

ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

2, 2017

апрель – июнь (22)

**V МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ**

**НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА**

ТЕРРИТОРИЯ
NDT

**27 ФЕВРАЛЯ • 1 МАРТА 2018
МОСКВА • ЦВК ЭКСПОЦЕНТР**

WWW.EXPO.RONKTD.RU



ОРГАНИЗАТОР:
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ



Контроль качества композитных материалов BondMaster 600

NEW

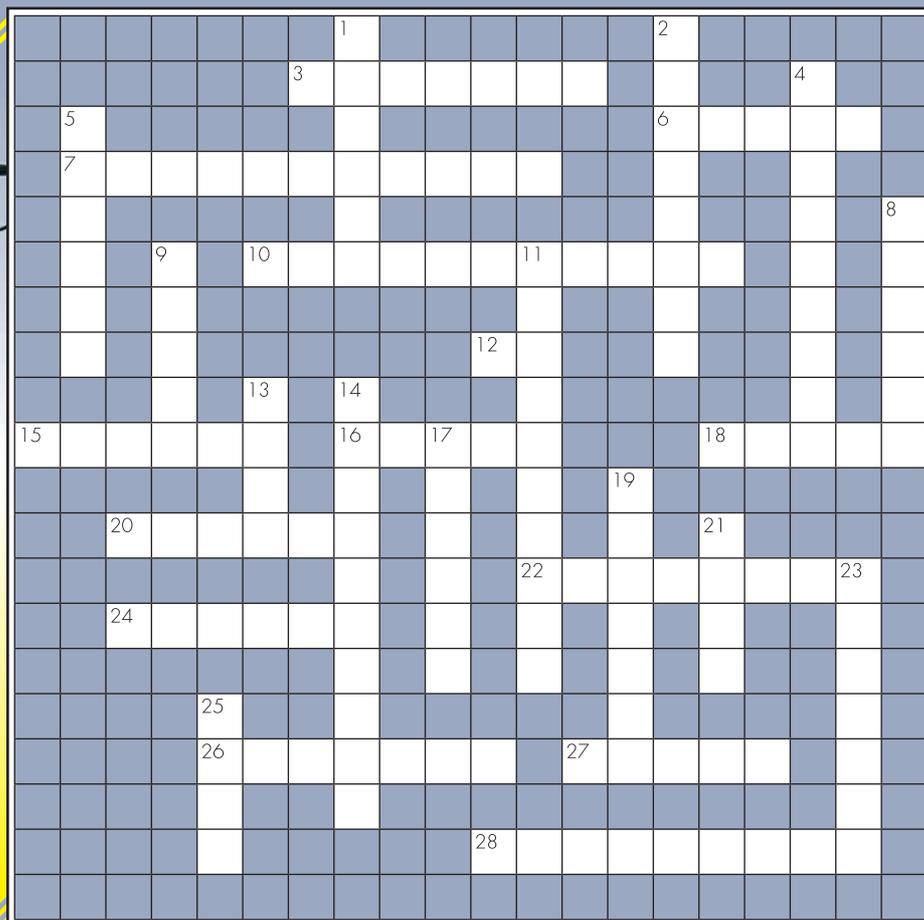
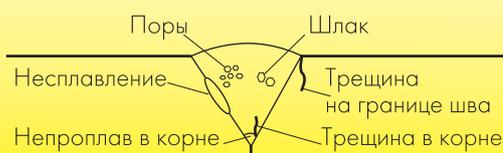
BondMaster® 600 сочетает в себе многофункциональное программное обеспечение и высокоэффективные электронные схемы, обеспечивающие высокое качество сигналов.

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

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



Какие дефекты Вам известны?



По горизонтали:

3. Дефект сварного соединения в виде разрыва в сварном шве и (или) прилегающих к нему зонах. **6.** Дефект поверхности в виде канавки без выступа кромок с закругленным или плоским дном, образовавшийся от царапания поверхности металла изношенной прокатной арматурой. **7.** Процесс определения наличия дефекта. **10.** Запись результатов контроля в форме, пригодной для обработки и хранения. **12.** Дефект поверхности, представляющий собой продольный выступ с одной или двух диаметрально противоположных сторон прутка, образовавшийся вследствие неправильной подачи металла в калибр, переполнения калибра или неправильной настройки валков. **15.** Углубление, образующееся в конце валика под действием давления дуги и объемной усадки металла шва. **16.** Дефект в виде твердых, трудно поддающихся механической обработке мест в различных частях отливки из серого чугуна, вызванных скоплением структурно-свободного цементита. **18.** Дефект поверхности в виде отслоения языкообразной формы, частично соединенного с основным металлом, образовавшегося от раската окисленных брызг, заплесков и грубых неровностей поверхности. **20.** Дефект в виде разрыва тела отливки под влиянием растворенного в стали водорода и внутренних напряжений, проходящего полностью или частично через объемы первичных зерен аустенита. **22.** Дефект в виде несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок. **24.** Любое отклонение изделия от установленных технических требований. **26.** Дефект поверхности, представляющий собой локальное пологое углубление без нарушения сплошности металла элемента трубопровода, который образовался от удара. **27.** Дефект поверхности, представляющий собой придавленный выступ, образовавшийся при ковке в результате неравномерного обжатия. **28.** Дефект поверхности детали в виде небольшого выступа как следствие дефекта процесса изготовления или удара при эксплуатации.

По вертикали:

1. Дефект в виде сквозного отверстия в сварном шве, образовавшийся в результате вытекания части металла сварочной ванны. **2.** Дефект поверхности, представляющий собой углубление неправильной формы и произвольного направления, образующееся в результате механических повреждений, в том числе при складировании и транспортировке металла. **4.** Дефект в виде неметаллической частицы в металле шва. **5.** Дефект в виде углубления по линии сплавления сварного шва с основным металлом. **8.** Сопоставление результатов контроля с требованиями нормативных документов для определения качества контролируемого изделия. **9.** Дефект поверхности, представляющий собой прикатанный продольный выступ, образовавшийся в результате закатывания уса, подреза, грубых следов зачистки и грубых рисок. **11.** Дефект, представляющий собой раскатанные крупные дефекты слитка — глубокие усадочные раковины, усадочную пористость, скопление пузырей или неметаллические включения. **13.** Объект контроля, содержащий недопустимый дефект. **14.** Дефект в виде углубления на поверхности обратной стороны сварного одностороннего шва. **17.** Дефект в виде затвердевших капель на поверхности сварного соединения. **19.** Группа пор в сварном шве, расположенных в линию. **21.** Дефект сварного шва в виде полости округлой формы, заполненной газом. **23.** Дефект в виде скопления мелких усадочных раковин. **25.** Дефект в виде воронкообразного углубления в сварном шве.

Выявление коррозии без снятия изоляции? Да, теперь это возможно!

- > Технология PEC (pulsed eddy-current) — импульсные вихревые токи
- > Сплошной контроль всего объекта — выявляются внутренние и наружные дефекты
- > Вывод результатов в виде информативной C-развёртки
- > Диаметр труб — от 109мм, толщина стенки — до 102мм
- > Толщина изоляции — до 305мм
- > Дополнительная высокотемпературная накладка на преобразователь для работы на «горячих» объектах (до 120 °С)
- > Телескопическая штанга (4,6м) для контроля стенок резервуаров и других объектов



Реклама

ЗАКАЗ ВЫЕЗДНОЙ
ДЕМОНСТРАЦИИ

PERGAM.RU/LYFT

Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№2 (апрель – июнь), 2017

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)

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)

Зайтова С.А.
(Казахстан, президент СРО КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР)

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-производ-
ственное 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 6 апреля 2017
Подписано в печать 22 мая 2017
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»
105187, г. Москва,
ул. Вольная, д. 28, стр.10

СТРАНИЧКА РУКОВОДИТЕЛЯ

Обращение президента РОНКТД В.Е. Прохоровича к читателям 2

НОВОСТИ

Щербинский В.Г. Ермоловские чтения 4

Отчетно-выборная конференция РОНКТД 4

Сморodinский Я.Г. Протокол заседания круглого стола «Метод МПМ. Назначение,
область применения и оценка эффективности» 6

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Воспоминания о докторе технических наук, члене-корреспонденте Академии транспорта РФ,
вице-президенте Российского общества по неразрушающему контролю и технической
диагностике, профессоре Анатолии Константиновиче Гурвиче 8

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

Форум «Территория NDT 2017» 14

XXI Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической
диагностике 20

Беседы на форуме «Территория NDT 2017» 32

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

XIV Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля 38

ИНТЕРВЬЮ НОМЕРА

Сандомирский С.Г. О потерянном зря времени жалеть не приходится – его не было ... 41

Борисенко В.В. Путь, ориентированный на создание технически совершенных
инженерных решений 45

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

**Елизаров С.В., Алякритский А.Л., Барат В.А., Терентьев Д.А., Бардаков В.В.,
Шиманский А.Г., Гогин А.В., Кольцов В. Г.** Портативный прибор UNISCOPE.
Новые возможности: АЭ и не только 50

Семеренко А.В., Богомолов И.А. Контроль сварных соединений вихретоковым
дефектоскопом ELOTTEST M3/WELD 56



Обращение президента РОНКТД Владимира Евгеньевича ПРОХОРОВИЧА к читателям

Дорогие коллеги!

28 февраля 2017 г. в рамках 21-й Всероссийской научно-технической конференции по НК и ТД состоялось очередное отчетно-выборное собрание Российского общества по неразрушающему контролю (РОНКТД), избравшее новый состав правления и нового президента. От имени всего общества выражаю большую признательность прежнему президенту Эдуарду Степановичу ГОРКУНОВУ и правлению, обеспечивших преемственность политики и последовательность принципов, лежащих в основе деятельности общества, что позволило успешно реализовать цели и задачи, стоящие перед сообществом специалистов, работающих в области неразрушающего контроля. Достигнутые за три года успехи свидетельствуют об укреплении позиций РОНКТД в настоящем и являются хорошим заделом на будущее. Благодаря опыту и активности прежнего руководства общество получило широкое признание среди специалистов в области неразрушающего контроля как у нас в стране, так и за рубежом.

Новый состав руководства РОНКТД благодарит за оказанное доверие и ставит своей целью укрепление позиций неразрушающего контроля и технической диагностики, а также продвижение научных и практических достижений в сферу контроля качества технических объектов.

Сегодня РОНКТД – это одно из крупнейших национальных обществ НК, входящих в состав

EFNDT, ICNDT и APFNDT. РОНКТД поддерживает постоянные связи с 11 национальными обществами НК, с которыми совместно издается журнал «Территория NDT». Это некоммерческая общественная организация, объединяющая специалистов НК и ТД, представляющих ведущие отечественные вузы и академические институты, государственные и надзорные органы, учебные и сертификационные центры, органы аккредитации, компании, разрабатывающие и поставляющие оборудование для НК, сервисные центры и лаборатории неразрушающего контроля.

Сейчас в РОНКТД действуют более 40 региональных отделений, которые консолидируют усилия специалистов и организаций во всех регионах и имеют свои особенности. В этом аспекте задача правления и президента общества состоит в обеспечении их гармоничного взаимодействия на основе регулярного обмена информацией и опытом работы. С этой целью общество проводит совместные семинары, конференции и оказывает консультативную помощь. Заслуживает внимания опыт Санкт-Петербургского РО РОНКТД по проведению тематической НТК «Приборы и методы НУК качества изделий и конструкций из композиционных и неоднородных материалов», в работе которой принимали участие специалисты и организации из девяти РО РОНКТД. На проводимых конференциях, семинарах и круглых столах необходимо развивать подход сбалансированного представительства научной, практической и коммерческой

составляющих, что позволит ускорить продвижение разработок к их практическому внедрению.

Несмотря на объективные сложности, наша организация будет и дальше идти по пути интеграции в международное научное сообщество, и мы очень дорожим нашим сотрудничеством с 39 национальными обществами. Уверен, что наше сотрудничество и взаимодействие будет развиваться и дальше и мы будем стремиться к более широкому представительству России в международных организациях. Традиционно мы принимаем активное участие в конференциях, организуемых Европейским и Всемирным обществами по НК. Так, в июне 2018 г. в Гетеборге (Швеция) будет проводиться очередная 12-я Европейская конференция по неразрушающему контролю, которая предоставит российским специалистам НК и ТД прекрасную возможность встретиться с зарубежными коллегами и обсудить волнующие всех вопросы. Надеемся, что российская делегация как всегда будет достаточно авторитетной и достойно представит достижения России на этом форуме.

Дорогие друзья! Миссия Российского общества по неразрушающему контролю — объединение и развитие творческой активности членов организации, ресурсов региональных отделений и организаций, занимающихся НК и смежными областями науки и техники в России, в целях создания благоприятных условий как для профессиональной деятельности широкого круга специалистов, потребителей промышленной продукции, так и для общества в целом. Многое уже сделано, и многое предстоит еще сделать. Я благодарю вас за поддержку и заверяю, что постараюсь направить все силы на развитие РОНКТД и повышение его общественной значимости. Позвольте пожелать вам интересной и плодотворной работы, новых открытий и больших успехов в вашей деятельности на благо развития неразрушающего контроля и технической диагностики в нашей стране и в мире.

*С уважением,
д-р техн. наук, профессор,
президент РОНКТД
Владимир Евгеньевич ПРОХОРОВИЧ*

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

Jun 6 – 8 Canada, Quebec	NDT in Canada 2017 Conference http://www.cinde.ca/	Canadian Institute for NDE (CINDE)
Jun 13 – 16 Bulgaria, Sozopol	International Conference NDT Days 2017 http://www.bg-s-ndt.org/	Bulgarian Society for Non-Destructive Testing
Jun 13 – 16 United Kingdom, London	1st World Congress on Condition Monitoring http://www.bindt.org/events/First-World-Congress-on-Condition-Monitoring-WCCM-2017/	British Institute of NDT (BINDT)
Jul 2 – 6 South Korea, Daejeon	QIRT-Asia 2017 – 2nd Asian Conference on Quantitative InfraRed Thermography http://qirtasia2017.com/	Korean Society for Nondestructive Testing
Sep 4 – 8 Germany, Potsdam	7th European American Workshop on Reliability of NDE http://www.nde-reliability.de/	German Society for Non-Destructive Testing (DGZfP)
Sep 4 – 6 Slovenia, Portorož	14th International Conference «Application of Contemporary Non-destructive testing in Engineering» http://lab.fs.uni-lj.si/latem/ndt/index.php?Naslov_linka=index	Slovenian Society for Non-Destructive Testing
Oct 30 – Nov 2 USA, Nashville, Tennessee	ASNT Annual Conference 2017 https://www.asnt.org/	American Society for Nondestructive Testing
Nov 13 – 17 Singapore, Singapore	15th APCNDT 2017 http://apcndt2017.com/	Singapore Non-Destructive Testing Society
Dec 14 – 16 India, Chennai	National Conference & Exhibition 2017 http://www.nde2017.com/	Indian Society for NDT (ISNDT)

www.ndt.net

ЕРМОЛОВСКИЕ ЧТЕНИЯ



НПО ЦНИИТМАШ совместно с НТЦ «ЭХО+» и МНПО «Спектр» провели семинар, названный участниками «Ермоловские чтения». Семинар был посвящен 90-летию со дня рождения круп-

нейшего ученого в области акустических методов контроля, создателя сильной научной школы профессора Игоря Николаевича Ермолова и состоялся 26 января 2017 г. (в день его рождения).

В работе семинара приняли участие более 40 ученых Москвы, тесно сотрудничавших с Игорем Николаевичем за долгие годы его работы в ЦНИИТМАШ.

Были заслушаны доклады профессоров В.Н. Данилова и В.Г. Щербинского о научном наследии Игоря Николаевича и его методах работы с учениками и коллегами.

С яркими воспоминаниями о рабочих и дружеских встречах с Игорем Николаевичем Ермоловым выступили его ученики и коллеги: доктор технических наук, профессор А.Х. Вopilкин, В.М. Ушаков, В.Т. Бобров, В.К. Качанов, В.Г. Шевалдыкин, Н.В. Соколов, В.А. Бадалян, Е.А. Базулин, В.А. Чуприн, кандидаты техниче-

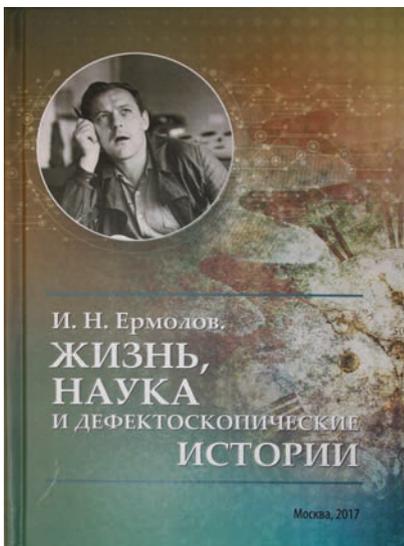
ских наук Н.П. Разыграев, Л.В. Воронкова, В.Г. Стасеев, А.Н. Разыграев, А.С. Анненков и др.

С воспоминаниями об отце выступил канд. техн. наук М.И. Ермолов.

К данному семинару А.Х. Вopilкин выпустил под своей редакцией второе, расширенное, прекрасно оформленное издание книги воспоминаний об Игоре Николаевиче Ермолове, а Л.В. Воронкова с помощью издательского дома «Спектр» подготовила альбом слайдов и фотографий, иллюстрирующих жизненный и творческий путь Игоря Николаевича.

Семинар прошел в удивительно теплой обстановке, напомнившей атмосферу общения Игоря Николаевича с людьми в быту и на работе.

*Заслуженный деятель науки РФ
профессор, доктор технических наук
В.Г. Щербинский*



ОТЧЕТНО-ВЫБОРНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ РОНКТД

Внеочередная конференция Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике состоялась 28 февраля 2017 г. в Москве (ЦВК «Экспоцентр»). В конференции приняли участие 38 делегатов – представителей региональных отделений РОНКТД и членов правления общества.

По рассмотренным на конференции вопросам были приняты следующие решения:

1. Утвердить годовые отчеты и бухгалтерские балансы РОНКТД за 2014 – 2016 гг.
2. Утвердить отчет ревизионной комиссии.

3. Утвердить план работы и бюджет РОНКТД на 2017 – 2019 гг.
4. Утвердить изменения и дополнения в Устав РОНКТД.
5. Избрать ревизором РОНКТД Е.В. Орлову.
6. Избрать президентом РОНКТД на период 2017 – 2019 гг. Владимира Евгеньевича Прохоровича, д-ра техн. наук, профессора, лауреата Премии Правительства РФ, директора НИЦ технологий контроля качества РКТ Университета ИТМО (г. Санкт-Петербург).

7. Избрать следующий состав правления РОНКТД на период 2017–2019 гг.:

1. Анненков Андрей Станиславович	ООО «Алтес», директор
2. Артемьев Борис Викторович	ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр», ученый секретарь, д-р техн. наук, профессор
3. Батов Георгий Павлович	НУЦ «Качество», заместитель генерального директора, канд. техн. наук
4. Боригов Валерий Николаевич	Томский политехнический университет, Институт неразрушающего контроля, директор, д-р техн. наук
5. Быстрова Наталья Альбертовна	«СертиНК ФГАУ НУЦ «Сварка и контроль», руководитель подразделения «СертиНК», д-р техн. наук
6. Вopilкин Алексей Харитонович	ООО «НПЦ ЭХО+», генеральный директор, д-р техн. наук, профессор
7. Галкин Денис Игоревич	ООО «ИКБ «Градиент», генеральный директор, канд. техн. наук
8. Дымкин Григорий Яковлевич	НИИ мостов и дефектоскопии, заместитель директора по неразрушающему контролю, д-р техн. наук, профессор
9. Иванов Валерий Иванович	ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр», главный научный сотрудник, д-р техн. наук, профессор
10. Калошин Валентин Александрович	ОАО «НПО «Энергомаш», начальник отдела перспективных методов НК, канд. техн. наук
11. Клейзер Петр Евгеньевич	Издательский дом «Спектр», главный редактор, представитель официального печатного органа РОНКТД журнала «Территория NDT», журнал «Контроль. Диагностика»
12. Клюев Сергей Владимирович	АО «МНПО «Спектр», генеральный директор, канд. техн. наук
13. Коновалов Николай Николаевич	ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», заместитель генерального директора, представитель ОА СДСПНК, д-р техн. наук
14. Копытов Сергей Георгиевич	ООО «НУЦ «Качество», генеральный директор
15. Литвинова Татьяна Александровна	АНО «УИЦ «РОНКТД «Спектр» академика Клюева В.В.», директор
16. Муллин Александр Васильевич	НУЦ «Контроль и диагностика», первый заместитель директора, руководитель органа по сертификации персонала
17. Муравская Наталья Павловна	ФГУП «ВНИИОФИ», Государственный научный метрологический институт, заместитель директора по качеству, секретарь ТК 371 «Неразрушающий контроль», д-р техн. наук
18. Муравьев Виталий Васильевич	ФГБОУ ВПО «ИжГТУ им. М.Т. Калашникова», заведующий кафедрой «Приборы и методы контроля», д-р техн. наук, профессор
19. Померанцев Дмитрий Сергеевич	ООО «Олимпас Москва», директор департамента «Промышленные диагностические системы»
20. Прохорович Владимир Евгеньевич	НИЦ технологий контроля качества РКТ Университета ИТМО, директор, д-р техн. наук, профессор
21. Смородинский Яков Гаврилович	Институт физики металлов УрО РАН, заведующий отделом НК, д-р техн. наук, профессор
22. Степанов Александр Вячеславович	ООО «Диагностика-М», ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук, доцент
23. Сясько Владимир Александрович	ЗАО «Константа», генеральный директор, профессор, д-р техн. наук
24. Чепрасова Екатерина Юрьевна	РОНКТД, исполнительный директор
25. Чуприн Владимир Александрович	ООО «НПК «ЛУЧ», заместитель директора по научной работе, д-р техн. наук

ПРОТОКОЛ ЗАСЕДАНИЯ КРУГЛОГО СТОЛА «МЕТОД МПМ. НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ»



Заседание круглого стола «Метод МПМ. Назначение, область применения и оценка эффективности» состоялось 2 марта 2017 г. в рамках 21-й Всероссийской научной конференции по неразрушающему контролю.

Круглый стол был организован по решению правления РОНКТД в связи с решением ICNDT предложить возглавить Российскому обществу НК международную рабочую группу Международного комитета, созданную для изучения возможностей и перспектив применения метода магнитной памяти металла (МПМ).

Круглый стол был проведен в форме свободной дискуссии в целях определения физической состоятельности и границ применимости метода МПМ, а также выработки единой позиции РОНКТД по данным вопросам.

О проведении круглого стола были заблаговременно проинформированы как разработчики метода МПМ, так и ведущие специалисты в области магнитных методов неразрушающего контроля. В заседании приняли участие более 50 специалистов, в том числе члены РАН Э.С. Горкунов и Н.А. Махутов, большая группа профессоров и докторов наук из России, Белоруссии, Азербайджана, ряд известных специалистов. В приложении приведен список участников, поддержавших и подписавших решение круглого стола

непосредственно на заседании.

Модератором круглого стола по результатам обсуждения и голосования членов программного комитета 21-й Научной конференции по НК ранее был определен заведующий отделом НК Института физики металлов УрО РАН им. М.Н. Михеева, д-р техн. наук, профессор Я.Г. Смородинский.

При открытии заседания модератор и участники выразили сожаление в связи с отсутствием заранее приглашенных разработчиков метода МПМ. Однако в связи с тем, что обсуждаемый метод достаточно широко разрекламирован авторами и описан в статьях во многих изданиях, было принято решение провести обсуждение при их отсутствии.

На заседании выступили:

- академик РАН Э.С. Горкунов,
- канд. физ.-мат. наук В.Г. Кулеев,
- проф., д-р техн. наук В.Л. Венгеринович,
- проф., д-р техн. наук С.Г. Сандомирский,
- проф., д-р техн. наук Б.В. Артемьев,
- член-кор. РАН Н.А. Махутов,
- д-р техн. наук А.А. Самокрутов,
- д-р техн. наук В.Н. Костин,
- проф., д-р техн. наук Я.Г. Смородинский,
- проф., д-р техн. наук В.В. Муравьев.

Выступающие указали на то, что обсуждаемый метод МПМ, предполагающий отказ от актив-

ного намагничивания объектов контроля, приводит к неизвестному исходному магнитному состоянию объектов контроля, которое будет по-разному устойчиво к воздействию магнитных полей, что, в свою очередь, не может обеспечить воспроизводимость и повторяемость результатов контроля.

Используемые при структурографии МПМ диагностические признаки (места нулевых значений или максимумов градиента нормальной компоненты магнитного поля) формируются независимо от структурно-фазового или напряженно-деформированного состояния объектов и зависят от характеристик магнитного поля в месте контроля и формы контролируемых объектов. Неоднородность намагниченности может меняться под действием как механических напряжений, что представляет собой хорошо известный магнитоупругий эффект, так и структурных изменений, локальных фазовых превращений, а также в результате воздействия внешних неоднородных полей. В результате методом МПМ невозможно определить даже простой тип воздействия (растяжение, сжатие или кручение) и величину упругих и пластических деформаций.

Применение метода МПМ в целях дефектоскопии возможно только в случае известного магнитного состояния, например



после термической обработки при температуре выше температуры Кюри. Однако в этом случае метод МПМ представляет собой одну из модификаций известного метода магнитной дефектоскопии с помощью поля рассеяния (Magnetic Flux Leakage, MFL) при намагничивании в слабом магнитном поле.

Отсутствует и метрологическое обеспечение метода МПМ (стандартные образцы и меры, методики градуировки и поверки).

По результатам обсуждения принято следующее решение:

1. Определить, что термин «магнитная память металла» (МПМ) является авторской трактовкой совокупности таких известных физических явлений, как магнитоупругий эффект и рассеяние магнитного потока (MFL) в слабых магнитных полях. Устойчивость к внешним воздействиям, воспроизводимость и повторяемость результатов контроля авторами метода МПМ не определена.
2. Отсутствие строгой физической модели и определения границ применимости предлагаемого метода МПМ вызывают большие сомнения в однозначности получаемых результатов. Утверждения авторов о широкой распространенности метода не могут быть основанием для признания его научной обоснованности.
3. Отметить, что предлагаемый метод МПМ не имеет метрологического обеспечения и не может предлагаться как метод диагностики без установления соответствующих методик метрологической аттестации и приложения достоверной статистики.
4. Учитывая приведенные аргументы, следует рекомендовать правлению РОНКТД:
 - принять решение воздержаться от участия в рабочей группе ICNDT по методу МПМ;
 - довести мнение участников круглого стола до руководства ICNDT и соответствующей комиссии Международного института сварки.
5. Предложить правлению РОНКТД выйти с предложением в Ростехрегулирование о пересмотре ГОСТа по МПМ в профильном техническом комитете ТК 371 совместно с ТК 364.
6. Рекомендовать данный протокол для опубликования в таких профильных изданиях, как журналы «Дефектоскопия», «Контроль. Диагностика», «Сварка и диагностика», «Территория NDT», «В мире неразрушающего контроля», а также на других информационных ресурсах, включая международные.

*Модератор круглого стола
д-р техн. наук, профессор
Я.Г. Смородинский*

Приложение 1. Список участников круглого стола, подписавших решение заседания.

1. Р.А. Акенджанов	ОмГУПС, профессор, канд. техн. наук
2. Б.В. Артемьев	ЗАО «НИИИИН МНПО «Спектр», ученый секретарь, профессор, д-р техн. наук
3. А.Л. Бобров	СГУПС, доцент, канд. техн. наук, спец. III уровня по МК
4. В.Л. Венгринович	ИПФ, Минск, профессор, д-р техн. наук
5. Э.С. Горкунов	ИМаш УрОРАН, зам. председателя УрО РАН, научный руководитель, академик РАН
6. С.В. Клюев	РОНКТД, вице-президент, генеральный директор АО «МНПО «Спектр», канд. техн. наук
7. В.Н. Костин	Журнал «Дефектоскопия», главный редактор, д-р техн. наук
8. А.П. Крень	ИПФ НАН Беларуси, зав. лаборатории контактно-динамических методов контроля, д-р техн. наук
9. В.Г. Кулеев	ИФМУ РО РАН, ст. научный сотрудник
10. А.И. Куменко	ООО «НПЦ «Динамика», д-р техн. наук
11. Huseyn Mammadov	AdvanSpec UK Ltd, United Kindom, Managing Director
12. Сабир Маммадов	MAG-P Complex, Азербайджан, генеральный директор PhD.
13. Н.А. Махутов	ИМАШ РАН, руководитель научной школы, председатель рабочей группы при президенте РАН по анализу риска и проблемам безопасности, чл.-кор. РАН
14. Л.Ю. Могильнер	ООО «НИИ Транснефть», гл. научный сотрудник, канд. техн. наук, III уровень УЗК
15. В.В. Муравьев	ПМИКД ИжГТУ, зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор
16. О.В. Муравьева	ИжГТУ, профессор, д-р техн. наук
17. А.В. Платунов	ИжГТУ, зав. лабораторией, канд. техн. наук
18. С.Г. Сандомирский	Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, зав. лабораторией НК в машиностроении, д-р техн. наук
19. В.Г. Шевалдыкин	ООО «АКС», зав. сектором, д-р техн. наук



Воспоминания о докторе технических наук, члене-корреспонденте академии транспорта РФ, вице-президенте Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, профессоре **АНАТОЛИИ КОНСТАНТИНОВИЧЕ ГУРВИЧЕ**

ОН БЫЛ ДРУГОМ МНОГИХ...

Не стало доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента Академии транспорта России, лауреата Премии Совета министров СССР, Премии Правительства России, Международной премии «Рентген—Соколов», заслуженного работника транспорта России, почетного железнодорожника, вице-президента РОНКТД, главного редактора журнального обзора «В мире неразрушающего контроля», члена редколлегии журнала «Дефектоскопия» моего большого друга Анатолия Константиновича Гурвича.

Мне довелось познакомиться с Анатолием Константиновичем в далекие 60-е годы, когда в Кишиневе начинались исследования ультразвуковых методов неразрушающего контроля, а А.К. Гурвич уже был признанным специалистом в этой области и, по его рассказам, облазил многие сотни километров железнодорожного пути.

Общаться с ним было легко, удивлял он всех своей дотошностью, уважительным отношением к новому, к любым, даже завиральным идеям. Меня и

многих коллег восхищала его работоспособность — в многочисленных поездках, в вагоне поезда он находил возможность работать над книгами, статьями, описаниями заявок на изобретения.

А.К. Гурвич не принимал участия в погоне за учеными степенями и званиями, а методично и добросовестно возделывал свое научное поле. Видимо, поэтому ему судьбой был отпущен большой срок (почти 92 года!), поэтому именно он создал научную школу в НИИ мостов, которую с полным правом можно называть «школой профессора Гурвича». Как автор большого количества монографий, научных статей и изобретений, главный редактор журнального обзора «В мире неразрушающего контроля», член редколлегии журнала «Дефектоскопия», инициатор проведения таких, ставших настоящей школой для специалистов различных отраслей промышленности и молодых ученых, конференций и выставок, как «Дефектоскопия», «Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций», он заложил научно-методическую основу дальнейшего развития ультразвуковых

методов неразрушающего контроля и технической диагностики.

О его поддержке помнят многие, я тоже получал ее. Вот помню, что не спешил с защитой докторской диссертации, но постоянные напоминания Анатолия Константиновича при личных встречах, пожелания успехов в защите в новогодних открытках сделали свое дело. И через 20 лет после защиты кандидатской диссертации я решился... Первым оппонентом по моей работе был д-р техн. наук, проф. А.К. Гурвич.

А.К. Гурвич был инициатором разработки ГОСТ 14782—86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые» и ГОСТ 18576—85 «Контроль неразрушающий. Рельсы железнодорожные. Методы ультразвуковые», в которых впервые было предусмотрено применение ЭМАП при дефектоскопии сварных соединений и рельсов.

На базе основополагающих исследований А.К. Гурвича во ВНИИНК был выполнен комплекс разработок по совершенствованию методов УЗ-дефектоскопии рельсов в пути. На основе этих исследований во ВНИИНК были разработаны поколения

агрегатированных съемных рельсовых УЗ-дефектоскопов, предназначенных для замены всего парка эксплуатируемых приборов. В результате многолетней совместной работы НИИ мостов и ПО «Волна» на железных дорогах для УЗ-дефектоскопии рельсов успешно использовались исключительно средства отечественного производства. Многие годы контроль рельсов в пути осуществляли с помощью нескольких тысяч дефектоскопов,

выявлявших абсолютное большинство недопустимых внутренних дефектов в основном металле, болтовых и сварных стыках рельсов.

Во всей научной деятельности Анатолия Константиновича решающую роль играли его целеустремленность и стойкий характер. Но и в жизни он был человеком стойким. Вспоминаю случай, когда Анатолий Константинович попал в тяжелую автомобильную аварию. Все мы – его

друзья очень переживали. Однако не прошло и месяца, как встретили его на заседании секции «Контроль качества сварных соединений» в ГКНТ (Москва), костыли не были ему помехой. Вскоре также на костылях он был уже в Кишиневе... Вот таким он был, светлая ему память.

Владимир Тимофеевич БОБРОВ,
акад. АЭН РФ, д-р техн. наук,
проф., главный научный сотрудник
ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр»

Впервые я увидел Анатолия Константиновича Гурвича осенью 1958 г. на трибуне Московского дома научно-технической пропаганды им. Ф.Э. Дзержинского, где он делал доклад в рамках московской конференции по НК. Я в то время работал в организации, которая впоследствии стала НИКИМТом.

Из доклада Анатолия Константиновича я узнал, что, помимо существующих в стране центров по УЗК: ЛЭТИ, ЦНИИТМАШ, ВИАМ, НИИХИММАШ, МВТУ им. Н.Э. Баумана, появился и стремительно набирает темпы новый центр в НИИ мостов ЛИИЖТа под руководством А.К. Гурвича.

Доклад А.К. Гурвича произвел сильное впечатление. Стало ясно, что этот центр гармонично развивает и создание новых приборов, и технологию контроля. Помимо существа доклада поразило высокое ораторское искусство докладчика. За эти годы я слышал Анатолия Константиновича десятки раз и всегда поражался его умению выстроить органичную логику выступления, оживлять доклад яркими вставками. У него был громкий голос, хорошая дикция и, по-моему, он умел гипнотически влиять на слушателей.

На мой взгляд, Анатолий Константинович был лучшим

оратором из всех мэтров дефектоскопии, которых я слышал. Он прекрасно владел аудиторией и всегда был убедителен, даже когда был не совсем прав.

В следующий раз я увидел А.К. Гурвича только на 1-й Всесоюзной конференции по НК в Ленинграде (в Доме техники на Литейном проспекте) в апреле 1961 г. Я отлично помню, как вдруг во время доклада Д.С. Шрайбера на сцену ворвался председатель и объявил, что в космосе Ю.А. Гагарин. Конечно, этот день работы конференции был сорван. Но в один из следующих дней А.К. Гурвич пригласил группу участников конференции к себе в лабораторию, в полуподвал корпуса Юсуповского дворца, выходящего на Фонтанку.

Меня поразил размах работы лаборатории.

Много самых разнообразных железок (особенно рельс) с различными отражателями. Образцы для проверки параметров аппаратуры, новые дефектоскопы, в том числе с автономным питанием. Это была новость, так как приборы УЗД-7Н(Э) были сетевыми.

В лаборатории работали фанаты Г.А. Круг, А.С. Кукли, Л.И. Кузьмина, А.А. Марков и др. Почему фанаты? Потому что у них глаза горели, когда они рас-

сказывали о своих разработках, и рабочий день, как и у руководства, был у них не 8 часов...

В 1964 г. я перешел на работу в ЦНИИТМАШ к И.Н. Ермолову.

Анатолий Константинович регулярно приезжал в Москву в свое железнодорожное министерство. Поэтому несколько раз в год он посещал ЦНИИТМАШ. А.К. Гурвича у нас очень любили и уважали. Наперебой стремились показать свои достижения (конечно, не все), «поговорить за УЗК», выслушать советы и рекомендации. Это было счастливое время для НК. Каждый новый прибор – сенсация, каждая кривая графика – научное достижение. Журнал «Дефектоскопия» принимает все: «публикуй – не хочу!»

За эти годы мы встречались довольно часто и в Москве, и в Ленинграде. В 1969 г. он решил провести конференцию по ультразвуковому контролю сварных швов. Благодаря его организаторскому таланту и бескорыстной помощи соратников конференция удалась. И ее решили проводить периодически, что осуществляется до сих пор.

Узкая направленность тематики (только по УЗК) давала возможность прямого общения с авторами, что позволяло глубже вникать в суть работы.

Ленинградские конференции по УЗД металлоконструкций стали настоящей школой высоких знаний для тысяч специалистов страны. Поэтому трудно переоценить их большую роль в развитии УЗ-дефектоскопии в стране.

Одной из черт Анатолия Константиновича была смелость в принятии на себя, казалось бы, неподъемных дел. В стране появились приборы и кадры, которые работали каждый, как умел. Например, на Одесском судостроительном заводе сварные соединения контролировали прямым ПЭП, сканируя по валику усиления шва!!!

А.К. Гурвич отлично понимал необходимость унификации и типизации технологических процессов (методов) в стране при наличии самой разнокалиберной отечественной и импортной аппаратуры. И он смело взялся навести здесь порядок. В НИИмостов ЛИИЖТа при номинальном участии других организаций было разработано «Временное положение», утвержденное Б.Е. Патонем — ГЛАВНЫМ СВАРЩИКОМ страны и президентом АНУ, которое регламентировало организацию проведения и технологию УЗК сварных швов.

Замечу, что на Западе к этому времени подобных документов по стандартизации еще не было! Накопленный положительный опыт работы по «Временному положению» позволил А.К. Гурвичу уже с реальным вкладом ЦНИИ «Прометей», ЦНИИТМАШ, НИИХИММАШ и ИЭС им. Е.О. Патона подготовить, а потом собрать согласительное совещание и разработать ГОСТ 14782–79. Заложенные в этот ГОСТ основы практически без изменений были сохранены в ГОСТ 14782–86, а затем и в ГОСТР 74555–2013.

Во многом это сделано благодаря блестящим организаторским качествам Анатолия Кон-

стантиновича, который умел объединить коллег и сплотить их в работоспособный творческий коллектив.

Следующим этапом было создание системы аттестации кадров. Им была выполнена громадная работа, учитывая размеры страны и наличие разных отстаиваемых концепций по принципам аттестации. Необходимо отметить, что во всех этих работах принимали самое активное и креативное участие Л.И. Кузьмина, Г.А. Крут, а позднее Г.Я. Дымкин, А.А. Марков, М.О. Никитина, В.Н. Коньшина и др.

К сожалению, отнимая время от научной работы, Анатолию Константиновичу всю жизнь приходилось писать множество различных документов для министерства, выступать экспертом при приемке нового оборудования, выпускаемого ВНИИНК и заводом, и выполнять еще очень много различных поручений руководства отрасли и заниматься «бумаготворчеством».

Я не могу не сказать, что долгие годы Анатолий Константинович выдерживал такую нагрузку во многом благодаря крепкому тылу в лице Лидии Ивановны Кузьминой — жены, умного и верного соратника и соавтора всех его дел.

А.К. Гурвичем организована кафедра в Петербургском государственном университете путей сообщения (ранее ЛИИЖТ), выпускающая сотни дефектоскопистов, создана научная школа, из которой уже вышли три доктора и более двух десятков кандидатов технических наук.

А.К. Гурвич организовал прекрасный профессиональный журнал «В мире НК», который издается уже 17 лет и, на наш взгляд, является самым читаемым в отраслевом секторе.

Приведу несколько случаев, которые свидетельствуют о том, каким был в жизни Анатолий Константинович.

Так, мы узнали, что, сломав ногу, Анатолий Константинович в гипсе до бедра сидит дома. И будучи на Ижоре в командировке мы с И.Н. Ермоловым решили навестить Анатолия Константиновича. Каково же было наше удивление, когда мы увидели, что комната напичкана дефектоскопами и образцами. Даже в таком состоянии он не позволял себе заниматься только писательским трудом, но и ручки приборов крутил.

Несмотря на темперамент, Анатолий Константинович умел себя держать в руках. При мне два-три его старались вывести из себя. Но он всегда сдерживался и эмоции скрывал. Правда, однажды Анатолий Константинович мне про одного надоедлившего иностранца настолько емко выразился, что я даже опешил! Он был вежливым, интеллигентным «ленинградцем», или «петербуржцем», в лучшем понимании этого слова. Но всегда подчеркивал, что всему лучшему в себе он обязан Баку, где родился.

А.К. Гурвич имел хорошее чувство юмора, любил розыгрыши, подсижки, анекдоты и т.п. Так, в одну из зим наша большая постоянная команда (И.Н. Ермолов, Н.П. Алешин, А.Х. Вopilкин и др.) собралась кататься на лыжах под Рузой. Уговорили Анатолия Константиновича с Лидией Ивановной поехать с нами.

К сожалению, они на лыжах не катались, а только прогуливались пешком и пили кофе. Но я никогда не забуду, какие тосты произносил Анатолий Константинович вечером во время дружеских посиделок. Он был в ударе. Кстати, это очень редко с ним бывало. Но в тот вечер наш смех просто взрывал округу.

Как-то в июне мы с И.Н. Ермоловым, А.З. Райхманом и другими коллегами в белые ночи гуляли по Ленинграду и оказались в квартире Анатолия Константиновича на Невском проспекте. Повод был хороший — А.З. Райх-

ман только что вернулся из КНДР и привез бутылку водки, настоящей на маленькой змейке, плавающей в бутылке. Попробовать это зелье смелости нам не хватало. И самым храбрым среди нас оказался Анатолий Константинович. Тогда-то мы и узнали, что он настоящий коньячный сомелье. Он показал альбом с наклеенными этикетка-

ми, на обороте которых была проставлена оценка с очень квалифицированными комментариями. Вот таким разносторонним человеком был А.К. Гурвич.

Анатолий Константинович Гурвич прожил долгую, очень плодотворную жизнь. Его вклад в дефектоскопическую науку трудно переоценить. Им заложены фундаментальные основы теории

и практики ультразвукового контроля сварных швов и рельсов, которые будут востребованы всегда, независимо от уровня развития электроники и кибернетики.

*Виктор Григорьевич
ЩЕРБИНСКИЙ,
профессор, д-р техн. наук,
заслуженный деятель науки РФ,
НПО ЦНИИТМАШ, Москва*

Многим из нас в жизни очень повезло, что мы близко знали Анатолия Константиновича Гурвича. Человека с большой буквы.

Я благодарен А. К. Гурвичу за то, что он всю жизнь учил меня своим примером честному отношению к труду, получению достоверных результатов в науке и умению организовать свое время.

Только благодаря Анатолию Константиновичу, его импульсу я стал доктором технических

наук. Он увидел оптимальное время, когда все необходимые составляющие этой работы были получены, оставалось только их обобщить и выйти на защиту.

Он был не только большим специалистом в области дефектоскопии, но и душевным человеком, который знал чаяния и проблемы своих сотрудников, их жен и даже детей.

Многие люди, с кем мне приходилось общаться, считают Анатолия Константиновича своим ис-

кренним другом, коллегой и учителем. Он всегда находил к каждому человеку особый подход и любого мог увлечь идеями дальнейшего развития дефектоскопии в разных областях промышленности.

*Анатолий Аркадьевич МАРКОВ,
д-р техн. наук,
зам. генерального конструктора
по развитию методов и средств
неразрушающего контроля
ОАО «Радиоавионика»,
Санкт-Петербург*

Анатолий Константинович Гурвич на протяжении длительного времени был научным руководителем по направлению «Ультразвуковые преобразователи» на нашем предприятии. По прошествии времени начинаешь понимать, что только большой мастер мог так просто объяснять и доносить до молодых специалистов сложные теоретические вопросы и добиваться решения технических проблем, оставаясь исключительно добродушным интеллигентным человеком, который никогда не повышает голос и не включает должностной ресурс. Вместе с тем доброжелательность в общении удивительным образом сочеталась с исключительной требовательностью к результатам научной работы. Мы во многом обязаны Анатолию Константиновичу тем, что стали кандидатами и докторами наук.

Большой след оставила совместная работа в редакции журнала «В мире НК», где Анатолий Константинович был главным редактором до последних дней жизни. Пунктуальность, а также большое внимание к основополагающим методическим и нормативным требованиям в области НК позволили создать журнал, востребованный теоретиками и практиками, в котором публикуются ведущие отечественные ученые и молодые специалисты. Но особо запомнилась сама атмосфера, в которой шла работа. Если заседания редколлегии проводились в ПГУПСе, Анатолий Константинович всегда лично встречал на «вертушке», при этом было видно, что походы с четвертого этажа и обратно были для него не легки. В нашей совместной работе всегда были официальная и неофициальная

части – все было и серьезно, и весело, работа была в радость.

О том, каким был Анатолий Константинович в науке и в личной жизни, замечательно сказал профессор Д. Нордони.

Это было в ЮАР на Всемирной конференции. Иду, вдруг кто-то хлопает меня по спине, оборачиваюсь – Нордони, он по-английски: «Где мой друг Анатолий?» Я сначала никак не мог понять, что за друг? Что за Анатолий? Потом, напрягшись, понял, что это Анатолий Константинович. Я рассказал о болезни его жены и т.д.

Нордони написал трогательное письмо поддержки и сказал: Анатолий – это настоящий рыцарь!

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

Анатолий Константинович при жизни стал классиком ультразвукового контроля. Доктор наук, профессор, академик Электротехнической академии, многолетний заместитель председателя Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) – он заслужил еще многие другие регалии. Не счесть студентов, которые учились у Анатолия Константиновича, у него защитилось более двадцати кандидатов наук. Скромный от природы, сам он не хотел защищать докторскую диссертацию, но общественность настояла, и поэтому довольно поздно, в пятьдесят пять лет, он ее защитил. Великолепный организатор – под его руководством прошло более двадцати всесоюзных и всероссийских конференций УЗДМ. Галантный, интеллигентный человек, остроумный рассказчик, неизменно душа компании. Но прежде всего – ученый. Широта его интересов меня всегда поражала. Анатолий Константинович стал автором первого в СССР учебного пособия «Ультразвуковая дефектоскопия сварных со-

единений», изданного в далеком 1963 году при содействии академика Б. Е. Патона.

Как-то во время работы над докторской, посвященной, как я уже говорил, явлению дифракции, я на своей машине повез Анатолия Константиновича на вокзал. Шел сильный ливень, до поезда оставался еще примерно час, и у нас завязалась дискуссия по дифракции. Мы так увлеклись, что не заметили, как пролетели четыре (!) часа. На поезд Анатолий Константинович, естественно, опоздал, но результатом этой импровизированной дискуссии стали два изобретения – мы договорились опубликовать две статьи, что впоследствии и сделали.

Анатолий Константинович всегда отстаивал свои убеждения, когда был в чем-то уверен. Помню заседание ученого совета ОАО «РЖД» под руководством старшего вице-президента В.А. Гапановича. Я докладывал результаты нашей разработки автоматизированной системы для контроля колесной пары вагона в сборе. В ней мы применили инновационный подход к

оценке остаточного ресурса колесной пары в зависимости от размеров трещины в ее оси. До нас вообще не допускалось наличие трещины сколь угодно малых размеров. Мы же показали, что трещины развиваются крайне медленно и, зная скорость их роста, можно эксплуатировать такие колесные пары, фиксируя их пробег. Экономический эффект от такого подхода мог бы быть колоссальным. И Гапанович задал Гурвичу вопрос: «А вы, Анатолий Константинович, поехали бы в таком вагоне, зная, что в одной из колесных пар имеется трещина?» Анатолий Константинович ответил, не задумываясь: «Конечно, ведь эти выводы взяты не с потолка, а основаны на серьезных теоретических и экспериментальных исследованиях». Таким я и представляю Гурвича.

(Из книги «Без истории нет будущего»)

**Алексей Харитонович
ВОПИЛКИН,
д-р техн. наук, профессор,
генеральный директор,
ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва**

Из Венгрии

Из Австралии

Энтузиаст, основоположник рельсовой дефектоскопии как неотъемлемой части системы обеспечения безопасности железнодорожных перевозок, Учитель и Наставник с большой буквы, ученый с широким кругозором, а главное – человек, который мог объединять непримиримых соперников.

**Владимир Федорович ТАРАБРИН,
канд. техн. наук,
генеральный директор
АО «Фирма «ТВЕМА»**

От имени руководства и сотрудников МАВ КФВ Кфт хотим выразить соболезнования семье профессора Анатолия Константиновича Гурвича. Мы глубоко чтим память искренне уважаемого нами выдающегося ученого, дружелюбного человека и яркой личности.

**Янош БЕЛИ,
исполнительный директор
МБВ KfV Kft (МАВ Центральное
диагностическое О.О.О верхнего
строения пути железных дорог
Венгрии), Будапешт**

I was deeply sadden to hear of Anatoly's passing. I had the pleasure to meet the great man, he was responsible for finding me in Australia and introducing me to the Rail Non Destructive Testing industry in Russia. He made many valuable contributions to our industry through his desire to understand and improve, he will be sadly missed.

**Alex IVACHEV,
директор фирмы RTI
(Rail Technology International),
Мельбурн**

Иванов В.И., Барат В.А.

АКУСТИКО-ЭМИССИОННАЯ ДИАГНОСТИКА



ISBN 978-5-4442-0126-8

Формат - 70x100 1/16, 368 страниц, год издания - 2017.

Рассмотрены вопросы диагностирования промышленных объектов с использованием метода акустической эмиссии (АЭ). Изложены основные понятия, физические основы метода, показана связь параметров АЭ с параметрами процесса развития дефектов, что обеспечивает возможность оценки степени опасности дефектов для объекта диагностирования. Показаны области использования метода АЭ, подробно рассмотрены средства АЭ-контроля, сформулированы требования к средствам контроля, описаны методы измерения их параметров.

770 руб.

Данная книга предназначена для научных, инженерно-технических работников, разработчиков и пользователей методик и средств АЭ-диагностирования, может быть полезна студентам, аспирантам и преподавателям вузов.

Вавилов В.П.

ТЕПЛОВИДЕНИЕ И ТЕПЛОВЫЙ КОНТРОЛЬ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ



ISBN 978-5-4442-0131-2. Формат - 60x88 1/8, 72 страницы.

Год издания - 2017, издание 1-е.

В брошюре основы теории теплового излучения и физика тепловидения приведены в объеме, достаточном для последующего практического использования теплового неразрушающего контроля и тепловизионной технической диагностики на практике. Описаны новейшие модели российских и зарубежных инфракрасных тепловизоров, а также приемы работы с тепловизорами при контроле реальных физических объектов. Кратко рассмотрены основные области применения тепловидения и теплового контроля.

Для специалистов промышленности, студентов и аспирантов соответствующих специальностей, слушателей курсов по аттестации в области неразрушающего контроля, а также всех, кто интересуется современным тепловидением.

390 руб.



ВЫСТАВКА СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НК

ОТРАСЛЕВЫЕ КРУГЛЫЕ СТОЛЫ

«НК» В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**28 ФЕВРАЛЯ – 2 МАРТА 2017
ЦВК ЭКСПОЦЕНТР, МОСКВА**

ФОРУМ «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2017»

28 февраля – 2 марта 2017 г. в Москве, в ЦВК «Экспоцентр» состоялся 4-й ежегодный Всероссийский форум оборудования и услуг для неразрушающего контроля и диагностики «Территория NDT 2017».

За четыре года существования форум «Территория NDT» вырос в масштабное мероприятие, включающее кроме экспозиции обширную деловую программу, посвященную обсуждению актуальных вопросов, поиску новых путей развития технологий и решению сложных задач, стоящих перед неразрушающим контролем и технической диагностикой.

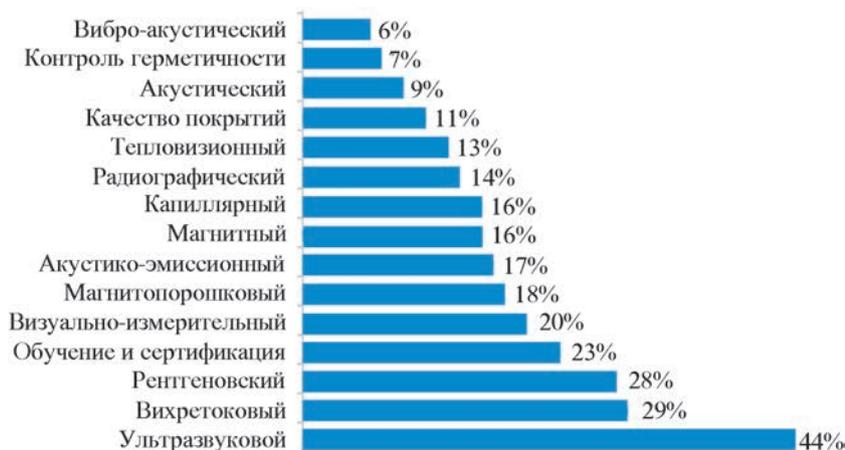
С открытием форума участников поздравили президент РОНКТД академик РАН Э.С. Горкунов, вице-президент РОНКТД С.В. Клюев, главный научный сотрудник Научно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, член-корреспондент РАН С.Т. Мацкеплишвили, директор ЦАГИ, академик РАН С.Л. Чернышев; руководитель научной школы ИМАШ РАН, член-корреспондент РАН Н.А. Махутов. Выступающими было отмечено, что форум дает возможность представителям различных отраслей промышленности встретиться напрямую с производителями приборов НК для кон-

структивного диалога и совместного поиска решения наиболее проблем. Все гости отметили необходимость проведения форума для расширения сферы интересов, востребованности и возможностей всего профессионального сообщества НК и ТД.

Экспонентами выставки стали 77 компаний: разработчики, поставщики оборудования неразрушающего контроля и диагностики, сервисные компании, учебные и сертификационные центры, специализированные издания, национальные общества. В рамках деловой программы состоялось 10 круглых столов, посетило форум более 3000 человек – руководители компаний, начальники лабораторий, ведущие специалисты.

Среди выставленного экспонентами оборудования были представлены приборы для осуществления различных методов неразрушающего контроля. Чаще всего на стендах можно было встретить приборы ультразвукового контроля (44%), вихретокового (29%) и рентгеновского (28%), отметим, что в 2017 г. возросло количество компаний-участников, предлагающих услуги аттестации, сертификации и обучения персонала (23%).

Состав участников форума по применяемым методам НК*



* В процентах от общего числа участников; при анализе использовался множественный выбор



Многие участники привезли на форум новые разработки и технологии.

Компания «Акустические контрольные системы» представила модернизированный ЭМА-толщиномер А1270 с инновационной технологией импульсного подмагничивания, существенным преимуществом которого является отсутствие в ЭМАП постоянного магнита, что позволяет избежать сильного притяжения преобразователя к поверхности объектов из ферромагнитных сталей, проводить сканирование объекта контроля через воздушный зазор и исключает налипание металлической стружки на проектор преобразователя, тем самым увеличивая его срок службы.

«Аргус Пайплайн» предложила решения для различных видов неразрушающего контроля: систему АУЗК ARGOVISION, ульт-

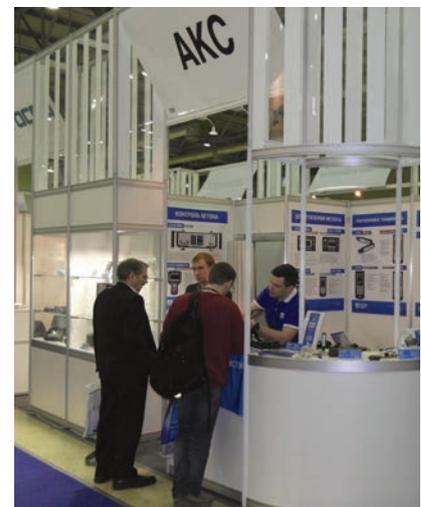
развуковые дефектоскопы на фазированных решетках ISONIC 2009, ISONIC 2010 и новую модель дефектоскопа ISONIC 3510.

ЗАО «Синтез НДТ» выпустило новую модель аппарата серии РПД-250 ИС с торцовым или боковым выходом излучения, с герметичным (IP 65) БПУ и внутренним подогревом плат. В отличие от выпускаемых в России аналогов данный моноблок имеет единое функциональное и конструктивное решение с однополярным включением рентгеновской трубки. Для принудительного охлаждения предусмотрен съемный вентилятор с аккумуляторным питанием.

Компания «ИНТЕРЮНИС-ИТ» представила на форуме ряд собственных разработок в области акустико-эмиссионного метода неразрушающего контроля. На стенде демонстрировались

возможности интеллектуального беспорогового метода регистрации акустической эмиссии на фоне стационарного шума высокой амплитуды. Новая технология регистрации, названная SMART, реализованная в многофункциональном портативном приборе UNISCOPE, позволит значительно расширить возможности применения акустико-эмиссионной диагностики для контроля опасных производственных объектов «на режиме», т.е. без вывода из эксплуатации. Кроме того, посетителям было продемонстрировано новое поколение акустико-эмиссионных систем с последовательной цифровой передачей данных – А-LineDDM-2.

На стенде компании НТЦ «Эксперт» демонстрировались средства НК собственного производства, в том числе наборы для визуального контроля, шаб-





лоны сварщика, образцы шероховатости, течейскатели с вакуумными рамками, расходные материалы для радиографии.

Каждый год на выставке «Территория NDT» представляет новейшие образцы диагностического оборудования компания «Пергам-Инжиниринг», которая в этом году показала: вихретоковый дефектоскоп с поддержкой матричных преобразователей EddyfiReddy, вихретоковый дефектоскоп для контроля трубок теплообменных аппаратов EddyfiEctane, автономную сканирующую систему для картографирования коррозии стен, сосудов и резервуаров Silverwing RMS2, систему контроля состояния изоляции трубопроводов и оценки эффективности систем катодной защиты РСМх, инновационную систему по поиску утечек воды третьего поколения Eureka3, тепловизионную камеру высокого разрешения для НИОКР FLIR X6530sc и тепловизор для поиска утечек газов гексафторида серы (SF6) и аммиака – FLIR GF306.

Портативный беспроводной твердомер нового поколения Equotip® Live показала компа-

ния «Просек Рус». С инновационным беспроводным твердомером EquotipLiveLeeb D и приложением Equotip с интуитивным пользовательским интерфейсом очень легко проводить измерения и собирать данные в любой шкале твердости.

Компания «Рентест» представила на своем стенде продукцию собственного производства: сверхъяркие светодиодные негатоскопы серии XRS для расшифровки рентгеновских снимков; расходные материалы для капиллярного контроля «Элитест»; ультрафиолетовый светодиодный светильник «Элитест УФС 500/4» для работы с люминесцентными составами в стационарных условиях; оборудование для магнитопорошкового контроля Kriopre RUS.

ООО «Синтез НПФ» является постоянным участником форума «Территория NDT», и каждый раз среди экспонатов на его стенде оказываются различные новинки по тематике рентгеновского неразрушающего контроля. В 2017 г. компания представила запатентованное цепное устройство для

крепления моноблоков рентгеновских аппаратов на объектах контроля произвольной формы, стационарный рентгеновский аппарат 0,6 СБК 200 в моноблочном исполнении с принудительным воздушным охлаждением и моноблочный аппарат 0,2 СБК 200 с фокусным пятном с размерами 0,5×0,6 мм, разработанным специально для использования в цифровой радиографии, рентгентелевидении и промышленной компьютерной томографии.

ООО «ЭКСПЕРТ НК» представил на форуме целый ряд новинок: магнитопорошковый дефектоскоп EMDEUS; негатоскоп НС-10В; установку контроля герметичности, камеры вакуумные для различных видов контролируемых соединений; универсальные шаблоны: УШК; УШС-2, УШС-3.

Компанией ООО «Энергодиагностика» были показаны новые модификации приборов ИКН и сканирующих устройств по методу МПМ и их практические возможности с демонстрацией на образцах. Был показан магнитовихретоковый четырехканальный





комплекс МВК-ИКН на базе прибора ИКН-8М-4, в котором совмещены функции магнитного (метода магнитной памяти металла) и вихретокового контроля изделий.

На стенде группы компаний «ЮНИТЕСТ» были представлены установка магнитопорошкового контроля «УНИМАГ-1000 АС/DC» с принадлежностями для магнитопорошкового контроля, которая относится к группе универсальных стационарных дефектоскопов, и портативная установка контроля бурильных труб «МАГПОРТАБУР», не имеющая аналогов в РФ и СНГ. Это новейшая высокопроизводительная портативная система неразрушающего контроля магнитными методами, предназначенная для дефектоскопии бурильных труб.



Дефектоскопия тела трубы основывается на методах измерения магнитного потока и его рассеяния (РМП) на дефектах.

ООО «ИКБ Градиент» впервые приняли участие в форуме, представив посетителям услуги инженерного консалтинга.

В 2017 г. форум «Территория NDT» собрал посетителей из различных отраслей деятельности. Выставку и деловую программу посетили специалисты оборонно-промышленного комплекса, метрологи, специалисты нефтегазовой, атомной, строительной, железнодорожной отраслей.

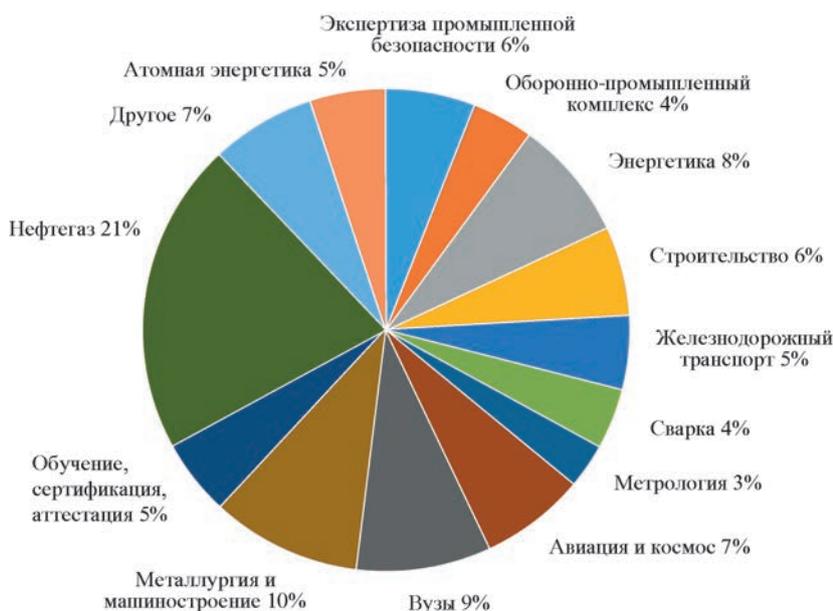
Важно отметить, что с каждым годом число специалистов, приехавших на форум из регионов, становится все больше. Так, в 2017 г. их количество возросло еще на 9% по сравнению с 2016 г.



Самым активным округом после Центрального стал, как и в 2016 г., Приволжский ФО (Самара, Ижевск, Киров, Оренбург, Пермь, Ульяновск, Саратов, Уфа, Чебоксары, Нижний Новгород). Также форум посетили представители Дальневосточного ФО (Хабаровск, Владивосток), Северо-Западного ФО (Ухта, Северодвинск, Вологда, Нижнекамск), Сибирского ФО (Томск, Омск, Красноярск, Новосибирск, Иркутск), Уральского ФО (Ноябрьск, Челябинск, Екатеринбург, Сургут, Мегион). Впервые на форум приехали посетители из Южного ФО (Невинномыск, Краснодар, Ставрополь, Волгоград) и Северо-Кавказского ФО (Махачкала).

Кроме этого увеличилось число специалистов из стран зару-

Состав посетителей форума по отраслям деятельности





бежъя на 4 % по сравнению с данными прошлого года. Ознакомиться с экспозицией форума «Территория NDT 2017» приехали специалисты из Белоруссии, Канады, Латвии, Казахстана, Украины, Ирана, Израиля, Азербайджана, Китая, Голландии, США, Великобритании, Германии.

В деловую программу форума «Территория NDT 2017» вошло 10 круглых столов. На заседании Совета по неразрушающему контролю в гражданской авиации РФ были подведены итоги работы предыдущего состава совета, а также представлено информационное сообщение о требовании EASA о необходимости обязательного применения стандарта prEN4179-2014.

На заседании круглого стола «Обучение, аттестация и сертификация» были заслушаны шесть докладов, в которых рассматривались вопросы обучения, аттестации и сертификации специалистов неразрушающего контроля в различных отраслях промышленности, в энергетике и на транспорте, включая новые методы неразрушающего контроля, а также новые подходы в области подтверждения компетентности персонала в этой области с учетом положительного отечественного и международного опыта. В ходе ответов на вопросы к докладчикам и дискуссий были даны разъяснения по возникшим у участников круглого стола вопросам. Подводя

итоги работы, участники отметили необходимость совершенствования взаимосвязи обучения и аттестации (сертификации) персонала и внедрения новых подходов в области подтверждения компетентности специалистов с учетом положительного отечественного и международного опыта.

Целью проведения круглого стола «Неразрушающий контроль в космической отрасли и оборонно-промышленном комплексе» являлся обмен научно-практическими знаниями между специалистами российских и зарубежных производственных предприятий и научных организаций по решению следующих проблемных вопросов:

- неразрушающий контроль изделий и конструкций из композиционных материалов (КМ);
- неразрушающий контроль конструкций и изделий, созданных по аддитивным технологиям;

- перспективные методы и средства неразрушающего контроля для космической отрасли и оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

В рамках круглого стола было обсуждено множество вопросов, связанных с разработкой и внедрением технологий в производство перспективных изделий в космической отрасли и оборонно-промышленном комплексе РФ и НК. Развернутые и содержательные дискуссии позволили определить круг нерешенных задач и перспективных направлений работ. Прозвучало множество интересных вопросов к докладчикам и конструктивной критики, которые были восприняты как направленные для дальнейших работ и более глубоких исследований в области неразрушающего контроля.

В существующих методах оценки риска аварии в подавляющем большинстве случаев отсутствует учет технического состояния объекта, риск аварии которого требуется определить. Таким образом, исключается возможность и необходимость использования результатов технического диагностирования (ТД) при оценке риска аварии, что существенно усложняет получение количественных показателей риска. В этой связи было принято решение о проведении в рамках форума «Территория NDT 2017» круглого стола на тему «Риск-ориентированное техническое диагностирование», на котором были

Состав посетителей форума по должностям





проанализированы основные проблемы, связанные с рассмотрением возможностей, проблем и задач, обеспечивающих реальное использование методов и средств НК-ТД для оценки риска аварии.

Проведение Сессии главных сварщиков Москвы и Московской области обусловлено фактом неразрывности сварки и контроля ее качества при производстве огромного количества продукции, изготавливаемой различными отраслями производства с применением технологий сварки и других родственных сварке технологий (термическая резка, наплавка, термическое и плазменное напыление, пайка, и др.). Именно поэтому проблемы неразрушающего контроля и технической диагностики входят в число важнейших тем и задач, которые необходимо решать в сварочных и заготовительных производствах. В первой части сессии были рассмотрены вопросы прогрессивных методов, технологий и оборудования для неразрушающих видов контроля качества сварных соединений; во второй части докладчики обсуж-

дали подготовку, переподготовку и повышение квалификации сварочных рабочих инженерных кадров для сварочных производств, новое в стандартизации и оценке квалификации кадров.

Кроме того, в ходе деловой программы форума прошли круглые столы, посвященные вопросам современных методов и подходов к диагностике электротехнического оборудования для обеспечения надежного электрообеспечения потребителей; неразрушающему контролю в нефтегазовой отрасли, стандартизации и метрологии в НК. Большое внимание участников привлекли состоявшиеся впервые заседание экспертного совета по акустико-эмиссионной диагностике, а также круглый стол по системе профессиональных квалификаций в области сварки, испытаний и неразрушающего контроля. Подробные отчеты по круглым столам и статью о квесте «НК. Погружение», проведенном на форуме, читайте в журнале «Территория NDT», № 3 (июль–сентябрь 2017 г.)

На торжественном ужине были оглашены результаты ежегодного конкурса «Лучший стенд форума «Территория NDT 2017». По итогам голосования, проведенного среди посетителей выставки, победа была присуждена компании «АСК-Рентген».

2 марта, по сложившейся традиции, на форуме прошло закрытие XIV Всероссийского конкурса специалистов неразрушающего контроля, организованного НТЦ «Промышленная безопасность» и НУЦ «Качество» совместно с АО «НИКИМТ-Атомстрой» под эгидой Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике. Конкурс проводился по семи методам неразрушающего контроля: акустико-эмиссионному, вибродиагностическому, визуальному и измерительному, проникающими веществами (капиллярному), магнитному, радиационному и ультразвуковому. Все участники конкурса подтвердили высокий уровень своей профессиональной квалификации. Победители и призеры были награждены дипломами и ценными призами.

Дирекция РОНКТД благодарит всех экспонентов, посетителей, модераторов круглых столов за участие в форуме «Территория NDT 2017».

Ждем Вас 27 февраля – 1 марта 2018 г. на форуме «Территория NDT 2018»!

Материал предоставлен организаторами форума

География посетителей форума





XXI ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

28 февраля – 2 марта 2017 г. в Москве, в выставочном центре «Экспоцентр» прошла XXI Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике.

Конференция начала свою историю в 1956 г. в Ленинграде, организатором мероприятия в то

время выступило Советское общество по неразрушающему контролю, правопреемником которого в последствии стало Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике. Конференция проходит один раз в три года на протяжении уже шестидесяти

лет, в течение которых площадкой для ее проведения становились различные крупные города СССР и РФ: Киев, Львов, Минск, Кишинев, Свердловск, Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Самара, Нижний Новгород. В 2014 г. было принято решение о проведении Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике в Москве на постоянной основе.

За время своего существования конференция приобрела статус крупнейшего и наиболее ожидаемого научного события в области неразрушающего контроля, участниками которого становятся эксперты, ученые, работники, специалисты-практики из многих стран. Мероприятие позволяет продемонстрировать последние достижения и научные открытия в обла-



Академик С.Л. Чернышов, академик Э.С. Горкунов, член-кор. Н.А. Махутов

География посетителей конференции



сти техногенной, антитеррористической и экологической диагностики и безопасности.

В 2017 г. XXI Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике открылась пленарными заседаниями, на которых основным предметом обсуждения стали вопросы, связанные с применением новых материалов и ужесточением требований к проведению контроля и условий эксплуатации объектов, определением основных тенденций и перспектив развития новых методов и технологий, а также обсуждением проблем в области контроля и диагностики, с которыми общество столкнется в ближайшем будущем.

В рамках пленарных заседаний выступили ведущие ученые с докладами:

- **С.Л. Чернышов**, академик РАН, Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ), – «Методы неразрушающего контроля для перспективных авиационных конструкций»;
- **Ю.И. Бузиашвили**, академик РАН, НЦ сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева;
- **С.Т. Мацкеплишвили**, член-кор. РАН, НЦ сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, – «Диагностические технологии в кардиологии в 21 веке»;
- **Н.А. Ратахин**, академик РАН, Институт сильноточной электроники СО РАН; **Н.Н. Коваль**, д-р техн.наук, Институт



сильноточной электроники СО РАН, – «Мощные импульсные электронные пучки и их применение в научных и технологических целях»;

- **Э.С. Горкунов**, академик РАН, ИМАШ Уро РАН, – «Использование магнитных методов в неразрушающем контроле металлов и сплавов»;
- **Н.А. Махутов**, член-кор. РАН, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова, – «Комбинированные методы НК и ТД для обоснования безопасности и рисков критически и стратегически важных объектов»;
- **А.А. Шаккалиев**, член-кор. Международной инженерной академии, Департамент технического регулирования и аккредитации Евразийской экономической комиссии, – «Стандартизация как инструмент обеспечения системы технического

регулирования современными методами контроля»;

- **В.Е. Прохорович**, д-р техн.наук, профессор, НИЦ технологий контроля качества РКТ Университета ИТМО, – «Техническая диагностика и диагностический анализ как инструмент повышения летно-технических характеристик ракетно-космической техники».

Видео пленарных докладов опубликовано на сайте www.conf.ronktd.ru

С 28 февраля по 2 марта конференция собрала 114 участников из зарубежных стран (Белоруссия, Венгрия, Германия, Казахстан) и различных регионов нашей страны.

Докладчики сошлись в мнении, что Всероссийская конференция по НК и ТД является важным событием, предоставляющим своим участникам уни-



В.Г. Шипица, В.Т. Бобров, В.И. Матвеев, А.С. Анненков, А.Х. Вопилкин, Д.С. Тихонов

кальную возможность обменяться научными знаниями, познакомиться с новейшими исследованиями, получить импульс для дальнейшего развития и совершенствования методов неразрушающего контроля. Было отмечено, что несомненным плюсом мероприятия является живое общение с коллегами, возможность, задав вопрос, тут же получить на него развернутый ответ. Также участники, многие из которых приезжают на конференцию начиная с 1970-х – 80-х гг., положительно отзывались о том, что молодежи, выступающей на мероприятии, становится все больше.

В рамках конференции было заслушано более 100 докладов в следующих секциях:

- Акустическая эмиссия
- Акустические методы НК и ТД
- Вибродиагностика
- Магнитные и электромагнитные методы НК и ТД
- Методы НК и ТД при оценке техногенной безопасности
- Обучение, аттестация и сертификация
- Оптические, тепловые, микроволновые методы НК и ТД
- Радиационные методы НК и ТД

СЕКЦИЯ «АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НК И ТД»

Руководители секции:

Виктор Григорьевич ЩЕРБИНСКИЙ,

д-р техн. наук,
проф., НПО ЦНИИТМАШ, Москва,

Виктор Гаврилович ШЕВАЛДЫКИН,

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

Григорий Яковлевич ДЫМКИН,

д-р. техн. наук, НИИ мостов и дефектоскопии, Санкт-Петербург

наиболее интересные и оригинальные сообщения.

В АО «ИркутскНИИхиммаш», г. Иркутск, (доклад С.П. Быкова, Д.В. Иншакова, К.А. Кузнецова «Применение прибора ПАКТ-04 для обследования теплообменных аппаратов») разработан акустический прибор для поиска дефектов на внутренних поверхностях труб и различных поврежденных стенок, а также посторонних предметов и отложений. Прибор зондирует трубу по воздуху, посылая в нее короткий звуковой импульс. Любой дефект стенок трубы или изменение площади ее поперечного сечения вызывает отраженный импульс. По записанной эхограмме можно определить расстояние до дефекта или до другой неоднородности трубы, являющейся звуковым волноводом. Возможна также оценка размеров и характера неоднородности по полярности сигнала. Применение этого прибора наиболее эффективно в случаях, когда нет доступа к трубе снаружи, например, в пучках труб теплообменников.

В последние годы видна тенденция к созданию и внедрению распределенных систем мониторинга различных конструкций в процессе их жизнедеятельности. В частности, это системы, встраиваемые в здания и сооружения. Одна из важнейших областей применения таких распре-



Е.В. Глушков

ленных систем – это летательные аппараты. Теоретическим разработкам физических основ такой системы посвящен доклад «Идентификация дефектов в упругих пластинах на основе характеристик резонансного рассеяния бегущих волн» сотрудников Института математики, механики и информатики Кубанского государственного университета, г. Краснодар, Е.В. Глушкова, Н.В. Глушковой, М.В. Голуба, А.А. Еремина. В докладе приведены результаты исследований эффектов резонансного рассеяния волн Лэмба на неоднородностях тонких пластин из металлов и слоистых композитных материалов. При импульсном возбуждении волн в пластинах в неоднородностях материала пластин возникают относительно медленно затухающие колебания на различных частотах, которые можно зарегистрировать. По частотам и формам колебаний можно идентифицировать эти



Г.Я. Дымкин

неоднородности и оценивать их геометрические параметры.

Измерение реальных физических размеров дефектов в металлах — очень сложная и трудно решаемая задача. В докладе «Измерение размеров дефектов при ультразвуковом контроле длинномерных объектов» сотрудников ОАО «Радиоавионика», г. Санкт-Петербург, А.А.Маркова и В.В.Моягина показана возможность решения такой задачи при ультразвуковом контроле рельсов в пути. В процессе эксплуатации в головке рельса возникают опасные трещины, которые постепенно растут и могут привести к излому рельса. Часто такие трещины могут находиться под отслоением поверхности катания. В этом случае трещину обнаружить невозможно при зондировании рельса с этой поверхности. В докладе показано, что обнаружить трещину в головке под ее поверхностным повреждением можно с помощью сквозного прозвучивания головки с боковых граней. Причем при использовании синхронного двумерного сканирования головки узким пучком ультразвука возможно очерчивать границы трещины, что позволяет определять ее ориентацию и реальные размеры с погрешностью не более 15%. Этот способ внедрен в практику контроля рельсов. На его основе создан прибор «АВИКОН-17».

О создании и начале эксплуатации уникального комплекса ультразвукового контроля рельсового пути было сообщено в докладе «Мобильные комплексы на комбинированном ходу для диагностики пути и обслуживания инфраструктуры железнодорожного транспорта» В.Ф.Тарабрина, АО «Фирма ТВЕМА», г. Москва. Уникальность комплекса заключается в том, что он выполнен в виде диагностического вагона, входящего в состав обычного поезда, и контроль проводится в течение всего рейса на скоростях до 140 км/ч. Возможность ульт-

развукового контроля на такой скорости без потери достоверности реализована впервые в мире. Для этого потребовалось преодолеть несколько весьма сложных проблем. Главные из них — это обеспечение надежного акустического контакта ультразвуковых преобразователей с поверхностью катания рельса и стабильная их центровка по оси рельса. Для анализа эхосигналов в широком динамическом диапазоне разработаны специальные алгоритмы обработки, обеспечивающие адаптивный уровень регистрации дефектов. При этом не требуется вмешательство оператора в работу комплекса во всем диапазоне скоростей движения вагона.

Результатам исследований и разработок методов высокоинформативного автоматизированного ультразвукового контроля сварного шва был посвящен доклад «Повышение эффективности методов ультразвукового контроля в потоке производства электросварных труб» А.А.Ткаченко «INTROSCOP NDT» SRL, г. Кишинев, Молдова. Контроль используется в потоке производства электросварных труб большого диаметра. В докладе представлены все основные операции технологического потока производства и созданные установки контроля сварных швов и концов труб на разных стадиях процесса. Для повышения информативности контроля в установках используются устройства слежения за сварным швом и требуемой зоной контроля, помехоустойчивые способы регистрации полезных сигналов и специальные методы оценки вида обнаруженных дефектов. На основе детальных исследований процесса поточного производства труб и контроля их качества разработаны принципы построения систем автоматизированного ультразвукового контроля сварных соединений и концов труб. Созданные ультразвуковые установки внедрены в промышленное производство.

Как уже стало традиционным на конференциях по неразрушающему контролю, тематика антенных решеток и их применения в ультразвуковом контроле на нашей конференции преобладала над всеми остальными темами. Примерно треть всех докладов была ей посвящена. Эта область сейчас находится в стадии быстрого развития. Аппаратура на основе антенных решеток уже прочно вошла в практику ультразвукового контроля. И ее сфера применения непрерывно расширяется.

Сотрудники компании «ЭХО+», г. Москва, представили 5 докладов, темы которых охватывают разные аспекты применения антенных решеток, устройство и возможности разработанной в «ЭХО+» системы автоматизированного ультразвукового контроля и методологию применения таких систем. Эта компания является ведущей в области теории ультразвуковой визуализации внутренней структуры непрозрачных материалов и методик применения визуализирующей аппаратуры.

Так, одно из применений антенных решеток, представленное авторами из «ЭХО+», — это толщинометрия с построением профиля внутренней поверхности изделия. Для этого используется решетка с прямой призмой, сфокусированная на номинальную толщину. При контроле криволинейных поверхностей, например труб, используется призма, притертая к конкретной кривизне поверхности. Механическое двумерное сканирование решеткой изделия обеспечивает реконструкцию рельефа донной поверхности.

Для построения профиля донной поверхности сварного соединения используется пара антенных решеток и дифракционно-временной метод (ДВМ)* регистрации сигналов при электронном сканировании пространства между решетками. Еще более информативный и точный способ толщинометрии сварного соедине-

* В иностранной литературе метод ДВМ называют TOFD («Time of Flight Diffraction»).

ния основан на методе цифровой фокусировки апертуры (ЦФА)* антенных решеток. При зондировании изделия используется как совмещенная схема (элементы каждой из решеток являются излучателями и приемниками ультразвуковых продольных волн), так и раздельная схема (одна решетка излучает сигналы, другая является приемной). Причем при раздельной схеме используются не только продольные волны, но и сигналы поперечных волн, вызванные трансформацией при отражении волн от донной поверхности. Этот метод толщинометрии позволяет реконструировать сложную геометрию поверхности в случаях клиновидности изделия и смещения кромок сварного соединения.

Контроль сварных соединений из аустенитных и разнородных сталей наиболее сложен из-за неопределенности и анизотропии свойств металла в соединении. Для контроля таких изделий успешно используется аппаратура на основе антенных решеток. Об опыте такого контроля на атомных электростанциях и о разработанных методических документах на контроль был представлен один из докладов сотрудников компании «ЭХО+» А.Е. Базулина, П.Ф. Самарина, Д.С. Тихонова «Применение фазированных антенных решеток для ультразвукового контроля тонкостенных аустенитных и разнородных сварных соединений». Использовали приборы с фазированными антенными решетками (ФАР) и решетками в режиме ЦФА в сравнении с радиографическим контролем. Отмечено, что режим ЦФА дает более высокое качество изображений, чем режим ФАР.

Еще один доклад сотрудников компании «ЭХО+» Е.Г. Базулина, А.Х. Вопилкина, Д.С. Тихонова «Повышения качества ЦФА-изображений отражателей за счет применения антенной решетки с адаптивным протектором для учета неровной поверхности объ-

екта контроля». Такие решетки необходимы при контроле изделий с неровной внешней поверхностью. В случае если отклонение профиля поверхности от плоскости превышает половину длины волны, то изображение получает существенные искажения. Для контроля по неровной поверхности можно использовать гибкие антенные решетки, разработанные за рубежом. Однако они не всегда применимы. В докладе предложено в качестве адаптивного протектора использовать локальную иммерсионную ванну. Контактная сторона ванны облегает все неровности изделия. В процессе контроля сначала восстанавливается профиль внешней поверхности изделия, а затем с учетом этого профиля реконструируется изображение сечения внутреннего объема изделия. При реконструкции используется метод ЦФА. Для повышения разрешающей способности изображений антенную решетку с локальной ванной перемещают в направлении активной апертуры. Благодаря этому синтезируется апертура больших размеров, чем апертура решетки.

В докладе «Современный автоматизированный комплекс на ЦФА-дефектоскопе «АВГУР-АРТ» для высокопроизводительного контроля при строительстве трубопроводов» Д.С. Тихонова и С.В. Ромашкина рассмотрены возможности системы, ее устройство, режимы работы и типы сканирующих устройств, используемых в ее составе. Система реализует все алгоритмы метода ЦФА, режимы ФАР и ДВМ. Возможно сочетание разных режимов и методов.

В докладе «Практические аспекты теории акустического поля преобразователей с фазированными решетками» авторов книги по основам теории ФАР из АО «НПО «ЦНИИТМАШ», г. Москва, Л.В. Воронковой и В.Н. Данилова представлены практические



Л.В. Воронкова

выводы из теории и рекомендации по выбору параметров ультразвукового контроля с использованием ФАР. Исследования акустического поля решеток выполнены путем моделирования при различном количестве элементов решетки и разных их размерах. Проведено сравнение характеристик акустического поля решеток с полем одноэлементного преобразователя с размером апертуры как у решетки. При фокусировке антенной решетки в каждую точку ее акустической оси зависимость амплитуды поля на оси монотонно падает с дальностью. Поскольку нет колебаний амплитуды, понятие ближней зоны решетки не вписывается в традиционное определение. Предложено критерием границы ближней зоны считать дальность, при которой закон уменьшения амплитуды поля с ростом дальности становится мало отличающимся от обратно пропорциональной зависимости. Весьма важным выводом теории ФАР является необходимость разработки специальных норм оценки дефектов и поиска способов измерения их размеров для дефектоскопов с ФАР.

В докладе «Влияние аустенитного плакирующего слоя на основные параметры УЗК» В.Н. Данилова, Н.П. Разыграева, А.Н. Разыграева, М.В. Цуканова изложены результаты исследований акустического тракта объекта контроля с аустенитным плакирующим слоем. Наряду с

* Метод ЦФА называют FMC&TFM («Full Matrix Capture & Total Focusing Method»).

применением стандартных преобразователей исследованы параметры контроля с использованием ФАР. Разработаны несколько моделей акустического тракта с разными отражателями для контроля через одно- и двухслойную аустенитную наплавку.

Изучено влияние слоя наплавки на основные параметры ультразвукового контроля. Представлены также практические результаты исследований влияния наплавки на качество изображения и измеряемые характеристики отражателей.



В.Г. Шевалдыкин

Представленные доклады специалистов АО «НПО «ЦНИИТМАШ» отличает целенаправленная направленность на глубокую проработку теоретических вопросов применения ФАР в ультразвуковом контроле.

Наиболее часто ультразвуковой контроль проводят при наклонном к поверхности объекта контроля излучении поперечных волн. Для этого обычно используют антенные решетки, элементы которых расположены на клиновидной преломляющей призме аналогично обычному наклонному преобразователю. В докладе «Антенная решетка с лестничной призмой для ультразвуковых дефектоскопов» А.А. Самокрутова, Н.Ю. Соколова, В.Г. Шевалдыкина, ООО «Акустические Контрольные Системы», г. Москва, представлена антенная решетка для наклонного ввода в объект

поперечных волн, не имеющая общей преломляющей призмы. Каждый элемент этой решетки расположен на отдельной ступеньке так называемой лестничной призмы. Размеры ступенек соизмеримы с размерами элементов решетки. Пути ультразвука в ступеньках для всех элементов равны и не превышают 1,5 мм. Поэтому точки выхода элементов практически не зависят от расположения точки фокусировки решетки в объекте контроля. Температурная зависимость времени задержки сигналов в решетке мало влияет на качество изображения дефектоскопа с такой решеткой. Активная апертура решетки близка к габаритному размеру ее корпуса, что является полезным свойством при контроле по неровной поверхности объекта и его малой площади доступа. В докладе изложены основные свойства таких решеток и их возможности. Следует отметить, что компания «Акустические Контрольные Системы» является пока единственной в России, выпускающей серийно ультразвуковые антенные решетки собственной разработки.

Применение антенных решеток и метода ЦФА в автоматизированном ультразвуковом контроле сварных соединений трубопроводов было представлено в докладе «Система автоматизированного ультразвукового контроля сварных соединений трубопроводов и металлоконструкций» В.А. Суворова ООО «АКС-Сервис», А.А. Самокрутова, В.Г. Шевалдыкин, ООО «Акустические Контрольные Системы», г. Москва. В докладе продемонстрировано действие двух сканирующих систем — одна для контроля сварного соединения с внешней поверхности трубы, другая для внутритрубоного контроля. Изложен принцип построения и устройство этих систем, содержащих несколько антенных решеток, а также лазерно-оптических и прочих датчиков, расположенных на транспортной платформе

(сканере). Используется несколько методов ультразвукового контроля при перекрестном зондировании шва и околошовной зоны. Слежение за швом и коррекция курса сканирования проводится с помощью лазерно-оптической системы, обеспечивающей также измерение смещения кромок шва. Оценку несплошностей выполняют с помощью АРД-диаграммы для метода ЦФА. Автоматически определяется тип дефекта. Связь терминалов оператора со сканерами происходит по радиоканалу. Система внутритрубоного контроля может удаляться от места ее загрузки на расстоянии до километра в прямых участках трубопровода, а при заходе в отводы — до 100 — 300 м.

Доклады по тематике антенных решеток наряду с оригинальностью, новизной и практической значимостью грешат, к сожалению, отсутствием единства терминологии. Несмотря на уже более чем пятнадцатилетний период интенсивного использования антенных решеток в ультразвуковом контроле, этого единства нет. Причина такого состояния, по-видимому, в ущербности и недостаточной полноте терминологических стандартов, принятых в России и за рубежом. Отсутствие многих общеупотребительных и понятных всем терминов в области ультразвуковых антенных решеток может тормозить развитие и применение этой техники.

Акустическая секция конференции, несомненно, обогатила копилку теоретических знаний и практических навыков ультразвукового контроля всех участников конференции, присутствующих на заседаниях. Сборник трудов конференции дает такую возможность и тем, кто не смог присутствовать на заседаниях.

*Отчет предоставил
Виктор Гаврилович
ШЕВАЛДЫКИН,
д-р техн. наук, ЗАО «НИИИИ
МНПО «Спектр», Москва*

СЕКЦИЯ «ОПТИЧЕСКИЕ, ТЕПЛОВЫЕ, МИКРОВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ НК И ТД»

Руководители секции:

Владимир Платонович ВАВИЛОВ,

д-р. техн. наук, профессор,
ИНК НИ ТПУ, Томск,

Владимир Иванович МАТВЕЕВ,

канд. техн. наук,
ЗАО «НИИН МНПО «Спектр», Москва

Секция «Оптические, тепловые, микроволновые методы НК и ТД» содержала 9 докладов. Краткий анализ некоторых из них представлен ниже.

В докладе «Теоретическая модель тепловыделения при ударе в тканый образец» (О.Н. Будадин, В.О. Каледин, С.О. Козельская, Д.А. Шлагов) рассматривались термомеханические процессы при ударе твердого ударника в многослойный образец из полимерной ткани. Предложена упрощенная модель для расчета температурных полей. Моделируемым объектом является многослойная среда, каждый слой которой представляет собой набор двух семейств переплетенных нитей. Характеристики слоев, в том числе расположение армирующих нитей, линейная плотность ткани, диаметр нитей и их физико-механические свойства в различных слоях могут быть неодинаковыми. Каждый слой рассматривается как набор двух семейств нитей, контактирующих между



В.И. Матвеев

собой на срединной поверхности слоя; нити могут иметь взаимные смещения в деформированной срединной поверхности, которым препятствует сила трения. Движение срединной поверхности слоя рассматривается как переносное, а смещения нитей относительно этой поверхности — как относительное движение. Переносное движение слоев приводит к их деформации в направлении нормали. Совместное рассмотрение переносного и относительного движений позволяет получить уравнения движения слоев в целом и нитей в пределах слоя. Эти уравнения решаются численно.

Доклад «Волоконно-оптические нервоподобные интеллектуальные сенсорные системы реального времени для неразрушающего контроля объектов» сделал генеральный директор «Интел-Системы» д-р техн. наук Г.Я. Буйми-стриук. Он рассмотрел возможности построения малоразмерных волоконно-оптических сенсоров физических величин на основе микро- и наноинтерферометров, предназначенных для встраивания в конструкции для измерения напряженно-деформированного состояния и акустико-эмиссионного контроля дефектов конструкции неподвижных и вращающихся узлов конструкций

объектов. Встроенные датчики невозможно калибровать (поверять) способами традиционной метрологии эталонов в лабораториях, так как они являются неснимаемыми в течение всего срока эксплуатации объектов. Поэтому рассмотрены возможности интеллектуализации волоконных сенсоров, встраиваемых в композитные структуры, в частности обеспечения их диагностического самоконтроля исправности (работоспособности) и метрологического самоконтроля (самокалибровки) погрешности измерений в процессе эксплуатации.

Определенный интерес вызвал доклад на тему «Устройство для контроля композиционных материалов методом цифровой шерографии» (М.В. Бурков, А.В. Бяков, П.С. Любутин). Шерография представляет собой интерферометрический метод НК, являющийся бесконтактным и полномасштабным, с помощью которого напрямую измеряются производные компонент смещений поверхности исследуемого объекта. Анализ полей распределений деформаций позволяет обнаруживать повреждения и дефекты в различных материалах. В работе представлены результаты разработки устройства фазосдвиговой цифровой шерографии. Помимо разработки непосредственно прибора решалась задача создания алгоритмов цифровой обработки.

Оригинальный доклад на тему «Тепловой контроль в Томском политехническом университете» сделал д-р техн. наук, проф. В.П. Вавилов. Докладчик отметил, что с самого начала моделирование задач теплового контроля стало существенной частью исследований и спустя несколько десятилетий сделало лабораторию поставщиком соответствующего программного продукта, при-



В.П. Вавилов

обретшим определенную известность в мировом сообществе. В докладе описано современное состояние исследований в лаборатории теплового контроля ТПУ, включая оригинальный программный продукт для моделирования и обработки экспериментальных данных, портативный тепловой дефектоскоп-томограф для авиационной промышленности и новые процедуры теплового контроля (ультразвуковую и вихретоковую ИК-термографию, анализ связи параметров скрытых дефектов с локальными изменениями тепловой инерции и теплопроводности).

Доклад «Определение утечек газа с использованием Фурье-спектрорадиометрических систем» сделал Вл. Вл. Коннов (АО «НПЦ «Молния»). В докладе рассматриваются возможности применения Фурье-спектрорадиометрических систем (ФСС), которые в отличие от лидаров среди всех спектральных приборов обладают наивысшей светосилой и способны работать в режиме реального времени, регистрируя собственное излучение атмосферы и газов-загрязнителей. Естественно, что наиболее эффективной работа ФСС будет в инфракрасном диапазоне спектра, на который приходится максимум спектральной яркости объекта наблюдения. Отмечается, что очень важным достоинством ди-

агностики с применением ФСС является их более низкая стоимость по сравнению с лидарной диагностикой. Однако, как и всякое физическое устройство, ФСС обладают рядом принципиальных ограничений по сравнению с лидарами, поскольку способны измерять только интегральную концентрацию метана, и, как следствие, координаты облака ограничиваются значениями углов возвышения и места расположения. Однако простота конструкции ФСС, высокая степень автоматизации измерений, малая масса позволяют в качестве средств авиации использовать беспилотные летательные аппараты БПЛА самолетного типа, что значительно снижает стоимость диагностики.

В докладе «Состояние и развитие способов стимуляции теплового контроля» докладчик (В.И. Матвеев, ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр») обрисовал состояние пассивного и активного теплового контроля, способы стимуляции активного теплового контроля и отметил перспективы еще одного возможного способа активации теплового контроля — с помощью энергии сверхвысоких частот. Здесь становится важным практический выбор частотного диапазона, безопасного уровня мощности и режима работы. Для нагрева даже слабоувлажненных материалов чаще всего

используют частотный диапазон 2,4–10,0 ГГц (соответственно, длины волн 12,5–3,0 см). Приведены формулы для расчета необходимого подогрева и предварительные экспериментальные результаты.

В докладе «Автоматизация измерений толщины покрытий микроволновым методом» (В.И. Матвеев, А.С. Бажанов) предложено решение проблемы совмещения технологий нанесения теплозащитного покрытия и обработки по профилю объекта с автоматизацией измерения номинальной толщины. В предлагаемом решении два процесса пространственно и по времени совмещены в одном устройстве, что позволяет более надежно проводить автоматизацию измерений. В основе данного способа использован классический микроволновый интерферометр с применением двойного волноводного тройника, в котором рабочее плечо содержит переход Марье с прямоугольного сечения на круглое, что обеспечивает трансформацию типа волны H_{10} на H_{01} , позволяя в дальнейшем вращать круглый волновод с насаженной полый торцевой фрезой.

*Отчет предоставил
Владимир Иванович
МАТВЕЕВ,*

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

СЕКЦИЯ «МЕТОДЫ НК И ТД ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

Руководители секции:

Николай Андреевич МАХУТОВ,
член-кор. РАН, Институт машиноведения
им. А.А. Благонравова, Москва,

Валерий Иванович ИВАНОВ,
д-р техн. наук, НТЦ «Промышленная без-
опасность», Москва,

Вера Александровна БАРАТ,
канд. техн. наук, ГК «Интерюнис»,
Москва

Лозунгом НИИИИ МНПО «Спектр» является содержательное выражение: «Диагностика — основа безопасности». В соответствии с современным представлением, техническое диагностирование (ТД) — это комплексная технология по определению технического состояния объекта в це-

лях оценки техногенной безопасности и прогнозирования ресурса. При этом количественной мерой техногенной безопасности является риск аварии, а ресурс определяется достижением объектом диагностирования вероятности отказа, не превышающего заданного предельного значения. Тех-



В.И. Иванов

ническое диагностирование — дисциплина, включающая в себя комплекс научно-технических направлений: неразрушающий контроль, механику разрушения, металловедение, оценку коррозии и др.

В секции «Методы неразрушающего контроля и технической диагностики при оценке техногенной безопасности» XXI Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике было запланировано 9 докладов, состоялось 6.

Доклад В.И. Иванова, В.В. Мусатова, А.А. Сазонова «О требованиях к НК при оценке риска аварии» посвящен детальному рассмотрению вопросов использования информации, получаемой при выполнении неразрушающего контроля (НК) при анализе риска аварии. Показано, что в оценке риска аварии традиционно применяют показатели статистики аварий. Принципиальным недостатком данных подходов является отсутствие информации о техническом состоянии конкретного объекта, который контролируется с применением методов НК, что позволяет при определении вероятности аварии конкретного объекта выполнить количественную оценку риска. Это придает гигантский импульс ускорения

развитию новейших подходов и методик НК. Показано, что адекватные оценки техногенной безопасности с использованием риск-ориентированных подходов невозможны без выполнения НК в режиме дефектотрии.

С развитием подходов вероятностной механики разрушения, разработанных после Чернобыльской катастрофы, получена возможность рассчитывать зависимости вероятности разрушения объекта от величины дефекта. Применение этих зависимостей позволяет использовать информацию о параметрах дефектов, извлекаемую при выполнении НК, для расчета вероятности разрушения объекта.

Требования механики разрушения при оценке прочности объекта с дефектом определяет объем необходимой информации, которую следует извлекать при выполнении НК. Показано, что ранее параметрами дефектов являлись координаты и в какой-то степени их эквивалентные размеры и количество. В настоящее время акценты смещаются на задачи измерения реальных размеров дефектов. Для расчетов прочности объекта с дефектами, выявленными с использованием НК, необходимы данные не только о координатах дефекта и его размерах, но также о его форме и ориентации. Получение всех этих параметров (за исключением координат и эквивалентных размеров) в настоящее время не предусмотрено в существующей НТД в требуемом объеме, что является существенным препятствием для оценки реальной работоспособности объекта по данным НК.

Показано, что одной из важнейших характеристик системы НК является калибровочная характеристика, устанавливающая функциональную связь истинного размера дефекта с показаниями прибора $a(\hat{a})$. Для рутинных методик измерения возникают существенные неопределенности в

оценке вероятности разрушения, достигающие, по экспертным оценкам, уровня ошибок 500–1000%. Однако применение современных средств и методик позволяет существенно уменьшить величины погрешностей измерения. В результате этого ряд современных средств НК можно отнести к средствам измерения (дефектотрии), погрешность которых при контроле в производственных условиях не превышает нескольких десятков процентов. Возрастает значение и необходимость получения точностных характеристик результатов контроля. Реально появляется необходимость трансформации Неразрушающего Контроля из Дефектоскопии в Дефектотрию.

Показано, что, оценивая вероятность разрушения с использованием измеренного размера дефекта, необходимо учитывать ошибки измерения. Приведены схема и алгоритм учета этих ошибок. Измерив глубину трещины и учитывая погрешности измерения размеров дефекта, можно оценить вероятность разрушения объекта P_f , применяя выражение $P_f = P(\hat{a}) \times P(a_c)$, где $P(a_c)$ — вероятность обнаружения дефекта критического размера.

Наличие заранее полученных характеристик вероятности обнаружения дефектов (PoD-диаграмм) позволяет оценить вероятность влияния $P_{\Sigma 2}$ двух «больших» дефектов в объекте, один из которых уже обнаружен с вероятностью $P(\hat{a}_m)$ (вероятность обнаружения уже обнаруженного дефекта максимального размера), и другого дефекта, который имеет больший размер, хотя и не обнаружен, но мы можем предположить, что он присутствует. Для этого случая предложено использовать выражение $P_{\Sigma 2} = 1 - [1 - P(\hat{a}_m)] \times [1 - P(a_c)]$.

Реализация высказанных предложений возможна при организации структур и программ доработки и освоения описанных под-

ходов в НК. Необходимо также целевое финансирование работ по использованию результатов НК для оценки вероятности разрушения. Конкретные предложения – создание банка образцов с дефектами (для выполнения сравнительных испытаний, оценки квалификации систем НК).

В докладе С.А. Бушина «Неразрушающий контроль герметичности малогабаритных газонаполненных приборов» приведена конструкция опытного образца автоматизированной установки финишного контроля герметичности (УФКГ) газонаполненных разрядников по истечению рабочего газа и элементы разработанной методики, позволяющие контролировать объект в течение не более 30 мин с погрешностью не более 15%. Выпущена конструкторская, эксплуатационная, программная документация и специализированное ПО автоматизированного управления, сбора и обработки информации на УФКГ.

Вл.Вл. Коннов, В.А. Новиков в докладе «К вопросу о комплексной оценке НДС и прогнозировании остаточного ресурса газопроводов» показали, что безопасность эксплуатации магистральных газопроводов во многом определяется напряженно-деформированным (НДС) состоянием металла, с которым связано возникновение и развитие опасных дефектов, приводящих к катастрофическим авариям. Действующие методики оценки НДС в настоящее время не позволяют однозначно определить значения компонент напряжений в трубопроводах. В докладе рассмотрены факторы, влияющие на НДС металла магистральных газопроводов, способы определения НДС, которые разделены на расчетные и физические методы.

В свою очередь физические методы разделены на классы: прямые методы, магнитные методы, акустические методы. Проведен



Н.А. Махутов, В.А. Барат

анализ методов, согласно которому тензометрический метод характеризуется высокой точностью измерения. Однако при его использовании необходимо устанавливать средства измерения НДС до начала эксплуатации объекта. Характеристикой рентгенографического метода является высокая точность и возможность проведения «безнулевой тензометрии». Но этот метод весьма чувствителен к чистоте поверхности объекта и недостаточно мобилен.

Магнитно-шумовой и коэрцитиметрические методы характеризуются высокой мобильностью оборудования и нетребовательностью к качеству поверхности объекта. Но они чувствительны к изменению химического и фазового состава металла, в результате чего необходима калибровка оборудования на образцах металла, идентичного металлу исследуемого объекта. Применяется также метод магнитной памяти металла, который является индикаторным методом. Акустические методы имеют высокую точность определения напряжений (по всему объему металла). Но для их использования требуется знать акустические характеристики материала объекта.

В докладе Л.Ю. Могильнера, А.Ю. Владовой, А.Н. Панкратова

«Совершенствование методик контроля систем молниезащиты и заземления для обеспечения промышленной безопасности объектов перекачки нефти» проведен детальный анализ влияния молниезащит на безопасность объектов нефтегазового комплекса. Рассмотрены защита резервуарных парков, зданий, сооружений, резервуарных парков, трубопроводов заводов по переработке углеводородов от поражения молнией.

Важность анализируемой проблемы доказывается многочисленными примерами аварий. Указано, что ежегодно в мире возникают пожары на 15–20 резервуарах, из них 5 и более – в результате удара молнии. Среди аварий на резервуарах, происходящих под воздействием окружающей среды, более 60 % происходят от ударов молнии. На территории Северной Америки 16 из 20 аварий на резервуарах для хранения нефтепродуктов произошли в результате удара молнии.

Рассмотрены методы борьбы с молниевой опасностью. Сформулированы общие требования к обеспечению молниезащиты и факторы воздействия молнии на объекты, включающие: прямой удар, косвенное воздействие, влияние на электронные приборы и оборудование. Предложены

типовые решения для парка из двух резервуаров РВС-20000 и реализация с привязкой к местным условиям.

В ПАО «Транснефть» системы молниезащиты подразделяются три составные части: 1) проектирование; 2) эксплуатация; 3) диагностирование. При диагностировании молниезащиты и заземления объекта выполняются измерения и расчеты. Рассмотрены измерительное и испытательное оборудование для обследования состояния молниезащиты и заземления объекта. Парк измерительного и испытательного оборудования предназначен для выполнения полного набора необходимых измерений «под ключ»: мультиметры, трассоискоские приборы, измерители уровня электромагнитных полей. При этом комплекты измерительного и испытательного оборудования должны соответствовать российским стандартам. Средства измерения должны быть внесены в соответствующий государственный реестр.

Приведен объем работ по рассматриваемому вопросу. За период 2012–2016 гг. обследованы системы молниезащиты и заземления более 550 объектов. Технология разработана для применения на объектах: нефтепродуктоперекачивающие станции, нефтебазы, компрессорные станции, оборудование линейной части магистральных трубопроводов. В состав и объем работ по измерению параметров системы молниезащиты и заземления входят: визуальная и инструментальная оценка состояния системы защиты от прямого удара молнии, визуальная и инструментальная оценка состояния заземляющих устройств, определение влияния электромагнитных полей от молнии на электронную аппаратуру автоматики и сигнализации. Критерием качества работ является электробезопасность при эксплуатации объекта, целью — определе-

ние срока устранения несоответствий установленным требованиям. По результатам обследования оборудования молниезащиты и заземления разрабатываются компенсирующие мероприятия.

В.А. Сясько, А.С. Уманский, А.В. Кондратьев в докладе «Измерение механических свойств методом инструментального индентирования. Методические и метрологические аспекты. Оценка функции формы индентора» перечислили методы измерения твердости. Авторы разделили методы на статические, динамические и ультразвуковые. Отмечены основные особенности и отличия методов измерения твердости по: форме индентора, значению нагрузки, способу нагружения, глубине внедрения, методу измерения размеров отпечатка, алгоритму расчета чисел твердости. Рассмотрены особенности геометрии индентора, алгоритм косвенной оценки функции формы индентора, графики зависимости твердости H и модуля упругости E от глубины индентирования h . Представлена государственная поверочная схема средств измерений твердости по шкалам Мартенса и шкалам индентирования.

Авторы указывают, что для того, чтобы уменьшить влияние множества независимых источников неопределенности, можно осуществлять поверку твердометров на стандартных образцах свойств, для которых будет обеспечено постоянство механических свойств в диапазоне глубин индентирования. Аттестация механических свойств должна проводиться по следующим параметрам: химический состав; кристаллическая структура; модуль упругости; микротвердость по Виккерсу.

Делается вывод, что стандартные образцы свойств являются не просто мерами величин, значения которых приписаны им в результате калибровки в рамках принятой поверочной схемы, но

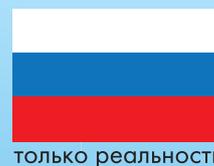
являются стандартными образцами этих свойств в силу своего химического состава и структуры.

Выполненные авторами доклада эксперименты показали, что процедуры коррекции формы индентора по предложенному ими алгоритму позволяют учесть отклонение геометрии индентора и его закругление при вершине, а также уменьшить влияние функции формы при вычислении физико-механических свойств материалов методом инструментального индентирования.

Переход от использования мер твердости при калибровке и поверке приборов, реализующих метод инструментального индентирования к стандартным образцам свойств, является эффективным средством устранения влияния методической составляющей неопределенности результатов измерения, позволяет повысить повторяемость и уменьшить неопределенность результатов измерений твердости и модуля упругости при малых глубинах индентирования, что особо важно при контроле механических свойств тонких покрытий, пленок и модифицированных слоев.

Введение стандартных образцов свойств в поверочную схему для средств измерений твердости по шкалам Мартенса и шкалам индентирования будет эффективным решением в целях обеспечения единства измерений механических свойств методом инструментального индентирования.

Отчет предоставили:
Николай Андреевич МАХУТОВ,
*член-кор. РАН, Институт
машиноведения
им. А.А. Благодаринова, Москва,*
Валерий Иванович ИВАНОВ,
*д-р техн. наук, НТЦ «Промышленная
безопасность», Москва,*
Вера Александровна БАРАТ,
*канд. техн. наук,
ГК «Интерюнис», Москва*



только реальность

Метрология в ультразвуковом неразрушающем контроле



ООО «Инженерный Центр Физприбор»
620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, 54
+7 (343)355-00-53, sale@fpribor.ru
www.fpribor.ru

БЕСЕДЫ НА ФОРУМЕ «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2017»



ЗАИТОВА Светлана Александровна,
ОЮЛ «Казахстанский регистр», Астана

Ваши впечатления от форума и конференции. Что можете отметить особо?

Прежде всего хочется отметить прекрасно разработанную и каждый год обновляемую информационную систему организации и регистрации форума «Территория NDT», которая не уступает лучшим аналогам зарубежных выставочных площадок. Отлично администрируемый софт позволяет заранее зарегистрироваться и планировать работу на мероприятии, а также определить группы необходимых встреч участников.

Нововведением этого, 2017 года является платное участие в секционных заседаниях научно-технической конференции. Нужно отметить, что участие в специализированных мероприятиях за рубежом всегда было платным и по уровню российских цен даже дорогим. Так, участие в пленарных заседаниях WCNDT, которое проходило в Мюнхене в 2016 г., в зависимости от категории участника стоило от 1000 до

1500 евро. Для участия в конференциях, проводимых ASNT, необходимо быть членом организации и оплачивать ежегодный взнос 450 дол. Специализированные конференции в Казахстане всегда проходят на платной основе как для докладчиков, так и для участников мероприятия.

Если некоммерческая организация, которой является РОНКТД, вводит оплату за участие в мероприятии, организованном без участия государственного финансирования, это правильно и естественно. Станным было бы проводить открытые мероприятия для всех и финансировать их за счет немногих. Таким образом формируется экономическая целесообразность организации конференций и форумов и участия в них, растет уровень привлекаемых модераторов и спикеров. Обмен знаниями, технологиями и приобщение к кругу специалистов приобретают ценность.

На что пришлось обратить внимание, так это на отношение к форуму ряда международных компаний – производителей оборудования НК, представленных в СНГ, на их неучастие в форуме и выставке. И это не вопрос сокращения выставочных бюджетов, а скорее всего политика и отсутствие инженеров-прикладников, непродажников, которым было бы важно и интересно это мероприятие, чтобы говорить на равных с профессиональным сообществом.

Какие темы особенно важны и актуальны сейчас?

Очень порадовала интрига на форуме: обсуждение метода магнитной памяти металла. Тема давно назревала и была абсолютно кулуарной и всеми обсуждаемой.

Надо отдать должное руководству РОНКТД за четко обозначенную позицию по данному вопросу. В Казахстане мы ежегодно сталкиваемся с вопросами от государственных компаний по легализации данного метода для обследования объектов в системе промышленной безопасности. И самое интересное, что данный метод активно внедряется при обследовании магистральных трубопроводов под «зонтиком» разрешительных документов местных компаний и при восторге заказчиков, которым не нужно проводить фактически никаких подготовительных работ и работ по восстановлению трубопроводов. Так что в коммерческом плане это очень «удобный метод».



ТКАЧЕНКО Андрей Акимович,
д-р техн. наук, президент Национального общества неразрушающего контроля и технической диагностики Республики Молдова (НОНКТД РМ), ген. директор, «INTROSCOP NDT» SRL, Кишинев

Каковы Ваши впечатления от форума и конференции?

Мои впечатления от форума хорошие, как всегда здесь есть возможность встретить друзей и

просто старых знакомых, пообщаться, посмотреть на новинки нашей передовой техники, на новые качества, которые ученые и специалисты представляющих фирм придают уже известным приборам за счет использования новых комбинаций подключения, новых методических решений, новых способов контроля, новых программных решений.

А о конференции хочу сказать следующее. На 21-й НТК существенно уменьшилось количество научных докладов. Так, по сравнению с предыдущей, 20-й конференцией докладов было практически вдвое меньше. Не думаю, что так скачкообразно ученые стали исследовать и писать меньше, по-видимому, что-то другое повлияло на сокращение количества представленных докладов. Возможно, повлияли следующие причины:

- коммерциализация процесса — доклады не принимались к публикации без уплаты регистрационного взноса, который составлял приличную сумму;
- наряду с Всероссийской конференцией, которая проводится раз в три года, сейчас организуется достаточно большое число региональных и тематических конференций по НК и ТД, распыляющих докладчиков по ним. Здесь, по-моему, уместен лозунг: «Лучше меньше конференций — да лучше!»
- в этом году практически не было представителей из других стран;
- во время представления докладов в залах было мало слушателей, что в целом снижает рейтинг мероприятия: создалось впечатление, что из-за общего с кофе-брейком входа на слушание докладов пропускали только зарегистрированных участников, а посетители выставки на пленарные заседания и круглые столы попасть не могли;
- возможно, данное мероприятие недостаточно рекламировалось.

Вы участвуете в конференции. Какие вопросы затрагивает Ваш доклад?

Мой доклад посвящен роли методов неразрушающего контроля при производстве сварных труб большого диаметра и строительстве магистральных газонефтепроводов, методам и средствам автоматизированного ультразвукового контроля сварных швов труб. Тема доклада актуальна, работы в данном направлении много, перспективны видны, востребованность велика. В данном направлении работает ряд фирм в России, на Западе и в других странах мира.

Как Вы думаете, какое значение имеют форум и конференция для специалистов НК? Какая атмосфера на мероприятиях? Какие темы особенно важны и актуальны сейчас? Что важно для Вас?

Конференция для специалистов имеет огромное значение. Здесь можно ознакомиться с новыми задумками, направлениями, разработками, обменяться мнениями по актуальным вопросам сегодняшнего дня. Форум является квинтэссенцией того, что наработано в теории и прикладных разработках. Низкая посещаемость специалистами мероприятий конференции должна заставить организаторов задуматься над тем, что не было сделано при подготовке форума.

Что же касается актуальных тем, то, например, нет предела совершенству, когда дело касается автоматизации вероятностных процессов в целом и, в частности, автоматизации ультразвукового контроля сварных труб. Здесь и методические вопросы, исследования и совершенствование способов контроля, помехозащиты, идентификации сварного шва, слежения за швом, определения вида дефекта, прогнозирование прочности объекта и, наконец, создание новой аппаратуры для АУЗК исследуемого объекта контроля.

Каковы, по вашему мнению, перспективы развития неразрушающего контроля в России, в Молдавии, в мире?

Остановлюсь на развитии НК в направлении работ нашей фирмы. Перспективы развития есть всегда, но было бы очень хорошо, если бы на государственном уровне формировались фонды для выделения грантов на развитие основных направлений прикладной науки, как это было в СССР. Тогда бы основные направления в разработке и совершенствовании важных народно-хозяйственных проблем можно было поднять на порядок выше. Это позволило бы достичь более высоких результатов в повышении эффективности как производства труб и строительства магистральных трубопроводов, а также и в их эксплуатации.

В Молдавии перспектив развития НК на государственном уровне ожидать не приходится ввиду его крайне малого применения.

Что сейчас происходит на рынке НК? Как, по Вашему мнению, он будет развиваться в ближайшее время?

На мой взгляд, сейчас происходит совершенствование аппаратуры, направленное на углубление методов контроля в привязке к конкретным объектам. И в дальнейшем развитии будет идти в этом же направлении, расширяясь и охватывая все новые задачи.

Следом идут вопросы автоматизации процессов контроля изделий массовых производств.

Полезно ли общение на форуме?

Общение как всегда и приятно, и полезно. Когда видишь что-то новое, оно всегда подталкивает к решению твоих проблем, ориентирует движение мысли в нужную сторону.

Что бы Вы хотели пожелать коллегам?

Дерзать, творить и привлекать молодежь! Желаю побольше специалистов приобщать к дефектоскопической науке. Наши наукоемкие технологии должны развиваться, они имеют перспективы!

Каковы Ваши пожелания организаторам?

Мне кажется, что посещаемость мероприятия можно поднять за счет переноса времени проведения на май или сентябрь, как это делалось раньше! Очень полезно уйти от унылого зимнего времени – февраль – март.



ФИЛИППОВ Валерий Аркадьевич,

канд. техн. наук, преподаватель государственного автономного профессионального образовательного учреждения Чувашской Республики «Межрегиональный центр компетенций – Чебоксарский электромеханический колледж» Министерства образования и молодежной политики Чувашской Республики, г. Чебоксары

Вы впервые на форуме «Территория NDT»?

Да, на данном форуме я впервые. Мои коллеги ежегодно приезжают на форум «Территория NDT». Директор колледжа Алексей Алексеевич Судленков старается, чтобы преподаватели и сотрудники были в курсе последних достижений науки и техники. Наш колледж стал участником

Федерального целевого проекта по обеспечению подготовки кадров по наиболее востребованным и перспективным специальностям и рабочим профессиям в соответствии с международными стандартами и передовыми технологиями (ТОП-50) в области промышленных и инженерных технологий. Для повышения эффективности подготовки и повышения квалификации специалистов неразрушающего контроля, развития практической деятельности, внедрения современных наукоемких технологий в учебной и практической деятельности в колледже создана рабочая группа под руководством Станислава Николаевича Ксенофонтова.

Каковы Ваши впечатления от форума?

Мои впечатления от форума самые положительные. На выставке широко представлено новое оборудование и приборы. Производители оборудования стараются собрать информацию по передовым научным направлениям для оснащения лабораторий современным исследовательским оборудованием. Главное, что на форуме сочетается методическое обеспечение и наглядность, да к тому же реализовано очень удачное организационное решение – параллельное проведение выставки и пленарных, а также секционных заседаний. По своему усмотрению можно выбрать либо осмотр экспонатов выставки, либо участие в заседаниях – послушать доклады.

Какова атмосфера на форуме?

Атмосфера на форуме дружеская. Такая атмосфера позволяет свободно общаться, обмениваться новостями с коллегами, находить новых партнеров. Правильное решение – разделить деловую программу на секции. Посетители и участники форума могут выбрать любую секцию по своему усмотрению, участвовать

в обсуждении проблем любого направления. Очень удобно.

Для себя Вы нашли что-то полезное?

Да, мы приехали с целью подобрать оборудование для исследования материалов и нашли его. Эта область нынче активно развивается. Появляются новые наноструктурные и композиционные материалы. Представленное на форуме оборудование полностью отвечает современному уровню технического прогресса. Особо впечатлил метод магнитной памяти металла – метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе распределения собственных магнитных полей рассеяния на поверхности изделия. На выставке мы нашли сканирующие нанотвердомеры, которые позволяют проводить все основные виды исследований физико-механических свойств. Это современный многофункциональный прибор, с помощью которого можно оценивать новые материалы от полимеров до сверхтвердых материалов.

Расскажите о своей работе.

Сейчас мы как раз оснащаем лабораторию по неразрушающему контролю. У нас есть учебное демонстрационное оборудование. Но для подготовки специалистов по дефектоскопии необходимо современное оборудование. Находящиеся сегодня в эксплуатации средства неразрушающего контроля морально устарели, хотя и обеспечивают возложенные на них задачи по дефектоскопии. В них используется аналоговый способ обработки сигнала, в то время как в современных дефектоскопах применен преимущественно цифровой способ, позволяющий повысить чувствительность, объективность контроля за счет уменьшения субъективных влияний и более качественной обработки информации. На форуме мы нашли партнеров, кото-

рые будут с нами сотрудничать. Думаю, мы оснастим лабораторию не только учебными приборами, но и исследовательскими, чтобы развиваться дальше.

Участвуете в деловой программе форума, конференции?

Мы не планировали принимать участие в деловой программе с докладами. Нас больше всего интересует новое оборудование, программное обеспечение и то, насколько мы дальше сможем сотрудничать с этими фирмами по оснащению центра компетенций.

Вы посещали выставки, проходящие параллельно с форумом «Территория NDT». Какие?

Наши сотрудники Владимир Александрович Грачев и Роман Владимирович Николаев посетили Выставку приборов и средств контроля, измерений и испытаний. Они занимаются разработкой экспериментальной образовательной программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих и специалистов среднего звена по основным видам деятельности — выполнение ультразвукового, визуального и измерительного контроля контролируемого объекта. Это очень удобно, что можно одновременно посетить параллельные направления.

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

Такие мероприятия важны для всех специалистов в том плане, что каждый год появляется что-то новое. И хорошо, что это новое может быть оперативно продемонстрировано. Научные открытия, продвижения которых у нас обычно ждут годами, в последнее время, к счастью, начали быстро внедряться в производство. Необходимо идти в ногу с вновь разработанными методиками, новым оборудованием и аппаратурой контроля. Когда есть конкуренция, фирмы стараются быть в

курсе новых достижений научно-технического прогресса и использовать их в своей работе.

Сейчас XXI век. Как Вы думаете, каковы перспективы развития в области НК, что ждет нас?

Трудно загадывать. Люди издавна мечтали, фантазировали. Если заглянуть не в такую уж далекую историю, то многое из того, что предсказывали и прогнозировали научно-популярные журналы, фильмы, сбывается и становится реальностью. Основой обеспечения успешного применения неразрушающего контроля является качественная техническая документация и высокий профессионализм дефектоскопистов. Научно-технический прогресс остановить невозможно. Дефектоскопическая наука была и остается основой, позволяющей повышать качество контроля за счет разработки новых технологий.



САКОВА Наталья Владимировна, зам. генерального директора по развитию ООО «АйТи-Элком», Санкт-Петербург

Несколько слов о компании «АйТи-Элком».

Наша компания занимается поставками электронных компонентов, кабельно-проводниковой продукции зарубежного производства известных фирм. Мы являемся официальными дистрибьюторами немецкой ком-

пании ODU и итальянской компании Techno. Наша компания работает напрямую от производителей и со складов глобальных дистрибьюторов. Нашими клиентами являются компании, работающие в разных отраслях промышленности: телекоммуникация, медицинская промышленность, приборостроение и также неразрушающий контроль и техническая диагностика.

Расскажите о вашем участии в форуме «Территория NDT».

Наша компания впервые приняла участие в форуме «Территория NDT».

Поскольку мы занимаемся поставкой электронных компонентов, а на форуме были представлены компании — производители оборудования неразрушающего контроля и технической диагностики, это позволило нам познакомиться с потенциальными потребителями поставляемой нашей компанией продукции. На стенде все желающие смогли получить интересующую их информацию о продукции, посмотреть образцы, заказать каталоги и чертежи, договориться об условиях сотрудничества.

От лица компании «АйТи-Элком» благодарю всех посетителей нашего стенда на форуме «Территория NDT» и надеюсь на взаимовыгодное и продолжительное сотрудничество.

Какова, по Вашему мнению, атмосфера на форуме?

Хотелось бы отметить доброжелательную атмосферу форума как среди организаторов, так и среди посетителей.

Много ли посетителей было на вашем стенде? Что можете сказать об уровне посетителей?

На стенде нашей компании было много посетителей, интересовавшихся поставляемыми нами электронными компонентами. Хотелось бы отметить, что

все посетители — это специалисты высокого уровня, так как данный форум имеет узкоспециализированное направление. Специалисты такого уровня заинтересованы в поиске качественной продукции и работе с надежными поставщиками.

Что Вам больше всего понравилось на форуме?

Большим плюсом участия в такого рода выставках и форумах является их узконаправленная специализация, что позволяет оперативно и на месте решить задачи по подбору и разработке или модернизации конкретного прибора.

Есть ли пожелания организаторам?

Единственное пожелание организаторам форума — при заезде и выезде более оперативно решать возникающие вопросы.



ФИЛЛИПОВ Вячеслав Федорович, генеральный директор, Некоммерческое партнерство по промышленной безопасности, корпорация «Надежность, качество — Тверь», г. Тверь

Ваши впечатления от форума? Ваше мнение о деловой программе форума и конференции? Какие темы особенно важны и актуальны сейчас? Что важно для Вас?

Я регулярно посещаю форум с ведущими специалистами нашей компании. Не пропускаю форумы

и выставки, проходящие в Москве и Санкт-Петербурге, так как сам живу и работаю в Твери. Очень удобно. Лишний повод оторваться от текучки и «обозреть вживую дела дефектоскопические».

Форум стал компактнее и деловитее, атмосфера дружественная. «Невидимая рука рынка» коснулась всех участников деловой программы (в конференции, к сожалению, не участвую). Зарубежные компании по-прежнему «более себя показывают», рассчитывая на «стратегическо-денежного» инвестора-покупателя. Российские, по-моему, приступили к практическому импортозамещению средств и оборудования для контроля (УК, МК). Радует АКС, уралцы (ИЦ «Физприбор»).

К сожалению, в радиационном контроле ситуация другая. Все прогрессивно-дорого. Трубки для РК, беспленочные технологии «кусаются», так как все импортное. Это важная и актуальная тема для нашей компании, ведь мы занимаемся аттестацией лабораторий НК и знаем, что для руководителя предприятия, имеющего лабораторию НК, замена устаревшего оборудования, расширение областей аттестации по методам НК — проблема! И проблема эта — из-за стоимости оборудования.

Каковы, по Вашему мнению, перспективы развития неразрушающего контроля в России? В мире?

Перспективы развития НК прежние: повышение достоверности результатов контроля за счет улучшения качественных характеристик средств контроля; внедрение новых технологий НК; унификация нормативных документов, определяющих нормы дефектности при НК, в том числе с международными ISO; достижение единообразия в аттестации (сертификации) персонала по НК в различных отраслях промышленности.

Что сейчас происходит на рынке НК? Как, по Вашему мнению, он будет развиваться?

В связи с изменением законодательства по СРО (для строительных организаций с 1 июля 2017 г. отменяются свидетельства о допуске к определенному виду работ), изменениями в 116-ФЗ (отменены Разрешения на применение (изготовление) технических устройств для ОПО (котлы, сосуды, газопроводы, подъемные сооружения и т.д.) изготовители оборудования, монтажные, строительные организации «могут-обязаны» получить три разрешительных документа: сертификат (декларацию) на соответствие ТР ТС, Свидетельство об аттестации технологии сварки, Свидетельство об аттестации лаборатории НК для допуска на ОПО. Если с первым документом все более или менее ясно и у большинства организаций проблем не возникает, то для получения двух свидетельств об аттестации необходимо проводить «болезненные» мероприятия с точки зрения материальных и временных затрат. Предприятия вынуждены аттестовывать технологию сварки и получать Свидетельство об аттестации лаборатории НК не только в «наказном порядке», но и для участия в тендерах на монтаж, строительство, изготовление технических устройств (для ОПО), т.е. для получения преимущества перед конкурентами.

Эта «тенденция-тренд» началась с середины 2016 г. Наша компания проводит работы по аттестации лабораторий НК и появление этой тенденции мы ощутили практически.

Расскажите о Вашей компании и направлении ее деятельности?

Мы являемся некоммерческим партнерством по промышленной безопасности и входим в группу компаний «НКПРОМ». Работаем с 2003 года. В нашу структуру входят: экзаменацион-

ный центр по аттестации специалистов НК, экспертная организация по промбезопасности, НАМЦ по подготовке специалистов по промбезопасности, «НК-Сервис» занимается поставкой оборудования НК, также осуществляем образовательную деятельность, т.е. мы находимся в гуще событий «в мире НК и на территории NDT».

Оказалось ли полезным посещение форума для Вас?

Очень. Время не позволяет размышлять по поводу «бесцельно прожитых лет», смотрим вперед с оптимизмом...

Каковы Ваши пожелания коллегам, организаторам?

Всем коллегам желаем быть здоровыми и богатыми и встретиться на следующем форуме «Территория NDT»!

Организаторам бы хотел выразить пожелание, по возможности размещать выставки не в центре Москвы и других городов. В Москве, например, лучше проводить форум в «Крокусе», а в Санкт-Петербурге – в Шушарах. Логистика страдает, время – деньги!



КОЖАРИНОВ Валерий Владимирович, д-р техн. наук, президент Латвийского общества по неразрушающему контролю (LNTB), г. Рига

Ваше мнение о деловой программе форума и конференции.

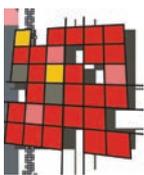
С каждым годом деловая программа форума становится все более обширной. Хочу отметить, что в этом году деловая программа конференции хорошо сформирована, и, на мой взгляд, на заседаниях были затронуты практически все злободневные проблемы в области диагностики опасного оборудования.

Как Вы думаете, какое значение имеют форум и конференция для специалистов НК? Какая атмосфера на мероприятиях?

В первую очередь форум – это прекрасная возможность живого общения, когда можно обсудить профессиональные проблемы со своими коллегами (в том числе с молодежью!!!). Что касается научного уровня докладов, то он, к сожалению, становится все ниже. Но это только мое мнение. Были неплохие доклады по практическому применению НК. Мне очень понравилась деловая атмосфера при обсуждении вопросов НК в России. К сожалению, не могу этого сказать о Латвии, где уровень НК падает, что в основном объясняется практически полным отсутствием профессиональной молодежи в этой области.

Хочу выразить благодарность организаторам конференции и пожелать дальнейших успехов на их трудном, но очень благородном пути. Еще раз всем спасибо!

*Беседовала КЛЕЙЗЕР
Наталья Владимировна*



6-я международная научно-техническая конференция и выставка «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ»

Республика Беларусь, г. Могилев • 19 – 20 сентября 2017 г.

Организаторы:

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

Основная тематика:

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

Круглые столы:

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

Вся информация о конференции размещена в разделе «Наука» на сайте: www.bru.by

Адрес оргкомитета, контактные телефоны, электронная почта:
Белорусско-Российский университет,
пр-т Мира, д.43, оргкомитет конференции,
212000, г. Могилев, Республика Беларусь

Сергеев Сергей Сергеевич

- Тел.: (+375) 297 433868
- E-mail: sss.bru@tut.by

Брискина Ирина Владимировна

- Тел.: (+375) 222 230247
- Факс: (+375) 222 251091
- E-mail: konf@bru.mogilev.by

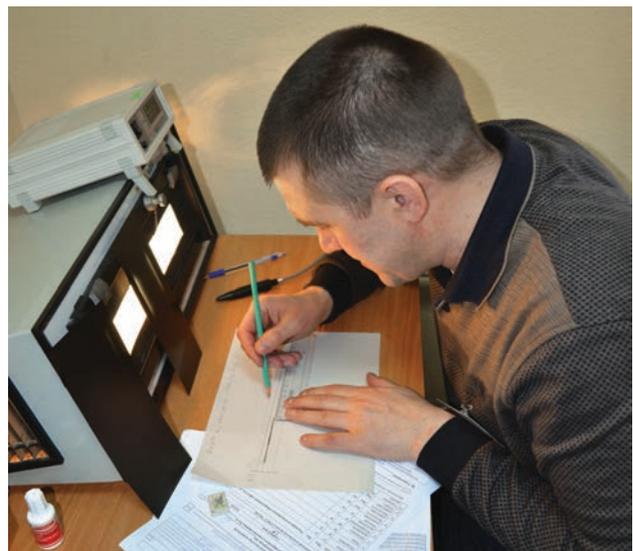


XIV ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС СПЕЦИАЛИСТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике в рамках Единой системы оценки соответствия в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве при поддержке Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору проведен ежегодный XIV Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля. Организация конкурса была поручена ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» и ООО «НУЦ «Качество» совместно с АО «НИКИМТ-Атомстрой». Конкурс проводился по семи методам неразрушающего контроля: акустико-эмиссионному, вибродиагностическому, визуальному и измерительному, проникающими веществами (капиллярному), магнитному, радиационному и ультразвуковому.

Конкурс позволяет выявить лучших специалистов в области неразрушающего контроля, оценить и повысить уровень профессиональной подготовки специалистов, повысить социальный статус и престиж профессии «специалист неразрушающего контроля». Формирование системы поддержки талантливых и профессиональных специалистов в области неразрушающего контроля — одна из важнейших целей проведения конкурса.

Ответственность, компетентность, высококвалифицированный подход к своим обязанностям у специалистов — это гарантия производственной надежности, качества выпускаемой продукции и в целом обеспечения промышленной безопасности. Принимая участие в конкурсе, специалисты получают уникальную возможность в честной конкурентной борьбе продемонстриро-



Практическая часть, отборочный тур



Призеры конкурса (г. Томск)



Практическая часть, отборочный тур



Финальный тур конкурса



Награждение финалистов. Президиум слева направо: Н.Н. Коновалов, В.Е. Прохорович, А.Л. Рыбас, С.Г. Копытов, Е.Э. Филатова

вать свои профессиональные навыки и мастерство, обменяться опытом с коллегами, обсудить профессиональные вопросы и определить сильнейшего. Для предприятий и организаций участие в конкурсе – это, в первую очередь, показатель высоких требований к квалификации своих специалистов, мотивации их профессионального роста, улучшения имиджа и повышения качества своих услуг и продукции.

Конкурс традиционно проходит в два тура – первый (отборочный) и финальный. В этом году 10 региональных центров, расположенных по всей стране – от Москвы до Хабаровска, приняли участие в проведении первого (отборочного) тура конкурса: ООО «НУЦ «Качество» совместно с АО «НИКИМТ-Атомстрой» (г. Москва), ООО «АРЦ НК» (г. Томск), АНО ДПО УАЦ «ИркутскНИИ-химмаш» (г. Иркутск), ЭЦ НК Дальневосточного филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» (г. Хабаровск), ЭЦ «Академия-НК» (г. Самара), НОАП ООО ЗУАЦ «Нерконт плюс» (г. Пермь), НОАП «Политех НК», структурное подразделение ФГБОУ ВО «СамГТУ» (г. Самара), РЦАКД ИНК ТПУ (г. Томск), ООО «Уральский центр аттестации» (г. Екатеринбург), ООО «Спектр ЛТД» (г. Петрозаводск).

В первом туре конкурса, который прошел в регионах России с 30 января по 10 февраля 2017 г., приняли участие порядка 200 специалистов из 52 организаций, работающих в области неразрушающего контроля.

Финальный тур конкурса прошел в г. Москве в НУЦ «Качество» на базе РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина с 27 февраля по 2 марта, в нем приняли участие 29 специалистов, представляющих 19 организаций со всей России. Награждение победителей состоялось в рамках форума «Территория NDT – 2017» в Экспоцентре на Красной Пресне 2 марта.

Все участники конкурса, как конкурсанты, так и члены жюри, подтвердили высокий уровень своей профессиональной квалификации. Победители и призеры были награждены дипломами и ценными призами. Победители, по традиции последних лет, получили ваучер на участие в XII школе-семинаре «Сертификация персонала в области неразрушающего контроля – 2017», г. Сочи, Лазаревское.

Победителями и призерами конкурса стали:

- по акустико-эмиссионному контролю – А.Ф. Керимов (ООО «Газпром трансгаз Махачкала» ИТЦ, г. Махачкала), А.Г. Медведев (КАО «Азот», г. Кемерово);
- по вибродиагностическому контролю – Д.В. Томилин (ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» ИТЦ, г. Ставрополь), А.В. Филиппов (ООО «Томскнефтехим», г. Томск);
- по визуальному и измерительному контролю – А.А. Сергиенко (АО «Транснефть-Урал» СУП-ЛАВ, г. Уфа), Д.А. Саламахин (ООО «Газпром трансгаз Томск» ИТЦ, г. Томск), А.В. Трошков (ООО «Газпром трансгаз Чайковский», г. Чайковский);



Победители конкурса на форуме «Территория NDT 2017»

- по магнитному контролю – А.Ю. Волков (ООО «БИТТЕХНИКА», г. Пермь), С.В. Крыгин (ООО «Томскнефтехим», г. Томск);
- по методам контроля проникающими веществами (капиллярному контролю) – Р.Р. Низамутдинов (АО «Транснефть-Урал» СУПЛАВ, г. Уфа), В.В. Петрянкин (АО «Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод», г. Самара);
- по радиационному контролю – А.В. Шефер (ООО «Газпром трансгаз Томск» ИТЦ, г. Томск), А.Ф. Ипатов (АО «ПО «Севмаш», г. Северодвинск), О.Г. Михайлов (АО «Транснефть-Урал» СУПЛАВ, г. Уфа), С.В. Мамцев (Филиал ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» Невинномысское ЛПУМГ, г. Невинномысск), Р.А. Хасбулатов (ООО «Газпром трансгаз Махачкала» ИТЦ, г. Махачкала);
- по ультразвуковому контролю – С.В. Шкиров (АО «Транснефть-Урал» СУПЛАВ, г. Уфа), Ю.В. Ско-

роходов (ПАО «Северсталь», г. Череповец), А.Н. Соснин (ПАО «Северсталь», г. Череповец), А.В. Тверсков (ООО «Газпром трансгаз Томск» ИТЦ, г. Томск).

Поздравляем победителей и призеров! Всем участникам конкурса желаем успеха в профессиональной деятельности!

Подробную информацию о конкурсе можно получить на сайте НУЦ «Качество»:

www.centr-kachestvo.ru

В феврале-марте 2018 г. состоится XV Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля. Первый тур (отборочный) пройдет в независимых органах по аттестации персонала и их экзаменационных центрах в регионах России с 29 января по 9 февраля 2018 г. Финальный тур будет проведен с 27 февраля по 1 марта 2018 г. во время работы форума «Территория NDT 2018», г. Москва. ■

Ответы на кроссворд, опубликованный в №1 (январь – март), 2017

По горизонтали: 3. Плена. 7. Окно. 9. Амплитуда. 10. Зазор. 12. Импеданс. 14. Виток. 16. Электропроводность. 19. Матрица. 20. Дрожание. 22. Катушка. 24. Частота. 26. Дефект. 27. Волосовина. 28. Шум. 29. Образец.

По вертикали: 1. Ярмо. 2. Отказ. 3. Пора. 4. Датчик. 5. Вид. 6. Качество. 8. Диамагнетик. 11. Ротор. 13. Фильтр. 15. Компенсатор. 17. Поверка. 18. Обмотка. 21. Наводка. 23. Трещина. 25. Схема.



О ПОТЕРЯННОМ ЗРЯ ВРЕМЕНИ ЖАЛЕТЬ НЕ ПРИХОДИТСЯ – ЕГО НЕ БЫЛО

САНДОМИРСКИЙ Сергей Григорьевич

Д-р техн. наук, зав. лабораторией металлургии в машиностроении, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

Расскажите о себе. Как развивалась Ваша карьера?

Для ответа только на один этот вопрос придется написать книгу – по примеру книги Владимира Владимировича Ключева «Моя неразрушающая история»... Может, это и удастся сделать...

А пока – ступеньки «карьеры»: студент, лаборант, инженер, старший инженер (+ аспирант-заочник), младший научный сотрудник, защита кандидатской, научный сотрудник, старший научный сотрудник, ученый секретарь, защита докторской (в Институте интроскопии МНПО «Спектр» – было мне тогда 37 лет...), заведующий созданной мной лабораторией (лабораторией магнитодинамических методов контроля) – все это в отделе физики неразрушающего контроля – он же впоследствии Институт прикладной физики НАН Беларуси. Потом переход по решению бюро президиума НАН Беларуси вместе с лабораторией (тематикой, площадями, оборудованием, телефоном и выделенной линией Интернет) в соседний Институт надежности и долговечности машин НАН Беларуси – ныне Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси. И здесь ступеньки «карьеры»: заведующий лабораторией, главный научный сотрудник (это наиболее продуктивное в научном плане время «за всю историю наблюдений») и снова заведующий лабораторией, теперь уже лабораторией металлургии в машиностроении.

Какие события (явления) и люди повлияли на Вас в профессиональном плане?

«Явлений» было много, и были они у нас у всех одни и те же. И людей, которые повлияли на мое становление как ученого, профессионала, тоже было много, и выделить одного трудно. Начать можно со Станислава Станиславовича Шушкевича (того самого) – заведующего кафедрой ядерной физики и мирного использования

атомной энергии в университете, где я учился – открытый характер, полет мысли, неутомимость. Потом Михаил Александрович Мельгуй – мой научный руководитель в аспирантуре – дошность в эксперименте, контактность с людьми. Николай Николаевич Зацепин – мой первый директор (отдела физики неразрушающего контроля АН БССР, его же стараниями в 1980 г. преобразованного в Институт прикладной физики АН БССР) института – широкая эрудиция, уверенность в себе, верность своим принципам. Владимир Федорович Мужижкий – мой первый оппонент по докторской – научный подход к постановке задачи и ее решению, желание помочь и передать свой опыт...

Сильное влияние на мой профессиональный рост оказало мое участие во всероссийских, уральских, межвузовских конференциях по неразрушающему контролю – общение с ведущими учеными, академиками В.В. Ключевым (он всегда поддерживал развитие физики неразрушающего контроля и мои работы в этом направлении) и Э.С. Горкуновым (с ним мы соглашались далеко не всегда, но – все на пользу), М.Н. Михеевым (мне повезло застать его живым), В.Е. Щербининым... Перечислять можно долго.

Каковы основные направления и специфика Ваших научных изысканий?

Основное направление моей научной работы – магнитная структуроскопия железоуглеродистых сплавов – сталей и чугунов.

Исследования направлены на анализ особенностей связей структурного и фазового составов, физико-механических свойств сталей и чугунов с их магнитными параметрами. Установленные особенности и закономерности позволили разработать новые высокопроизводительные методы неразру-

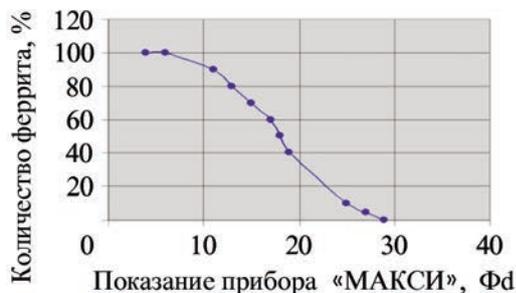
шающего контроля качества структуры стальных и чугунных изделий, в том числе движущихся в процессе производства.

Где используются разработанные вами методики и приборы?

Наши методики и приборы нужны предприятиям машиностроения и металлургии, прежде всего в Белоруссии и России.

Расскажите о новых продуктах лаборатории, их функциях, возможностях и применении.

Нами обобщены физические принципы использования понятия «размагничивающий фактор» в расчетах процесса и результата намагничивания ферромагнитного тела. Построена логическая цепочка от классических расчетов размагничивающего фактора эллипсоидов к интерполяционным формулам для расчета коэффициентов размагничивания неоднородно намагничиваемых тел. Установлены особенности намагничивания чугунов под влиянием внутреннего размагничивания графитовых включений.



Влияние содержания феррита и наличия отбеленных участков в отливках «Нипель 11/4» из ковкого чугуна на показания прибора «МАКСИ-П»

Установлены особенности связи структуры и физико-механических свойств чугунов с их магнитными параметрами. Например, установлена количественная связь между содержанием феррита и остаточным магнитным потоком Φ_d (в мкВб) в отливках из ковкого чугуна КЧ30-6. При этом появление ледобурита и вторичного цементита (отбела) в структуре отливки повышает показания прибора.

Результаты исследований и технические решения по обеспечению заданной структуры не обточенных отливок ниппелей из ковкого чугуна переданы на Минский завод отопительного оборудования по лицензионным договорам и внедрены в цех ковкого и серого чугуна МЗОО в составе автоматизированной линии контроля и автоматической разбраковки по обрабатываемости отливок ниппелей из ковкого чугуна КЧ 30-6.

Эксплуатация линии повысила рентабельность производства ниппелей, обеспечила потребность завода, позволила отказаться от замены чугунных ниппелей на импортные стальные, наладить их экспортные поставки.

Получены аналитические выражения для расчета релаксационных магнитных параметров сталей по параметрам предельной петли гистерезиса, оценки максимальной магнитной проницаемости сталей и чугунов по коэрцитивной силе, расчета поля максимальной магнитной проницаемости сталей и погрешности ее измерения, формулы для расчета остаточной намагниченности сталей как среднего значения достоверного диапазона ее изменения.

Установленные закономерности позволяют разрабатывать достоверные и производительные методы контроля качества структуры стальных и чугунных изделий, в том числе движущихся в процессе производства. На разработанные технические решения получено более 20 патентов Республики Беларусь.

Результатом работы стала усовершенствованная методика контроля механических свойств термообработываемых болтов дизельных двигателей. Способ электромагнитного контроля механических свойств движущегося ферромагнитного изделия передан по лицензионному договору в филиал Минского моторного завода в г. Столбцы и внедрен в производство. Применение способа, реализуемого разработанным прибором «МАКСИ-У», гарантирует заданный предел прочности болтов, повышает надежность всех выпускаемых Минским моторным заводом дизельных двигателей.

Его использование приносит и непосредственный экономический эффект заводу – в производство возвращены тысячи дорогостоящих болтов.

Разработанная методика магнитного контроля толщины поверхностно-упрочненных слоев протяженных изделий передана ОАО «Минский моторный завод» и внедрена в автоматном цехе ОАО



Ответственные болты разных типов, возвращенные в производство после неразрушающего контроля



Прибор «МАКСИ-П» и контроль качества лекальной ТВЧ-закалки болтов

«Минский моторный завод», филиал в г. Столбцы. Повышение достоверности контроля достигается благодаря тому, что информационный параметр методики при высокой чувствительности к толщине поверхностно-упрочненного слоя практически не подвержен влиянию нестабильности положения изделий при намагничивании и измерении. Работает в цехе и разработанный автоматизированный сортировщик малогабаритных стальных изделий по качеству локальной поверхностной закалки.

Применение методик предотвратило попадание на сборочный конвейер Минского моторного завода ответственных осей с низким уровнем механических свойств, повысило надежность всех выпускаемых заводом дизельных двигателей.

Реализация результатов и исследований позволяет гарантировать заданный уровень физико-механических свойств ответственных изделий машиностроения и металлургии.

Какие регионы наиболее привлекательны для вас с точки зрения количества потенциальных заказчиков?

Россия, Россия, Россия ... Потенциально – Корея, Китай, Индия, но это далеко и ненадежно. Страны ЕС – но там все чрезмерно зарегламентированно...

Как удалось выйти на международный уровень?

Надеюсь, мне удалось перенять кое-какие качества у моих учителей (см. выше). А в чем-то продвинулся дальше.

Какое Ваше решение (разработку) можно назвать флагманским, в чем его особенность?

Я сейчас занят обобщением и упрощением принципов магнитного структурного анализа. Это должно привести к прорыву в области функциональных возможностей средств НК.

Лаборатория уже не первый год на рынке. Как обстоят дела сейчас?

Наше машиностроение и металлургия переживают сейчас не лучшие времена. У заводов нет средств на приобретение нового оборудования, даже

если оно им крайне необходимо. Держимся на плаву за счет модернизации методик контроля и использования переданного раньше на заводы оборудования.

Ваш прогноз относительно изменений на рынке НК в ближайшее время?

Промышленность наша все же выживет, а значит, и мы будем ей нужны...

Какие события (изменения) в области НК за последние 10 лет Вы можете отметить? В чем их особенность?

Отмечу, что на фоне кризисных явлений в мире произошел аномальный всплеск в России авантюрных, антинаучных методик в неразрушающем контроле. «Ученые» – возьмем это слово в кавычки – стали бессознательно или, что особенно опасно, осознанно выдавать желаемое за действительное. Отсюда «достижение» практически 100 % корреляции при контроле твердости «многопараметровым» методом в магнитной структуроскопии. Но наиболее «яркий» пример – распространение так называемого метода магнитной памяти металла. И дело не в безграмотной формулировке – тут все сказано. Дело в том, что использование «метода» крайне опасно – оно создает ничем не обоснованную иллюзию безопасности аварийно опасного оборудования. Это может плохо кончиться прежде всего для обманутых потребителей и для всего неразрушающего контроля – будет подорвано доверие ко всем ученым, а не только к «псевдо...».

Какие основные цели и задачи стоят сейчас перед производителями и разработчиками средств НК, перед специалистами по сертификации персонала в сфере НК?

Необходимо поднять на более высокий уровень метрологическое обеспечение средств НК и на основе этого – их достоверность.

С какими трудностями Вам пришлось столкнуться в вашей работе?

Трудности есть всегда. И вся жизнь – их преодоление... Об этом – в будущей книге...

Если бы Вы могли начать все заново, имея накопленный опыт, выбрали бы вновь то же направление или пошли бы по другому пути?

История не терпит сослагательного наклонения... О потерянном зря времени жалеть не приходится – его не было.

Напутствие и пожелания коллегам.

«Под лежащий камень вода не течет» и «Дорогу осилит идущий»!

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП УСД-60 ФР НА ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТКАХ

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-ти элементных ФР



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



Гарантия 3 года



КРОПУС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

телефон/факс:
(495) 229 42 96
(800) 500 62 98

sales@kropus.ru
www.kropus.ru



ПУТЬ, ОРИЕНТИРОВАННЫЙ НА СОЗДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ СОВЕРШЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ

БОРИСЕНКО Вячеслав Владимирович

Генеральный директор,
ООО «Научно-производственный центр «Кропус»,
г. Ногинск

Расскажите о себе. Какие события и люди повлияли на Вас в профессиональном плане?

Я из того поколения, кому досталось от СССР «разбитое корыто». В начале 90-х мы как раз закончили школу, СССР уже не было, и все ветви тогдашней власти, включая комсомольскую, большей частью решали вопрос приватизации советской собственности в личное пользование. До нас попросту никому не было дела — комсомол и партия были уже не у дел, а старшее поколение само пребывало в великой растерянности. Собственно, это и хорошо, так как все годы учения в институте нам не приходилось тратить время на какую-нибудь идеологию. А вот преподавательская школа в то время (во всяком случае в Электростальском МИСИС) была еще старая, так что высшую математику, программирование и материаловедение вбивали в головы достаточно основательно.

После института — аспирантура, но советский институтский подход к исследованию, что называется, «сферического коня в вакууме» не впечатлил, поэтому довольно быстро был заброшен. Прикладная инженерная работа была мне всегда ближе, поэтому около шести лет поработал в крупном институте. Вполне достаточно для того, чтобы оценить катастрофическую неэффективность старого подхода к управлению персоналом и производством. В общем, сразу было понятно, как делать не надо.

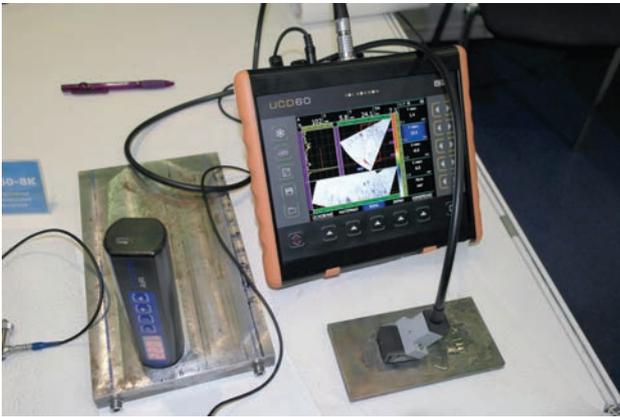
Если говорить о сфере неразрушающего контроля, то первой попавшей мне в руки книгой был справочник 1991 года — Йозефа и Герберта Краут-

кремер «Ультразвуковой контроль материалов». Она была настолько доступно и интересно изложена, что по сей день остается одной из лучших.

Расскажите о компании и направлении деятельности. Сколько лет компании?

Все сегодняшние фирмы направления НК не возникли вдруг, а вышли с хорошим багажом опыта и приличными наработками из различных советских институтов. Костяк нашей фирмы был сформирован в 1989 г. специалистами отдела НК Ногинского филиала Федерального научно-производственного центра «Прибор», инженерами с громадным опытом в неразрушающем контроле в области боеприпасов. Отдел был основан в 1970-х годах, и разработанные им тогда ультразвуковые дефектоскопы типа ДУП-37У, автоматизированные установки контроля типа АКП, магнитные дефектоскопы ПМД-2М, полуавтоматические магнитные твердомеры ПТП-1М, толщиномеры цинковых покрытий Т-2 и другие приборы не раз получали золотые медали ВДНХ и государственные премии. Особая специфика работы требовала высочайшей точности измерений и высокой надежности техники, и выпускающиеся серийные приборы значительно отличались от распространенной по всей стране «массовки» из Кишинева.

Несмотря на то что фирма «Кропус» вышла со своим собственным брендом на рынок только в 2001 г., до этого больше десяти лет велась разработка и выпускались приборы «по маме» для сторонних фирм.



Каковы основные направления и специфика Ваших разработок?

Мы традиционно выпускаем много серийной продукции — ультразвуковые, вихретоковые и магнитные дефектоскопы, твердомеры, толщиномеры, измерители свойств материалов, расходные материалы и принадлежности. Отгрузку такой продукции мы выполняем всегда с наших складов, а не под заказ.

В линейку продукции с 2016 г. входят и уникальный дефектоскоп на фазированных решетках УСД-60ФР, совмещающий и классические антенные решетки, и математическую обработку SAFT.

Кроме того, отдельно работает производство автоматизированных систем для вихретокового, ультразвукового и магнитного методов. Тут уже все зависит от технических требований заказчика и условий его производства.

А вот среди отраслей, с которыми мы связаны плотнее других, можно назвать:

- трубные заводы. Мы обеспечиваем значительную часть контроля при производстве особотонкостенных труб из коррозионно-стойких сплавов для ТВЭЛ, шестигранных труб, труб газового и нефтяного сортамента;
- авиационную промышленность. В ней широко применяются многокоординатные высокоточные сканеры для контроля дисков авиационных турбин и валов двигателей, когда контроль сложнопрофильных изделий осуществляется по заранее введенной оператором 3D-модели изделия;
- производство подшипников. Для этой отрасли производятся установки для ультразвукового контроля цилиндрических и конических колец подшипников в соответствии со стандартом EN12080, для вихретокового контроля роликов, магнитопорошкового контроля различных деталей;
- космическую отрасль. Многие годы наши автоматизированные установки успешно работают на

контроле композитных деталей ракетной и космической техники;

- металлургическую промышленность. Мы проектируем и поставляем автоматизированные системы контроля прутка «под ключ», включая линии предварительной мойки, правки и шлифовки прутка. Изготавливаем линейные сканеры для иммерсионного контроля листов и пр.

Какое решение Вашей компании можно назвать флагманским, в чем его особенность?

Если говорить о технической стороне вопроса, то полностью оправдал себя путь, ориентированный на создание технически совершенных инженерных решений. Вместо компромиссов по удешевлению решений для отдельных отраслевых заказчиков мы стали создавать универсальную и мощную электронику для всех отраслей промышленности, позволяющую решать большинство существующих задач. В результате такого подхода наши приборы долго не теряют актуальность и выпускаются много лет без постоянных «допиливаний».

Как Вам за такой короткий период удалось стать компанией международного уровня и одним из лидеров?

Ну у нас в стране вообще другие временные рамки. Это в Европе можно заниматься бизнесом из поколения в поколение, у нас — революция в 1917 г., потом развал СССР в 1989-м. Вековой стабильностью не пахнет. Несмотря на то что мы на рынок со своим брендом вышли только 16 лет назад, компания существует свыше 25 лет и имеет высококлассных специалистов с 40-летним опытом работы в приборостроении. Мизерный срок по мировым масштабам, но не такой уж и маленький, если работать с полной отдачей. Кроме того, у нас сплоченный и инициативный коллектив.



Как Вы строите работу со своими партнерами, клиентами?

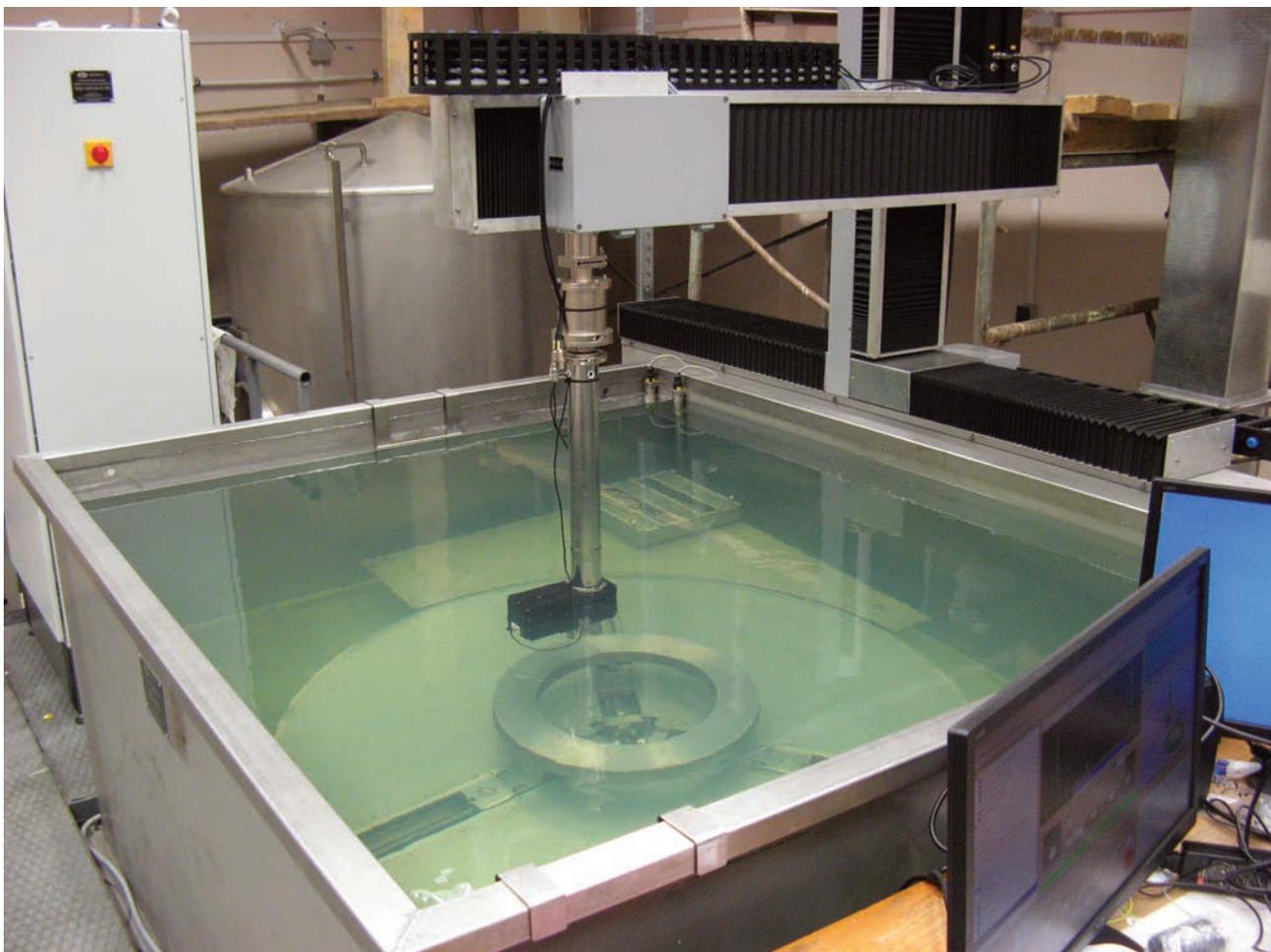
Так уж получилось, что рынок НК глубоко связан на личностные отношения и взаимное доверие, как и любой рынок, основывающийся на сложной технике. Государственные попытки «причесать» его до состояния тендерных отношений, как при покупке бытовых вещей, приводят к катастрофическим последствиям. Купленная по минимальной цене продукция зачастую оказывается неработающим хламом, а все попытки написать исключительно правильное ТЗ силами специалистов заказчика кончаются пустым переводом бумаги. Без личного знания исполнителем реалий завода, без его постоянного технического общения с персоналом заказчика, без посещения заказчиком заводов, где это оборудование уже эксплуатируется, никакие многочисленные юристы и экономисты не обеспечат работоспособность вслепую купленного оборудования. Поэтому и партнеры, и клиенты для нас – это такой свой компактный клуб, основанный на взаимном понимании конечной цели и умении доводить любую работу до успешного завершения.

Что произошло на рынке НК за последние 5–10 лет? Какие наиболее интересные события (изме-

нения) в области НК за последние 10 лет Вы можете отметить?

Сегодня рынок НК наиболее динамичный из всех. И это, пожалуй, благодаря и наличию конкуренции, и активности самих участников рынка. Производство средств НК – наукоемкая среда, тут основные вложения идут не столько в инфраструктуру и ее текущее содержание, сколько в интеллектуальные наработки. Издержки на накладные расходы значительно меньше. По сути развитие рынка НК сдерживается отсутствием в России сопутствующей производственной инфраструктуры, готовой оказывать разумные по цене и высококачественные услуги в смежных областях. А это подразумевает: создание материалов с заданными свойствами, разработка и производство пресс-форм, дизайнерские услуги в области приборостроения, производство всевозможных современных решений в области аккумуляторов, коммуникаций, да даже самое элементарное единичное и мелкосерийное производство качественных механических изделий и нанесение гальванических покрытий. Все эти вопросы фирмам приходится решать самостоятельно, неизбежно тратя на них очень много времени и громадные средства.

За последние пять лет многие производители так или иначе перешли на современные техноло-



гии, часть российских приборов стала выглядеть не хуже импортных аналогов. В целом изменения позитивные, но при отсутствии сдвигов в других отраслях мы всегда будем отставать от зарубежных конкурентов, хоть последние годы этот разрыв значительно сократился.

Какие технологии НК будут (останутся) востребованными через 5, 10, 15 лет?

Так или иначе развитие техники определяется поговоркой «Лень – двигатель прогресса», к этому можно добавить вторую составляющую – экономию времени. Технологически мировая электронная промышленность развивается такими темпами, что уже сейчас габариты любого прибора определяются большей частью удобством пользования и желанием иметь большой информативный экран, а отнюдь не размером электронной начинки. Технология электронного управления многоэлементными преобразователями неизбежно будет развиваться по пути замены механического перемещения и ручного сканирования. Приборы постепенно будут превращаться в гад-

жеты, а познания пользователей в физике и материаловедении падать. Фактически и сейчас большинство приборов – это уже специальные компьютеры. Скажем так, сейчас скорость обновления техники уже во много раз выше, чем 15 лет назад, и растет в геометрической прогрессии. Через 15 лет мир будет жить в совсем другой реальности. Неизменным останется одно – старение механического оборудования мировой инфраструктуры, оно станет еще на 15 лет старше, а значит, объемы контроля и ремонтов будут возрастать.

Как Вы думаете, нужна ли государственная поддержка развития технологий и средств НК?

Эффективность государственной поддержки – это такой стойкий и выгодный лишь в краткосрочной перспективе миф. Парадокс в том, что большая часть господдержки всегда оседает совсем не там, где надо. Кроме того, любая неконтролируемая поддержка скорее развращает производство и снижает качество продукции, а не наоборот. Государственная поддержка должна стимулировать спрос, а не предложение, должна создать условия для разви-



тия экономики, решать проблемы с доступностью кредитов под малые проценты, снижению налоговой и прочей нагрузки. Пока разумных движений в этом направлении наблюдается немного. А поддержка развития НК... тут достаточно четкого государственного осознания, что отрасль НК — это основа безопасности жизнедеятельности всей страны в целом. Если по техническим регламентам вводить обязательный контроль, да еще и с дублирующей проверкой, то отрасль НК и так будет развиваться, подогреваемая и спросом клиентов, и нормальной конкуренцией на рынке. В конечном счете именно спрос формирует предложение. Поэтому нормальная грамотная законодательная и финансовая поддержка тех производственных предприятий и объектов промышленности, которые вкладываются в качество продукции и безопасность производства и функционирования, в конечном счете и будет стимулировать рынок НК.

Что может стать стимулом развития новых технологий на рынке НК?

Стимулом развития любой технологии является только спрос на нее, других разумных стимулов человечество пока не придумало. Так или иначе, но по мере старения оборудования в эксплуатации мы будем сталкиваться с проблемами, которые нельзя

решить имеющимися средствами, что будет стимулировать поиск новых путей решения.

Ваши планы на будущее?

Вообще рассказывать о планах — только высшие силы смешить. В этом году мы поняли, что нам стало очень тесно, и переехали в новое здание, так что появились возможности для роста. В текущих планах дальнейшее расширение и развитие механического производства, остающегося пока узким местом в цепочке. Кроме того, у нас большие надежды на совместные проекты, позволяющие максимально эффективно управлять имеющимися на фирмах ресурсами. Так, в прошлом году благодаря совместной работе со специалистами компании «Формула-НК» мы выпустили на рынок сразу несколько линеек продукции: собственные аэрозольные материалы для магнитопорошкового и капиллярного контроля марки «Клевер», ультрафиолетовые фонари «Волна», «Поток» и стационарные магнитопорошковые дефектоскопы серии УМД. Также благодаря совместному проекту с компанией НПП «Техприбор» мы обновили толщиномер покрытий бюджетной серии ТМ-2. В 2017 г. находятся в процессе сразу несколько координируемых нами разработок, позволяющих значительно ускорить выпуск на рынок новой продукции. ■

ПОРТАТИВНЫЙ ПРИБОР UNISCOPE

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ: АЭ И НЕ ТОЛЬКО

ЕЛИЗАРОВ Сергей Владимирович,
АЛЯКРИТСКИЙ Александр Львович,
БАРАТ Вера Александровна, канд. техн. наук,
ТЕРЕНТЬЕВ Денис Анатольевич, канд. физ.-мат. наук,
БАРДАКОВ Владимир Васильевич,
ШИМАНСКИЙ Аркадий Григорьевич,
ГОГИН Антон Валерьевич,
КОЛЬЦОВ Василий Геннадьевич
 ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва

Конкуренция и постоянное развитие технических средств диктуют высокие требования, предъявляемые к современным приборам неразрушающего контроля (НК). Для ряда актуальных на данный момент технических приложений особый интерес представляют интегрированные многофункциональные приборы, применение которых может охватывать целый ряд задач. Дополнительными требованиями к ним являются аккумуляторное питание во время проведения измерений, высокая точность измерений и простота в обращении. Прибором, сочетающим в себе все перечисленные качества, является UNISCOPE, разработанный компанией «ИНТЕРЮНИС-ИТ».

Решаемые задачи

Прибор UNISCOPE (рис. 1) объединяет в себе на базе единой аппаратной платформы 2-канальную акустико-эмиссионную (АЭ) систему, акустический течеискатель, тензоизмеритель, а также виброметр.

Помимо стандартного АЭ-контроля, являющегося основной функцией прибора, UNISCOPE позволяет решать ряд дополнительных задач, актуальных и перспективных на сегодняшний день, а именно:

- контролировать герметичность запорно-регулирующей арматуры (ЗРА);

- оценивать интегральную толщину (ИТ) объекта контроля;
- прогнозировать прочность бетона при его твердении на нормативный срок;
- осуществлять контроль движения внутритрубного дефектоскопа (ВТД).

Стандартный АЭ-контроль

В режиме АЭ-контроля UNISCOPE может быть использован для целого класса объектов — для сосудов давления и баллонов, промышленных и технологических трубопроводов, перемычек магистральных трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры. Более того, данный список может быть расширен объектами, расположенными в труднодоступных районах и теми объектами, к которым по ряду причин не может быть подведено сетевое питание.

Основные параметры прибора UNISCOPE в режиме АЭ-контроля

Количество АЭ-каналов	2
Разрядность АЦП, бит	16
Максимальная частота преобразования АЦП, МГц	20
Диапазон рабочих частот, Гц	0,5–10 ⁶
Фильтры	подгружаемые аналоговые цифровые
Программное обеспечение	A-Line 32D, A-Line OSC Processing, A-Line Stat
Локация	линейная

Накапливаемые в ходе регистрации данные визуализируются в графическом и текстовом представлении (как в режиме реального времени, так и в режиме постобработки) с помощью многостраничного оконного интерфейса, подобно тому как это выполняется в ПО серии A-Line для многоканальных комплексов АЭ (рис. 2).

При этом осуществляются регистрация основных АЭ-параметров, запись и отображение осциллограмм сигналов, а также построение локационной картины с помощью алгоритма линейной локации. Параллельно с записью АЭ-данных по двум аналоговым каналам реализована возможность записи параметрических данных по двум цифровым каналам. Полученные данные могут быть сохранены на стандартную SD-карту памяти для последующего анализа с помощью ПО, выпускаемого фирмой «ИНТЕРЮНИС-ИТ».



Рис. 1. Портативный многофункциональный прибор UNISCOPE. Общий вид

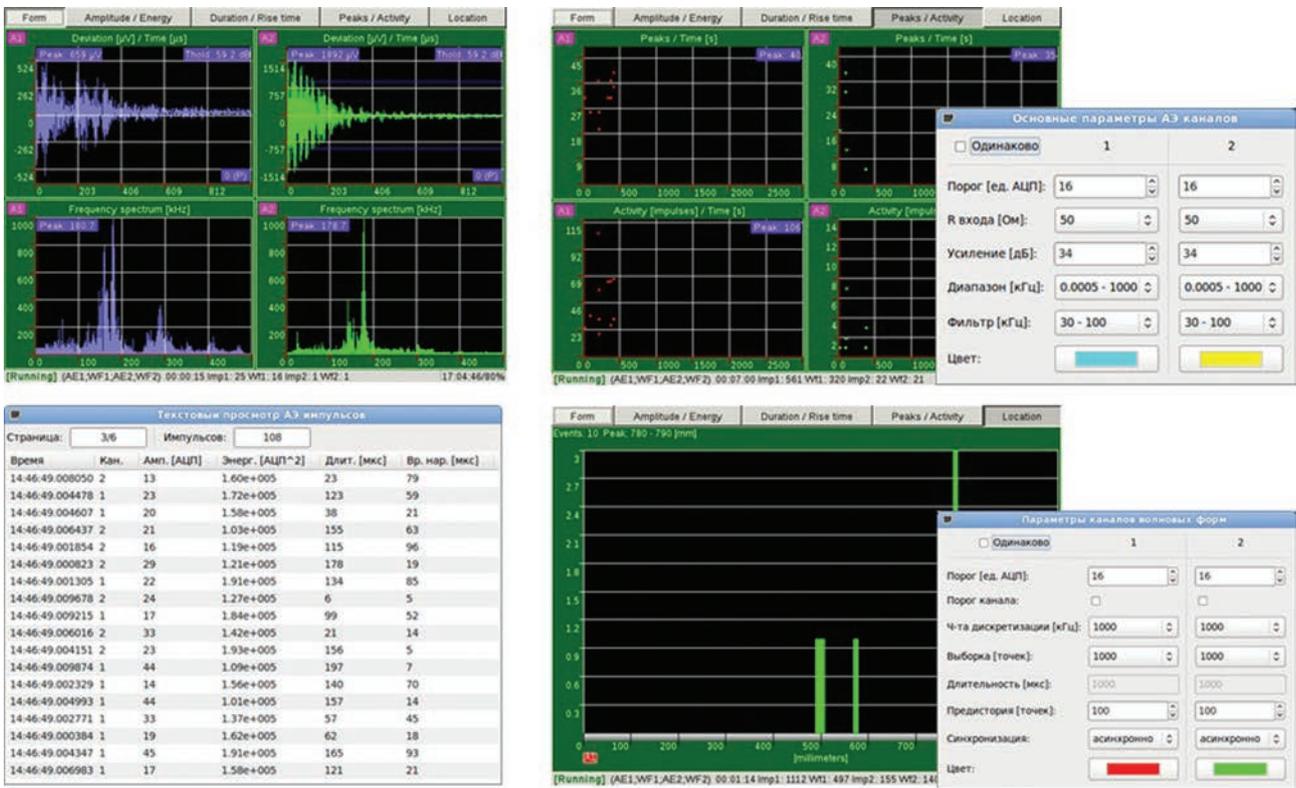


Рис. 2. Пример программного интерфейса прибора UNISCOPE в режиме АЭ-контроля

Контроль герметичности ЗРА

Контроль герметичности ЗРА является автоматической функцией, реализованной в приборе UNISCOPE на базе метода АЭ [1]. В качестве объектов исследования при контроле герметичности могут выступать: краны, задвижки, клапаны и дисковые затворы как наземной, так и подземной установки с проходным диаметром от 50 до 1400 мм. Минимальный перепад давления на закрытом затворе при этом должен составлять 0,3 МПа.

Методика определения величины утечки ЗРА осуществляется на основании эмпирической формулы, полученной на основании сопоставления величины утечки, измеренной с помощью прямых методов (манометрического, анемометрического) и уровня акустических сигналов утечек. При этом величина утечки является функцией от нескольких независимых переменных: уровня акустического сигнала A_i , перепада давления на затворе p , проходного диаметра арматуры D , типа арматуры – $type$:

$$r = f(A_i, p, D, type). \quad (1)$$

На основании множества экспериментов по полученным течевым сигналам для различного типа арматуры были построены экспериментальные зависимости между уровнем акустического сигнала и

величиной утечки. Пример таких зависимостей для трех различных диаметров представлен на рис. 3.

Контроль герметичности ЗРА осуществляется в три этапа (рис. 4). Первый этап заключается в задании характеристик арматуры и параметров ее эксплуатации (рис. 4, а). На втором этапе проводится сбор и анализ данных в соответствии со схемой измерения (рис. 4, б). Сбор данных осуществляется путем перестановки преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) в точки, указанные на эскизном чертеже, который расположен на экране прибора UNISCOPE. При этом происходят автоматическая фильтрация помех, идентификация течевых сигналов и расчет ве-

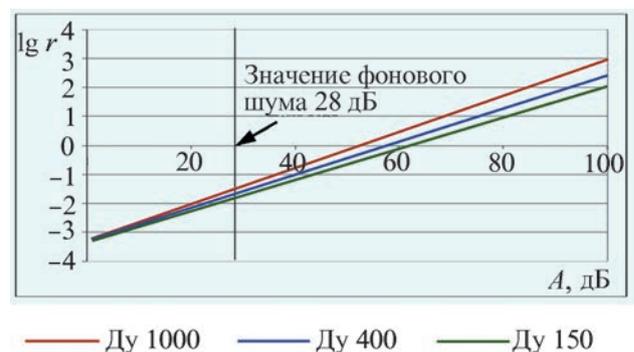


Рис. 3. Зависимость между уровнем акустического сигнала A и величиной утечки $lg r$

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

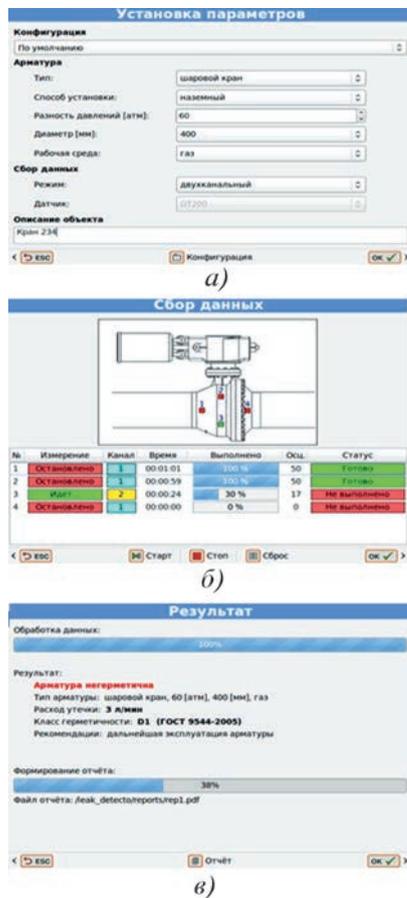


Рис. 4. Программный интерфейс прибора UNISCOPE в режиме контроля герметичности ЗРА

личины утечки на основании эмпирической формулы. И на последнем, третьем этапе проводится формирование отчета с заключением о герметичности/негерметичности арматуры и величине утечки (если арматура негерметична) с последующими рекомендациями к эксплуатации (рис. 4, в).

Стоит отметить, что время контроля единицы арматуры занимает от 1 до 15 мин.

Интегральная толщинометрия

Одной из наиболее актуальных задач НК является обнаружение коррозионного повреждения объекта. Как правило, для решения данной задачи используются ультразвуковые толщинометры, позволяющие проводить локальное измерение толщины стенки. Недостатками такого способа контроля являются: высокая трудоемкость контроля больших по площади объектов, необходимость снятия изоляции на всей контролируемой области, невозможность контроля участков объекта, к которым по ряду причин затруднен или отсутствует физический доступ.

В целях усовершенствования традиционного ультразвукового метода компанией «ИНТЕР-ЮНИС-ИТ» был разработан метод интегральной

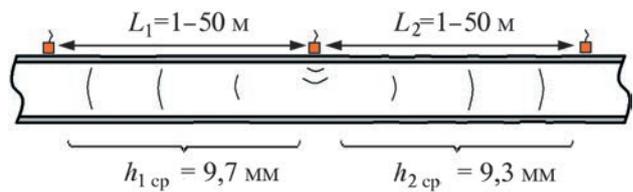


Рис. 5. Расположение излучателя и приемников на ОК и значение средних толщин между ними: L_1 – расстояние между излучателем и первым приемным ПАЭ; L_2 – расстояние между излучателем и вторым приемным ПАЭ; h_1 – интегральная толщина на участке L_1 ; h_2 – интегральная толщина на участке L_2

толщинометрии [2, 3]. Метод позволяет определять среднеарифметическое значение толщины стенки и ее дисперсию в области между двумя ПАЭ, установленными на объекте на некотором удалении друг от друга (рис. 5). При этом в качестве объектов контроля (ОК) могут выступать трубопроводы, сосуды, резервуары и другие тонкостенные объекты.

Метод основан на явлении дисперсии – зависимости групповой скорости акустических волн Лэмба от произведения частоты сигнала и толщины стенки (рис. 6, а). Принципы и схема работы следующие: на объекте на расстоянии нескольких метров друг от друга устанавливаются два ПАЭ. Первый ПАЭ используется в режиме излучения, он испускает импульсный (длительностью порядка микросекунды) и широкополосный (с частотами в десятки и сотни кГц) акустический сигнал. Сигнал распространяется по стенке объекта в виде комбинации волн Лэмба и регистрируется вторым ПАЭ, удаленным на несколько метров. Далее рассчитывается спектрограмма принятого сигнала, что позволяет с высокой точностью определить времена прихода различных частотных составляющих сигнала (рис. 6, б).

Известно, что скорость распространения волн Лэмба зависит от частоты сигнала и толщины стенки. Вследствие этого времена прихода различных частотных составляющих волн Лэмба зависят от значений толщины стенки на отрезке между ПАЭ, формируя на спектрограмме так называемые дисперсионные кривые. Таким образом, анализ спектрограммы позволяет получить информацию о значениях толщин на отрезке между ПАЭ. При этом зона контроля представляет собой линию, соединяющую ПАЭ.

Так как при определении интегральной толщины объекта используются всего два измерительных канала, методика может быть реализована с применением прибора UNISCOPE. Для поддержки процедуры оценивания интегральной толщины в приборе предусмотрены специальные функции – регистрация АЭ-сигналов в режиме мастер-слэйв и увеличение длительности временных реализаций до 500 мс.

Испытания на объектах, выведенных из эксплуатации, показали, что метод работоспособен в диапазоне толщин как минимум 8–17 мм при диаметре

трубы 500–1220 мм. При этом максимальная дистанция между двумя преобразователями ограничивается затуханием акустического сигнала и для труб в хорошем состоянии доходит до 12 м при наличии изоляции и как минимум до 56 м на трубопроводах со снятой изоляцией. На объектах с постоянной толщиной стенки точность определения толщины достигает 1%.

При испытаниях на территории нефтехимических заводов метод доказал свою работоспособность на трубах без изоляции с диаметром 221–431 мм на дистанциях от 1 до 7 м. Погрешность определения толщины при этом составляет около 10 %. В настоящее время проводятся исследования, направленные на усовершенствование метода.

Оценка и прогнозирование прочности бетона при твердении

Метод АЭ имеет огромный потенциал во многих отраслях промышленности, а также в строительстве. В строительстве, пожалуй, единственным материалом, прочность которого возрастает с течением времени, является бетон. При этом бетон также относится к наиболее распространенным строительным материалам. Важнейшая характеристика, которой уделяется особое внимание при контроле бетона, — это его прочность на сжатие.

Задача определения прочности бетона со сформировавшейся структурой достаточно хорошо изучена и может быть решена с применением как разрушающих, так и неразрушающих методов. Однако особый интерес для строительной области представляет прогнозирование прочности бетона к сроку 28 сут еще на начальных стадиях его твердения.

В данном направлении компанией «ИНТЕР-ЮНИС-ИТ» совместно с НИИЖБ им. А.А. Гвоздева была проведена серия экспериментов по регистрации сигналов АЭ в процессе твердения бетонных образцов, отличающихся друг от друга составом и, как следствие, прочностью [4, 5].

Было выявлено, что метод АЭ позволяет в режиме реального времени наблюдать процесс структурообразования бетона. По изменению параметров АЭ с течением времени можно наблюдать стадийность формирования структуры бетона в процессе его твердения. Поскольку во всех стадиях протекают процессы, вносящие вклад в набор прочности бетона, то на основании анализа АЭ-данных каждой из стадий, можно составить прогноз прочности бетона к сроку 28 сут.

Для прогнозирования прочности бетона может быть использован прибор UNISCOPE. При этом ПАЭ устанавливают на волновод, внедренный в свежеслитый бетонный состав. По характеру изменения АЭ-параметров с течением времени происходит разделение стадийности структурообразования бетона с последующим анализом АЭ-данных каж-

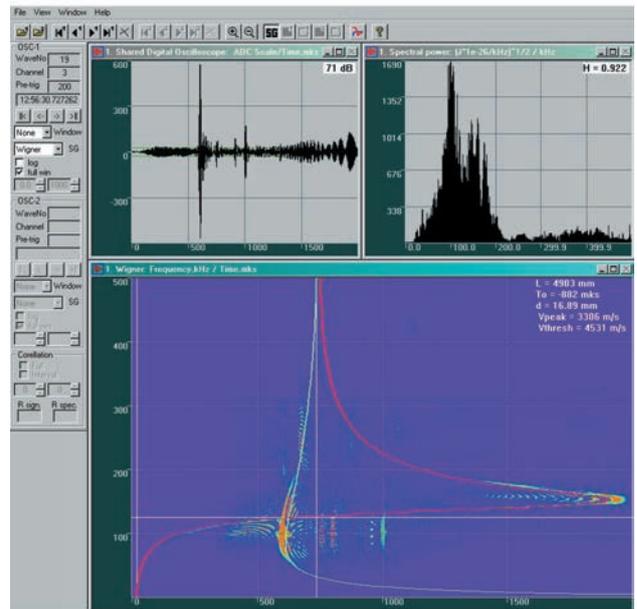
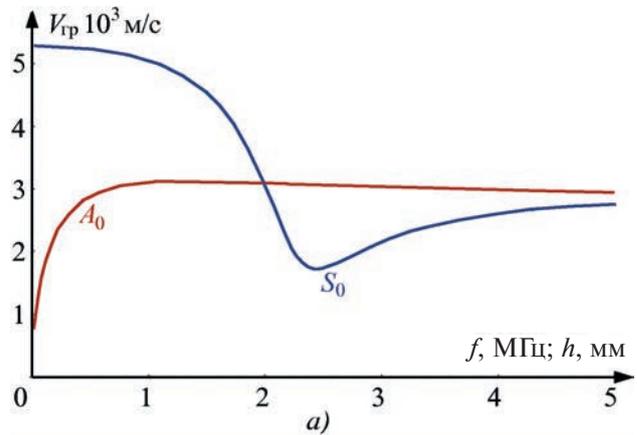


Рис. 6. Зависимость групповой скорости $v_{гр}$ волн Лэмба от произведения частоты сигнала f и толщины стенки h — моды A_0 и S_0 (а) и спектрограммы сигналов, дисперсионные кривые и результаты измерения интегральной толщины на участках различных газопроводов (б)

дой из стадий. На основании совокупности параметров формируется дескриптор АЭ, значение которого коррелирует с прочностью бетона в возрасте 28 сут. Связь между дескриптором АЭ и прочностью бетона в возрасте 28 сут может быть выражена в виде градуировочных зависимостей (рис. 7).

При этом время, необходимое для прогнозирования прочности, не является фиксированным и лежит в диапазоне (для большинства составов) от 4 до 24 ч.

В настоящее время ведутся дальнейшие работы.

Контроль движения ВТД

К основным областям применения НК на сегодняшний день относится контроль трубопроводов.

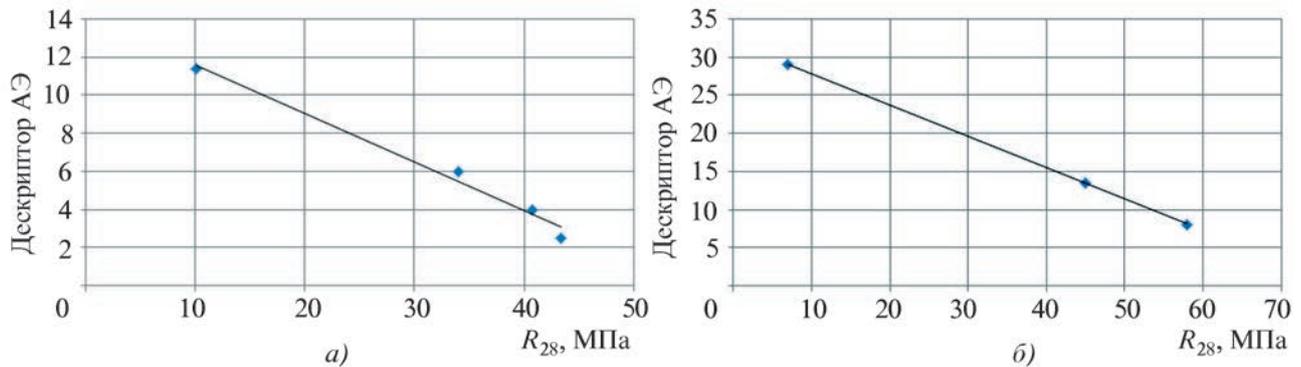


Рис. 7. Линейная регрессионная модель дескриптор АЭ (прочность бетона R_{28} в возрасте 28 суток) для тяжелого (а) и мелкозернистого (б) бетонов

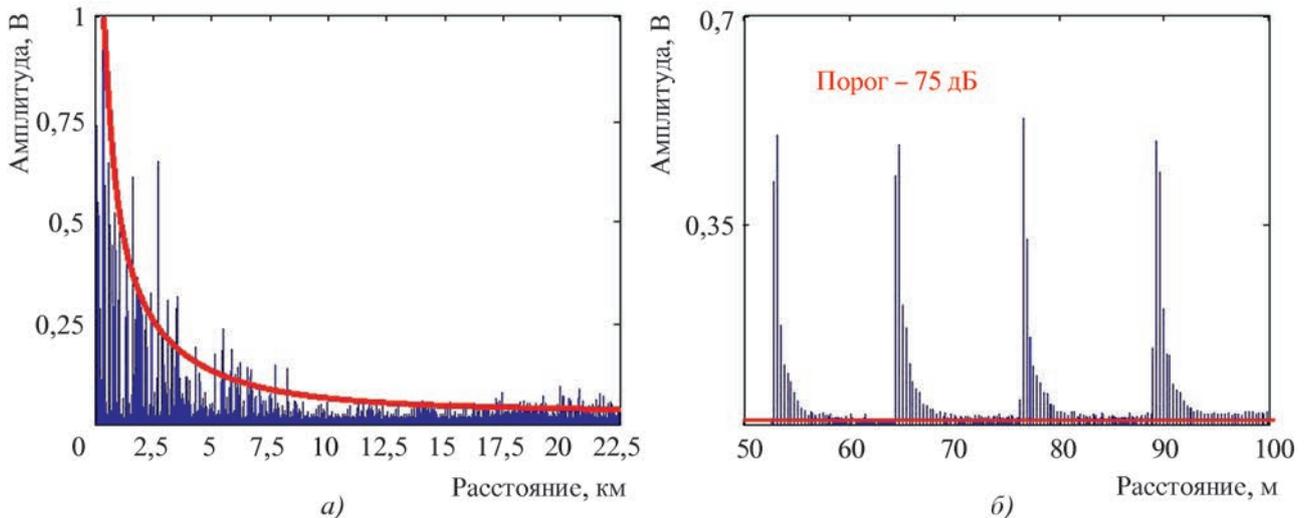


Рис. 8. Зависимость амплитуды АЭ-сигнала A от расстояния (а) и характерный вид сигналов при прохождении ВТД через сварные швы (б)

Большинство подобного рода объектов имеют значительную протяженность в осевом направлении, из-за чего ручной контроль всего объекта нецелесообразен как по временным, так и по финансовым затратам. Исходя из этого большое распространение в данной отрасли получили внутритрубные дефектоскопы (ВТД). Одной из проблем применения метода внутритрубной дефектоскопии является отсутствие информации о нахождении дефектоскопа в ходе контроля. В результате в случае остановки дефектоскопа, которая может случиться по ряду причин, его местоположение будет неизвестно. Поэтому актуальной задачей при внутритрубном контроле является мониторинг движения дефектоскопа.

Для оценки эффективности применения метода АЭ для слежения за перемещением дефектоскопа был проведен ряд экспериментов. В качестве преобразователей во всех экспериментах использовали полосовые низкочастотные ПАЭ с полосой рабочих частот 3–60 кГц. Использование низкочастотных преобразователей позволяет увеличить расстояние от источника сигнала (ВТД) до при-

емника (ПАЭ), при котором еще происходит регистрация местоположения дефектоскопа.

При анализе полученных результатов наиболее показательной является зависимость амплитуд принятых сигналов от расстояния (рис. 8, а). При анализе данной зависимости видна четкая тенденция к уменьшению амплитуд сигналов по мере удаления дефектоскопа от камеры запуска, на которую устанавливали ПАЭ. При более детальном рассмотрении можно визуально выделить сигналы от дефектоскопа при его прохождении через сварные швы (рис. 8, б). Наличие данных сигналов обусловлено соударением секций дефектоскопа о внутренние выступы сварных швов.

Проблемой при проведении подобного рода испытаний является высокий уровень шумов, связанный с трением дефектоскопа о стенки трубы. Высокий порог позволяет провести частичную отстройку от шумов, однако при этом снижается дальность регистрации ВТД.

В результате экспериментов была подтверждена возможность регистрации движения ВТД на дистан-

циях до 20 км. Кроме того, выявлена возможность определения скорости движения дефектоскопа. Планируется проведение работы по определению координат дефектоскопа с точностью до сварного шва.

Заключение

В данной статье описано применение многофункционального прибора UNISCOPE. Прибор позволяет проводить стандартный НК, включающий в себя АЭ-контроль, вибро- и тензометрию. Помимо этого за счет портативности и широких возможностей аппаратной платформы UNISCOPE позволяет решать целый ряд перспективных и актуальных задач, таких как: контроль герметичности ЗРА, определение интегральной толщины стенки контролируемого объекта, оценка и прогнозирование прочности бетона при его твердении, контроль движения ВТД. Также UNISCOPE может быть применен для решения других важных задач.

Библиографический список

1. Елизаров С.В., Барат В.А., Щелаков Д.А. Проверка герметичности запорной арматуры при помощи

портативного многофункционального прибора «UNISCOPE» // В мире НК. 2012. № 1. С. 22–24.

2. Пат. 2540942 Российская Федерация. МПК G01B17/02. Способ контроля за динамикой изменения толщины стенки контролируемого объекта / Д.А. Терентьев; патентообл. ООО «ИНТЕРЮНИС»; опубл. 10.02.2015.

3. Терентьев Д.А. Интегральная толщинометрия // В мире НК. 2014. № 1. С. 59–62.

4. Sagaidak A., Bardakov V., Elizarov S., Terentyev D. The Use of Acoustic Emission Method in the Modern Construction // Abstracts and Exhibition Catalogue «31st Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE)», 3–5 Sept. 2014, Dresden, Germany. Dresden, 2014. P. 65.

5. Бардаков В.В., Терентьев Д.А., Сагайдак А.И. Оценка прочности бетона при твердении по АЭ данным // IV Междунар. науч.-практ. конф. «Акустическая эмиссия. Возможности метода в условиях современного риск-ориентированного подхода к обеспечению безопасности производственных и социально значимых объектов», Истра, 10–14 ноября 2014., М.: Перо, 2014. С. 103–107. ■



ДВУХКАНАЛЬНАЯ АЭ СИСТЕМА
ПРОВЕРКА ГЕРМЕТИЧНОСТИ
ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ
ТЕНЗОИЗМЕРИТЕЛЬ И ВИБРОМЕТР

ЮНИСКОП
многофункциональный прибор НК
UNISCOPE

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НК
ИУ ИНТЕРЮНИС-ИТ
www.interunis-it.ru

Москва, ш. Энтузиастов, 20Б
(495) 361-76-73, 361-19-90

КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВИХРЕТОВОМ ДЕФЕКТОСКОПОМ ELOTES M3/WELD



СЕМЕРЕНКО
Алексей Владимирович
Руководитель
отдела средств НК и ТД,
ООО «Панатест», Москва



БОГОМОЛОВ
Иван Александрович
Инженер,
ООО «Панатест», Москва

В настоящее время вихретоковые приборы и установки широко используются для обнаружения и определения параметров несплошностей материалов, контроля размеров напряженно-деформированного состояния объекта контроля (ОК), физико-механических характеристик структурного состояния материалов и др. Объектами вихретокового контроля (ВТК) могут быть электропроводящие материалы – прутки, проволока, трубы, листы, железнодорожные рельсы, корпуса атомных реакторов, подшипники, крепежные детали и многие другие промышленные изделия.

Достоинством ВТК является то, что его можно проводить при отсутствии контакта между вихретоковым преобразователем (ВТП) и ОК, поэтому его часто называют бесконтактным. Благодаря этому ВТК можно осуществлять при движении ОК относительно ВТП, причем скорость движения при производственном контроле может быть

значительной, что обеспечивает высокую производительность контроля. Получение первичной информации в виде электрических сигналов, отсутствие контакта и высокая производительность определяют широкие возможности автоматизации вихретокового контроля.

Дополнительным преимуществом ВТК является то, что на сигналы ВТП практически не влияют влажность, давление и загрязненность газовой среды, радиоактивные излучения, загрязнения поверхности ОК непроводящими веществами, а также простота конструкции ВТП. В большинстве случаев катушки ВТП помещают в защищенный корпус, они устойчивы к механическим и атмосферным воздействиям и представляют собой весьма надежные первичные преобразователи.

Вихретоковый дефектоскоп является универсальным инструментом, позволяя проводить толщинометрию, измерять электропроводность и выполнять дефек-



Рис. 1. Вихретоковый контроль сварных соединений



Рис. 2. Внешний вид вихретокового дефектоскопа Elotest M3

тоскопию, в том числе и сварных соединений.

Правильно подобранное оборудование позволяет контролировать сварные швы даже через защитное покрытие и выявлять поверхностные и подповерхностные трещины, непровары, поры.

Нашими специалистами был проведен ряд испытаний по контролю сварных соединений образцов вихретоковым дефектоскопом ELOTEST M3 производства Rohmann, Германия (рис. 1, 2).

Технические особенности ELOTEST M3:

- частотный диапазон от 10 Гц до 12 МГц;
- типы фильтров: низкочастотный, высокочастотный, полосовой, специальные, оптимизированные для задач с использованием вращающихся датчиков;
- работа с ручными роторами для высокоскоростного контроля отверстий и поверхностей;
- работа в двухчастотном режиме с независимой настройкой по каждой частоте и возможностью микширования сигналов для подавления мешающих факторов (один датчик);
- автоматический выбор рабочей частоты в зависимости от характеристик датчика;
- автоматический выбор усиления и усиления;
- жидко-кристаллический дисплей с экономичной светодиодной подсветкой, 120×89 мм;
- возможность измерения электропроводности и толщины неэлектропроводящего покрытия толщиной до 1 мм;
- память для хранения настроек и изображений сигналов;

- продолжительная регистрация (ленточная диаграмма) сигналов X и Y в диапазоне от 20 с до 24 ч;
- эксплуатация при температурах от -20 до $+50$ °С при относительной влажности до 85 % (без конденсации);
- масса 1,2 кг.

Совместно с вихретоковым дефектоскопом ELOTEST M3 использовали специализированный датчик для контроля сварных швов (рис. 3).

Обмотки датчика подключены по мостовой схеме и выполнены перекрестной намоткой. Он был разработан для ручного ВТК сварных швов с возможностью работать через защитное покрытие. Расположение катушек обеспечивает хорошее подавление помех от шва с грубой поверхностью и сводит к минимуму эффект «отвода датчика». Датчик функционирует в диапазоне частот от 100 кГц до 1 МГц, имеет зону контроля 2 мм, глубина проникновения вихревых токов в сталь около 0,2 мм.

Датчик входит в набор для контроля сварных швов, который предлагает компания «ПАНАТЕСТ» (рис. 4). Набор позволяет быстро и эффективно контролировать сварные соединения вне зависимости от их типа, материала, наличия лакокрасочного покрытия и коррозии.

Набор состоит из: двух датчи- ков с разным радиусом контак-



Рис. 3. Специализированный датчик для сварных соединений



Рис. 4. Набор для контроля сварных соединений:

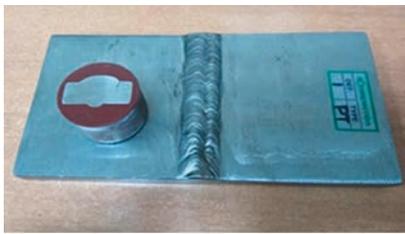
1 – датчик для контроля толщины покрытий; 2 – датчик для сварных соединений диаметром 12 мм; 3 – датчик для сварных соединений диаметром 16 мм; 4 – стандартный образец для измерения толщины; 5 – стандартный образец для контроля сварных соединений; 6 – кабель для подключения датчиков; 7 – тефлоновая лента



Рис. 5. Набор образцов Sonaspection

1. Результаты дефектоскопии пяти стыковых и двух тавровых соединений с имитацией различных дефектов

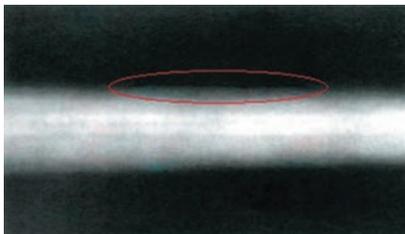
Номер образца	Дефект	Протяженность дефекта, мм	
		указанная производителем	измеренная дефектоскопом
1	Трещина	25 ± 6	25
1A	Трещина	25 ± 6	26
1B	Трещина	25 ± 66	23
2	Трещина в корне шва	25 ± 66	22
4	Трещина в центре шва, выходящая на поверхность	25 ± 6	26
9	Непровар в корне шва	25 ± 6	25
21	Поверхностная трещина с удаленным валиком усиления	25 ± 6	24



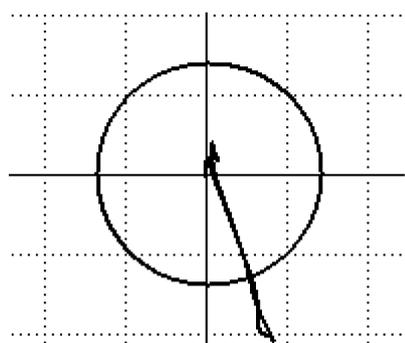
а)



б)



в)



г)

Рис. 6. Образец № 1:
а — внешний вид образца; б — микрошлиф с дефектом; в — рентгенограмма дефектной области; г — сигнал от вихретокового преобразователя в дефектной области

ной поверхности — 6 и 8 мм, датчика для измерения толщины покрытия, образца с дефектным сварным швом и набором электроизоляционных пластин различной толщины.

Набор соответствует требованиям стандарта DIN EN 1711. Этот набор предназначен для выявления трещин в сварном шве, зоне термического влияния и основном металле изделий, изготовленных из углеродистых и нержавеющей сталей, алюминиевых сплавов. Контроль может осуществляться при производстве и эксплуатации изделия как на море, так и на суше. Диапазон рабочих частот 1кГц—1 МГц. Размеры выявляемых трещин в сварном шве при работе по грубой необработанной поверхности: глубина от 1 мм, длина от 5 мм, толщина покрытия до 2 мм.

1. Контроль сварных соединений

В качестве объекта контроля использовали набор образцов Sonaspection (рис. 5). Образцы изготовлены из углеродистой стали и покрыты лаком для защиты от коррозии. Толщина образцов составляет 10 мм.

В комплект набора помимо образцов входят:

- микрошлифы с дефектами;
- описание дефектов, их расположение и параметры;
- комплект сертификационных документов;
- буклет с рентгеновскими снимками дефектных участков.

Образцы представляют собой элементы технических конструкций с искусственными поверхностными дефектами, имеющими известные параметры (размер, расположение). Была проведена дефектоскопия пяти стыковых и двух тавровых соединений с имитацией различных дефектов, приведенных в табл. 1. Контроль выполняли на частоте 100 кГц.

Образец № 1 (рис. 6)

На рис. 6, б представлен микрошлиф стыкового сварного шва с поверхностной трещиной, идущей вглубь металла параллельно сварному соединению. Такие трещины могут находиться как в сварном соединении, так и в зоне термического влияния.

На рис. 6, в показана рентгенограмма, на которой трещина отображается тонкими темными волнистыми линиями, часто прерывистыми.

Шов был просканирован ВТП, и в дефектной области на дисплее дефектоскопа был получен сигнал, амплитуда которого превысила предустановленный пороговый уровень в форме окружности (рис. 6, г). Пороговый уровень был выставлен по образцу с риской глубиной 1 мм. Измеренное дефектоскопом значение длины трещины составило 25 мм.

Образец № 2 (рис. 7). Трещина в корне шва, контроль со стороны корня

На рис. 7, б представлен микрошлиф стыкового сварного шва. В шве со стороны корня имеется трещина, идущая параллельно соединению.

На рис. 7, в показана рентгенограмма, на которой трещина отображается темными тонкими неровными линиями, расположенными в центре или ближе к краям корня шва, обозначенного светлой областью на изображении. Отличается от непровара в корне шва своей извилистой формой.

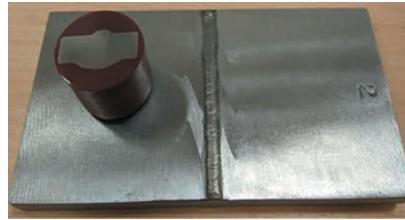
Шов был просканирован ВТП, и в дефектной области на дисплее дефектоскопа был получен сигнал, амплитуда которого превысила предустановленный пороговый уровень (рис. 7, г). Измеренное значение длины трещины составило 22 мм.

Образец № 4 (рис. 8). Трещина в валике усиления

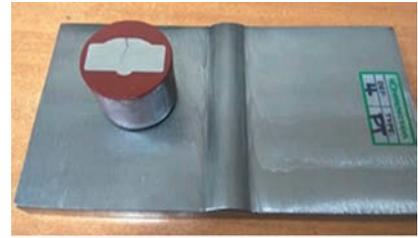
На рис. 8, б представлен микрошлиф сварного шва. В валике усиления сварного соединения имеется выходящая на поверхность трещина.

На рис. 8, в показана рентгенограмма, на которой трещина отображается темными тонкими неровными линиями, идущими параллельно или вдоль центральной линии сварного соединения. Данный дефект более четко различим на рентгенограммах, чем подповерхностные трещины.

Амплитуда сигнала на дисплее дефектоскопа в дефектной области превысила пороговый уровень, рис. 8, г. Измеренное значение длины трещины составило 26 мм.



а)



а)



б)



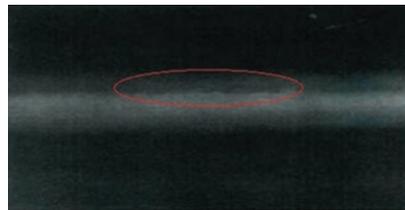
б)

Образец № 9 (рис. 9). Непровар в корне шва, контроль со стороны корня

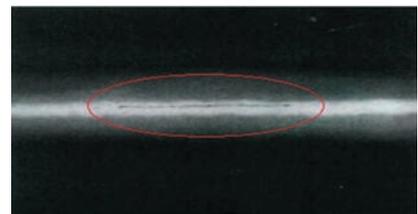
На рис. 9, б представлен микрошлиф сварного шва с непроваром со стороны корня сварного соединения.

На рентгенограмме рис. 9, в непровар отображается очень тонкой темной линией, идущей вдоль границы светлого изображения – корня сварного шва.

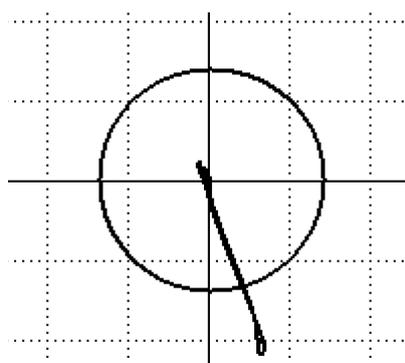
Контроль проводили со стороны корня шва. Амплитуда сигнала на дисплее дефектоскопа в дефектной области превысила пороговый уровень (рис. 9, г). Протяженность трещины равна 25 мм.



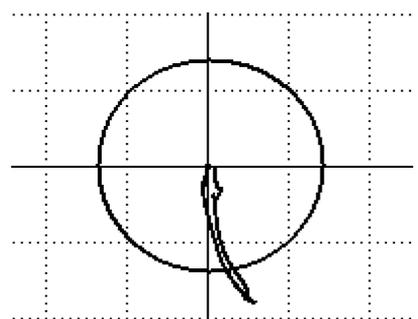
в)



в)



г)



г)

Образец № 21 (рис. 10). Поверхностная трещина в шве с удаленным валиком усиления

На рис. 10, б представлен микрошлиф сварного шва с удаленным валиком усиления и трещиной, идущей параллельно сварному шву. Направление таких трещин может меняться. Они могут возникать в результате внешних нагрузок или при усадке наплавленного металла при охлаждении.

Рис. 7. Образец № 2:
а – внешний вид образца; б – микрошлиф с дефектом; в – рентгенограмма дефектной области; г – сигнал от вихретокового преобразователя в дефектной области

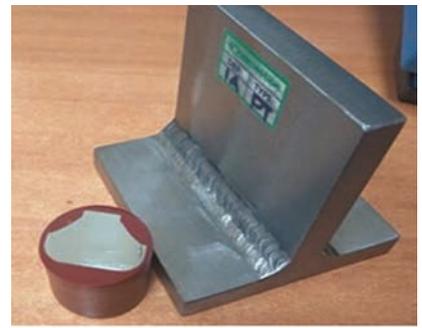
Рис. 8. Образец № 4:
а – внешний вид образца; б – микрошлиф с дефектом; в – рентгенограмма дефектной области; г – сигнал от вихретокового преобразователя в дефектной области



а)



а)



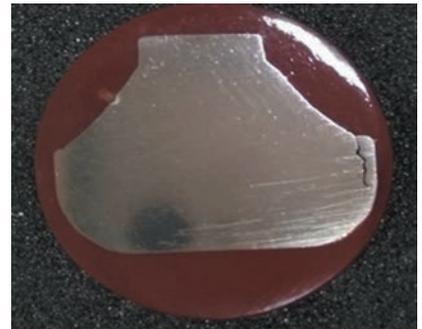
а)



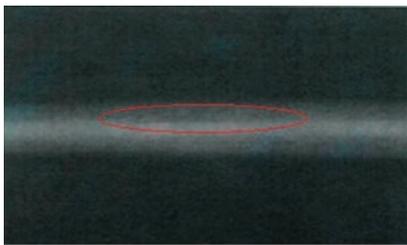
б)



б)



б)



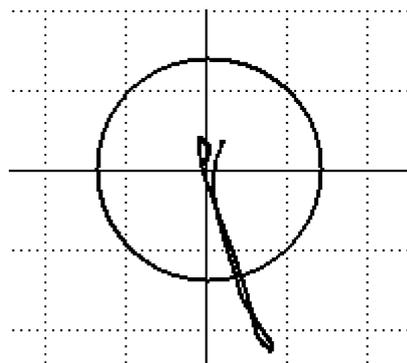
в)



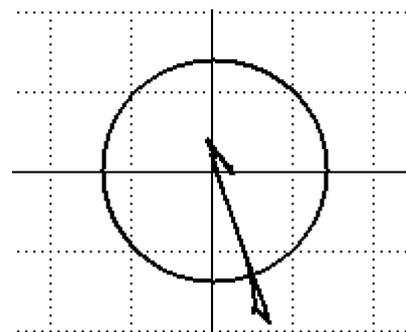
в)



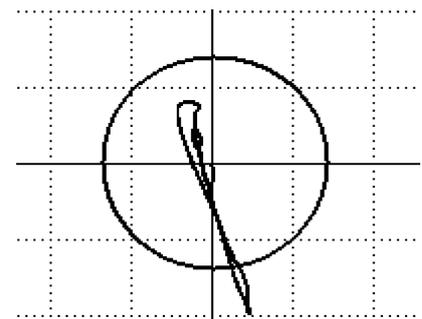
в)



г)



г)

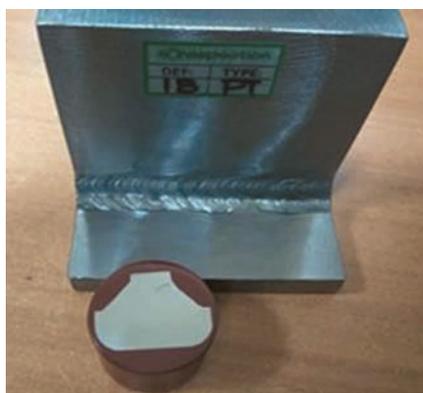


г)

Рис. 9. Образец № 9:
а – внешний вид образца; б – микро-шлиф с дефектом; в – рентгенограмма дефектной области; г – сигнал от вихретокового преобразователя в дефектной области

Рис. 10. Образец № 21:
а – внешний вид образца; б – микро-шлиф с дефектом; в – рентгенограмма дефектной области; г – сигнал от вихретокового преобразователя в дефектной области

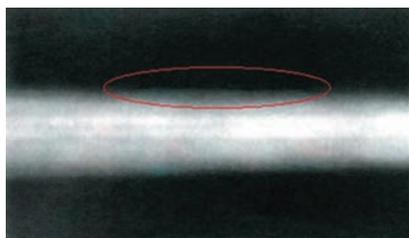
Рис. 11. Образец № 1А:
а – внешний вид образца; б – микро-шлиф с дефектом; в – рентгенограмма дефектной области; г – сигнал от вихретокового преобразователя в дефектной области



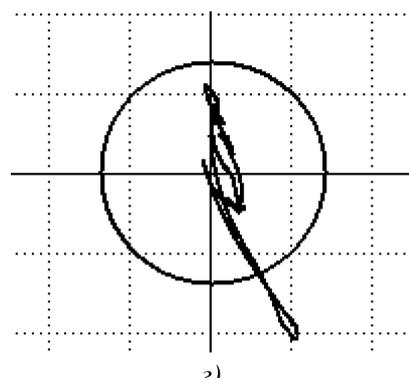
а)



б)



в)



г)

Рис. 12. Образец № 1В:
а – внешний вид образца; б – микрошлиф с дефектом; в – рентгенограмма дефектной области; г – сигнал от вихретокового преобразователя в дефектной области

На рентгенограмме рис. 10, в трещина отображается темными неровными линиями, расположенными близко друг к другу и на расстоянии, зависящем от параметров трещины.

Амплитуда сигнала на дисплее дефектоскопа в дефектной области превысила пороговый уровень (рис. 10, г). Протяженность трещины равна 24 мм.

Образец № 1А (рис. 11). Трещина в зоне термического влияния

На рис. 11, б представлен микрошлиф таврового сварного шва. В шве имеется трещина, идущая вглубь металла параллельно сварному соединению. Такие трещины могут находиться как в сварном соединении, так и в зоне термического влияния.

На рентгенограмме рис. 11, в трещина отображается темными волнистыми линиями, часто прерывистыми.

Амплитуда сигнала на дисплее дефектоскопа в дефектной области превысила пороговый уровень (рис. 11, г). Протяженность трещины равна 26 мм.

Образец № 1В (рис. 12)

На рис. 12, б представлен микрошлиф таврового сварного шва с трещиной, идущей вглубь металла параллельно сварному соединению. Такие трещины могут находиться как в сварном соединении, так и в зоне термического влияния.

На рентгенограмме рис. 12, в трещина отображается темными волнистыми линиями, часто прерывистыми.

Амплитуда сигнала на дисплее дефектоскопа в дефектной области превысила пороговый уровень (рис. 12, г). Протяженность трещины равна 23 мм.

II. Контроль околошовной зоны

Для контроля околошовной зоны был использован ротор, работающий на плоских или слабокриволинейных участках.

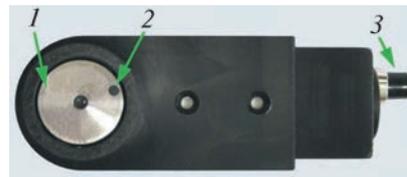


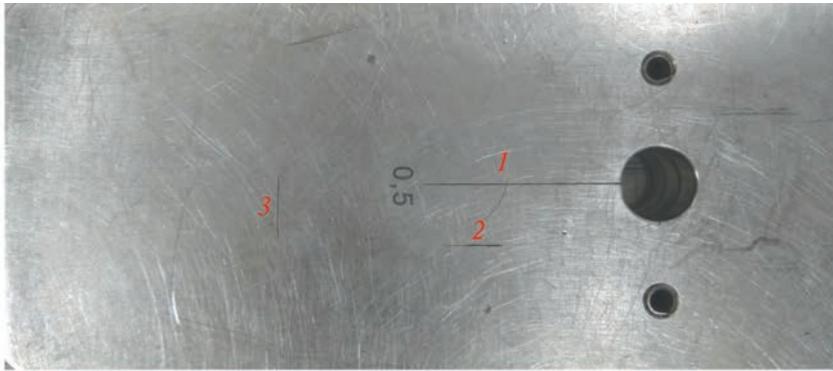
Рис. 13. Мини-ротор для контроля плоскостей:
1 – вращающийся диск; 2 – датчик; 3 – кнопка включения

При использовании плоскостных роторных преобразователей (рис. 13) достигается высокая производительность контроля. Катюшка имеет небольшие размеры (диаметр 1,5–3 мм), что обеспечивает высокую чувствительность при выявлении дефектов любой ориентации. Ширина полосы сканирования равна диаметру диска. Кроме того, значительно уменьшается вероятность пропуска дефектов по сравнению с карандашными и многоэлементными датчиками за счет многократного пересечения датчиком дефектного участка за один проход. Тем самым, имея один канал ручного дефектоскопа и роторный датчик, можно в некоторых случаях отказаться от применения многоэлементных преобразователей.

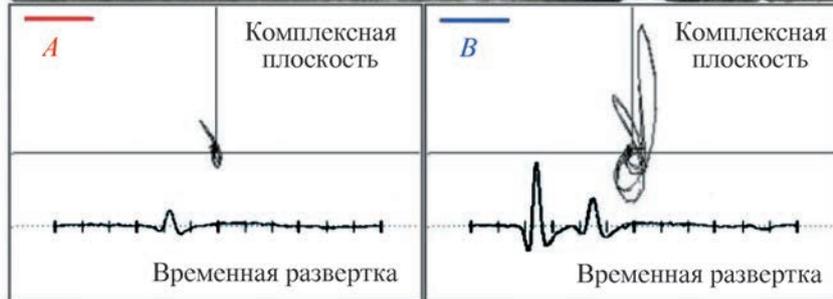
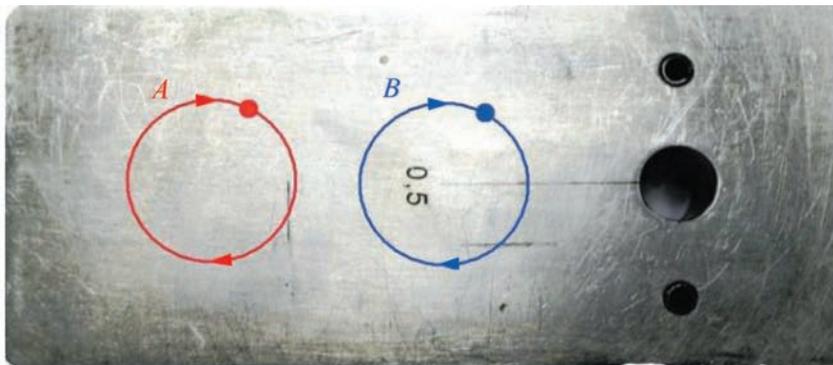
Максимальная скорость вращения может достигать 2700 об/мин, что позволяет перемещать ротор со скоростью 70 мм/с. Производительность контроля при диаметре диска 50 мм составляет 35 см²/с.

Испытания на образце из алюминия

Контроль выполняли на алюминиевой пластине толщиной 6 мм с нанесенными на ее поверхность тремя рисками (рис. 14, а). Параметры рисок указаны в табл. 2. Рабочая частота преобразователя 400 кГц.



а)



б)

Рис. 14. Расположение дефектов на алюминиевом образце (а) и сигналы на экране прибора в точках А и В (б)

2. Геометрические параметры рисок на алюминиевом образце

№	Глубина, мм	Длина, мм
1	0,5	25
2	0,2	4
3	0,2	8

В рамках испытания проводили сплошной контроль поверхности. В точках А и В были получены сигналы от рисок, приведенные на рис. 14, б. Сигналы представлены на комплексной плоскости и временной развертке.

Испытания на стальном образце

На втором этапе испытаний использовали образец из стали 20 толщиной 2 мм с вертикальными и наклонными рисками № 1–8 различной глубины (рис. 15). Геометрические параметры рисок указаны в табл. № 3.

Чувствительность и пороговый уровень срабатывания сигнализации были настроены по прямой № 1 (рис. 16, а) и наклонной № 5 (рис. 16, д) рискам.

Контроль листа был выполнен за один проход поперечным по отношению к направлению рисок перемещением сканера.

Сигналы, полученные от каждой риске, представлены на рис. 16.

3. Геометрические параметры рисок на образце из стали 20

№ п/п	Глубина, мм	Ширина, мм	Угол между плоскостью риске и поверхностью образца, °	Длина, мм
1	0,1	0,1 – 0,35	90	60
2	0,5	0,1 – 0,35	90	60
3	1,0	0,1 – 0,35	90	60
4	1,5	0,1 – 0,35	90	60
5	0,1	0,1 – 0,35	45	60
6	0,5	0,1 – 0,35	45	60
7	1,0	0,1 – 0,35	45	60
8	1,5	0,1 – 0,35	45	60



Рис. 15. Образец из стали 20 с рисками

Заключение

Результаты проведенной работы показали надежность и высокую производительность выявления трещин в сварных швах вихретоковым методом. Были выявлены все трещины в сварном шве и зоне термического влияния.

Специализированные вихретоковые датчики позволяют отстроиться от влияния мешающих факторов и работать по грубой необработанной поверхности сварного шва даже через защитное покрытие.

Использование одноканального дефектоскопа с роторным датчиком обеспечивает сканирование поверхности зоны контроля, равной диаметру диска. Значительно уменьшается вероятность пропуска дефекта независимо от его ориентации по сравнению с «карандашными» или даже многоэлементными датчиками за счет многократного пересечения дефектного участка преобразователем. Производительность контроля зоны может достигать 35 см²/с.

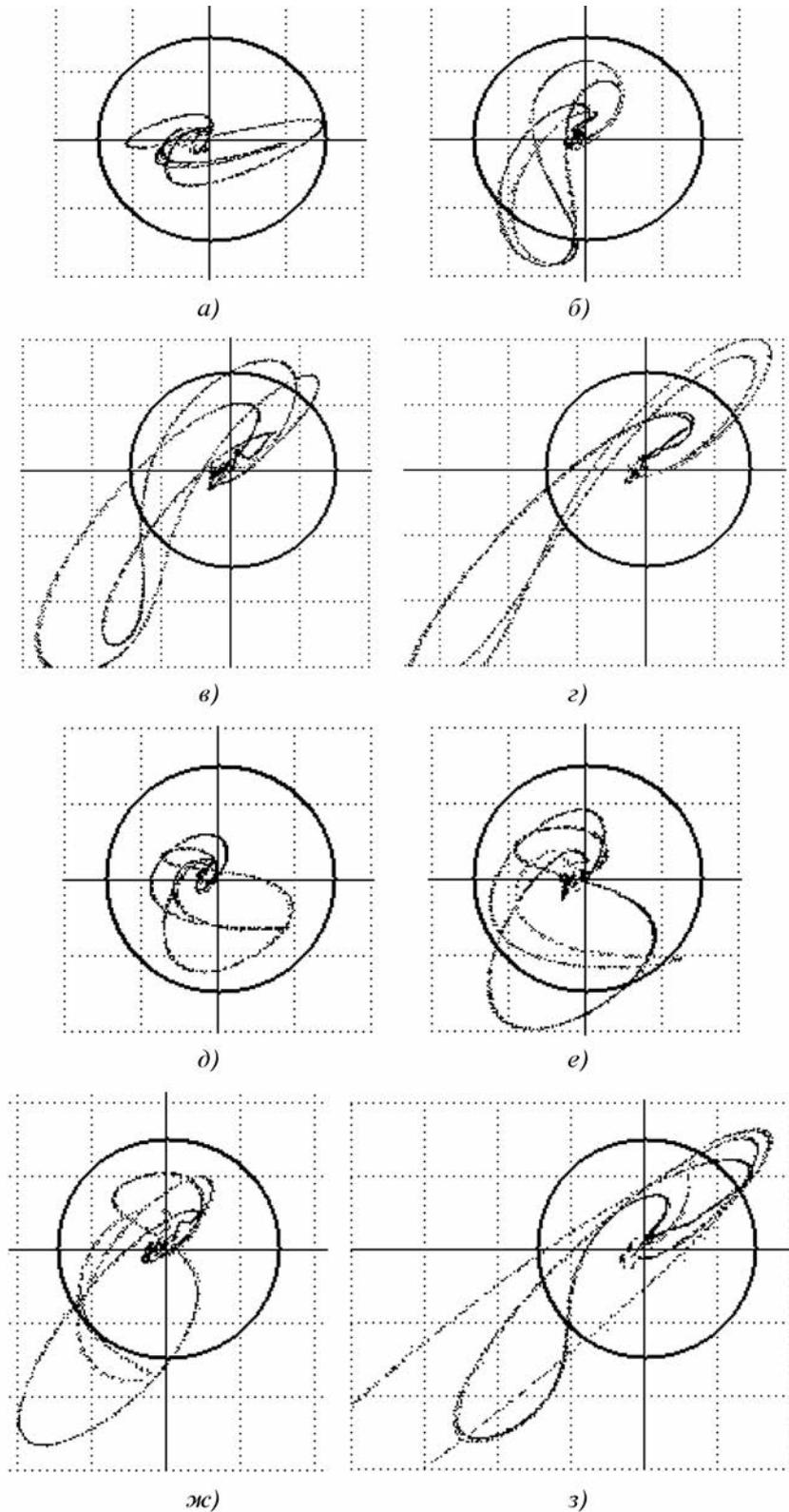


Рис. 16. Сигнал на экране дефектоскопа от рисок: а – от риску № 1; б – от риску № 2; в – от риску № 3; г – от риску № 4; д – от риску № 5; е – от риску № 6; ж – от риску № 7; з – от риску № 8

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.



ELOTES 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!*



ELOTES 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



ELOTES IS500

- Цифровой дефектоскоп для промышленного использования
- Цветной TFT-дисплей с разрешением 800x480 пикселей
- Дефектоскопия и сортировка
- Самообучающийся строб «Bubble Gate»
- Одновременная сортировка до 8 разновидностей изделий (Мультипоток)
- Интеграция в производственную линию



ELOTES 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