в котором ты являешься профессионалом.

*Как вы защищаете интеллектуальную собственность?*

Мы, безусловно, патентуем множество наших решений, но при этом мы понимаем, что это не является 100%-ной защитой от копирования. В первую очередь это фиксация приоритета. Самые ключевые моменты защищаются на уровне ноу-хау.

Несмотря на это, и нас коснулась проблема «заимствования» интеллектуальной собственности. Известная крупная европейская компания, являясь нашим партнером, скопировала один в один уникальную конструкцию запатентованного АКС преобразователя и выпустила на рынок конкурентный нам продукт. У этой компании огромные финансовые ресурсы, очень развитая сеть по продвижению, хорошее производство и хорошие юристы. И сейчас нам приходится с ними конкурировать.

Но наличие конкурентов подстегивает к более активному развитию. Мы усовершенствовали скопированную технологию, выпустили на рынок несколько новых продуктов, создали дополнительный научный задел. Такой подход позволяет успешно противостоять конкурентам.



Генеральный директор ООО «АКСИС»  
Никита Вячеславович Яхонтов



Испытания продукции



Рабочее место инженера-конструктора



Отдел разработки



Роботизированный комплекс для паспортизации преобразователей



Участок сборки преобразователей. Отдел технологии

### Метод ЦФА. АКС – разработчик этого метода?

Русскоязычный термин «цифро-фокусируемая антенна» (ЦФА) соответствует двум англоязычным FMC (Full Matrix Capture) + TFM (Total Focusing Method) и кратко отражает совокупность двух процессов – получение (захват) эхосигналов для всех сочетаний приемных и передающих элементов антенной решетки и фокусировку их цифровым способом во все точки контролируемого сечения. Этот термин был предложен специалистами АКС и в настоящее время употребляется в нашей отрасли.

Отличие ЦФА от технологии фазированных решеток (ФАР) состоит в том, что фазировка – это, упрощенно говоря, качание лучом, а фокусировка – это концентрация энергии в точке как при излучении, так и при приеме сигнала. Очевидно, что лучше фокусировать, чем просто качать лучом.

На самом деле эта технология известна уже с 1950-х – 1960-х гг. Она применялась в радиолокации, геофизике. В ее основе лежит метод SAFT – Synthesized Aperture Focusing Technique (САФТ – синтезируемая апертура, фокусирующая в точку). Эту технологию мы использовали в своих первых бетонных томографах, разработанных в 1987 г. и описали в журнале «Приборы и системы управления» в 1989 г., а в 1997 г. – в «Nondestructive Testing and Evaluation».

Когда мы стали заниматься контролем металла, то перенесли низкочастотные «бетонные решения» в высокочастотный ультразвуковой диапазон и в 2005 г. разработали на этой основе ультразвуковой томограф для контроля металла A1550 IntroVisor. В настоящее время технология ЦФА широко используется в наших приборах и сканерах-дефектоскопах.

### Метод ЦФА дает оператору лучшую визуализацию, представление?

Точнее сказать, с помощью ЦФА удается нагляднее и понятнее представлять информацию о внутренней структуре объекта контроля.

Как работает человек с обычным ультразвуковым дефектоскопом? Оператор наблюдает на экране некую отметку, по амплитуде которой судит о наличии или отсутствии дефектов. Методически это один из самых сложных способов в неразрушающем контроле, требующий высокой квалификации оператора.

Представление результата контроля в виде образа поперечного сечения существенно проще для понимания. Например, если говорить о сварных швах, то оператор сразу видит, где находится дефект относительно донной поверхности и валика усиления. Томография, получаемая с помощью ЦФА, упрощает процедуру ультразвукового контроля. А если результаты контроля записываются

при сканировании вдоль сварного шва, то мы получаем его 3D-образ. Это радикально повышает достоверность результатов и позволяет использовать ультразвуковой контроль вместо рентгеновского. Следующий шаг – это дополненная реальность: когда трехмерные картинки мы увидим наложенными на объект контроля, надев очки дополненной реальности. Вот за этим будущее.

*Ваша компания уже ведет исследования в этом направлении?*

Да.

*Потрясающе! Что еще можно сказать! Цифровые технологии и скорость обработки данных дают огромные возможности.*

Метод ЦФА требует большого количества вычислений, именно по этой причине он не был распространен. Мы же в свое время смогли реализовать эти сложные вычисления в размерах одной платы ручного прибора. Больше 10 лет назад появился наш прибор IntroVisor – уникальный прибор по размеру, энергопотреблению и скорости вычислений. Конкуренты только сейчас находят решения, которые могут соперничать с нашими. Мы же движемся дальше. Будем предлагать потребителям более интересные решения, быстрые, энергоэффективные, удобные.

*Какие зарубежные фирмы являются вашими конкурентами? В чем их преимущество, где вы их опережаете?*

Olympus, GE, Proseq. У этих фирм хорошие технологии, огромные финансовые возможности. Но они проигрывают в том, что не могут в России обеспечить качественную сервисную поддержку. Например, технология ФАР сложная и требует знания законов фокусировки, фазировки, оборудование необходимо индивидуально настраивать на каждый объект контроля. При этом основные разработчики находятся за границей, существует языковой барьер, цены на оборудование и расходные материалы высокие – все эти факторы затрудняют продвижение зарубежных приборов.

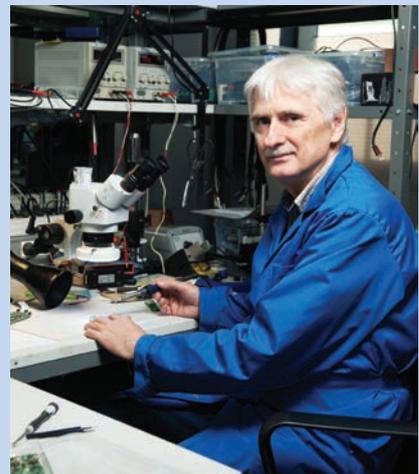
Но основное наше преимущество – более глубокое понимание физики ультразвукового контроля, базирующееся на сохранении и развитии результатов советской и российской научной школы. И это позволяет создавать технологии, опережающие конкурентов.

*Если сравнить стоимость вашего и зарубежного оборудования?*

До падения рубля в 2014 г. стоимость была соизмеримой. Сейчас зарубежное оборудование значительно дороже нашего.



Технологический отдел. Участок сборки преобразователей



Отдел производства



Внутритрубные сканеры на полигоне для испытания приборов и оборудования



Демонстрационный зал



Отдел комплектации



Музей приборов АКС (с 1987 г.)

*Какова сейчас номенклатура приборов фирмы АКС?*

Если говорить о базовых комплектах приборов, то их около 20. Но существуют версии приборов, преобразователей и антенных решеток в заказном исполнении. С их учетом мы производим более трех десятков наименований.



Оборудование, укомплектованное и готовое к продаже: ультразвуковой тестер UK1401

*Преобразователи производите только на свое оборудование?*

Типовые универсальные преобразователи – прямые, наклонные – это продукция для рынка. Антенные решетки делаем только для своего оборудования.

*Вы выпускаете OEM-продукцию?*

Наши толщиномеры под своим брендом продает одна крупная зарубежная компания.

*Какой самый востребованный прибор? Какая самая интересная или лучшая разработка? И какой прибор был недооценен, на ваш взгляд, взгляд руководителя компании?*

Самыми востребованными и продаваемыми приборами являются типовые ультразвуковые дефектоскопы: A1212 MASTER, A1214 EXPERT и A1211 Mini. За рубежом – ультразвуковой томограф A1040 MIRA.

Большие перспективы, я считаю, имеет высокочастотный ультразвуковой дефектоскоп-томограф IntroVisor. Его мы начали производить 10 лет назад. Но за ним будущее.



Ультразвуковой томограф A1040 MIRA



A1212 MASTER



A1214 EXPERT



A1211 Mini



Высокочастотный ультразвуковой дефектоскоп-томограф A1550 IntroVisor

*Получается, что вы сделали оборудование, опередившее свое время на 10 лет. Почему только сейчас вы считаете, что оно будет востребовано рынком?*

Существуют два фактора. Первый фактор: стоимость этого прибора выше, чем обычного дефектоскопа. Но ситуация меняется, сейчас на одной микросхеме можно сделать и обычный дефектоскоп, и IntroVisor. Поэтому возникает возможность понижения цены IntroVisor и создание массового прибора.

Второй фактор — методический. Отбраковка или контроль, например сварных швов, проводится с применением обычных классических одноканальных ультразвуковых дефектоскопов и имеет соответствующую нормативную документацию (амплитудный метод). Для ультразвуковой томографии не существует общепринятых норм и методик браковки, и, используя только томограф, не получится оформить официальное заключение по результатам контроля. Сейчас мы прорабатываем решения, которые позволят с помощью томографа получить данные, подходящие под существующие нормы. Создание нормативной документации для ультразвуковой томографии — мировая тенденция. Это современная, недооцененная сегодня технология, с быстрым и более высоким качеством контроля.

*Чем интересен ультразвуковой томограф MIRA, и когда он был разработан?*

MIRA — это прибор, который позволяет видеть, что находится внутри бетона.

Технологию сухого точечного контакта, являющуюся основой для всех приборов контроля бетона, мы с Виктором Гавриловичем Шевалдыкиным придумали и запатентовали в начале девяностых годов прошлого века. В 1995 г. у нас уже был действующий томограф для бетона. Он работал с внешним дополнительным компьютером и был не такой компактный, эргономичный и быстродействующий, как MIRA. Мы сделали несколько таких изделий и положили разработку в стол — заказов больше не было.

С начала 2000-х гг. мы стали активно сотрудничать с институтом BAM (Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Германия) в области

технологий для контроля бетона. Мы поставляли им свое оборудование, преобразователи различных типов, электронные блоки, а их специалисты выполняли исследования бетонных конструкций. И в 2005 г. мы по их заказу разработали прототип, а затем и новое конструктивное, алгоритмическое решение, превратившееся в ультразвуковой томограф MIRA. В этом приборе в одном корпусе удачно объединены и преобразователи, и дисплей, и клавиатура, и обработка данных. Работа с прибором проста — прислоняешь к стене, нажимаешь на кнопку и смотришь, что внутри: получается такой «ультразвуковой фотоаппарат» для бетона.

Это опять о роли науки. Запас идей и технологических решений — это залог будущего процветания любой компании.

*Вопрос кадров. Как готовите и подбираете кадры?*

Вопрос кадров, на самом деле, очень серьезный вопрос. Тех, кого мы могли лично привлечь и пригласить, мы уже давно пригласили. Сейчас у нас два источника — это МГТУ им. Н.Э. Баумана и МЭИ. Приходят на практику студенты после третьего курса, некоторые остаются.

*Вы организовали практику для студентов вузов специально для подбора кадров?*

Да. Параллельно с работой в АКС я занимаю в МЭИ должность профессора кафедры и имею возможность привлекать, отбирать молодых специалистов. Ищем работников и через специализированные поисковые системы.

*Андрей Анатольевич, видели вашу производственную базу, отдел, где занимаются печатными платами, видели 3D-принтеры, причем профессионального уровня, для изготовления не моделей, а готовых деталей. Видели оборудование по обработке металла. Производственная база загружена полностью? Или вы еще можете предоставлять кому-нибудь услуги по производству?*

У нас станки работают в две смены и загружены на 100 %. При этом мы еще столько же заказываем на внешнем производстве.



Цех механической обработки



Детали после механической обработки



Оборудование ООО «АКС» на выставочном стенде. Октябрь 2018 г.



## АКУСТИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

147712, Московская область, Ленинский район,  
пос. Горки Ленинские, промзона «Технопарк»,  
ул. Восточная, вл. 12, стр. 1  
Тел/факс +7 (495) 984-74-62 (многоканальный)  
[www.acsys.ru](http://www.acsys.ru) [market@acsys.ru](mailto:market@acsys.ru)

### *Что выгоднее, свое производство или аутсорсинг?*

В наших условиях выгоднее свое производство. Мы сопоставляли стоимость производства механических изделий в России и в Германии. В Германии производство дешевле, больше предложений, но с учетом перевозки и таможенных пошлин это становится невыгодным. Работать с аутсорсерами в России трудно. Непросто найти производство с хорошим качеством изготовления деталей. В любой момент производители могут подвести по срокам или по качеству. Поэтому мы организовали свой участок механической обработки, хотя это дорого с точки зрения оснащения.

### *Расширяться планируете?*

Когда здание было построено, нам казалось, что резервы для расширения есть. Но теперь видно, что все помещения уже заняты...

### *Андрей Анатольевич, кто ставит цели, задачи?*

Стратегические цели ставлю я, но после обсуждения с коллегами. Руководители компании и ведущие специалисты образуют наш научно-технический совет. Возникает у кого-нибудь идея, предложение — мы встречаемся, дискутируем, совещаемся. Когда высказаны разные мнения, приведены аргументы, я принимаю окончательное решение с учетом тенденций рынка, реализуемости, трудоемкости.

*ООО «Акустические Контрольные Системы» — организация-разработчик ГОСТ «Контроль неразрушающий. Определение характеристик и проверка ультразвуковой аппаратуры с фазированными решетками. Часть 2. Преобразователи (гармонизация с ISO 18563-1:2017)». Как складывается работа с ТК 371 в подкомитете? Насколько это сложная задача — разработка стандарта?*

На самом деле задача оказалась сложной. Наши специалисты потратили очень много времени, чтобы найти правильные формулировки, которые были внесены в ГОСТ. Было сложно найти консенсус даже между нашими учеными, которые работали над этим стандартом.

### *Какой интерес у Вас, у компании в этой работе?*

Не хочется получить ГОСТ в виде корявого перевода западных терминов, выполненного без понимания их физического смысла. Мы же сами будем работать потом по этим нормативным документам.

В процессе подготовки стандартов участвуют специалисты из различных организаций и с разным уровнем знаний. Бывает, что коллеги по подкомитету дают дилетантские определения, формулировки, отражающие десятилетний уровень отставания техники. Например, если зафиксировать в ГОСТе термины только про фазированные ре-

шетки, то дефектоскопы, использующие метод ЦФА, уже нельзя будет применять. И таким образом технический прогресс может быть заторможен. Поэтому мы вынуждены работать в области подготовки стандартов.

*Получается, что, работая над стандартами, вы преследуете стратегические цели — защиту в дальнейшем коммерческих интересов?*

И даже защиту российской науки и всей отрасли.

*Расскажите о встречах руководителей фирм — производителей оборудования НК. Ваше отношение.*

Я был одним из инициаторов этой идеи, и первая встреча прошла в стенах нашей компании. Вторую встречу организовал Вячеслав Борисенко, руководитель НПЦ «Кропус». Жизнь покажет, насколько будут востребованы такие встречи. Понятны и точки соприкосновения при таких встречах: взаимодействие с госорганами, кадровые вопросы, строительство, организация производства, поставщики, экспорт. Но, конечно, без раскрытия ноу-хау, свои секреты никто рассказывать не будет.

*Кооперация какая-то возможна?*

Возможна. Всегда есть возможности для сотрудничества.

*Что можете отметить после встречи в НПЦ «Кропус»?*

Они молодцы. Так же, как и мы, пережили трудные времена, сохранили ядро команды. Я с большим уважением отношусь к коллективу специалистов НПЦ «Кропус» и считаю, что эта компания — один из лидеров производителей приборов и оборудования НК в России. Специалисты компании очень сильны в вопросах автоматизации контроля.

*Небольшой блиц-опрос, хотелось бы услышать ваше личное мнение.*

*Назовите три самых значительных события в истории НК или в истории УЗК.*

Изобретение наклонных преобразователей. Это случилось в сороковых годах 20-го века, и с тех пор их конструкция практически не изменилась, а используются они очень широко.

В УЗК, безусловно, фазированные решетки. Это новое качество контроля, новая ступенька.

Издание 8-томного справочника «Неразрушающий контроль» под редакцией В.В. Клюева для нашей страны было очень важным.

*Самая лучшая книга по УЗК?*

Третий том 8-томного справочника «Неразрушающий контроль» — «Ультразвуковой контроль» (И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге).

*Самая лучшая российская или зарубежная выставка или конференция, в которой фирма АКС принимала участие в качестве экспонента со стендом.*

По организации — это 19-я Международная выставка и конференция по неразрушающему контролю (WCNDT 2016, Мюнхен). По организации нашего стенда — это, конечно же, 10-я Европейская конференция, которая проходила в Москве.

*Кто, на ваш взгляд, внес самый значительный вклад в развитие ультразвукового контроля?*

Однозначно И.Н. Ермолов.

*Какие компании российские или зарубежные вы бы назвали лидерами в области УЗК?*

«Кропус», «Эхо +». И без какой-либо предвзятости и ложной скромности я считаю, что АКС тоже лидер. В мире это Olympus.

*Лучший интернет-ресурс или журнал научный какой?*

Ndt.net

*А не очень ли он мусорный?*

Да, мусорный. Но все же он самый глобальный. Других особых ресурсов я не знаю.

*Мне он не нравится из-за отсутствия четкой структуры, нормального поиска и формата представления информации. Мне неудобно с ним работать.*

Да, согласен. Он не оптимален с точки зрения организации хранения информации. Но он первый занял эту нишу и теперь количественно доминирует. Трудно что-то альтернативное придумать. Если только предложить русскоязычный. Но нужно серьезно поработать над этим.

*Каково Ваше жизненное кредо?*

Их несколько.

Надо строить свой мир и обустроить его, а не пытаться найти теплое место в чужом краю.

В мире все решают профессионалы.

Делай, что должно, и будь, что будет.

У нас всегда все получается.

*Андрей Анатольевич, большое спасибо Вам за интервью и экскурсию по предприятию. Думаю, читателям нашего журнала будет интересно познакомиться с Вами и Вашим делом.*

*Интервью провел  
Петр Евгеньевич КЛЕЙЗЕР,  
зам. главного редактора журнала  
«Территория NDT»*

# ВСТРЕЧА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ НК. ВЗАИМНЫЙ ОБМЕН ОПЫТОМ И ОБЪЕДИНЕНИЕ УСИЛИЙ

В процессе подготовки РОНКТД промышленного форума «Территория NDT–2018», переговоров с компаниями, обсуждения текущей ситуации на рынке с руководителями предприятий выявился явный дефицит общения и возможности обмена мнениями на уровне руководителей фирм – разработчиков и производителей оборудования НК.

Учитывая сложившуюся ситуацию, дирекция РОНКТД предложила организовать серию встреч на базе ведущих предприятий отрасли, которое было с энтузиазмом поддержано руководителями компаний.

Более 10 компаний согласились принять у себя гостей! Участники получили возможность познакомиться с достижениями коллег, задать напрямую вопросы, поделиться проблемами, увидеть другой опыт развития и работы в отрасли. А узкий формат встреч на уровне руководителей позволяет в спокойной, непринужденной обстановке обсуждать общие проблемы.

Первая встреча состоялась 25 мая 2018 г. на территории научно-производственной фирмы «Акустические Контрольные Системы» (АКС). Гостей принимал президент группы компаний «АКС» Андрей Анатольевич Самокрутов. Во встрече участвовало 22 компании. По отзывам всех участников, встреча была очень интересна, плодотворна и прошла на высочайшем уровне.

В рамках этой встречи получила развитие еще одна идея дирекции РОНКТД – о создании закрытого «Клуба производителей оборудования НК». В клуб вошли первые лица шести компаний. Председателем клуба единогласно был избран А.А. Самокрутов. О целях и задачах клуба мы расскажем дополнительно.

Подробнее о группе компаний АКС, в том числе о первой встрече руководителей компаний в интервью с А.А. Самокрутовым, рассказано на стр. 14.

Восемнадцатого сентября прошла вторая встреча производителей средств неразрушающего конт-

роля. Гостей принимал Научно-Производственный Центр «Кропус».

Предприятие находится в подмосковном Ногинске и расположено в технопарке «Иткол».

На встрече присутствовали: С.Г. Алехин, генеральный директор ООО «АКС-Наука»; М.М. Андрейчиков, коммерческий директор ООО «НПЦ Эхо+»; А.С. Аненков, директор ООО «Алтес»; В.В. Борисенко, генеральный директор НПЦ «Кропус»; А.Х. Вopilкин, генеральный директор ООО «НПЦ ЭХО+»; Д.И. Галкин, директор ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр»; В.А. Зобов, директор ООО «Рентест»; С.В. Клюев, генеральный директор АО «МНПО «Спектр»; А.В. Коняхин, генеральный директор ООО «Ака-Скан»; В.Е. Прохорович, президент РОНКТД; Т.А. Литвинова, исполнительный директор РОНКТД; Л.Ю. Могильнер, главный научный сотрудник ООО «НИИ Транснефть»; А.А. Самокрутов, президент группы компаний АКС; В.А. Сясько, генеральный директор ООО «Константа»; Д.С. Тихонов, технический директор ООО «НПЦ ЭХО+»; А.А. Филипенко, генеральный директор ООО «НДТ-Клуб»; Н.В. Яхонтов, генеральный директор ООО «АКСИС».

Встречу открыл президент РОНКТД Владимир Евгеньевич Прохорович. Во вступительном слове он подчеркнул важность подобных мероприятий и отметил, с каким взаимным интересом прошла предыдущая встреча, где гостей принимала фирма «Акустические Контрольные Системы».



Вячеслав Владимирович Борисенко, генеральный директор НПЦ «Кропус», рассказал об истории создания и основных направлениях работы, а также представил подробную презентацию.



Сегодня Научно-производственный Центр «Кропус» объединяет более десяти фирм, работающих в области разработки и создания средств неразрушающего контроля, и имеет собственную производственно-технологическую базу, а также аккредитованную при Госстандарте России метрологическую лабораторию по поверке выпускаемых средств измерений. Богатый опыт разработки оборудования в сочетании с возможностями современной электроники в области анализа и обработки сигналов позволили коллективу НПЦ «Кропус» создать широкую гамму современных приборов для неразрушающего контроля: ультразвуковые дефектоскопы, вихретоковые дефектоскопы, магнитопорошковые дефектоскопы, магнитные коэрцитиметры, толщинометры металла и толщинометры покрытий, твердомеры, видеоэндоскопы, а также промышленные многоканальные установки автоматизированного неразрушающего контроля.

После презентации Вячеслав Владимирович ответил на вопросы и вместе с Борисенко Владимиром Иосифовичем (старший научный сотрудник, один из основателей фирмы) и Ефимовым Иваном Михайловичем (ведущий специалист НПЦ «Кропус») провели экскурсию по научным и производственным подразделениям компании, которые расположены на площади более 4000 квадратных метров. Гости с нескрываемым любопытством осмотрели предприятие.

Особый интерес вызвали вопросы производства — используемое оборудование, технологические возможности, аутсорсинг в процессе производства, поставщики комплектующих, проблемы качества и пути их решения.



Так как среди гостей было много производителей приборов и оборудования ультразвукового контроля, то вопросы, связанные с этим направлением, вызвали самый большой интерес, начиная с производства кабелей, корпусов приборов, преобразователей, стандартных образцов, фазированных антенных решеток, импедансных датчиков и заканчивая системами автоматизированного ультразвукового контроля.



Интересным оказался и подход к сервисному обслуживанию, для минимизации которого, компания стремится максимально снизить возможность выхода из строя оборудования путем продолжительных испытаний, тестирования и отладки перед предложением его покупателям.



Гостей также заинтересовало гальваническое производство, которое находится на другой территории предприятия, и спектр услуг по нанесению гальванических покрытий.



Непрерывное общение проходило в течение шести часов, и все это время гостям, по большей части давно знакомым друг с другом, работающими в одной области и совместно участвующими в различных мероприятиях, было о чем говорить и что обсуждать. Надо отметить открытость диалога, обмена мнениями и опытом работы во время экскурсии по предприятию, при том, что участники встречи зачастую являются прямыми конкурентами. А более плотное знакомство с производством позволило выйти на взаимный интерес и возможное дальнейшее взаимовыгодное сотрудничество.



В завершение встречи прошло обсуждение вопросов, связанных с организацией мероприятий по НК, подготовкой специалистов НК и кадров для предприятий – разработчиков и производителей. Руководители предприятий высказали пожелание руководству общества (РОНКТД) взять под контроль подготовку национальных стандартов в области неразрушающего контроля.

Острую дискуссию вызвала ситуация с профильными выставками: проведение в один год нескольких выставок по неразрушающему контролю негативно сказывается на бюджете компаний. Предложение о поиске эффективных решений для привлечения новых заказчиков и продвижения современных разработок, целесообразности организации одного крупного мероприятия в год поддержали все участники встречи.

Прошло обсуждение деловой программы предстоящего форума «Территория NDT», который будет проведен в Москве 4–9 марта 2019 г. и формата его проведения. Предложено провести круглые столы по контролю композиционных материалов, фазированным антенным решеткам, автоматизированному контролю и мониторингу. Участники встречи выразили готовность стать модераторами заявленных круглых столов.

По окончании мероприятия руководители компаний поблагодарили Вячеслава Владимировича Борисенко и дирекцию РОНКТД за организацию встречи, высоко оценили открытость принимающей стороны и выразили пожелания продолжить подобные встречи в будущем.

**Владимир Евгеньевич Прохорович,**  
президент РОНКТД

*Более чем очевидно, что такого рода встречи с обменом мнениями авторитетных специалистов являются более чем полезными для всех участников без исключения.*

*Прежде всего следует отметить, что основатели и современные руководители НПЦ «Кропус» показали нам образец отношения к делу по организации разработки и изготовления приборов и автоматизированных устройств неразрушающего контроля изделий. Такое*

воплне крупное предприятие построено командой единомышленников за последние 15 лет в наших российских условиях с ориентацией на выпуск наукоемкого, насыщенного электроникой оборудования. На мой взгляд, в настоящее время это одно из лучших предприятий – изготовителей отечественных средств НК.

С точки зрения нашего Общества важно отметить следующие важные достижения в работе команды НПЦ «Кропус»:

- самостоятельная разработка и постановка на производство 16-элементных сенсоров и УЗК-приборов с фазированными решетками. В нашей российской практике это удалось сделать в классической постановке только «Кропусу» и АКС;
- изобретение и производство целой серии приборов и средств неразрушающего контроля изделий из композиционных материалов;
- наличие многолетнего опыта разработки и изготовления многоканальных автоматизированных установок ультразвукового контроля изделий на производственных линиях.

Полагаю, что в рамках плановой деятельности нашего РОНКТД было бы разумным в ближайшее время спланировать следующее:

- привлечь специалистов «Кропуса» на НТС РОНКТД по проблемам НК качества композиционных и неоднородных материалов, который запланирован в Санкт-Петербурге на начало декабря с участием специалистов предприятий аэрокосмической области;
- для популяризации и развития отечественных приборов на фазированных решетках специально акцентировать внимание на достижениях «Кропуса» на этом НТС и других публичных мероприятиях РОНКТД. А на мартовском форуме РОНКТД выделить особое место обсуждению и демонстрации работы отечественных приборов УЗК на фазированных решетках;
- предложить провести опробование ряда приборов НПЦ «Кропус» в планируемых к созданию в рамках РОНКТД региональных центрах тестирования и валидации приборов и средств неразрушающего контроля (после принятия решения о создании таких четырех центров на ближайшем заседании правления РОНКТД).

**Владимир Александрович Сясько,**  
генеральный директор ООО «Константа»

Формат встреч предполагает достаточно открытый обмен мнениями о проблемах развития приборостроения и автоматизации в области НК. Опыт двух встреч, организованных на территории ведущих предприятий, обозначил приоритетные направления развития и проблемы, общие для большинства предприятий:

- необходимость повышения технологичности выпускаемого оборудования;
- приоритет развития предприятия как цифрового на всех этапах разработки и производства выпускаемого оборудования;



- необходимость перехода к высокотехнологичным принципам производства и уменьшение доли неквалифицированного ручного труда;
- необходимость вывода оборудования на внешний рынок для увеличения сбыта, решение вопросов соответствия требованиям ведущих технических держав в дизайне, надежности и т.д.

На предприятии «Кропус» прежде всего поразил высокий уровень инициативы, энтузиазма и внутренней энергии ведущих сотрудников.

Поразило обилие направлений развития — от выпуска элементарных измерительных преобразователей до высокотехнологичных систем ультразвукового, вихретокового и магнитного контроля.

Хотелось бы пожелать предприятию «Кропус» решить проблемы, связанные с произошедшим стремительным переездом на новые площади — перейти от работы как на эвакуированных предприятиях, вывезенных во время войны на Урал, к более ритмичному, позволяющему больше думать и планировать, спокойно думать о перспективах развития отрасли.

Большие площади предприятия — это, конечно, предмет зависти руководителей, чьи предприятия находятся в больших городах, у нас такие пространства практически невозможны, приходится «сидеть на головах» друг у друга.

Спасибо за прием, спасибо за информацию к размышлению, спасибо за обмен опытом, ведь все мы в одной лодке.

**Алексей Харитонович Вовилкин,**  
генеральный директор ООО «НПЦ ЭХО+»

Это вторая и очень интересная встреча руководителей фирм — производителей средств неразрушающего контроля. На меня компания произвела сильное положительное впечатление. Во-первых, она создала и успешно продает целую гамму приборов, причем не только ультразвуковых, но и вихретоковых, магнитных, импедансных. Во-вторых, они создают автоматизированные комплексы для оснащения заводов, производящих серийную продукцию. Причем компания уделяет большое внимание качеству выпускаемой продукции и практически не имеет рекламаций. Компания очень динамично развивается, в штате много увлеченной молодежи, разрабатываются самые современные приборы, в числе которых ультразвуковые дефектоскопы на фазированных решетках. Вячеслав Владимирович великолепно провел встречу, расходиться не хотелось. Мы договорились продолжить наши встречи.

**Галкин Денис Игоревич,**  
директор ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр»

Генеральный директор В.В. Борисенко любезно открыл двери своего предприятия и продемонстрировал все стадии изготовления оборудования — от научных исследований до выходного контроля и складского хранения готовой продукции. Я был приятно удивлен вы-

соким уровнем разработок НПЦ «Кропус». Это касается как массово выпускаемых средств, так и уникальных установок автоматизированного контроля. Одно то, что коллектив НПЦ «Кропус» всего за пару лет справился с задачей серийного изготовления собственного дефектоскопа на фазированных решетках, свидетельствует о значительном потенциале этой организации. Также нельзя не отметить, что в НПЦ «Кропус» реализуется замкнутый цикл производства: все основные элементы проектируются и изготавливаются здесь. Хочется пожелать НПЦ «Кропус» только движения вперед, потому что курс, как мне кажется, выбран верный!

Что касается формата встреч производителей, то я считаю его очень полезным как для участников, так и для направления НК в целом. Руководители предприятий делятся своим достижениями, перенимают опыт коллег, тем самым совершенствуя свои производственные и бизнес-процессы. Кооперация при решении смежных проблем позволяет найти наиболее эффективные их решения и установить новые линии связи. Кроме того, благодаря подобным встречам наша сфера деятельности становится более сплоченной, открытой и понятной. Это значительный шаг на пути к добросовестной конкуренции на рынке. Все это обязательно отразится на качестве и стоимости оборудования НК.

**Леонид Юрьевич Могильнер,**  
главный научный сотрудник ООО «НИИ Транснефть»

Долгое время, примерно с 1990 по 2005 годы, новые лица в НК не появлялись, новое отечественное оборудование создавалось «на коленке», и мы только стремились догнать «мировой уровень». Сегодня выросли серьезные российские фирмы, которые выпускают оборудование, конкурентоспособное на любом уровне как по техническим параметрам, так и по дизайну, эргономике. А руководители фирм-производителей научились продавать приборы не только в России, но и на Запад и на Восток.

Важнейший тезис, звучавший в «Кропусе»: «Сделать единственный «хороший» прибор — мало. Мы («Кропус») научились делать серию, в пределах которой обеспечены характеристики каждой единицы». Добавлю: характеристики «кропусов», которые я встречал на производстве для ручного и механизированного УЗК сварных швов — очень приличные.

Интересно было посмотреть на разработчиков «изнутри». Рабочая, деловая, но свободная и удобная обстановка. Если и другие фирмы (мне известно не менее десятка) готовы к подобному участию, то такие встречи будут способствовать развитию техники и здоровой конкуренции.

Материал подготовил  
**КЛЕЙЗЕР Петр Евгеньевич,**  
зам. главного редактора  
журнала «Территория NDT»

**КОНСТАНТА®**  
приборы неразрушающего контроля



[constanta.ru](http://constanta.ru)

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ИСКУССТВА И ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНО- ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ



*Мраморный дворец (Государственный Русский музей).  
Пленарное заседание конференций в Белом зале дворца*

25–27 июля 2018 г. в Санкт-Петербурге, в Мраморном дворце (Государственный Русский музей) прошла международная научная конференция «Исследование произведений искусства и объектов культурно-исторического наследия. Новые технологии и их применение».

Конференция стала событием беспрецедентным не только для Санкт-Петербурга, но и для мировой практики, прежде всего потому, что эта научно-практическая встреча решала задачи по формированию международной профессиональной коммуникации в сфере новейших технологий сохранения и изучения объектов культурного наследия (ОКН). В числе ее участников были специалисты в области экспертизы искусства, реставрации и консервации объектов искусства и памятников культурного наследия, эксперты в области архитектурной реставрации, физики, инженеры, менеджеры, предприниматели.

В приветственном слове О.В. Рыжков, один из председателей оргкомитета конференции, руководитель секции «Сохранение культурного наследия» Санкт-Петербургского международного культурного форума, отметил важность изменений, происходящих сейчас в сфере сохранения и изучения культурного наследия: развитие естественнонаучных методов его изучения и зарождающееся профессиональное сотрудничество. О.В. Рыжков уже много лет занимается стратегическими вопросами государственной культурной политики, в том числе задачами реформации реставрационной отрасли и поддержкой инноваций в сфере сохранения культурного наследия. Будучи заместителем министра культуры в 2017 году, именно Олег Владимирович явился инициатором и куратором подготовки проекта первой российской мобильной лаборатории, предназначенной для изучения объектов культурного наследия и музейного фонда *in situ*, т.е. непосредственно в месте расположения.

Одним из соорганизаторов конференции стало Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД). Президент РОНКТД, д-р техн. наук, профессор В.Е. Прохорович в своем приветствии участникам конференции отметил, что в России активно занимаются

неразрушающим контролем и встреча открывает прекрасные возможности для долгосрочного и плодотворного взаимодействия специалистов разных областей, в частности ученых, разрабатывающих новые методологии, профессионалов, занимающихся стандартизированным инженерным контролем, музейных экспертов, имеющих дело с уникальными ОКН.

Конференция «Исследование произведений искусства и объектов культурно-исторического наследия. Новые технологии и их применение», изначально проектировавшаяся как мультидисциплинарная, действительно явилась дискуссионной площадкой с широким охватом тем и очень разноплановыми акцентами в решении ключевых вопросов области. Кроме того, были выявлены острые вопросы в развитии сферы и намечены пути их возможного решения, пути дальнейшего развития научного подхода к сохранению культурного наследия.

Ключевыми темами стали: вопрос государственной поддержки инноваций в области сохранения культурного наследия, задачи выработки единых стандартов в сфере научных исследований и реставрации искусства и ОКН, поиск эффективных форм межинституционального и международного сотрудничества и, конечно, обсуждение новейших технологий исследования в сфере историко-культурного наследия.

В одном из важнейших сообщений конференции – докладе Н.Н. Шангиной (профессора ПГУПС, председателя Совета Союза реставраторов Санкт-Петербурга, члена Совета по сохранению культурного наследия Санкт-Петербурга) акцент был сделан на ключевой проблеме сохранения культурного наследия в России, а именно на отсутствии государственной поддержки внедрения инноваций. На данный момент не существует со стороны государства требования к предпроектным изысканиям на уровне возможностей современных исследовательских технологий: заказчик может провести их по своей инициативе, но это вовсе не является обязательным требованием со стороны государства для процесса подготовки реставрации и последующего использования ОКН.

Логическим продолжением ситуации отсутствия современных требований к предварительным изысканиям по ОКН является практически абсолютное отсутствие запроса со стороны архитектурных отделов крупных музеев-заповедников на подобные исследования и контроль реставрационных работ.

Подобная инициатива была предпринята пока только Государственным музеем-заповедником «Петергоф» при реставрации дворца Петра III. С.А. Павлов, главный архитектор музея-заповедника, рассказал в своем докладе о систематических исследованиях исторических пигментов, конструктива и об-



*Доклад В. А. Сясько, члена правления РОНКТД, профессора Санкт-Петербургского горного университета «Эффективные методы контроля исторических конструкций»*



*Доклад В. П. Вавилова, вице-президента РОНКТД профессора Томского Политехнического университета «Методы активного термоанализа для неразрушающего контроля: базовые принципы, методы и приборы, применения для анализа многослойных структур, включая объекты искусства»*

щей сохранности памятников ансамбля Собственной дачи в Ораниенбауме, которую осуществляют музей-заповедник, «Петербургская реставрационная компания» в сотрудничестве с экспертами Русского музея. Но это случай инициативы конкретных людей, понимающих важность подобных исследований. Зачастую заказчик предпочитает сэкономить на этой части проектирования. Подтверждение этому прозвучало в обсуждении доклада представителей ООО «Стройэксперт» С.Г. Простовара и Д.Ю. Егорова, который был посвящен применению современных технологий фотограмметрии и наземного лазерного сканирования при реконструкции и реставрации объектов культурного наследия.

Возможным путем решения этого вопроса является система комплексной оценки состояния ОКН и ключевых рисков, представленная в докладах специалистов одной из ведущих мировых организаций по сохранению наследия, сотрудников английского фонда National Trust.

Эффективные методы контроля исторических конструкций были представлены в докладе В.А. Сясь-

ко, вице-президента РОНКТД, профессора Санкт-Петербургского горного университета. В тех случаях, когда методы НК применяются при исследовании живописи; скульптуры; исторических объектов науки и техники; монументальных сооружений из гранита и других подобных материалов и металла, это неизменно идет на пользу сохраняемому ОКН.

Среди реставраторов, строителей, исследователей и, наконец, посетителей музеев, исторических зданий и всего того, что называется культурным наследием, есть понимание хрупкости таких объектов, особенно при любого рода ремонтах. Их реальной сохранности мешает отсутствие специальных стандартов и регламентов, в которых были бы однозначно прописаны вопросы, связанные с необходимостью и технологией применения НК при ремонтных и реставрационных работах, особенно в области памятников архитектуры и монументального искусства, подвергающихся воздействию среды обитания человека.

Не менее чем современная законодательная и нормативная база, касающаяся всех вопросов сохранения ОКН, необходима разработка современной системы подготовки и аттестации специалистов в области НК ОКН с учетом специфики объектов контроля.



*Доклад «Мультиспектральные исследования произведений Леонардо да Винчи из собрания Лувра». Мишель Меню, директор Исследовательского департамента Реставрационно-исследовательского центра музеев Франции (C2RMF)*

Еще одна ключевая тема конференции это вопрос приведения к неким общим параметрам и стандартам измерений в сфере изучения культурного наследия и его сохранения. Этот вопрос актуален не только для России, но для Европы и мирового сообщества в целом. Речь идет не только о приведении в соответствие с европейскими стандартами российских реставрационных материалов, применяемых к объектам ОКН, но о необходимости аттестации российских лабораторий в зарубежных общепринятых

системах оценки качества реставрации, так как, имея зачастую отличное оборудование и штат профессионалов, результаты российских исследовательских лабораторий не признаются в зарубежном профессиональном сообществе в виду отсутствия подобной аттестации. Важно, что вопрос стандартизации остро стоит сейчас не только в области архитектурной реставрации, но и в области проведения точных исследований объектов музейного фонда.

К примеру, в ходе дискуссии «Арт-экспертиза и атрибуция, актуальные вопросы арт-экспертизы и реставрации. Информационная безопасность» Мишель Меню, руководитель департамента научных исследований Реставрационно-исследовательского центра музеев Франции (C2RMF, Лувр, Париж, Франция) и Ира Рабин, сотрудник Федерального института по исследованию и испытаниям материалов (ВАМ, Берлин, Германия), затронули вопрос о выработке некоего общего профессионального языка в сфере сохранения и изучения культурного наследия, а также задачу приведения к общим параметрам протоколов измерений при технологическом исследовании предметов искусства и объектов культурно-исторического наследия, так как для возможности сравнения данных, получаемых различными лабораториями, необходимо понимать, что результаты получены в равных или близких условиях.

Вопрос стандартизации измерений повышения их точности был затронут в совместном докладе А. Крылова (ВНИИМ им. Д.И. Менделеева) и К.Б. Калининой (Государственный Эрмитаж) «Современные тенденции в методиках измерений научных исследований в области химии объектов культурного наследия». В нем прозвучал очень важный аспект области научных исследований культурного наследия, а именно вопрос выбора инвазивного или неинвазивного методов в отношении исследуемого объекта. В частности, К.Б. Калинина показала разницу точности и информативности результатов, получаемых с помощью рентгенфлуоресцентного анализа (неинвазивный метод) и хроматомасс-спектрометрии (метод, требующий отбора проб). Подобная проблематика поднималась еще в ряде докладов и бурной дискуссии в конце панельного заседания, посвященного инновационным технологиям и pro et contra неразрушающего и разрушающего анализа.

Новые технологии изучения искусства и объектов культурно-исторического наследия часто сравнивают с медицинскими технологиями. Действительно, параллель неслучайная и обоснованная. Ведь многие методы исследования пришли в эту область из медицины, начиная давно применяемым, но до сих пор эффективным рентгеном и заканчивая набирающим популярность для оценки толщины лакового слоя живописного произведения методом оптико-когерентной томографии (в медицине применяется

для изучения структуры и повреждений (глазного яблока) и терагерцовской спектроскопией.

Здесь важно помнить, что в медицине именно специалист решает, какой необходим метод и его параметры: достаточно ли будет просто МРТ или необходимо применение МРТ с контрастным веществом, которое поможет выявить более мелкие детали. А ведь именно детали зачастую ставят диагноз. Профессиональный уровень врача определяется не только умением пользоваться аппаратурой, но и пониманием особенностей строения организма, особенностей обменного процесса, умением видеть патологические изменения и знанием, как их можно скорректировать.

В сфере естественно-научных методов аналогия требует от специалиста как минимум материаловедческого понимания, а также понимания возможностей и пределов каждого конкретного метода (особенно если речь идет о методах неразрушающих). К примеру, рентгенфлуоресцентный анализ (XRF) дает информацию об элементном составе пигментов красочного слоя картины или стеной росписи, это значит, что органические соединения и легкие вещества не будут учтены и исследователь может ошибиться в определении состава краски. Кроме того, профессионал всегда сделает поправку на сам прибор или на условия, в которых проводятся исследования. Так, если в приборе для РФА используется рентгеновская трубка с медным анодом, присутствие в полученном спектре полосы меди не будет автоматически означать наличие пигмента на основе меди в составе красочного слоя. А результаты исследований, проводимые *in situ* (т.е. в полевых условиях) будут давать определенный сдвиг в сравнении с лабораторными.

Существенным также является вопрос о количественном определении веществ красочного или штукатурного слоя. Упрощенное сравнение можно провести с анализом крови: врачу недостаточно знать, что в крови есть эритроциты, его заботит еще их количество, скорость их оседания и много других параметров. Такая медицинская метафора может быть применена к вопросу противопоставления точности методов неразрушающих и разрушающих, т.е. требующих определенной пробы. Тот же РФА является гораздо менее информативным методом, чем взятие пробы и химический анализ шлифа этой пробы. В ряде случаев без такой микропробы просто не обойтись. Но новые технологии позволяют говорить о замене традиционного взятия пробы скальпелем на метод LIBS, в котором с поверхности произведения испаряется минимальная проба, позволяющая с большой точностью определить состав вещества в конкретной точке.

Применение РФА (XRF) или LIBS — одна из самых жарких дискуссий между профессором Р.Г. Маевым и В. Деталем, сотрудником реставрационно-ис-

следовательского центра музеев Франции (C2RMF), имеющего большой опыт в исследовании монументальной живописи. Конечно, как было признано в итоге дискуссии, применение конкретной технологии определяется исходя из конкретных задач, стоящих перед исследователем: никто не будет применять подобную технологию, чтобы «сжечь глаз Джоконды», но в отношении археологических материалов, монументальной росписи, архитектурных произведений это одна из самых многообещающих технологий.

Еще одна важная тема — вопрос о доступности информации и создании общей информационно-исследовательской базы, так как это существенно повышает уровень экспертизы. Однако, как было отмечено Мишелем Меню, доступность подобной базы существенно облегчает жизнь тем, кто занимается производством подделок, поскольку они, разбираясь, например, в информации о пигментах либо имея доступ к почерковедческой фотобазе или базе подписей художников, будут стараться избегать обличающих их параметров при изготовлении подделок. Поэтому создание подобных баз должно быть четко стратегически продумано и защищено как в правовом, так и в цифровом поле.

Вообще на сегодняшний момент сложилась традиция, что каждая институция обладает не только своей фондовой специализацией, но и соответствующей базой эталонов. База эталонов необходима для любого серьезного исследования, будь то определение подписи известного художника или уточнение датировки портрета известного исторического деятеля. Более того, в каждом музее или институте формируется свой особый круг профессионалов высокого уровня, которые умеют пользоваться подобной базой.

Одним из важных сообщений конференции стал совместный доклад специалистов Государственного Русского музея и ООО «Комита», посвященный



*Зав. отделом технико-технологической экспертизы Государственного Русского музея С.В. Сирро с докладом о комплексном подходе к хранению экспертной информации*



*Пресс-показ методов неразрушающего контроля произведений искусства в залах Русского музея*

фундаментальной системе хранения информации, накопленной технико-технологическим отделом Русского музея за 50 лет работы в этой области (А.А. Субботин, Е.Л. Демченко, А.П. Мороз, ЗАО «Комита»; С.В. Сирро, В.Ю. Торопов, Государственный Русский музей, Электронный каталог музейных произведений с прямым и защищенным доступом к сопровождающим документам и изображениям).

По всем этим причинам в области естественно-научных методов, применяемых к искусству, важно гармоничное сочетание составляющих процесса:

аппаратура, исследователь и сравнительная база. Без любой из этих трех составляющих научное исследование становится лишь образовательным и даже просто любительским экспериментом.

Конференция включала в себя не только пленарные заседания и дискуссионные встречи, но и практические мастер-классы, а также посещение участниками конференции экспертных лабораторий Государственного Русского музея и Государственного Эрмитажа.

Накануне открытия конференции сотрудники экспертной лаборатории Русского музея и специалисты компании «Мелитек» провели для журналистов в академических залах музея мастер-класс по применению неразрушающих методов исследования в экспертизе произведений искусства.

Каждая из инновационных технологий, представленная на конференции, заслуживает пристального внимания. Не все вопросы просты. Например, НК и исследовательские методы в сфере архитектурного контроля. Большинство новых технологий основано на различных волнах, звуковых, терагерцовых, рентгеновских. Однако портативные приборы обладают гораздо меньшей мощностью, чем их лабораторные аналоги. В то же время архитектура, напротив, представляет собой чаще всего гораздо больший объем материала, чем картина или золотая подвеска.

Как пошутил один участник конференции, ситуация с неразрушающим анализом объектов архитектуры, как в анекдоте: пациент просит поставить доктора диагноз, но предупреждает, что шубу снимать не будет. Тем не менее целый ряд докладов был посвящен именно методам диагностики и конкретным примерам исследований архитектурных объектов.

Это и фундаментальный доклад А.Г. Шашкина, генерального директора ООО «Геореконструкция», члена Совета по сохранению и развитию исторического центра Санкт-Петербурга, посвященный компьютерной диагностике технического состояния памятников Санкт-Петербурга. И яркий доклад Ксавьера Малдага о большом международном проекте по исследованию пирамид в Гизе.

С материалами конференции можно ознакомиться на сайте Фонда Развития Науки о Наследии (ФРНН) <https://www.hsdf.info/> и канале конференции на Youtube – **Mobile Lab RF The State Russian Museum**.

*Материалы подготовили:*  
**СИРРО Сергей Владимирович,**  
*зав. отделом технико-технологической экспертизы*  
**Государственного Русского музея**  
**СИРРО Анна Валерьевна,**  
*координатор Фонда развития*  
**науки о наследии (ФРНН)**

# Вихретоковые дефектоскопы Rohmann

Приборы для дефектоскопии и дефектометрии электропроводящих поверхностей и отверстий, контроля размеров ОК и виброметрии, определения физико-механических параметров и структуроскопии, контроля химсостава и состояния поверхностных слоев ОК. Объекты вихретокового контроля — трубы, прутки, проволока, листы, многослойные пластины, крепежные элементы, элементы подшипников, железнодорожные рельсы, ответственные детали авиационно-космической, атомной и машиностроительной техники, а также энергетического машиностроения и т. д.



## ELOTTEST M3

- Удобный 2-частотный вихретоковый прибор с большим дисплеем 5,7"
- Частотный диапазон 10 Гц–12 МГц
- Статический и динамический контроль
- Автоматический фильтр для работы ротора
- Измерение проводимости и толщины непроводящих покрытий
- Вес 1,2 кг

*Ваша задача —  
наше решение!*



## ELOTTEST B300

- Универсальный многочастотный многоканальный вихретоковый контрольно-измерительный прибор
- Предназначен для решения сложных задач как в лабораторных, так и полевых условиях IP67
- До 4 независимых каналов
- Получение С-сканов на цветном дисплее
- Измерение проводимости и толщины непроводящих покрытий
- Совместная работа с эндоскопическими системами



## ELOTTEST IS500

- Цифровой дефектоскоп для промышленного использования
- Цветной TFT-дисплей с разрешением 800×480 пикселей
- Дефектоскопия и сортировка
- Самообучающийся строб Bubble Gate
- Одновременная сортировка до 8 разновидностей изделий (Мультипоток)
- Интеграция в производственную линию



## ELOTTEST PL500/QL500

- Многоканальная вихретоковая испытательная система для применения в промышленном производстве
- Предельно низкий уровень шума и стабильность результатов (полностью цифровая обработка сигналов с дискретизацией 250 кГц)
- Предельно гибкая конфигурация (до 256 каналов или функциональных модулей)
- Применяемые типы модулей: модуль измерительного канала (может использоваться для компенсации изменения зазора), модуль мультиплексирования датчиков, параллельный модуль ввода-вывода, модуль триггерный счетчик

ООО «Панатест»  
официальный дистрибьютор Rohmann, Германия  
г.Москва, ул.Авиамоторная, 12, офис 405  
тел./факс. +7(495) 789-37-48, 587-82-98  
www.rohmann.ru, www.panatest.ru  
e-mail: mail@panatest.ru

# О СИСТЕМЕ ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ РОНКТД



**КОНОВАЛОВ**  
**Николай Николаевич**

Д-р техн. наук, зам. генерального директора,  
АО «НТЦ «Промышленная безопасность», Москва

Особенностью неразрушающего контроля является то, что полученная в результате его использования информация нуждается в последующей обработке, оценке, интерпретации. При этом вносятся элементы субъективного суждения. Результаты неразрушающего контроля в значительной мере зависят от квалификации, знаний, опыта и навыков исполнителей. Поэтому во всем мире компетентности специалистов неразрушающего контроля уделяется особое внимание, разработаны соответствующие международные стандарты, регламентирующие процедуры и критерии оценки компетентности специалистов неразрушающего контроля. Причем в качестве механизма оценки компетентности специалистов, как правило, применяется механизм их сертификации (аттестации).

Созданная РОНКТД Система добровольной сертификации персонала в области неразрушающего контроля и диагностики (СДСПНК РОНКТД) была зарегистрирована Ростехрегулированием 1 сентября 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 стандарта [1]) и разработаны документы, регламентирующие деятельность основных участников системы: управляющего совета, центрального органа, апелляционной комиссии и методического центра, 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 [2].

Порядок сертификации в СДСПНК РОНКТД соответствует современным международным требованиям [3], согласно которым подтверждение компетентности персонала осуществляется независимыми органами, деятельность которых включает в себя: процедуры выбора, назначения и контроля экзаменаторов; процедуры обеспечения беспристрастности и непредвзятости; процедуры принятия апелляций и жалоб, их оценки и принятия решения по ним; описания процессов оценивания, прав заявителей, обязанностей оцененного персонала. Органы по сертификации должны: иметь функционирующую систему менеджмента, выполнять анализ, документирование и устранение потенциальных конфликтов интересов при осуществлении деятельности, обеспечивать регулярный систематический пересмотр и валидацию схем подтверждения компетентности специалистов. Кроме того, органы по сертификации должны быть способны нести юридическую ответственность за свою деятельность и проходить периодическую проверку на соответствие установленным требованиям.

В СДСПНК РОНКТД проводится сертификация персонала по методам (видам) контроля, приведенным в табл. 1; в секторах продукции: отливки [с], поковки [f], сварные швы (включая паянные соединения) [w], трубы и трубопроводы [t], прокат

**Таблица 1. Соотношение методов (видов) неразрушающего контроля, по которым проводится сертификация персонала в СДСПНК РОНКТД, с ISO 9712**

Метод (вид) неразрушающего контроля	ISO 9712	СДСПНК РОНКТД
Акустико-эмиссионный	АТ	АЭ
Вибродиагностический		ВД
Визуально-измерительный	VT	ВИК
Вихретоковый	ЕТ	ВК
Капиллярный	РТ	ПВК
Магнитный	МТ	МК
Напряженного состояния		НДС
Оптический		ОК
Радиационный	RT	РК
Тепловой	ТТ	ТК
Течеискание	LT	ПВТ
Ультразвуковой	UT	УК
Электрический		ЭК

**Таблица 2. Органы по сертификации СДСПНК РОНКТД**

Наименование организации	Расположение
НУЦ «Качество»	г. Москва
НОУ «Самарский физико-технический центр»	г. Самара
АО «ЭКОС»	г. Ростов-на-Дону
ООО «Институт промышленной безопасности»	г. Самара
ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»	г. Санкт-Петербург
ООО «Аттестационный региональный центр специалистов неразрушающего контроля» (ООО «АРЦ НК»)	г. Томск
ООО «Нижегородский центр технической диагностики, экспертизы и сертификации» (ООО «НЦТД»)	г. Нижний Новгород

[wp], композиционные материалы; в промышленных секторах: авиация (включая объекты инфраструктуры), объекты аэрокосмического комплекса (включая объекты инфраструктуры), объекты морского регистра (включая объекты инфраструктуры), объекты речного регистра (включая объекты инфраструктуры), объекты железнодорожного транспорта (включая подвижной состав и объекты инфраструктуры), здания и сооружения (строительные объекты), объекты энергетики, общепромышленные объекты.

В настоящее время в рамках СДСПНК РОНКТД осуществляют деятельность семь органов по сертификации (табл. 2). Реестры органов по сертификации и сертифицированного персонала ведет АО «НТЦ «Промышленная безопасность».

Принимая во внимание значительный опыт по оценке компетентности специалистов неразрушающего контроля, накопленный за годы работы органами по сертификации, и широкий охват методов (видов) и объектов контроля, по которым осуществляется сертификация, деятельность СДСПНК РОНКТД может быть полезна широкому кругу выполняющих неразрушающий контроль организаций для подтверждения компетентности их специалистов.

#### Библиографический список

- ГОСТ Р 54795–2011/ISO/DIS 9712. Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала. Основные требования. М.: Стандартинформ, 2014. 24 с.
- Система добровольной сертификации персонала в области неразрушающего контроля и диагностики (СДСПНК РОНКТД): сб. документов. М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2013. 146 с.
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 17024–2017. Оценка соответствия. Общие требования к органам, проводящим сертификацию персонала. М.: Стандартинформ, 2017. 19 с.

#### Ответы на кроссворд, опубликованный в № 3 (июль – сентябрь), 2018

**По горизонтали:** 3. Импульс. 8. Сигнализатор. 10. Цикл. 12. Твердомер. 14. Тандем. 15. Детектор. 16. Ориентация. 18. Частота. 19. Гибкость. 22. Развертка. 24. Соколов. 26. Глубиномер. 29. Непер. 31. Сканер. 32. Зона. 33. Сонатест.

**По вертикали:** 1. Сигнал. 2. Толщиномер. 4. Период. 5. Спектр. 6. Узел. 7. Фронт. 9. Дефект. 11. Дефектограмма. 13. Помеха. 15. Децибел. 17. Фаза. 20. Отсечка. 21. Отверстие. 23. Тень. 25. Контакт. 27. Линза. 28. Риска. 30. Порог.

# УЧЕНЫЕ – ИЗОБРЕТАТЕЛИ

## УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

### К 90-летию изобретения С.Я. Соколова. Обзор

#### Часть 1. Становление ультразвуковой дефектоскопии

Не все изобретатели – ученые.  
Все ученые – изобретатели...

*Ф. Мещанский*



**БОБРОВ Владимир Тимофеевич\***

Д-р техн. наук, проф.,  
главный научный сотрудник  
ЗАО «НИИИИИ МНПО «Спектр», Москва

Есть высшая смелость: смелость изобретения, создания,  
где план обширный объемлется творческой мыслью...

*А.С. Пушкин*

Эта мысль по праву может быть применима к ученым-изобретателям в области естественных наук и техники. И, конечно же, к нашей области науки – физической акустике, ультразвуку\*\* и ультразвуковым (УЗ) методам неразрушающего контроля.

#### Психология изобретательства

«Изобретательство – это вид творчества, отличающийся от других тем, что конечные его результаты вполне материальны: приборы, инструменты, системы, материалы, методы, технологии и т. д. При нас, людях 20-го столетия, началась величайшая в истории цивилизации научно-техническая революция. Атомная энергия, освоение космического пространства, спутниковая связь, компьютеры, кибернетика, генная инженерия и многое другое... В 21 веке этот процесс принял поистине лавинообразный характер. Все это радикально изменило и продолжает изменять весь наш образ жизни. Этим мы

обязаны первооткрывателям: ученым, инженерам, изобретателям», – пишет Феликс Мещанский [1].

Автора интересует «самый процесс рождения изобретений», элементами которого является многообразие путей, стимулов и методов творчества изобретателей, к которым относятся реальные потребности, эмоциональные факторы (мысленный эксперимент, озарения, упорядочение накопленной информации во сне) и др.

Выявление объекта приложения изобретательской мысли – первый этап в работе изобретателя, за ним следует целенаправленный труд ученого и изобретателя. Абсолютно неожиданных изобретений не существует – изобретение является целенаправленным результатом деятельности ученого [2]. Большую значимость и даже остроту в процессе изобретательской деятельности приобретает вопрос о соотношении закономерного и случайного, ибо, как свидетельствует история, роль таких открытий в жизни человечества исключительно велика [3]. Ни одно из случайных научных достижений не принадлежит человеку, случайному в науке. «Случайная ситуация сама становится необходимым моментом решения данной научной или технической задачи в смысле преодоления того барьера, который заслонял собою искомое решение», – пишет известный философ и историк науки Б.М. Кедров [2].

Уровень развития промышленности, от которого в огромной степени зависят как задачи, возникающие перед учеными, так и средства, с помощью которых они решают научные задачи, также являются важными факторами в появлении новых идей и решений.

Ни одно открытие не возникает, что называется, «на пустом месте», любое достижение физики связано с результатами предшествующих исследований и наблюдений. Возникновение новых наук, научных направлений, новых основополагающих идей, как правило, тесно связано с этими глобальными изменениями. Как писал В. Гете [2]: «...самые замечательные открытия делаются не столько людьми, сколько временем; вот почему весьма важные дела часто совершались одновременно большим числом опытных мыслителей». Изобретательство отно-

\* Автор настоящей статьи является изобретателем с более чем 50-летним стажем. В «портфеле» его изобретений – более 70 авторских свидетельств СССР, 16 зарубежных патентов (США, ФРГ, Япония и др.) и 8 патентов РФ.

\*\* Открытие ультразвука восходит к наблюдениям за полетом летучих мышей, сделанным еще в XVII веке, тогда же был предложен термин «ультразвук».

сится к творческим процессам, а сами изобретатели, как сейчас принято говорить, — к креативным личностям (креативность — лат. creatio — созидание, англ. creativity — созидательный, творческий), способным к выработыванию принципиально новых идей. Креативность входит в структуру одаренности в качестве независимого фактора [4, 5].

### Изобретение ультразвуковых методов

90 лет назад молодому ученому Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ) Сергею Яковлевичу Соколову был выдан патент № 11371 на изобретение «Способ и устройство для испытания металлов» с приоритетом от 2 февраля 1928 г. [6]. О предмете изобретения говорилось: «Способ испытания материалов, характеризующийся тем, что в жидкости при помощи пьезокварца или иным способом возбуждают упругие колебания высокой частоты и по степени поглощения этих колебаний находящимся в жидкости или в соприкосновении с нею испытываемым металлическим образцом судят об его свойствах, например, о степени его закалки, о химическом его составе, о механической его однородности, о наличии в нем раковин или трещин и т.п.».

Выходец из крестьянской среды, С.Я. Соколов (1897–1957) в 8 лет поступил в церковно-приходскую школу в родном селе, потом в двухклассное сельское училище, затем уехал в Саратов поступать в среднетехническое училище [7]. После окончания училища в 1919 г. Сергей Яковлевич был мобилизован в Красную Армию и, наконец, после демобилизации осуществляет свою давнюю мечту и поступает в единственный в стране электротехнический институт — ЛЭТИ. Уровень подготовки специалистов был высоким, несмотря на то что до 1924 г. лекции читались в неотапливаемых помещениях, конспекты писались карандашами на газетах и оберточной бумаге, а питались студенты и преподаватели довольно скудно. Завершив в 1925 г. образование в Ленинградском электротехническом институте им. В.И. Ульянова (Ленина), С.Я. Соколов на протяжении всей жизни трудился в стенах этого прославленного вуза.

Свои научные исследования С.Я. Соколов посвятил акустике, в частности изучению ультразвуковых колебаний. Проведя многочисленные опыты, он в 1927 г. сделал фундаментальное открытие: установил способность ультразвуковых волн распространяться в металлах на большие расстояния без заметного поглощения. На этой основе ученый первым в мире предложил новый метод контроля качества изделий без их разрушения — метод ультразвуковой дефектоскопии (ультразвуковой дефектоскопии).

Конечно, исследования С.Я. Соколова, способствовавшие появлению ультразвуковой дефектоскопии, базировались на работах предшественников. Прежде всего речь идет об исследованиях и открытиях таких ученых, как Жак и Пьер Кюри, обнаруживших в 1880 г. пьезоэффект, и Дж. В. Стретт (лорд Рэлей), разработавшем в 1880–1910 гг. теорию колебаний, приложения которой он находил в теории упругости, акустике и др. [8]. Более 30 лет открытие братьев Кюри оставалось без практического применения, пока в 1914 г. на него не обратили внимание французский ученый П. Ланжевэн, разработавший кварцевый излу-

читель, и эмигрировавший во Францию русский изобретатель К.В. Шиловский, которому принадлежит идея гидролокатора. Ими был создан опытный образец прибора с электроакустическим преобразователем, и в мае 1916 г. они получили патент под наименованием: «Описание аппаратов и способов их применения для подачи направленных подводных сигналов и для локализации подводных препятствий». Созданные К. Шиловским и П. Ланжевэном гидролокаторы успешно применяли для обнаружения подводных лодок противника в годы 1-й и 2-й мировых войн [9].



С.Я. Соколов

В 1928 г. Сергей Яковлевич стал доцентом кафедры радиотехники и организовал работы по акустике. Первые УЗ-дефектоскопы были разработаны на кафедре электроакустики, созданной С.Я. Соколовым в ЛЭТИ (ныне Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)).

Сергей Яковлевич Соколов является пионером звуковидения, именно он заложил основы акустической голографии. В 1935 г. он предложил три метода, преобразующие звуковые изображения в видимые глазом: метод поверхностного рельефа, механическое сканирование, видение с помощью электронно-лучевой трубки («трубка Соколова», рис. 1), наиболее перспективным и совершенным средством визуализации акустических изображений, и создал аппаратуру звуковидения, названную им ультразвуковым микроскопом. Он выдвинул идею исследования структуры твердых тел и фазовых переходов ультразвуковым методом.

В 1935 г. Сергей Яковлевич Соколов сконструировал ультразвуковой дефектоскоп прямого видения, основанный на принципе сквозного «просвечивания» металлов. Под его руководством были разработаны и изготовлены

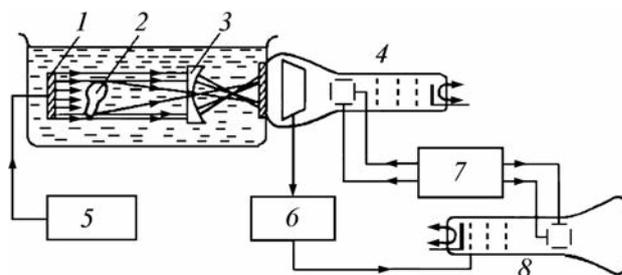


Рис. 1. Метод звуковидения с электронно-акустическим преобразователем «трубка Соколова»: 1 — излучатель; 2 — исследуемый объект; 3 — акустическая «линза»; 4 — электронно-акустическая трубка формирования изображения; 5 — генератор высокой частоты; 6 — усилитель; 7 — устройство развертки; 8 — приемная трубка демонстрации изображения

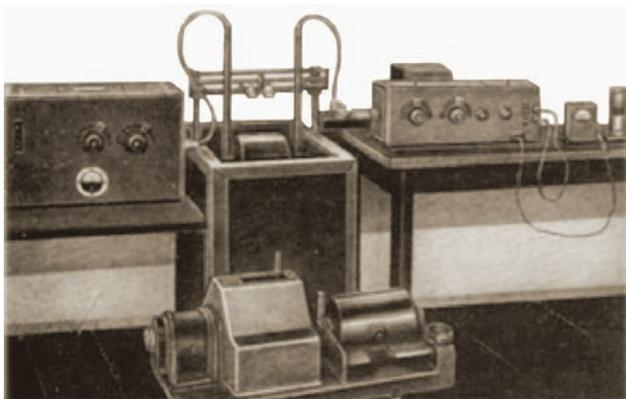


Рис. 2. Первая установка для контроля металлов ультразвуковым методом

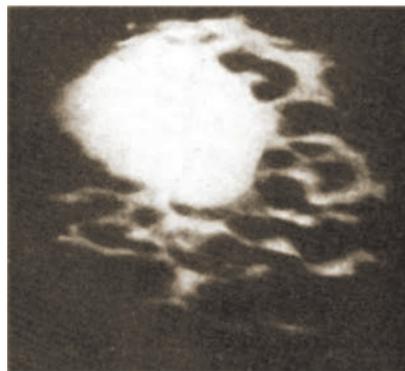
несколько конструкций дефектоскопов, которые успешно применялись Ижорским, Балтийским, Кировским и другими заводами и научными учреждениями (рис. 2).

3 ноября 1935 г. Сергей Яковлевич успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Ультразвуковые колебания и их применение в различных областях техники» в Энергетическом институте АН СССР в Москве. В 1942 г. доктору технических наук С.Я. Соколову присуждается Сталинская премия II степени за «Изобретение метода ультразвуковой дефектоскопии», а в 1951 г. – Сталинская премия I степени за «Изобретение ультразвукового микроскопа, усовершенствование и промышленное освоение методов ультразвуковой дефектоскопии». За достижения в области науки и техники в 1953 г. С.Я. Соколов был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. За свои неполные 60 лет жизни С.Я. Соколов опубликовал 32 научные работы и получил 23 патента и авторских свидетельства на изобретения в области ультразвукового обнаружения дефектов и исследования твердых тел [10–18]. Он проявил себя как выдающийся изобретатель и ученый, приоритет его исследований и разработок признан мировым научным сообществом.

«Трудно в немногих словах охарактеризовать С.Я. Соколова как личность, благодаря его многогранности и глубине. Но две характерные черты можно указать сразу. Это, во-первых, огромное личное обаяние, теплота к людям и мудрость советчика и друга. И, во-вторых, огромная воля» (из некролога [19]).

О том, каким был С.Я. Соколов, о его «очень важных научных открытиях» с восхищением рассказывал в рамках проекта «ACADEMIA» лауреат Нобелевской премии Жорес Алферов, которому довелось слушать лекцию–беседу Сергея Яковлевича будучи студентом ЛЭТИ в начале 50-х годов прошлого столетия (Жорес Алферов. «Полупроводниковая революция. Наука и общество»/tvkultura). Как не вспомнить приведенные в эпитафии слова А.С. Пушкина. Только поистине смелый изобретатель мог увидеть в неясной картине поля дефекта прошедшей через объект контроля (ОК) УЗ-волны (рис. 3) перспективы широчайшего применения нового метода. С.Я. Соколов обратился к студентам с такими словами: «Хочу поговорить сегодня с вами о перспективах применения ультразвука. Сейчас в них мало кто верит, а они будут гигант-

Рис. 3. Вид УЗ-поля при прозвучивании ОК с дефектом



Медаль Рентген–Соколов



скими, и вы еще сами убедитесь в этом» [20].

Эта убежденность в важности его дела придавала ему смелость и настойчивость. 90-я годовщина получения первого патента № 11371 на метод УЗ-дефектоскопии стала ярким свидетельством успехов научной школы СССР и России, преемственности нескольких поколений ученых и специалистов, работающих в академической, вузовской и прикладной науке. В отличие от многих случаев, когда приоритет российских и советских ученых и изобретателей по тем или иным причинам утрачивался, это изобретение, а по сути своей открытие [21], в том числе благодаря плодотворной работе учеников и последователей С.Я. Соколова, прочно закрепилось за нашей страной. Подтверждением этого является учреждение международной премии и медали «Рентген–Соколов» и премии ICNDT «Sokolov» за большой вклад в научные исследования в области неразрушающего контроля и технической диагностики (НК и ТД). Имя С.Я. Соколова присвоено лаборатории электроакустики ЛЭТИ.

### Развитие идей С.Я. Соколова

Значительный вклад в разработку физических основ и создание методов УЗ-контроля наряду с учениками С.Я. Соколова: д-ром физ.-мат. наук, проф. Л.Г. Меркуловым, д-ром физ.-мат. наук, проф. А.В. Харитоновым, д-ром техн. наук, проф. С.К. Павросом, д-ром техн. наук, проф. К.Е. Аббакумовым и другими внесли ученые и специалисты вузов – МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГГУ, МЭИ, ИжГТУ, ХПИ и других и отраслевых институтов – ВИАМ, ЦНИИТМАШ, НИИ мостов и дефектоскопии ПГУ ПС, НИИ интроскопии МНПО «Спектр», ВНИИНК (ныне НИИНК), ИЭС им. Е.О. Патона, ИПФ НАН Беларуси: д-р техн. наук Шрайбер Д.С., д-р техн. наук, проф. А.К. Гурвич, д-р техн. наук, проф. И.Н. Ермолов, канд. техн. наук А.С. Матвеев, канд. техн. наук, проф. Н.В. Химченко, д-р техн. наук, проф. Г.А. Буденков, д-р физ.-мат. наук И.А. Викторов, д-р техн. наук,

проф. В.Г. Щербинский, канд. техн. наук А.В. Малинка, акад. РАН, д-р техн. наук, проф. Н.П. Алешин, д-р техн. наук Ю.В. Ланге, д-р техн. наук, проф. А.Х. Вopilкин, д-р техн. наук, проф. В.Л. Шкуратник, д-р техн. наук, проф. М.В. Королев, д-р техн. наук, проф. А.И. Потапов, д-р техн. наук, проф. А.А. Марков, д-р техн. наук, проф. В.К. Качанов, Р.-Й.Ю. Кажис, д-р техн. наук В.Н. Данилов, д-р техн. наук А.А. Самокрутов, д-р техн. наук В.Г. Шевалдыкин, д-р техн. наук В.М. Ушаков, д-р техн. наук В.М. Бобренко, д-р техн. наук, проф. И.В. Соколов, д-р техн. наук, проф. Г.М. Сучков, канд. техн. наук В.А. Бобров, д-р техн. наук В.Г. Бадалян, д-р техн. наук, проф. В.В. Муравьев, д-р техн. наук, проф. В.В. Коннов, д-р техн. наук, проф. В.В. Мишакин, д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. Комаров, канд. техн. наук Л.В. Воронкова, канд. техн. наук В.Ф. Тарабрин и многие другие.

Серьезный вклад в исследования методов, разработку и промышленное производство средств УЗ-неразрушающего контроля внесли созданные в г. Кишиневе завод «Электроточприбор» (1959 г.), СКБ ультразвуковой дефектоскопии (1961 г.), Всесоюзный научно-исследовательский институт по разработке неразрушающих методов и средств контроля качества материалов (ВНИИНК, 1963 г.) и созданный в 1964 г. в г. Москве Научно-исследовательский институт интроскопии (НИИИН).

Необходимо отметить большую роль зарубежных специалистов, способствовавших развитию и совершенствованию акустических и ультразвуковых методов и аппаратуры неразрушающего контроля, таких как: Г. Лэмб, Р. Гук, Л. Бергман, Е. Скучик, Э. Шейл, И. Кайзер, Б.Х. Скофилд., Ф. Мурнаган, Е. Депутат и др. Развитию методов и разработке высокоэффективной аппаратуры УЗ-контроля способствовали исследования и разработки И. и Г. Крауткремеров, Я. Образа, Е.П. Пападакиса, Дж. Алерса, Р.Б. Томпсона и др. Ультразвуковые методы являются наиболее широко применяемыми в НК материалов, деталей, узлов, соединений, конструкций и сооружений. На их основе разработаны приборы и системы для дефектоскопии, толщинометрии, тензометрии, томографии, голографии, структуроскопии, контроля напряженно-деформированного состояния, шероховатости поверхности, измерения вибрации и др. [22–129].

### Ученые-изобретатели из научных школ России

...Страна без бюро патентов и без твердых законов, защищающих права изобретателей, подобна раку, который может двигаться только вбок или назад.

*Марк Твен*

*«Янки при дворе короля Артура»*

Расширенное использование УЗ-методов контроля инициировало формирование целого ряда направлений и создание научных школ, к которым относятся школы ЛЭТИ, ЦНИИТМАШ, ВИАМ, НИИ мостов, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИИХИММАШ, ВНИИНК, НИИИН, МЭИ и др.

*Научная школа — оформленная система научных взглядов, а также научное сообщество, придерживающееся этих взглядов. Научная школа образует ту динамическую*

*единицу науки, которая обеспечивает преемственность научного знания и создает оптимальные условия для его развития. Она может формироваться неформально или в рамках институциональных единиц — академических кафедр учебных заведений, отделов научно-исследовательских организаций, профессиональных объединений ученых* [<http://library.sibsui.ru/DATA/LibrScienceSchools/4.pdf>].

Представителями этих научных школ были выполнены исследования и созданы принципиально новые приборы, преобразователи и установки ультразвукового контроля на базе изобретений [130–145].

### Научная школа ЛЭТИ

Научная школа ЛЭТИ, созданная С.Я. Соколовым, внесла значительный вклад в развитие ультразвуковой дефектоскопии, нашедшей широкое применение в промышленности. После смерти С.Я. Соколова в 1957 г. кафедрой электроакустики возглавил его ученик, известный в России и за рубежом ученый Лев Григорьевич Меркулов, доктор физико-математических наук, профессор.

Под его руководством начались разработки автоматизированных систем НК толстолистового горячекатаного проката, основанных на теневом методе дефектоскопии, предложенном С.Я. Соколовым еще в 1928 г. Пуск первой такой установки УЗУЛ-01 состоялся в 1961 г. на Нижнетагильском металлургическом комбинате. Л.Г. Меркулов стал инициатором ряда направлений научно-исследовательских работ по физике распространения упругих волн в анизотропных материалах, рассеянию и поглощению ультразвука в поликристаллических материалах, распространению волн в ограниченных средах, анализу работы многослойных электроакустических преобразователей, поиску новых высокочувствительных методов контроля. Эти работы привели к решению крупных научных задач и к созданию новых аппаратных средств.

Под его руководством происходило становление нового научного направления — физической акустики твердого тела и кристаллоакустики. Одним из результатов его исследований явилось создание прибора, позволяющего осуществлять контроль за содержанием примесей в высокочистых металлах. Он разработал теоретические основы ультразвуковых слоистых преобразователей с активным слоем, используемых в гидроакустике и дефектоскопии; многослойных пьезопреобразователей, опубликовал более 100 научных работ, в том числе получил 16 авторских свидетельств и 6 зарубежных патентов на изобретения [130, 131 и др.], печатался в журналах и периодических изданиях («Теоретическая физика», «Акустический журнал», «Монокристаллы, сцинтилляторы и органические люминофоры», «Физика твердого тела», «Известия ЛЭТИ», «Физика металлов и металловедение», «Журнал технической физики» и др.). Л.Г. Меркулов был членом редколлегии журналов «Дефектоскопия», «Ульт-



*Л.Г. Меркулов*



Д.С. Шрайбер

развукковая техника», Совета по физике ультразвука при АН СССР. Он подготовил более 20 кандидатов наук, читал лекции в Англии, Болгарии, Польше, участвовал в международных акустических конгрессах в Копенгагене, Токио, Париже.

Яркими продолжателями дела С.Я. Соколова также были ученые-изобретатели д-р физ.-мат. наук, проф. Александр Владимирович Харитонов, д-р техн. наук, проф. Сергей Константинович Паврос и возглавляющий кафедру электроакустики и ультразвуковой техники в настоящее время д-р техн. наук, проф. Константин Евгеньевич Аббакумов.

### Научная школа ВИАМ

В начале 40-х гг. XX в. начались работы по неразрушающему контролю в ВИАМе. Основателем этого направления и научной школы ВИАМ в области неразрушающего контроля был д-р техн. наук Д.С. Шрайбер, разработавший в те годы установку для контроля пропеллеров. В лаборатории Д.С. Шрай-



Ю.В. Ланге

бера была разработана аппаратура для ультразвукового контроля, под его руководством было организовано внедрение УЗ-контроля в авиационную промышленность. В ВИАМе были разработаны и внедрены на заводах отрасли методики УЗ-контроля наиболее ответственных полупроизводителей и деталей самолетов, вертолетов и двигателей. По результатам исследований и изобретений [132 и др.] Д.С. Шрайбера во ВНИИНКе были разработаны ультразвуковые дефектоскопы, выпускавшиеся заводом «Электроточприбор», г. Кишинев. Значительный вклад в разработку аппаратуры и методик УЗ-контроля внесли изобретатели – сотрудники ВИАМ: Г.В. Пророков, Ю.В. Ланге, Н.В. Бабкин, Б.Г. Голодаев, С.Е. Барышев, М.П. Уралский и др.

Одним из организаторов и руководителей научного направления «Физические методы неразрушающего контроля» в авиакосмической промышленности был д-р техн. наук, проф. Александр Кириллович Денель, который прошел путь от начальника сектора до заместителя начальника ВИАМ. Под его руководством в лаборатории неразрушающего контроля выполнялись работы по совершенствованию теории ультразвукового и других методов неразрушающего контроля. А.К. Денель – автор более 150 печатных работ и 39 авторских свидетельств. Почетный авиастроитель.

Научное направление по НК многослойных конструкций в 1957 г. возглавил ученый из ВИАМ Юлий Викторович Ланге. Тогда в авиации начали применять сотовые

конструкции, и вывод о необходимости поиска решения в применении низкочастотных изгибных колебаний для их контроля явился ответом на запросы промышленности. Ознакомившись с работами сотрудника Акустического института АН СССР д-ра физ.-мат. наук, проф. А.В. Римского-Корсакова в области исследования свойств музыкальных инструментов и измерения механических импедансов корпусов кораблей, Ю.В. Ланге предложил принципиально новый метод контроля по оценке реакции ОК на преобразователь, возбуждающий в наружном слое изгибные волны звуковых частот, названный им импедансным.

Реализацией метода стало устройство для контроля качества и однородности склейки изделий [133] на основе определения механического импеданса контролируемого изделия (рис. 4). Устройство содержит пьезопреобразователь (шуп), включающий в себя возбуждающий 1 и приемный 2 пьезоэлементы, размещенные на звукопроводящем стержне 3 и подключенные к генератору 4 и усилителю 5 соответственно. К пьезоэлементу 2 прикреплена фигурная насадка 6, контактирующая с объектом контроля 7. Результаты контроля регистрируются индикатором 8 и сигнальным устройством 9.

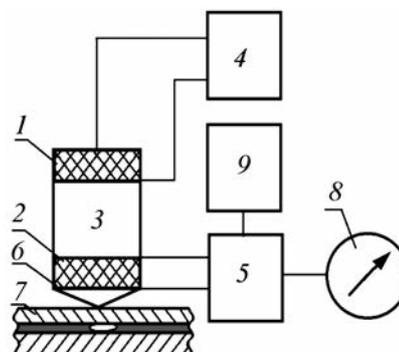


Рис. 4. Схема импедансного дефектоскопа

В исследованиях импедансного метода и разработке опытного образца дефектоскопа принимали участие З.И. Манаева, В.Д. Давыдов и др. С принципиально новым – импедансным методом контроля многослойных конструкций автору настоящего обзора довелось познакомиться в далеком 1960-м году, когда Ю.В. Ланге привез свой прибор под названием «ИКС» (испытатель клеевых соединений) на завод «Электроточприбор», г. Кишинев. Специалистами завода была выпущена опытная партия импедансного акустического дефектоскопа ИАД-1 (В.Т. Бобров и др.) и разработана новая конструкция электронного блока дефектоскопа ИАД-2 (А.Д. Гольден, С.Л. Яковис). С участием специалистов завода (С.М. Шварцман и др.) был разработан более совершенный вариант – дефектоскоп ИАД-3. Всего примерно за 10 лет было выпущено около 1 тыс. импедансных дефектоскопов.

Как вспоминает Юлий Викторович, до 1973 г. импедансный метод применялся только в СССР, однако после показа в 1972 г. дефектоскопа ИАД-3 на выставке в Лондоне, в 1973 г. британская фирма Inspection Instruments объявила о разработке дефектоскопа AFD-2, представ-

лявшего практически точную копию ИАД-3, но выполненную на полупроводниках. С тех пор импедансный метод используется за рубежом под названием Mechanical Impedance Analysis (MIA) Method.

Наряду с импедансным в 1962 г. Ю.В. Ланге предложил велосиметрический метод НК, в основе которого лежит использование дисперсии скорости распространения антисимметричной волны Лэмба. Дефекты определяются по изменению фазы или времени распространения упругих волн. В исследовании велосиметрического метода принимали участие В.В. Мурашов, Н.В. Шишкина и др. Велосиметрический дефектоскоп УВФД-1, разработанный в 1965 г. совместно с ВНИИНК (канд. техн. наук С.А. Филимонов, В.В. Пахомов), в конце 1960-х гг. серийно выпускался заводом «Электроточприбор», г. Кисинев. Первые сведения о применении велосиметрического метода за рубежом появились лишь в 1970 г. (приборы Sondicator, Harmonic Bondtester и др.). Ю.В. Ланге теоретически и экспериментально исследовал динамическую гибкость сухого точечного контакта, которая определяет эксплуатационные возможности низкочастотных методов контроля, усовершенствовал локальный метод свободных колебаний, разработал и исследовал несколько типов преобразователей низкочастотных акустических дефектоскопов.

Более 45 лет посвятил ВИАМу преемник Ю.В. Ланге д-р техн. наук В.В. Мурашов, работая по направлениям «Не разрушающий контроль многослойных клееных конструкций и изделий из полимерных композиционных материалов» и «Диагностика состава, структуры и свойств полимерных композиционных материалов». Разработки ученого использованы при создании материалов и изготовлении деталей и конструкций почти всех известных советских и российских самолетов. В.В. Мурашов участвовал в создании более десятка акустических приборов, подготовил свыше четырех десятков отраслевых методических документов, разрабатывал методики контроля самолетов Су-37, Су-47, Ил-86, Ил-96-300, Ту-154, Ту-204, Ан-124, МиГ-25, Як-42 и др. Он являлся ответственным исполнителем по неразрушающему контролю жесткой теплозащиты многоэтажного космического корабля «Буран». В.В. Мурашов – автор более 120 опубликованных научных работ и 30 изобретений.

### Научная школа ЦНИИТМАШ

Основателем и первым руководителем научной школы ЦНИИТМАШ по ультразвуковому контролю является канд. техн. наук Алексей Сергеевич Матвеев, организовавший одну из первых в России лабораторию ультразвуковой дефектоскопии. Под его руководством и при непосредственном участии разработаны УЗ-импульсный дефектоскоп с входным аттенуатором, наклонный пьезопреобразователь, впервые обеспечивший возможность контроля сварных швов [134]. В 1951 г. А.С. Матвеевым, Ю.В. Богословским, В.Д. Королевым, М.Ф. Краковяком и В.В. Рахмановым был создан один из первых в СССР массовых дефектоскопов УЗД-7.

Вместе с С.Я. Соколовым за изобретение ультразвукового микроскопа, усовершенствование и промышленное

освоение методов ультразвуковой дефектоскопии А.С. Матвеев был удостоен Сталинской премии за 1951 г. Учеными отдела неразрушающих методов исследования металлов (ОНМИМ) ЦНИИТМАШ проведены теоретические разработки, и на их основе созданы уникальные приборы и установки для контроля обечаек атомных реакторов в процессе их механообработки, основного металла и сварных соединений сосудов для атомных станций, трубных соединений и т.д. Институт одним из первых начал разработку метода акустической голографии. По настоящему творческая и дружеская атмосфера, созданная А.С. Матвеевым в ОНМИМ, способствовала результативной работе коллектива и научному росту его сотрудников.

Выдающийся вклад в развитие теории методов УЗ-дефектоскопии внес д-р техн. наук, проф. И.Н. Ермолов. Окончивший с первых лет работы в проблематику научных и практических задач, стоявших перед ОНМИМ, Игорь Николаевич Ермолов с энтузиазмом включился в их решение.

Одним из наиболее известных результатов его деятельности явилось исследование акустического тракта. Им предложен и исследован метод расчета акустического тракта для основных типов дефектов на основе представлений лучевой акустики и энергетических оценок, разработан упрощенный способ расчета акустического поля наклонного преобразователя на основе представления о мнимом пьезоэлементе, широко используемом для инженерных оценок. В ряде его работ рассчитаны АРД-диаграммы и описано их применение для прямых преобразователей, исследованы особенности использования АРД-диаграмм для наклонных преобразователей.

Эти исследования явились, как отмечалось выше, результатом целенаправленного труда ученого и изобретателя. Наиболее ярко о побудительных причинах их проведения И.Н. Ермолов рассказал в своих «дефектоскопических историях», обобщенных в книге о нем [129]. И.Н. Ермолов – автор большого научного наследия: свыше 280 работ – монографий, учебных пособий, статей, изобретений [135 и др.], фактически создавший современную теорию УЗ-контроля. Его труд отмечен государственными наградами, он – Заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Среди его учеников доктора и кандидаты наук, широко известные своими исследованиями и изобретениями.

Одним из учеников и соратников И.Н. Ермолова является В.Г. Щербинский. Совместно с И.Н. Ермоловым он выполнил цикл исследований, результатом которых



А.С. Матвеев



И.Н. Ермолов



А.К. Гурвич

явилось впервые в мировой практике создание объективных критериев оценки качества сварных соединений на основе анализа информации, получаемой при УЗ-контроле без привлечения дополнительных методов, прежде всего радиографирования. На основе этих норм в 1966 г. была создана общесоюзная инструкция МВУ-5-66, которая впервые в мире разрешила и узаконила проведение слаточной оценки качества тепломеханического оборудования тепловых электростанций по

результатам УЗ-контроля. За рубежом подобные нормы оценки качества и инструкции появились на много лет позже.

В числе выполненных им исследований – изучение полей рассеяния реальных дефектов с учетом случайного характера отражателя, отражательных характеристик реальных трещин. Он обнаружил ряд не изученных ранее физических явлений, в частности влияние вектора поляризации УЗ-пучка на характер индикатрисы поля рассеяния, которое имеет важное значение для практики контроля, выявил значимые, измеряемые в числовой форме, информативные признаки дефектов различного морфологического типа, на основе чего предложил объективные методы распознавания их типа, в частности коэффициент формы. Впервые им была разработана методика дифференцированной оценки качества швов в зависимости от потенциальной опасности дефекта, вошедшая в нормативные документы, ГОСТ 14782–78 и ГОСТ 14782–86.

В.Г. Щербинским выполнен комплекс исследований по влиянию шероховатости и волнистости поверхности контролируемого объекта на достоверность УЗ-контроля, разработаны специальный датчик для измерения интегральной неровности поверхности объекта при УЗ-контроле и соответствующая методика корректировки чувствительности дефектоскопа. Датчик и методика внедрены более чем на 300 предприятиях страны. Им предложен новый эхо-зеркальный метод УЗ-контроля, совместно с учениками разработаны теоретические основы и получены уравнения акустического тракта. Разработанная им обобщенная математическая модель оценки достоверности УЗ-контроля сварных швов с учетом реальных отражательных характеристик дефектов различного морфологического типа, параметров контроля, типа акустической системы, качества поверхности и т.д. положена в основу создания нового класса УЗ-преобразователей, приборов, установок и технологических процессов.

Под его руководством разработаны и внедрены в промышленность: процессорные УЗ-дефектоскопы, УЗ-толщинометры, установки для автоматизированного и механизированного контроля. На оригинальные технические решения В.Г. Щербинским и его сотрудниками получено около 60 авторских свидетельств и патентов на изобретения [135, 136 и др.]. Им опубликованы лично и в соавторстве 15 монографий и учебных пособий, более

150 статей и докладов в российских и иностранных журналах (Англия, Германия, Югославия, Болгария и др.). Указом Президента РФ В.Г. Щербинскому присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Исследования ранее не известных в УЗ-дефектоскопии головных волн, выполненные канд. техн. наук Николаем Павловичем Разыграевым совместно с И.Н. Ермоловым, обеспечили решение ряда актуальных задач УЗ-контроля сварных швов оборудования атомной отрасли. В 1986–1987 гг. Николай Павлович принял участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В течение многих лет он оказывает техническое содействие АО «Атомстройэкспорт» в аттестации систем и методик контроля, в обучении индийских специалистов работе на поставленном оборудовании по российским методикам, организации и проведении контроля оборудования блоков АЭС «Куданкулам». Интересные работы были выполнены под его руководством в сотрудничестве с акад. РАН Н.П. Алешиним и А.Н. Разыграевым по контролю исторических колоколов Даниловского монастыря со сложной бронзовой конструкцией, доставленных из Гарварда (США).

Н.П. Разыграев является автором 144 научных трудов и публикаций, в том числе 14 авторских свидетельств СССР и четырех патентов на полезные модели России [138 и др.]. Труд ученого высоко оценен, он является лауреатом премии Правительства РФ в области науки и техники, награжден Орденом Мужества, медалью «Участник ликвидации последствий аварии на ЧАЭС», медалями ВДНХ и нагрудными знаками атомной отрасли. Среди учеников и соратников И.Н. Ермолова ученые-изобретатели: д-р техн. наук, проф. Алексей Харитонович Вopilкин, д-р техн. наук Вадим Николаевич Данилов, д-р техн. наук Валентин Михайлович Ушаков, канд. техн. наук Любовь Владимировна Воронкова, канд. техн. наук Борис Петрович Пилин и др. К их когорте относится и автор настоящей статьи.

### Научная школа НИИ мостов

Признанную в мире научную школу НИИ мостов создал профессор Анатолий Константинович Гурвич, под руководством и при участии которого созданы общая теория НК, новые принципы, методы и средства УЗ-дефектоскопии, широко используемые на железнодорожном транспорте и в строительной индустрии; создана система и учебно-методическая база модульной подготовки, переподготовки и сертификации специалистов в области НК. Проф. А.К. Гурвич – автор более 240 опубликованных работ: 15 монографий, учебников и справочников, более 50 авторских свидетельств и патентов на изобретения [137 и др.].

А.К. Гурвичем впервые в СССР поставлены и развернуты теоретико-экспериментальные исследования и разработки по стандартизации в области УЗ-дефектоскопии, введено понятие, определены и исследованы основные параметры методов УЗ-контроля, разработаны способы и стандартные образцы для их настройки и проверки. Результаты положены в основу разработанных под руководством проф. А.К. Гурвича первых в СССР ГОСТ

14782–69 на УЗ-контроль сварных соединений и единственного в мировой практике ГОСТ 18576–73 на УЗ-контроль рельсов, РД 3220–92 и РД 3239–94 на стандартные образцы.

Признанием значимости работ проф. А.К. Гурвича в области стандартизации НК является награждением его знаком «За заслуги в стандартизации» и утверждение его в 1988 г. руководителем подкомитета ПК-2 «Акустический контроль» ТК 371 Госстандарта РФ.

Под руководством проф. А.К. Гурвича защищены две докторские и девять кандидатских диссертаций, выпущено более 500 специалистов в области НК, деятельность проф. А.К. Гурвича отмечена знаком «За отличные успехи в работе» Минвуза СССР.

С 1990 г. проф. А.К. Гурвич – президент созданного АН СССР и Минвуза СССР Национального аттестационного комитета СССР (России) по НК, в результате деятельности которого создана российская система сертификации, включающая 24 аттестационных центра, и сертифицировано более 5000 специалистов. Вклад проф. А.К. Гурвича в становление систем НК на железнодорожном транспорте и в строительной индустрии отмечен награждением его знаком «Почетный железнодорожник», медалью «Рентген–Соколов», он лауреат Премии Совета Министров СССР, член-корреспондент Академии транспорта России. В течение многих лет он был вице-президентом РОНКТД, главным редактором журнального обозрения «В мире неразрушающего контроля», членом редколлегии журнала «Дефектоскопия» РАН (Пасси Г. Перечитывая Гурвича... // В мире НК. 2017. Т. 20. № 1. С. 4–7).

Среди его учеников – ученые-изобретатели д-р техн. наук, проф. Г.Я. Дымкин – зав. кафедрой, д-р техн. наук А.А. Марков, канд. техн. наук Л.И. Кузьмина, канд. техн. наук С.Р. Цомук, канд. техн. наук Н.А. Кусакин, ст. преподав. А.В. Давыдкин, канд. техн. наук, доц. Р.С. Коновалов, канд. техн. наук, доц. В.Н. Коншина, доц. К.С. Паврос, канд. техн. наук, доц. А.В. Шевелев и др.

### Научная школа НИИхиммаш

Исследования и разработка новых методик и технических средств НК сварных швов с середины 1950-х гг. выполнялись в НИИ химического машиностроения (НИИхиммаш) под руководством канд. техн. наук, проф. Н.В. Химченко и канд. техн. наук В.А. Боброва. Впервые осуществил контроль сварных швов с помощью наклонного преобразователя Николай Васильевич Химченко на Ангарском нефтехимическом комбинате.

В 1955–1957 гг. НИИхиммаш совместно с институтом электросварки (ИЭС) им. Е.О. Патона были разработаны методы и средства для контроля электрошлаковых швов большого сечения, определены оптимальные параметры контроля этих швов, разработана методика контроля. При создании методов и аппаратуры УЗ-контроля сварных соединений сосудов давления НИИхиммаш совместно с ВНИИНК были решены сложные методические вопросы выбора оптимальных условий обнаружения дефектов. Для контроля прочности биметаллических соединений, выполненных сваркой «взрывом», разработан прибор «Биметалл-3» (канд. техн. наук Н.В. Виногорадов, канд. техн. наук, проф. Н.В. Химченко, канд.

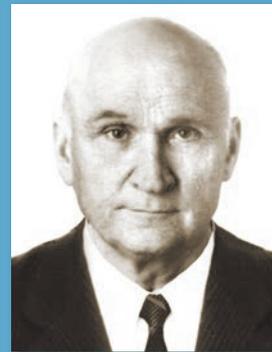
техн. наук В.А. Бобров и др.). Для автоматизированного контроля качества сварных соединений химической и нефтяной аппаратуры совместными усилиями машиностроителей и приборостроителей были созданы и эксплуатировались установки УКСА-04М и УКСА-05С для контроля сосудов и аппаратов, в состав которых вошла типовая установка УД-81УА и УЗ-преобразователи (канд. техн. наук В.Д. Коряченко, канд. техн. наук И.И. Фак и др.). Механизированный контроль обеспечила также разработанная во ВНИИНК малогабаритная установка типа УД-91ЭМ (канд. техн. наук В.А. Чегоринский и др.).

Одно из главных направлений работ НИИхиммаш – УЗ-контроль структуры металлов. Метод структурного анализа основан на влиянии структуры на затухание УЗ-волн. Структурные анализаторы, разработанные ВНИИНК по заданию НИИхиммаш, – ДСК-1, АСК-1, УС-10И, УС-11И, УС-12ИМ, УС-13И (канд. техн. наук В.А. Токарев, канд. техн. наук Н.А. Кеслер, И.А. Коврик и др.) – серийно выпускались Кишиневским заводом «Электроточприбор» и были запатентованы в Великобритании, Японии, Бельгии и других странах. Н.В. Химченко – автор 170 научных работ и 30 изобретений [138 и др.], В.А. Бобров – автор монографии, 140 научных работ, 12 авторских свидетельств и двух патентов на изобретения.

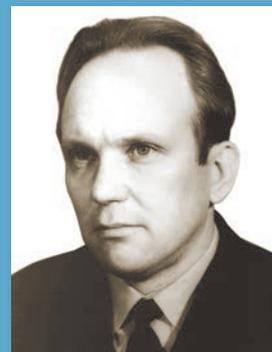
### Научная школа ВНИИНК

Научная школа ВНИИНК как школа научного приборостроения в области УЗ-неразрушающего контроля базировалась на достижениях отечественных исследователей С.Я. Соколова, Л.Г. Меркулова, Д.С. Шрайбера, И.Н. Ермолова, В.В. Клюева, А.К. Гурвича, И.А. Викторова, Ю.М. Шкарлета и др.

С 1971 по 1993 гг. институт возглавлял Виталий Николаевич Соседов. Являясь главным конструктором Минприбора СССР по разработке средств ультразвукового неразрушающего контроля (УЗНК), он внес существенный вклад в организацию разработки и масштабного промышленного производства массовых приборов УЗНК, таких как: дефектоскопы УД2-12, толщиномеры УТ-93П, приборы для контроля физико-механических свойств УК-10ПМС, рельсовые дефектоскопы типа «ПОИСК» и др., многие из которых до настоящего времени эксплуатируются и заслуженно пользуются популярностью у специалистов многих отраслей народного хозяйства.



Н.В. Химченко



В.А. Бобров



В.Н. Соседов

При его активном участии разрабатывались первые государственные стандарты на ультразвуковые дефектоскопы, толщиномеры и преобразователи к ним, методики и технология ультразвуковой дефектоскопии ответственных конструкций и сооружений, создавалась нормативная база УЗНК. В течение многих лет В.Н. Соседов руководил рядом крупных работ по программам международного сотрудничества в области неразрушающего контроля и технической диагностики, активно содействовал профессиональному росту ученых института, его научный вклад в развитие ультразвуковых методов контроля высоко ценит научно-техническая общественность, он удостоен Премии Совета Министров СССР.

Сотрудники ВНИИНК выполнили серьезные исследования в области теории пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) и методов измерения их параметров. Была разработана общая теория линейного обратимого электроакустического преобразователя, включающая в себя теорию многоэлементных преобразователей. Были предложены новые, теоретически обоснованные методы измерения параметров преобразователей, разработана новая технология изготовления ПЭП (д-р физ.-мат. наук М.Б. Гитис, канд. техн. наук Ф.И. Исаенко, канд. техн. наук А.Ф. Мельканович, канд. техн. наук В.В. Сажин и др.).

По результатам выполненных исследований были разработаны и серийно выпускались дефектоскопы общего назначения, толщиномеры, измерители времени распространения УЗ-колебаний, специализированные приборы УЗ-контроля структуры, измерения напряжений и др. (канд. техн. наук Г.Т. Бордюгов, канд. техн. наук В.А. Токарев, канд. техн. наук Н.А. Кеслер, канд. техн. наук С.А. Филимонов, канд. техн. наук А.Д. Гольден и др.). Исследования акустических методов контроля толщины изделий и конструкций с различной степенью коррозионного поражения, изменяющейся кривизной и шероховатостью поверхности проведены канд. техн. наук А.А. Приницким, канд. техн. наук В.А. Калининим, Л.Б. Цеслером, В.Л. Тарасенко и др.).

На базе исследований проф. А.К. Гурвича во ВНИИНК был выполнен комплекс НИОКР по совершенствованию методов и средств УЗ-дефектоскопии рельсов в пути (канд. техн. наук В.А. Лончак, канд. техн. наук П.Ф. Шаповалов, А.И. Бондаренко, М.П. Брандис, Д.С. Банку и др.). В результате многолетней совместной работы НИИ мостов, ВНИИНК и ПО «Волна» на железных дорогах страны успешно использовались исключительно средства отечественного производства для УЗ-дефектоскопии рельсов.

Во ВНИИНК в содружестве с ЦНИИС (М.В. Гершберг, С.В. Илюшин и др.), ЦНИИСМ (Д.А. Рапопорт, Ю.Г. Кутюрин и др.) разрабатывались приборы и установки автоматизированного и механизированного конт-

роля лопастей гребных винтов из стеклопластика (В.Т. Бобров, В.И. Минаков, Ж.Г. Никифоренко и др.), обечаек большого диаметра из ПКМ (В.М. Бобренко, В.В. Рябов, В.В. Игнатъевский и др.). Разработка методик и аппаратуры для оценки прочности бетона в нашей стране в течение нескольких десятилетий проводилась силами нескольких организаций: ВНИИЖБ, МИСИ (Москва), НИИСК (Киев), ВНИИНК (Кишинев), НИИИИИ и др.

Во ВНИИНК были созданы и первые микропроцессорные измерители скорости распространения УЗ-колебаний УФ-10П и УК-10ПМС (д-р техн. наук В.М. Бобренко, В.В. Рябов, В.В. Игнатъевский и др.), выпускавшиеся ПО «Волна» большими партиями.

Акустический метод определения прочности бетона введен в государственные стандарты и широко внедрен в строительстве.

Новизна технических решений, положенных в основу разрабатываемых приборов, подтверждалась авторскими свидетельствами и патентами на изобретения [139 и др.]. По результатам исследований ученых ВНИИНК был сформирован ряд научных направлений УЗ-неразрушающего контроля.

*Научное направление по проблемам автоматизированного ультразвукового контроля качества сварных соединений* во ВНИИНК в течение длительного времени возглавлял автор настоящего обзора. Разработанные специалистами ВНИИНК (В.Т. Бобров, Ю.А. Дружаев, О.Р. Заборовский, В.Д. Коряченко, А.А. Ткаченко, В.Г. Перлатов, М.И. Майзенберг, В.У. Мошкович и др.) установки автоматизированного контроля качества сварных швов в поточных линиях трубоэлектросварочных станов УТК-СТ1, УД-82УА, УД-78БМ были поставлены металлургическим предприятиям. Установки УД-82УА, ДУК-70М и другие длительное время выпускались заводом «Электроточприбор» ПО «ВОЛНА», г. Кишинев, (всего выпущено более 140 установок), внедрены на российских заводах – Челябинском трубопрокатном, Выксунском металлургическом, Волжском трубном, на украинских – Новомосковском и Харцызском трубных и др. Более 15 лет использовалась на Новомосковском трубном заводе (Украина) разработанная совместно с ЦЛАМ Укрглавтрубостали (канд. техн. наук А.В. Малинка, Б.В. Костюков и др.) установка ДУК-15 ЦЛАМ для технологического контроля сварки труб в поточной линии трубоэлектросварочного стана 159-529.

В рамках экспортного заказа совместно с Электростальским заводом тяжелого машиностроения ВНИИНК в 1974–1975 гг. были разработаны и поставлены металлургическим заводам Румынии (г. Яссы) и Болгарии (г. Септември) установки «АИСТ-2» и ДУК-70 для автоматизированного ультразвукового контроля сварных швов.

Для автоматизированного контроля качества сварных соединений химической и нефтяной аппаратуры разработана типовая установка УД-81УА (В.Д. Коряченко, А.А. Ткаченко, И.И. Фак и др.). Несколько лет установки «БУР-1М» и «Атлант-3» (М.Я. Любчик, Д.А. Кривенков, Г.И. Шалашов и др.) эксплуатировались Кольской геологической экспедицией сверхглубокого буре-

ния, что повысило надежность буровых работ и увеличило сроки службы бурильных труб. Достигнутая глубина скважины превысила 11 км и явилась рекордной. Всего потребителям – предприятиям нефтяной промышленности и металлургии поставлено около 200 этих установок. Внедрение ультразвуковых методов контроля в производстве нефтегазопроводных, бурильных и обсадных труб способствовало совершенствованию технологического процесса и повысило качество труб, их надежность в эксплуатации. Большое значение имел опыт специалистов отраслевых институтов в ускорении освоения и совершенствовании методов и средств контроля в металлургической промышленности (ВНИТИ – канд. техн. наук А.Т. Николаенко, канд. физ.-мат. наук А.П. Стипура, ведущий специалист В.С. Загоруйко и др.; ЦНИИ-Чермет – Н.Н. Тимошенко, В.С. Урусов и др., ВНИИА-Чермет – А.А. Акимов). Новизна технических решений, использованных при создании установок, подтверждается более чем 30 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

**Научное направление по исследованию метода акустической тензометрии** предложил и возглавил ученый-изобретатель д-р техн. наук Вячеслав Михайлович Бобренко (ВНИИ НК). Совместно со специалистами НПО «Энергомаш им. акад. В.П. Глушко» (канд. техн. наук А.С. Рудаков, А.В. Гульшин и др.) и Одесского политехнического института (заслуженный деятель науки и техники Украины, акад. АН высшей школы Украины, д-р техн. наук, проф. А.Н. Куценко и др.) специалистами института ВНИИ НК проведены исследования метода акустической тензометрии разъемных соединений, позволившие разработать на уровне изобретений [140 и др.] новый класс УЗ-приборов НК конструкций ответственного назначения.

На базе выполненных исследований ВНИИ НК была разработана гамма акустических тензометров, а внесенный в Государственный реестр средств измерений тензометр УП-31Э («АКОН-4») с комплектом УЗ-преобразователей с 1985 г. серийно выпускался заводом «Электроточприбор» ПО «Волна», г. Кишинев, (выпущено более 120 приборов) и нашел практическое применение в сборочных цехах предприятий аэрокосмического энергомашиностроения. Благодаря применению метода акустической тензометрии затяжки разъемных соединений полностью ликвидированы отказы жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) по протечкам и нарушению герметичности.

Двигатели производства ОАО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко» устанавливались на ракетах «Зенит» и на боевых межконтинентальных баллистических ракетах. ЖРД РД-170 использовался для самой мощной в мире ракеты «Энергия», выводившей на орбиту советский космический самолет «Буран». Проект двигателя РД-180, разработанного под руководством академика РАН Б.И. Каторгина с использованием технологии акустической тензометрии, в январе 1996 г. был признан победителем конкурса по разработке и поставке двигателей для американских ракет-носителей «Атлас III» и «Атлас V». 19 января 2006 г. с американского космодрома на мысе Канаверал успешно стартовала ракета «Атлас V» с автоматической межпланетной станцией НАСА (зондом New Horizons – «Новые горизонты» к планете Плутон.

Разработанный под руководством автора настоящей статьи и введенный в действие с 2010 г. государственный стандарт ГОСТ Р 52889–2007 «Контроль неразрушающий. Акустический метод контроля усилия затяжки резьбовых соединений. Общие требования» является первым нормативным документом, регламентирующим применение метода акустической тензометрии (В.Т. Бобров, В.М. Бобренко, А.В. Гульшин, В.Н. Козлов, А.Л. Углов и др.).

В настоящее время с участием проф. В.Т. Боброва, д-ра техн. наук В.М. Бобренко, А.В. Гульшина и других специалистов успешно выполняются исследования по созданию безэталонного метода акустической тензометрии затяжки разъемных соединений на базе применения ЭМАП.

**Научное направление в области создания бесконтактных (электромагнитно-акустических) способов УЗ-контроля электропроводящих материалов** развивалось на базе серьезных достижений советских и российских ученых-изобретателей. С 1966 г. Ю.М. Шкарлет, С.Н. Шубаев (НИИИИ), А.В. Малинка (НИИАЧермет, г. Днепропетровск), Г.М. Сучков (ХПИ, г. Харьков), С.Ю. Гуревич (ЮЖГТУ), В.А. Комаров (Физико-технический институт УРО РАН), Ю.И. Сазонов (МГУПИ) и Г.А. Буденков, Б.А. Буденков, В.Т. Бобров, Н.А. Глухов, Ж.Г. Никифорова, П.Ф. Шаповалов, М.Д. Каплан, М.И. Майзенберг и др. (ВНИИ НК) проводят исследования электромагнитно-акустических (ЭМА) способов возбуждения и приема объемных и нормальных волн. Их усилиями разработана теория и созданы ЭМА-преобразователи с постоянным и импульсным подмагничивающими полями, работающие в широком диапазоне частот и температур и обеспечивающие возбуждение и прием всего спектра УЗ-волн, используемых в НК.

*Интересно отметить, что предшественницей бесконтактного (ЭМА) метода явилась одна из работ А. Эйнштейна, посвященная исследованию пондеромоторных сил, действующих на ферромагнитные проводники с током, помещенные в магнитное поле (Эйнштейн А. Собр. науч. тр. Т. III. М., 1966. С. 240). Первое изобретение Ю. М. Шкарлета, Н. Н. Локшиной и Ю. И. Сазонова получило название «Бесконтактный пондеромоторно-акустический преобразователь» [141].*

В 1971–1975 гг. В.Т. Бобров, Ю.А. Дружаев, Н.А. Лебедева, Ю.Б. Свиридов, М.И. Майзенберг, В.У. Мошкочевич, М.Д. Каплан и др. (ВНИИ НК) исследовали способы ЭМА-возбуждения нового для УЗ-дефектоскопии типа сдвиговых горизонтально-поляризованных нормальных волн и впервые использовали их в дефектоскопии. Новизна указанных решений подтверждается авторскими свидетельствами СССР и патентами, полученными в США [142 и др.], Великобритании, Германии, Франции и Японии, и проданной в Германию лицензией. Исследования импульсного подмагничивания, также выпол-



В.М. Бобренко

ненные во ВНИИНК (д-р техн. наук В.Т. Бобров, Ж.Г. Никифоренко, канд. техн. наук П.Ф. Шаповалов, М.И. Майзенберг, В.У. Мошкович, В.Г. Успенский и др.), обеспечили эффективное возбуждение различных типов УЗ-волн при существенном снижении массы и габаритов ЭМА-преобразователей.

Результаты исследований советских ученых оценили за рубежом. Так, в статье Russian progress spurs US (Ultrasonics. 1975. Vol. 13. No. 3. P. 99) отмечалось: «Успехи русских в развитии электромагнитно-акустического ультразвука (ЭМА) вынуждают американское министерство обороны, по сообщению НИАС, расширять усилия в этой области. Этот доклад подтверждает тот факт, что в США работы по ЭМА ведутся спорадически, тогда как в СССР они ведутся широко и ЭМА-разработки применяются в промышленном производстве». На основе исследований ЭМА-возбуждения и приема УЗ-колебаний усовершенствованы способы НК металлоконструкций и проката, измерения толщины при различных температурах, созданы принципиально новые способы контроля акустической анизотропии листового проката, штампуемости металлов, измерения напряженного состояния материала деталей машин.

Вот что писал в 1994 г. в письме авторам патента ВНИИНК, полученного в США [142], Paul Davidson, President WIS, Inc. (США): «I have recently come across a copy of your US Patent # 4,100,809. Let me first begin by saying that this is an exceptional patent both in its scope and the clarity of detail it provides. I am also quite impressed by the level of EMAT (electromagnetic acoustic transducer) knowledge displayed in the patent, especially considering the date of the original work. Much of your work precedes the work of the Rockwell group done in the early 1980s that set the precedent for much of the JEMAT work in the US since 1980». (Я недавно обнаружил ваш патент США № 4100809. Прежде всего, позвольте мне начать с того, что это исключительный патент по своему содержанию и ясности детального изложения. Я также нахожусь под впечатлением уровня знаний об электромагнитно-акустических преобразователях (ЭМАП), представленных в патенте, особенно с учетом даты начала исследований. Большая часть Вашей работы предшествует работе группы Rockwell, проведенной в начале 1980-х годов.) Полученный в США патент № 4100809 явился самой цитируемой публикацией автора обзора – более 60 ссылок в патентах США заявителей, представляющих Rockwell International Corporation, The Boeing Company, Siemens Power Corporation, The Babcock & Wilcox Company, Mcdermott Technology, Inc., Shell Oil Company, Spirit Aerosystems, Inc. и др., и ФРГ (Betriebsforschungsinstitut VDEh Institut für Angewandte Forschung GmbH).

История изобретения ЭМА-способа возбуждения сдвиговых нормальных волн, составившего основу авторских свидетельств СССР и зарубежных патентов, полученных в США, Великобритании, ФРГ, Франции и Японии, вполне соответствует, по классификации психологов, варианту случайных научных достижений.

Однажды в первой половине 70-х гг. прошлого столетия специалисты ВНИИНК проводили эксперименты по возбуждению волн Лэмба в тонком стальном листе 1 с использованием постоянного электромагнита 2 и высо-

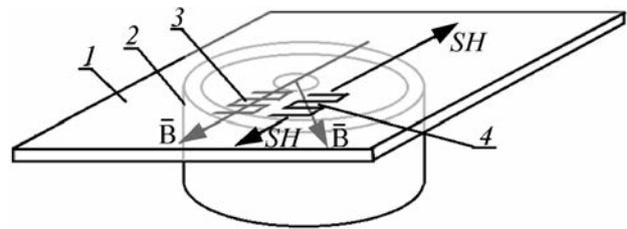


Рис. 5. К истории изобретения ЭМА-способа возбуждения сдвиговых нормальных волн

кочастотного индуктора типа меандра 3 (рис. 5). В какой-то момент индуктор самопроизвольно переместился из положения 3, что обеспечивало возбуждение волны Лэмба, в положение 4. При этом импульс на экране электронно-лучевой трубки резко сместился относительно положения импульса волны Лэмба, т.е. изменилась скорость распространения УЗ-волны. Конечно, нам были известны сдвиговые горизонтально-поляризованные нормальные (SH) волны, обладавшие целым рядом преимуществ по сравнению с волнами Лэмба. Известны были и способы их возбуждения путем приклейки кварца у среза или пьезоэлемента соответствующей поляризации к поверхности ОК или использования вязкой среды (мед и пр.), не позволявшие их применение при УЗ-контроле. При дальнейшем проведении исследований мы убедились в том, что найден принципиально новый способ возбуждения SH-волн. Элемент случайного заключался в том, что совпали выбранные толщина ОК, частота возбуждающего импульса, параметры высокочастотного индуктора и ориентация магнитного поля. Когда Госкомизобретений предложил нам патентовать некое устройство, мы настояли на патентовании этого способа.

Совместно с НИИАЧермет, г. Днепропетровск, в 1985 г. ВНИИНК продана лицензия фирме KTV – Systemtechnik, ФРГ, на «Способ и технологию электромагнитно-акустического контроля металлических изделий», в которой использованы авторские свидетельства и зарубежные патенты, полученные учеными и изобретателями института.

Об уровне исследований и качестве разработок ВНИИНК свидетельствует тот факт, что 40 специалистов защитили кандидатские диссертации и пять – докторские. Всего учеными и специалистами ВНИИНК было создано около 1000 изобретений, получены десятки зарубежных патентов.

Важный вклад в разработку теории бесконтактного возбуждения ультразвука внес д-р физ.-мат. наук Юрий Иванович Сазонов – автор монографии, более 200 научных и учебно-методических работ, 27 авторских свидетельств и патентов. Им сформулированы физические принципы оптимальной генерации и приема звуковых и ультразвуковых волн в различных средах с учетом электронной проводимости, магнитной проницаемости и акустических характеристик среды, предложен новый физически обоснованный подход к построению математических моделей ультразвуковых преобразователей электромагнитного типа в режиме приема упругих колебаний в ферромагнитных и неферромагнитных металлах.

### Научная школа НИИИН МНПО «Спектр»

Основателем и первым директором Научно-исследовательского института интроскопии был изобретатель радиолокации д-р техн. наук Павел Кондратьевич Ощепков, с 1970 г. институт возглавил Владимир Владимирович Клюев. Под его руководством была создана научная школа НИИ интроскопии как школа приборостроения с использованием всего спектра методов НК. И хотя годом ранее был создан ВНИИНК, специализировавшийся на исследовании и разработке ультразвуковых методов и средств НК, в НИИИН начали свою деятельность известные ученые-ультразвуковики Ю.В. Ланге, Ю.М. Шкарлет и перспективные молодые ученые М.В. Королев, Н.Н. Яковлев, В.Г. Шевалдыкин, А.А. Самокрутов, В.Н. Козлов и др. Решение таких особенно остро вставших в 60-х гг. XX в. проблем, как оснащение трубокатных заводов высокопроизводительными средствами НК, потребовало объединения усилий ученых института для разработки технологической линии комплексного контроля цельнометаллических труб. Эту работу возглавил будущий акад. РАН В.В. Клюев, под руководством которого был впервые разработан и внедрен на Первоуральском новотрубном заводе ЭМА-толщиномер УТ-80Б для бесконтактного автоматизированного контроля толщины труб. По результатам исследований также были созданы важные изобретения [143 и др.].

**Научное направление в исследовании и конструировании сверхширокополосных ультразвуковых пьезопреобразователей для приборов толщинометрии** создал д-р техн. наук, проф. М.В. Королев, разработавший более 15 типов ультразвуковых толщиномеров и приборов контроля для измерения физико-механических свойств материалов. За годы работы в НИИ интроскопии он стал ведущим специалистом в области ультразвуковых методов НК, лауреатом Премии Совета Министров СССР. Он автор восьми монографий и справочников, 129 статей и докладов, 36 авторских свидетельств на изобретения.

**Научное направление по исследованию и созданию устройств на базе информационных технологий и корреляционных методов обработки акустических сигналов с антенными системами и малоапертурными преобразователями** возглавил д-р техн. наук А.А. Самокрутов. Коллективом научного отдела «Акустические контрольные системы» (в настоящее время ООО «Акустические контрольные системы») были выполнены исследования и разработка принципиально новых УЗ-преобразователей с сухим точечным контактом (СТК), с помощью которых можно без использования контактной жидкости возбуждать и принимать не только продольные, но и поперечные волны (д-р техн. наук А.А. Самокрутов, д-р техн. наук В.Г. Шевалдыкин, канд. техн. наук В.Н. Козлов и др.).

А.А. Самокрутовым разработана концепция информационного подхода к анализу процедур НК и ТД и на этой основе сформулированы принципы построения средств НК с использованием технологии полного цифрового тракта, разработаны типовые аппаратные платформы и новые средства НК на базе малоапертурных преобразователей и антенных решеток, превосходящие существующие аналоги по ряду технических и метрологических характеристик (новые технические решения защищены патента-

ми РФ). Эти качества позволили совершить прорыв и создать технологию УЗ-томографического контроля бетона и несколько типов приборов, не имеющих до сих пор аналогов в мире, таких как А1220 – с 24-элементной антенной решеткой (АР) с СТК, А1230 на базе мобильного персонального компьютера с 36-элементной АР с СТК, УК1401 – с встроеными ПЭП с СТК.

В последние годы вместо ранее разработанных приборов выпускаются: низкочастотный ультразвуковой томограф А1020 MIRA Lite с визуализацией внутренней структуры бетона при одностороннем доступе; низкочастотный ультразвуковой томограф А1040 MIRA для контроля конструкций из бетона, железобетона и камня при одностороннем доступе к ним в целях определения целостности материала в конструкции, поиска инородных включений, полостей, непроливов, расслоений и трещин, а также измерения толщины объекта контроля; низкочастотный ультразвуковой сканер-топограф А1050 PlaneScan для обнаружения дефектов обшивки самолета методом поверхностного прозвучивания с использованием ультразвуковых преобразователей с катящимся сухим точечным контактом.

Ультразвуковой дефектоскоп А1220 MONOLITH предназначен для решения задач толщинометрии и дефектоскопии конструкций из бетона, горных пород, асфальта. Уникальность прибора состоит в том, что он, помимо сквозного прозвучивания, позволяет проводить контроль объектов эхо-методом при одностороннем доступе, что делает возможным применение его для обследования объектов, находящихся в эксплуатации, таких как здания, мосты, тоннели и т.п. Важным преимуществом прибора является возможность контроля без применения контактной жидкости благодаря использованию в антенной решетке элементов с СТК без предварительной подготовки поверхности, что значительно облегчает работу и ускоряет процесс контроля. Предложен способ и подтверждена эффективность эхо-метода контроля протяженных конструкций (рельсов и трубопроводов) с использованием низших мод поперечных волн, формируемых линейными АР, построенными на базе преобразователей с СТК с касательными колебаниями протектора. Показано, что при использовании синтезированной фокусировки возможно переключение направления чувствительности на противоположное, что обеспечивает двунаправленный обзор и дополнительное увеличение производительности контроля рельсов по сравнению с жидкостными преобразователями.

Начиная с 2000 г. на базе этих результатов был создан и производится дефектоскоп АКР1224 для волноводного контроля длинномерных объектов (рельсов, штанг, прутков). Установлено, что при использовании 8-элементной антенны обеспечивается обнаружение дефектов с относительной площадью поперечного сечения от 15% на расстояниях от 0,5 до 25 м при работе в диапазоне частот от 20 до 100 кГц.



В.В. Клюев



Н.П. Алешин

### Научная школа МГТУ им. Н.Э. Баумана

Научная школа МГТУ им. Н.Э. Баумана в области УЗ-дефектоскопии, формирование которой было начато акад. Г.А. Николаевым с участием проф. Н.П. Алешина, получила существенное развитие в последние 30 лет.

С 1989 г. деятельность кафедры «Технологии сварки и диагностики» (МТ7), возглавляемой академиком РАН Н.П. Алешиним, связана с научно-исследовательской работой по направлениям: физико-химические процессы в сварке; новые методы сварки; прочность сварных соединений; технология и автоматизация процессов сварки; диагностика, сертификация и контроль качества сварных соединений; проектирование сварочного оборудования.

Под руководством Н.П. Алешина и при его непосредственном участии решен ряд фундаментальных проблем. Им созданы теория, технология и оборудование НК сварных соеди-



М.В. Григорьев

нений строительных конструкций, отличительной особенностью которых является возможность проведения УЗ-контроля при высоте неровностей больше длины волны. Развита теория дифракции упругих волн в твердом теле при приближении для коротковолновых отражателей. Создание этой теории позволило разработать новые технологии диагностирования объектов различного назначения (газонефтепроводы, резервуары, космическая техника и др.).

Им сформулирована физическая модель и дано математическое описание акустосварочной модели крупнозернистых материалов. Это позволило вместе с ЦНИИ «Прометей» создать принципиально новую технологию диагностирования аустенитных сварных швов (судостроение, атомные электростанции). Предложен и реализован метод решения задачи рассеяния акустического поля на групповых отражателях (метод вынесенных источников). Благодаря этому были разработаны алгоритмы идентификации одиночных и группы дефектов в сварных швах. Результаты исследований ученых кафедры в области ультразвуковой дефектоскопии широко известны научной общественности России и зарубежных стран.

Н.П. Алешин – президент Национального агентства контроля сварки, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГАУ «Научно-учебный центр «Сварка и контроль», главный редактор журнала «Сварка и диагностика», член Межведомственной комиссии по техническому развитию президиума Совета при Президенте Рос-

сийской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, член Национального совета при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям, заместитель председателя Общественного совета при Ростехнадзоре. Его труд отмечен высокими государственными наградами, он лауреат Премии Совмина СССР, Премий Правительства России, лауреат Государственной премии и др. Н.П. Алешин – автор 194 научных работ, из которых 15 монографий, 9 брошюр, десятков изобретений. Под его руководством защищено 30 кандидатских и 9 докторских диссертаций. При поддержке Н.П. Алешина автор настоящего обзора в 1991 г. защитил докторскую диссертацию, посвященную УЗ-контролю сварных швов труб и сосудов давления, в диссертационном совете при МГТУ им. Н.Э. Баумана, которым тогда руководил академик Георгий Александрович Николаев.

С 2005 г. по настоящее время заместителем директора по научной работе ФГАУ «Научно-учебный центр «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана» работает канд. техн. наук, член-кор. Российской инженерной академии Михаил Владимирович Григорьев. Под руководством М.В. Григорьева и при его непосредственном участии решен ряд фундаментальных проблем в области диагностики технического состояния потенциально опасных производственных объектов, развита теория дифракционных методов УЗНК сварных соединений. На базе этой теории созданы новые технологии и оборудование, обеспечивающее существенное повышение информативности результатов УЗ-контроля. Являясь доцентом кафедры технологии сварки и диагностики МГТУ им. Н.Э. Баумана, М.В. Григорьев осуществляет руководство аспирантами, читает курс лекций по физике ультразвука для студентов университета. Он автор более 80 изобретений и научных трудов, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники за 2011 г., награжден медалью ордена «За заслуги перед отечеством» 2-й степени, медалью «850-летие Москвы» и др.

### Научная школа ИЭС им. Е.О. Патона

ИЭС им. Е. О. Патона как крупный научный центр по исследованию новых технологий сварки возглавил работы в области акустических и других методов контроля качества сварных соединений. В 1978–1979 гг. по инициативе директора ИЭС им. Е.О. Патона академика Б.Е. Патона были подготовлены правительственные решения по развитию средств неразрушающего контроля качества сварных соединений. К участию в этой работе были привлечены многие министерства и ведомства, ведущие институты и предприятия.

Коллегию ГКНТ СССР, посвященную рассмотрению проекта постановления, вел его председатель академик АН СССР В.А. Кириллин. Он, а затем академики Я.Б. Зельдович, Б.Е. Патон, Г.А. Николаев с глубоким пониманием проблемы охарактеризовали важность подготовленных предложений и высказались в их поддержку. В итоге было принято решение о поддержке предложений о принятии Постановления ГКНТ СССР о развитии исследований методов и создании средств неразрушающего контроля сварных соединений.

Но это была только часть решения проблемы, поскольку впервые за многие годы было подготовлено правительственное решение, предусматривавшее наряду с поручениями институтам и предприятиям на разработку методов и средств НК и ТД сварных соединений выделение средств на развитие исследований и, как сейчас говорят, на развитие инфраструктуры. Поскольку решение этих вопросов находилось в ведении Совета Министров СССР, 9 августа 1979 г. было принято Постановление СМ СССР № 757 «О расширении внедрения в сварочное производство современных методов и средств неразрушающего контроля качества сварных соединений». Этот «дуплет» из двух постановлений сыграл большую роль в развертывании исследований и разработок в интересах повышения качества и автоматизации неразрушающего контроля сварных соединений, расширения номенклатуры и увеличения объемов производства средств неразрушающего контроля качества сварных соединений.

С 1976 г. заведующим отделом «Неразрушающие методы контроля качества сварных соединений» ИЭС им. Е.О. Патона является д-р техн. наук, проф. Владимир Александрович Троицкий. Под его руководством на всех трубных заводах страны был внедрен сдаточный НК нефтегазопроводных труб. Участки НК труб большого диаметра созданы на Челябинском трубопрокатном заводе. На Харьковский трубном заводе (Украина) проводился технологический, в линии сварки, и сдаточный, после экспандирования и гидроиспытаний, 100%-ный УЗ-контроль установками У-664, разработанными ИЭС им. Е. О. Патона (В.А. Троицкий, И.Я. Шевченко, Ю.К. Бондаренко, В.Л. Найда и др.) на базе серийно выпускаемых ПО «Волна» по разработкам ВНИИНК приборов и установок ДУК-70М. Всего было выпущено более 140 установок для контроля сварных швов труб.

ИЭС им. Е.О. Патона (В.А. Троицкий, П.Т. Ющак, В.П. Радько) совместно с ВНИИСТ (Г.А. Гиллер, С.А. Фалькевич и др.) и ВНИИНК (О.Р. Заборовский и др.) разработаны и прошли испытания установки ультразвукового контроля сварных швов магистральных газонефтепроводов в условиях Крайнего Севера.

В рамках реконструкции цеха по производству сварных труб большого диаметра Выксунского металлургического завода (ВМЗ) в конце 1980-х гг. ВНИИНК поставил заводу ряд установок УД-77БМ для контроля концов труб (разработчики О.Р. Заборовский, В.Д. Сирый). Для обеспечения технологического и сдаточного УЗ-контроля сварных швов труб большого диаметра ИЭС им. Е.О. Патона совместно с ВНИИНК (НИИНК) были оборудованы участки УЗ-контроля и поставлены установки НК-160, НК-360, НК-361, НК-362 (разработчики В.А. Троицкий, И.Я. Шевченко, В.Л. Найда и др.), построенные на базе серийно выпускаемой ПО «Волна» многоканальной УЗ-аппаратуры УД-82УА и многоканальных автоматизированных дефектоскопических комплексов ультразвукового контроля электросварных труб «Интроскоп-02.01» и «Интроскоп-02.02» производства НИИНК.

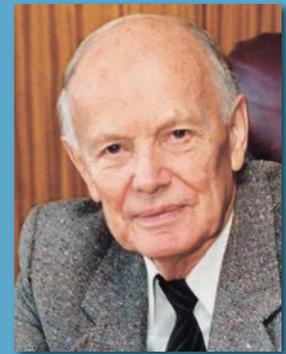
Внедрение НК в производстве нефтегазопроводных труб на металлургических заводах способствовало совершенствованию технологического процесса и повысило качество труб.

В результате длительной эксплуатации установок были определены оптимальные режимы настройки аппаратуры, накоплены статистические данные о типах дефектов, их связи с нарушениями технологии изготовления труб и разработаны предложения по усовершенствованию методов и аппаратуры контроля труб. Новизна технических решений подтверждается полученными совместно авторскими свидетельствами и патентами на изобретения [144, 145 и др.].

### Научная школа ИПФ НАН Беларуси

Ученик академика АН БССР Е.Г. Коновалова – автора открытия ультразвукового капиллярного эффекта, сделанного им в 1961 г., П.П. Прохоренко успешно продолжил исследования этого явления. В 1993 г. П.П. Прохоренко был назначен директором Института прикладной физики НАН Беларуси. Находясь на этом посту, он много сделал для развития института, формирования ряда научных направлений. Под его руководством подготовлено 12 кандидатских и 4 докторских диссертаций.

П.П. Прохоренко является автором более 350 научных работ, в том числе 9 монографий и учебных пособий, свыше 70 изобретений, научные результаты его исследований успешно внедрены на ряде предприятий автомобильного, авиационного и железнодорожного машиностроения. Труды П.П. Прохоренко получили международное признание. Его доклады начиная с 1982 г. представлены на всех авторитетных и всемирных конгрессах по физике неразрушающего контроля и технической диагностики. Он входил в состав директората Всемирной федерации центров неразрушающего контроля. П.П. Прохоренко являлся членом бюро Отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, вице-президентом Белорусской ассоциации неразрушающего контроля и технической диагностики, членом научного совета Национальной академии наук Беларуси по проблемам машиностроения, членом редколлегии журналов «Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук», «Материалы, технологии, инструмент» (г. Гомель, Беларусь), «Техническая диагностика и неразрушающие методы контроля» (г. Киев, Украина). Учитывая научные заслуги П.П. Прохоренко, в 1996 г. он был избран членом-корреспондентом НАН Беларуси, а в 2000 г. – действительным членом НАН Беларуси. За активную научную и научно-организационную деятельность, подготовку научных кадров Ука-



Б.Е. Патон



В.А. Троицкий



*П.П. Прохоренко*

зом Президента Республики Беларусь от 23 января 2004 г. директор ИПФ НАН Беларуси, академик П.П. Прохоренко награжден медалью Франциска Скорины.

Значительных успехов достигли в исследовании акустических методов контроля ученые ИПФ НАН Беларуси (д-р техн. наук А.Р. Баев, канд. техн. наук А.Л. Майоров, канд. техн. наук М. Асадчая и др.).

Исследования акустических и гидродинамических процессов в магнитожидкостных звукопроводах, выполненные Алексеем Романовичем Бaeвым, позволили установить закономерности изменения акустических и упругих свойств магнитных жидкостей на органической основе и воде в диапазоне концентраций магнетика, близком к предельному, и температурах, включающих область изменения фазового состояния вещества. На основе анализа нелокальных релаксационных процессов и стоковского поглощения им дана трактовка результатов экспериментальных



*А.Р. Баев*

исследований и предложена модель адиабатной сжимаемости жидкости, развиты представления о механизмах преобразования энергии лазерного излучения и магнитного поля в упругие волны и показана принципиальная возможность управления кавитационными явлениями в магнитных жидкостях внешним полем.

А.Р. Баевым теоретически и экспериментально основаны способы формирования магнитожидкостных звукопроводов в акустическом и магнитном полях и разработана концепция их использования для управления потоками акустической энергии в технической акустике и смежных с ней областях, разработаны высокопроизводительные устройства с повышенной надежностью и стабильностью акустического контакта (~2 дБ) для контроля изделий со сложным рельефом поверхности, находящихся в труднодоступных местах, в невесомости, в зоне повышенной радиации; разработки А.Р. Баева защищены 23 авторскими свидетельствами на изобретение и внедрены на предприятиях стран СНГ и Беларуси.

#### **Исследования ученых КБ «Цветметавтоматика»**

Важным этапом в развитии промышленного использования ультразвукового контроля стало применение методов бесконтактного (относительно контролируемой технологической среды) просвечивания гидротока и движущейся в воздухе технологической твердой среды (прокатываемых листов, полос и фольги, в частности) с определением поверхностной плот-

ности и толщины среды (слоя, покрытия) по степени его аэроакустической прозрачности и методов «звнящей стенки», в котором источником информации о физических свойствах, технологическом давлении и уровне жидкости служит стенка гидроемкости (трубопровода) при возбуждении в ней мод симметричной и антисимметричной, нормальных, продольно-поверхностной, рэлеевской поверхностной или наклонно распространяющейся поперечной ультразвуковых волн. Впервые в мире эти методы открыл, исследовал и применил основатель ультразвукового контроля и регулирования технологических процессов – выдающийся ученый и конструктор Н.И. Бражников, автор ряда монографий, свыше 200 научных статей и 187 изобретений, в том числе четырех именных авторских свидетельств, патентов СССР и Российской Федерации и 38 патентов Великобритании, Германии, Италии, США, Японии, Франции, Швейцарии и других стран.



*Н.И. Бражников*

#### **Исследования ученых Института ультразвуковых исследований Литвы**

Крупным научным центром исследований ультразвуковых методов контроля является Институт ультразвуковых исследований при Каунасском технологическом университете KTU (KTU UI), Литва, возглавляемый д-ром техн. наук (д-р хабил.), проф. Р.-Й.Ю. Кажисом (Rimantas Jonas Kažys). Исследования в области ультразвуковых измерений и НК проводятся уже более 50 лет. Учеными и специалистами института были выполнены исследования и разработаны способы и устройства для измерения скорости ультразвука, большое количество ультразвуковых преобразователей. Римантас-Йонас Юозович Кажис в период с 1969 по 1991 г. с соавторами получил более 90 авторских свидетельств на изобретения, в их числе 24 авторских свидетельства на ультразвуковые преобразователи, 22 – на способы и устройства измерения скорости ультразвука. В.И. Домаркас с соавторами получил более 30 авторских свидетельств на изобретения в области акустических систем и преобразователей. Всего учеными института разработаны более 100 методов и приборов для различных промышленных и научных применений, получены более 150 патентов на изобретения. Ими опубликованы



*Р.-Й.Ю. Кажис*

более 1000 статей в международно признанных научных журналах. Под руководством проф. Р.-Й.Ю. Кажиса выполнены исследования в области ультразвуковых измерений и диагностики в экстремальных условиях: при очень высоких температурах, высоких давлениях, радиоактивном излучении. Результаты исследований обобщены в книгах В.И. Домаркаса и Р.-Й.Ю. Кажиса.

### Заключение

1. Прошедшие 90 лет были периодом активного становления и развития нового направления в науке и технике – физической акустики и ультразвуковых методов неразрушающего контроля и технической диагностики.
2. Учениками и последователями Сергея Яковлевича Соколова исследованы способы возбуждения/приема всех типов акустических волн на основе использования контактных пьезоэлектрических (с жидкостным и сухим точечным контактом) и бесконтактных (электромагнитно-акустических, лазерных, пьезоэлектрических с воздушной связью) преобразователей.
3. Выполнены исследования параметров преобразователей, разработана теория акустического тракта при ультразвуковом контроле металла, сварных и разъемных соединений.
4. Предложены и исследованы новые методы контроля газообразных, жидких и твердых сред в широком диапазоне частот:
  - низкочастотные – импедансный, велосиметрический, локальный метод свободных колебаний, ударный;
  - высокочастотные – ультразвуковой дефектоскопии, ультразвуковой толщинометрии, ультразвуковой дефектотометрии, ультразвукового контроля структуры металла, ультразвуковой голографии, акустической тензометрии, ультразвуковой расходомерии и др.

5. Предприятиями приборостроения СССР и фирмами России организованы разработки и производство приборов и систем ультразвукового контроля, обеспечившие потребности всех отраслей промышленности страны.
6. Приоритет отечественной школы ультразвуковой дефектоскопии признан всемирно, новизна технических решений подкреплена авторскими свидетельствами и патентами на изобретения, для награды ученых за выдающиеся достижения учреждены медаль «Рентген–Соколов» и награда Международного комитета по неразрушающему контролю (ICNDT) «За вклад в исследования по НК» (Sokolov Award).

**Библиографический список представлен на сайте журнала**  
[http://tndt.idspektr.ru/images/stories/archive/04\\_2018/tndt\\_2018\\_04\\_bibl.pdf](http://tndt.idspektr.ru/images/stories/archive/04_2018/tndt_2018_04_bibl.pdf)

**Примечание.** В статье приводятся ссылки на монографии, отдельные статьи и доклады, а также авторские свидетельства и патенты на изобретения способов и устройств ультразвуковой дефектоскопии ученых-изобретателей из СССР, России и стран СНГ. Более полный перечень изобретений в области ультразвукового неразрушающего контроля представлен на сайте издательского дома «Спектр». Редакционный совет приглашает изобретателей к участию в формировании банка данных по изобретениям в области акустических (ультразвуковых) методов контроля.

**Ссылка на перечень изобретений, собранных автором статьи**  
[http://idspektr.ru/download/UT\\_patent.pdf](http://idspektr.ru/download/UT_patent.pdf)



SENSOR+TEST 2019 for Conference Attendees  
SENSOR+TEST trade fair in Nürnberg is the world's leading forum for sensors, measuring and testing technology.

From simple microsensors to complex test rigs, from ready-to-use components to individualised services, the SENSOR+TEST represents the complete competence in measurement technology.

During SENSOR+TEST 2019 a top-class conference will take place:

20. GMA/ITG-Fachtagung "Sensoren und Messsysteme"  
This German-speaking symposium has become the most significant one in the branch of sensor technology.  
The conference will be held again parallel to the SENSOR+TEST.  
Conference language: German



#### CONTACT

AMA Service GmbH  
Von-Münchhausen-Str. 49  
31515 Wunstorf  
Germany

Tel +49 (0)5033 9639-0  
Fax +49 (0)5033 9639-20  
[www.ama-service.com](http://www.ama-service.com)  
[info@ama-service.com](mailto:info@ama-service.com)

# КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КОРРОЗИИ БЕЗ СНЯТИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЧЕРЕЗ ОБШИВКУ ИЗ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ. ТЕПЕРЬ ЭТО ВОЗМОЖНО



**БОРИСКОВ Юрий Васильевич**

Ведущий инженер, АО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ», Москва

Импульсный вихретоковый метод PEC (Pulsed Eddy Current) – это разновидность неразрушающего контроля, позволяющая выявлять очаги коррозионного поражения под слоем изоляции (рис. 1). Это превосходный инструмент для предварительного (поискового) контроля, когда необходимо обследовать объект, находящийся в эксплуатации и обшитый слоем изоляции.

Метод позволяет дефектоскопистам расширить график работ и не зависеть от сроков остановки технологических объектов.

Принцип метода: катушка, размещенная на некотором расстоянии (уровень зазора) от поверхности



Рис. 1. Процесс контроля

объекта контроля (из ферромагнитного токопроводящего материала), излучает магнитный импульс. Действие импульса продолжается до тех пор, пока магнитное поле не проникнет сквозь всю толщю металла. Процесс называется «фаза излучения» (рис. 2).

Как только магнитное поле полностью стабилизировалось, пройдя через всю толщину стенки, излучение импульса преобразователем резко прерывается (рис. 3).

В этот момент в материале возникают вихревые токи, индуцирующие свое магнитное поле, которое измеряется чувствительным элементом преобразователя. Вихревые токи проходят от наружной поверхности стенки к внутренней, постепенно затухая (рис. 4). Затухает и их магнитное поле. В ходе фазы приема происходит измерение амплитуды сигнала в зависимости от времени. Формируется график, который выводится на экран прибора в виде А-скана. По форме и скорости затухания сигнала, представленного графиком, проводится оценка толщины объекта контроля.

Оценивая продолжительность и интенсивность магнитного импульса, можно контролировать объекты толщиной 3–100 мм. При этом толщина изоляции или уровень зазора может составлять до 300 мм.

Фактором, ограничивающим и усложняющим применение технологии PEC, является наличие защиты от окружающей среды из листов оцинкованной стали, которая представляет собой ферромагнитный и токопроводящий материал. Лист из «оцинковки» рассеивает (экранирует) магнитное поле в фазе излучения, поэтому интенсивность магнитного поля значительно снижается.

Чтобы оценить степень серьезности этого эффекта, инженерами EDDYFI получена модель излучения при трех разных случаях (рис. 5).

Результат полученной модели показывает, что при толщине оцинкованного листа 0,5 мм магнитная индукция падает на 40% относительно того же значения при отсутствии оцинковки. На рис. 6 представлены полевые испытания технологии PEC на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ). Объект контроля – резервуар в изоляции, обшитый листами оцинкованной стали.

Еще одним негативным фактором является увеличение пятна фокуса преобразователя.

Наибольшая точность и измерения дефектов возможны, если площадь дефекта превышает пятно фокуса преобразователя. Если площадь дефекта меньше пятна фокуса, толщина стенки в дефектной зоне усредняется по номинальной толщине, которая захватывается в этот момент пятном фокуса преобразователя вместе с дефектной зоной. В этом случае измерить точную толщину стенки дефектной зоны не представляется возможным. Технология РЕС обеспечит только визуальную индикацию таких дефектов, но не измерение. Таким образом, оцинковка, увеличивая размер пятна фокуса преобразователя, повышает количество зон контроля, в которых будет невозможно достоверно измерить остаточную толщину металла.

Наличие защиты от окружающей среды из оцинкованной стали приводит к искажению А-скана. Так как оцинковка является проводящим материалом, в момент, когда преобразователь находится в фазе излучения, в ней тоже образуются вихревые токи со своим магнитным полем. Это магнитное поле записывается преобразователем в момент фазы приема. Информация накладывается на общий полезный сигнал. В итоговом А-скане первые несколько секунд доминируют сигналы от обшивки. К счастью, сигнал в оцинковке затухает намного быстрее по сравнению со стенкой объекта контроля. На рис. 7 показан А-скан с графиками, полученными при контроле объекта с параметрами: 12,7 мм толщина стенки трубы, 50 мм толщина изоляции. При этом в одном случае лист оцинковки присутствует, а в другом отсутствует.

На графиках прослеживается влияние оцинковки на форму сигнала. Такая форма может быть следствием пропуска дефектов,



Рис. 2. Фаза излучения магнитного поля

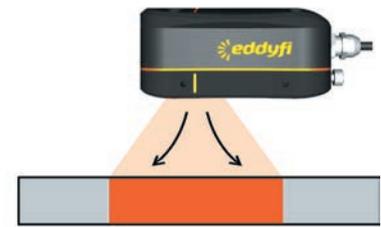


Рис. 3. Фаза отключения магнитного поля



Рис. 4. Фаза приема сигнала

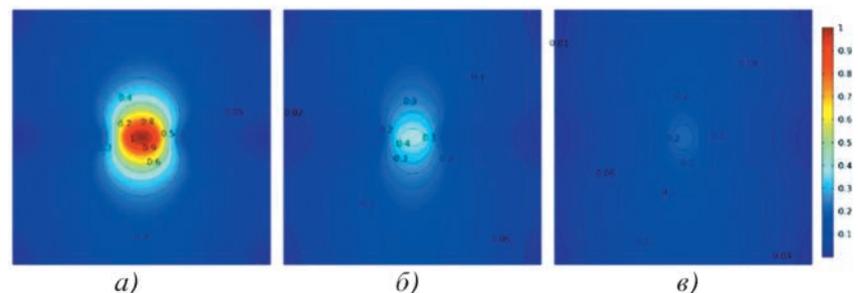
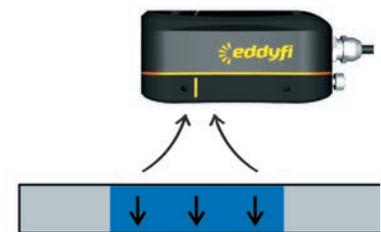


Рис. 5. Плотность магнитного потока в пластине из углеродистой стали толщиной 12,7 мм: а – без обшивки; б – обшитой оцинкованным листом толщиной 0,5 мм; в – обшитой оцинкованным листом толщиной 1,0 мм

площадь которых меньше, чем размер пятна фокуса.

Наконец, вибрация листов оцинковки при проведении сканирования объекта контроля также вносит большие помехи. Вибрация возникает в фазе излучения и приема преобразователя. В момент излучения магнит-

ное поле влияет на лист оцинковки. В зонах, где лист не закреплен, он выгибается в сторону излучения магнитного поля, когда магнитное поле отключается, лист возвращается в исходное положение. Это происходит с высокой частотой. В результате создается вибрация в диапазоне



Рис. 6. Полевые испытания технологии PEC на НПЗ

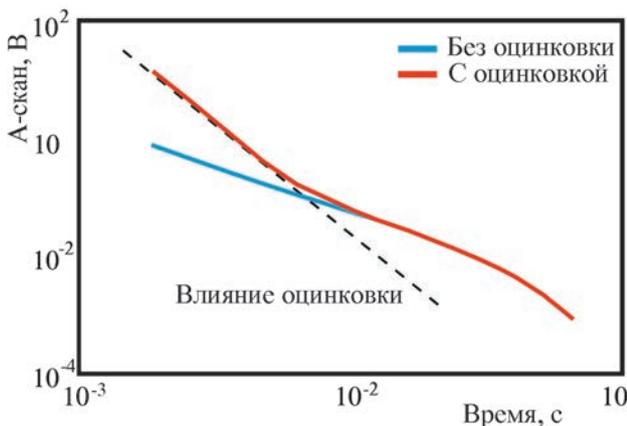


Рис. 7. Типовой А-скан при наличии оцинковки и без нее. Усиление подобрано для наложения двух графиков А-скана после 20 мс воздействия

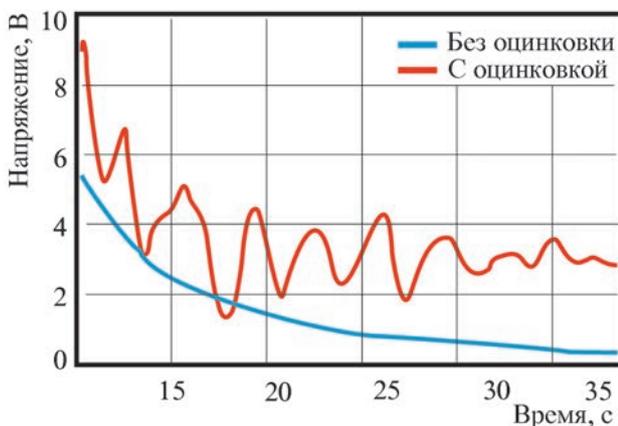


Рис. 8. Сравнение А-сканов и уровня вибрации при наличии оцинковки и без нее

1–100 Гц, которая накладывает свой отпечаток на график А-скана (рис. 8).

Форма сигнала при вибрации и спектральная составляющая зависят от нескольких факторов: толщина листа, амортизирующие свойства изоляции, качество металла, степень фиксации листа на объекте контроля и др. Вдобавок вибрация синхронизируется с фазой излучения преобразователя, и поэтому сигналы от нее не могут быть отфильтрованы алгоритмами обработки данных программного обеспечения.

Все перечисленные эффекты дают четкое представление о сложностях, возникающих при использовании метода импульсного вихретокового контроля для объектов, обшитых оцинкованной сталью.

Понимая широкую распространенность данного типа обшивки (рис. 10) на постсоветском пространстве, в Германии, странах Латинской Америки, инженеры EDDYFI занялись данным вопросом и предложили несколько практических шагов для снижения влияния оцинковки на проведение неразрушающего контроля методом PEC:

- 1) механическое устранение вибрации листа обшивки при контроле. Необходимо подобрать соответствующий размер преобразователя и во время проведения сканирования прижимать его с такой силой, чтобы лист оцинковки не колебался (рис. 9);
- 2) разработка специальной конструкции преобразователя, при которой будут сбалансированы чувствительность, зона магнитного влияния преобразователя и габариты приемника в преобразователе;
- 3) применение при анализе данных специального аналитического алгоритма и фильтров. Например, такой алгоритм имеют приборы для импульсного вихретокового контроля производства компании EDDYFI.

В дальнейшем компания EDDYFI приступила к разработке специального преобразователя для контроля объектов с защитой от окружающей среды из листов оцинковки. В конструкции преобразователя используются постоянные магниты, расположенные рядом с чувствительными катушками. Это сделано для того, чтобы при контроле лист оцинковки под преобразователем находился в приложенном магнитном поле, что снижает магнитную проницаемость оцинковки. Вследствие этого слой обшивки становится намного «прозрачнее» для импульсов, которые излучает преобразователь. Пятно фокуса преобразователя при этом практически не увеличивается, а соответствует табличным размерам, как если бы оцинковки вообще не было. На рис. 11 показано, что размер пятна фокуса у специального преобразователя практи-

Рис. 9. С-скан стальной пластины:  
 а – обычное двухмерное изображение С-скана ОК без оцинковки; б – изображение ОК с оцинковкой в незафиксированном положении (с вибрацией); в – изображение ОК с оцинковкой в зафиксированном положении (без вибрации)

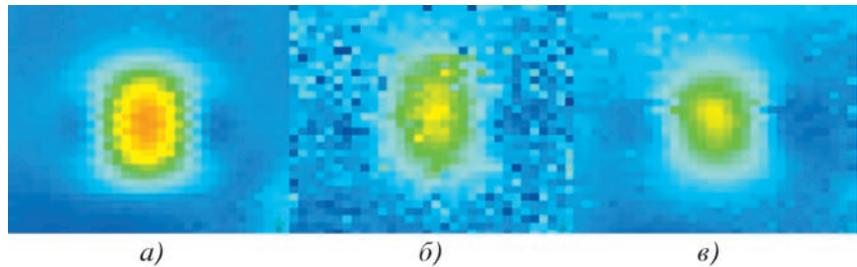


Рис. 10. Полевые испытания РЕС на производстве азотсодержащих продуктов. Объект контроля – трубопровод в изоляции, обшитый листами оцинковки

чески одинаков со значением пятна фокуса при отсутствии оцинковки у обычного преобразователя.

Более того, искажения графика А-скана, вызываемые нежелательными вихревыми токами в оцинковке, значительно меньше. При насыщении постоянным магнитным полем они затухают практически сразу после образования. Кроме того, постоянные магниты обеспечивают прижим слоя оцинковки к преобразователю так, чтобы не было вибрации в момент фаз излучения/приема.

Не лишним будет отметить, что от размера пятна фокуса зависит чувствительность преобразователя. Контроль объектов обычными преобразователями с увеличенным от оцинковки пятном фокуса возможен, но чувствительность их значительно хуже, чем у специально разработанного преобразователя для контроля объектов с обшивкой от окружающей среды из оцинкованной стали.

Чтобы визуально проиллюстрировать это утверждение, на рис. 12 представлен пример данных С-скана трубы диаметром 203,2 мм с толщиной стенки 8,2 мм и толщиной изоляции 50,8 мм, а также с обшивкой из оцинкованной стали толщиной 0,7 мм. Зона контроля находится вблизи фланца.

На рис. 12, а видны характерные шумы, вызванные вибрацией оцинковки. Это создает сложности при обнаружении реальных признаков дефектов.

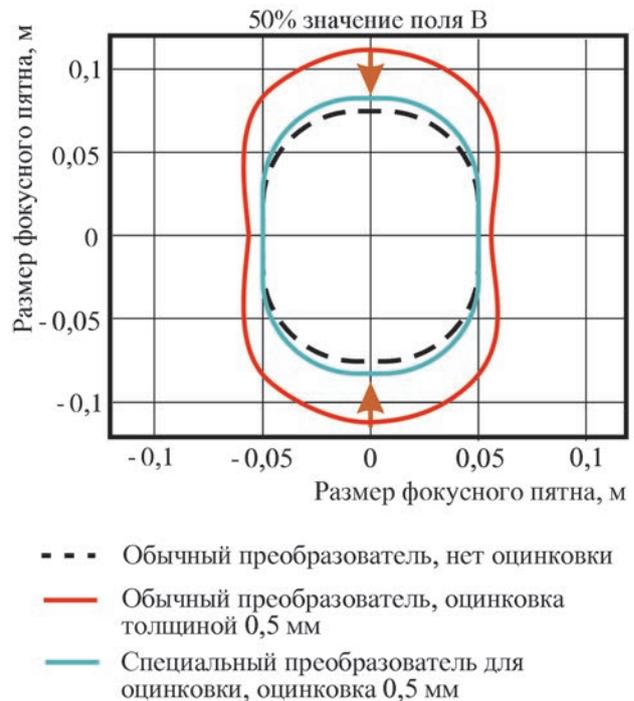


Рис. 11. Сравнение размеров пятна фокуса импульсного вихретокового преобразователя для оцинковки и обычного преобразователя при толщине листа оцинковки 0,5 мм

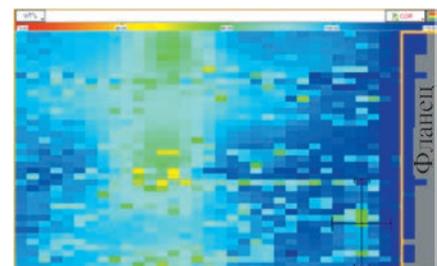


Рис. 12. Примеры данных, полученных с одного и того же объекта:  
 а – обычным преобразователем;  
 б – специальным преобразователем, где 1 – дефект рядом с фланцем

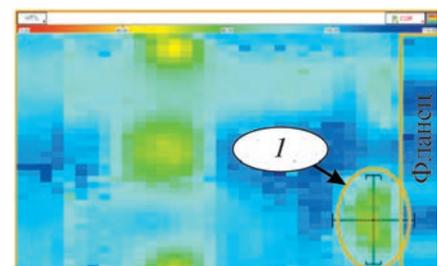




Рис. 13. Специализированный импульсный вихретоковый преобразователь EDDYFI



Рис. 14. Испытания импульсного вихретокового преобразователя EDDYFI для первичной оценки состояния объектов, находящихся в обшивке из оцинкованной стали

На рис. 12, б показан тот же участок, но данные получены с помощью специализированного преобразователя. Изображение более четкое, а сигналы от дефектов могут быть измерены благодаря меньшему пятну фокуса. Особое значение имеет обнаружение дефекта в зоне, расположенной рядом с фланцем, который обычный преобразователь выявить не смог вследствие масс-эффекта.

Объекты контроля, обернутые в листы из нержавеющей стали – это «вызов» для импульсного вихретокового метода. Но целеустремленность инженеров и скрупулезное изучение влияния ферромагнитных обшивок позволило EDDYFI разработать и запатентовать специализированный импульсный вихретоковый преобразователь, который значительно расширил возможности метода РЭС во всем мире (рис. 13).

Говоря о российском опыте применения нового преобразователя, хочется отметить, что компания «Пергам» в августе 2018 г. получила его в собственное пользование (рис. 14), после чего были проведены многочисленные испытания на образцах, а также по приглашению клиентов – на объектах Танэко, Антипинском НПЗ, Комсомольском-на-Амуре НПЗ и др.

Все проведенные полевые испытания на практике доказали эффективность данной технологии для первичной (комплексной) оценки состояния объектов, находящихся в обшивке из оцинкованной стали.

*Подготовлено по материалам статьи «Overcoming the Adverse Effects of Galvanized Steel Weather Jackets», Quality Magazine, октябрь 2017*



Российское общество по неразрушающему контролю  
и технической диагностике при поддержке Федеральной службы по  
экологическому, технологическому и атомному надзору проводит



# XVI ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС СПЕЦИАЛИСТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

по 9 методам неразрушающего контроля:

акустико-эмиссионному, вибродиагностическому, визуальному и измерительному,  
вихретоковому, магнитному, проникающими веществами (капиллярному),  
радиографическому, тепловому и ультразвуковому

Общее руководство и координацию осуществляют  
АО «НТЦ «Промышленная безопасность» и ООО «НУЦ «Качество».

**Первый тур** – отборочный, пройдет в Независимых органах по аттестации персонала в регионах России в конце января – первой половине февраля 2019 г.

**Второй тур** – финальный, пройдет на базе ООО «НУЦ «Качество» с 04 по 06 марта 2019 г., в период проведения VI Международного промышленного форума «Территория NDT-2019. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика», г. Москва, ВКЦ «Экспоцентр» на Красной Пресне.

**Всем организациям**, направившим своих специалистов на конкурс, вручается **свидетельство** участника XVI Всероссийского конкурса специалистов неразрушающего контроля.

**Все участники** конкурса награждаются **грамотами**.

**Участникам отборочного тура**, занявшим **I, II и III места**, вручаются соответствующие дипломы, ценные призы, а также предоставляется возможность **продления срока действия квалификационного удостоверения без оплаты** (в НОАП НУЦ «Качество»).

**Участникам финального тура**, занявшим **I, II и III места**, вручаются соответствующие дипломы, ценные призы, а также предоставляется возможность пройти **аттестацию на III уровень** квалификации с учетом результатов финального тура конкурса (в НОАП НУЦ «Качество»).

## Примите участие в соревновании!

Заявки на участие в XVI Всероссийском конкурсе специалистов неразрушающего контроля направляются факсом или электронной почтой в адрес ООО «НУЦ «Качество» или в Региональные центры проведения I-го тура конкурса.

Координаты Региональных центров, заявившихся на проведение I-го тура конкурса, а также более подробную информацию о конкурсе, можно узнать в интернете на сайтах: РОНКТД [www.ronktd.ru](http://www.ronktd.ru), АО «НТЦ «Промышленная безопасность» [www.aoontc.ru](http://www.aoontc.ru), ООО «НУЦ «Качество» [www.centri-kachestvo.ru](http://www.centri-kachestvo.ru) или по телефонам: (495) 744-70-52, 777-41-02.



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕЖЕСТИ МЯСА И НЕОБРАБОТАННЫХ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ НОВОГО АНАЛИЗАТОРА МИК

Опубликовано на правах рекламы

До сегодняшнего дня не существовало простого, достоверного и быстрого способа оценки качества и свежести мясных продуктов питания и определения степени их бактериальной обсемененности. Классическим методом для определения числа и идентификации микроорганизмов в мясных продуктах питания являлся микробиологический тест, с помощью которого проводилось определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и дифференциация микроорганизмов методом серийных 10-кратных разведений жидких мясных смывов с последующим параллельным высевом на чашки с 5%-ным кровяным агаром, соевым агаром с манитолом, SS-агаром, TSN-агаром, агаром Шедлера, средой Сабуро, средой Эндо и др. Этот тест является длительным и требует высокой квалификации обслуживающего персонала, специализированных стационарных лабораторий и микробиологических установок.

Прибор МиК устраняет указанные недостатки, решая задачу по определению времени хранения мясных продуктов питания в короткие сроки. Это достигается тем, что предлагаемый способ оценки свежести мяса предусматривает измерение интенсивностей линий люминесценции специфических веществ, вырабатываемых и накапливаемых в мясной продукции в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, обсеменяющих ее. Измерения оптических характеристик мясных продуктов питания после возбуждения образца посредством электромагнитного излучения отнимают немного времени и не требуют крупногабаритной и дорогой измерительной техники.

Принято дифференцировать микрофлору, обсеменяющую продукты питания, на специфическую и неспецифическую. К первой относятся микроорганизмы, искусственно вносимые в продукт для придания ему определенных свойств. К неспецифической микрофлоре относятся микроорганизмы, прижизненно обсеменяющие органы и ткани животных в случае заболевания или нарушения барьерных функций кишечника при травмах, голодании, перегревании или при переохлаждении организма животных. При несоблюдении санитарных условий получения продуктов питания на эта-



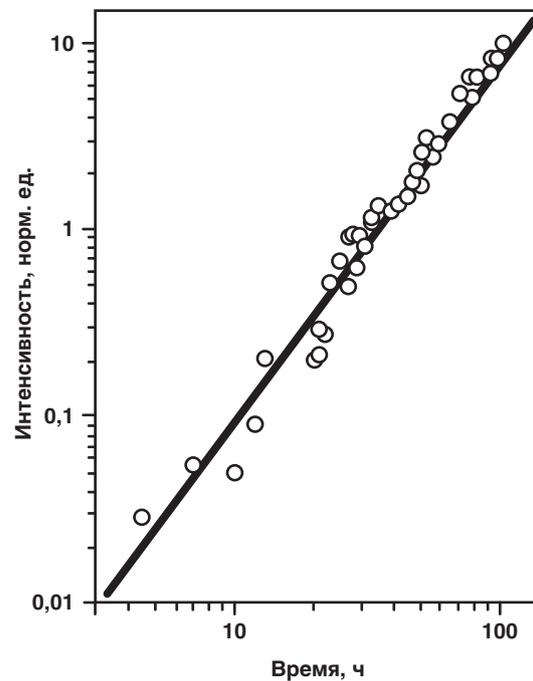
пах заготовки, переработки, транспортировки и хранения также возможно вторичное загрязнение их микроорганизмами. Микроорганизмы, вызывающие порчу и гниение пищевых продуктов, чаще всего обладают выраженной протеолитической активностью. Их попадание в продукты нежелательно, так как они снижают биологическую и пищевую ценность, а в некоторых случаях делают невозможным использование продуктов в питании. Наряду с изменениями органолептических свойств продукта микроорганизмы способствуют накоплению токсических компонентов, которые приводят к пищевому отравлению.

По составу микрофлоры и особенностям ее развития различают две формы гниения мясных продуктов питания – аэробную и анаэробную. Аэробное гниение развивается на поверхности и постепенно переходит внутрь мяса. Микроорганизмы вызывают гнилостный распад белков, соединительная ткань разрыхляется. Возбудителями являются бактерии группы кишечной палочки, картофельная палочка (*Bacillus mesentericus*), сенная палочка (*Bacillus subtilis*), синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*). Анаэробное гниение вызывают бактерии, проникающие в глубину мяса из кишечника животного. Возбудителями являются бактерии рода *Clostridium*. Аэробное и анаэробное гниение в большей части происходят одновременно. В начальной стадии участвует в основном аэробная микрофлора, затем ее вытесняют палочковидные гнилостные бактерии.

При обычном общепринятом температурно-влажностном режиме на мясе растут главным обра-

зом аэробные неспортивные грамотрицательные бактерии рода *Pseudomonas* и *Achromobacter*. Из этой группы наиболее активно размножаются бактерии рода *Pseudomonas*, которые при совместном развитии с бактериями рода *Achromobacter* подавляют рост последних. Поэтому при хранении в обычных (аэробных) условиях сверх допустимого срока наиболее часто возбудителями порчи и гниения мяса являются бактерии рода *Pseudomonas*. Чем ниже температура хранения и меньше относительная влажность воздуха, тем больше длительность сохранения мяса без признаков порчи. При одной и той же температуре и относительной влажности воздуха скорость порчи зависит от степени исходной обсемененности мяса микроорганизмами. В практике контроля качества пищевых продуктов флюоресцирующие *Pseudomonas* известны как индикаторы на зараженность. Интенсивное развитие этих бактерий на мясных продуктах питания сопровождается выделением флюоресцирующих пигментов, которые могут быть обнаружены с помощью прибора МиК.

Аппаратная часть МиК спроектирована сотрудниками ИФТТ РАН. С помощью прибора МиК проводится измерение интенсивностей специфических люминесцентных линий мясных продуктов питания и последующего сравнения результатов измерения с люминесцентным спектром эталонного образца свежего мяса. Прибор состоит из: корпуса, блокирующего проникновение паразитного электромагнитного излучения видимого диапазона от сторонних излучателей, источника резонансного оптического возбуждения, системы фокусировки и фильтрации рассеянного регистрируемого излучения, детектора электромагнитных волн видимого диапазона, контроллера обработки сигналов, блока управления и блока программного обеспече-



ния. Измерения могут проводиться либо непосредственно на тушах крупного рогатого скота после убоя, либо на охлажденном или замороженном мясе, либо на необработанных мясных продуктах. Образцы для анализа могут быть упакованы в прозрачный для электромагнитного излучения видимого спектрального диапазона материал или могут находиться на открытом воздухе.

На рисунке показан график зависимости интенсивности в двойном логарифмическом масштабе одной из характерных линий фотолюминесценции гнилостных бактерий образца мяса свинины при температуре +22 °С в течение 100 ч.

**DIR-CT 2019**  
 International Symposium on  
 Digital Industrial Radiology and Computed Tomography  
 2 - 4 July 2019 in Fürth, Germany

in co-operation with:

Contact:  
 Steffi Dehlau  
 German Society for Non-Destructive Testing (DGZFP e. V.)  
 Max-Planck-Str. 6  
 12489 Berlin, Germany

Phone: +49 30 67807-120  
 Fax: +49 30 67807-129  
 E-mail: tagungen@dgzfp.de

<http://www.dir2019.com/>





ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ БИЛЕТ



VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ  
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА

4 - 6 МАРТА 2019

Москва, Краснопресненская набережная, 14,  
ЦВК «Экспоцентр», павильон 7.2



ОРГАНИЗАТОР:  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

[WWW.EXPO.ROKNTD.RU](http://WWW.EXPO.ROKNTD.RU)



ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ БИЛЕТ



VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ  
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА

4 - 6 МАРТА 2019

Москва, Краснопресненская набережная, 14,  
ЦВК «Экспоцентр», павильон 7.2



ОРГАНИЗАТОР:  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

[WWW.EXPO.ROKNTD.RU](http://WWW.EXPO.ROKNTD.RU)



ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ БИЛЕТ



VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ  
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА

4 - 6 МАРТА 2019

Москва, Краснопресненская набережная, 14,  
ЦВК «Экспоцентр», павильон 7.2



ОРГАНИЗАТОР:  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

[WWW.EXPO.ROKNTD.RU](http://WWW.EXPO.ROKNTD.RU)



#### ВРЕМЯ РАБОТЫ:

- 04.03.2019 – с 10:00 до 18:00 (12:00 – официальное открытие Форума)
- 05.02.2019 – с 10:00 до 18:00
- 06.03.2019 – с 10:00 до 16:00 (16:00 – окончание работы Форума)

Форум объединяет трехдневную работу Выставки средств и технологий НК и ТД, демонстрацию оборудования экспонентами, специализированные круглые столы

#### УЧАСТНИКИ:

- Производители оборудования и технологий НК
- Поставщики ведущих российских и зарубежных брендов
- Сервисные компании
- Учебные и сертификационные центры
- НИИ, общества НК

#### НАПРАВЛЕНИЯ:

- Неразрушающий контроль и дефектометрия
- Физико-механические испытания
- Диагностика и мониторинг технического состояния
- Оценка и расчет риска возникновения аварий
- Прогнозирование ресурса узлов и объектов



ОРГАНИЗАТОР:  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

[WWW.EXPO.ROKTD.RU](http://WWW.EXPO.ROKTD.RU)



#### ВРЕМЯ РАБОТЫ:

- 04.03.2019 – с 10:00 до 18:00 (12:00 – официальное открытие Форума)
- 05.02.2019 – с 10:00 до 18:00
- 06.03.2019 – с 10:00 до 16:00 (16:00 – окончание работы Форума)

Форум объединяет трехдневную работу Выставки средств и технологий НК и ТД, демонстрацию оборудования экспонентами, специализированные круглые столы

#### УЧАСТНИКИ:

- Производители оборудования и технологий НК
- Поставщики ведущих российских и зарубежных брендов
- Сервисные компании
- Учебные и сертификационные центры
- НИИ, общества НК

#### НАПРАВЛЕНИЯ:

- Неразрушающий контроль и дефектометрия
- Физико-механические испытания
- Диагностика и мониторинг технического состояния
- Оценка и расчет риска возникновения аварий
- Прогнозирование ресурса узлов и объектов



ОРГАНИЗАТОР:  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

[WWW.EXPO.ROKTD.RU](http://WWW.EXPO.ROKTD.RU)



#### ВРЕМЯ РАБОТЫ:

- 04.03.2019 – с 10:00 до 18:00 (12:00 – официальное открытие Форума)
- 05.02.2019 – с 10:00 до 18:00
- 06.03.2019 – с 10:00 до 16:00 (16:00 – окончание работы Форума)

Форум объединяет трехдневную работу Выставки средств и технологий НК и ТД, демонстрацию оборудования экспонентами, специализированные круглые столы

#### УЧАСТНИКИ:

- Производители оборудования и технологий НК
- Поставщики ведущих российских и зарубежных брендов
- Сервисные компании
- Учебные и сертификационные центры
- НИИ, общества НК

#### НАПРАВЛЕНИЯ:

- Неразрушающий контроль и дефектометрия
- Физико-механические испытания
- Диагностика и мониторинг технического состояния
- Оценка и расчет риска возникновения аварий
- Прогнозирование ресурса узлов и объектов



ОРГАНИЗАТОР:  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

[WWW.EXPO.ROKTD.RU](http://WWW.EXPO.ROKTD.RU)

