

ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

1, 2017

январь – март (21)



ИКБ ГРАДИЕНТ



ХОТИТЕ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?
ПОСЕТИТЕ НАШ САЙТ!
WWW.NDTGRAD.RU

*НЕРАЗРУШАЮЩИЙ
КОНТРОЛЬ



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

ВЫСТАВКА СРЕДСТВ
И ТЕХНОЛОГИЙ НК



ОТРАСЛЕВЫЕ
КРУГЛЫЕ СТОЛЫ
«НК В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

27 ФЕВРАЛЯ - 1 МАРТА 2018
ЦВК ЭКСПОЦЕНТР, МОСКВА

WWW.EXPO.RONKTD.RU



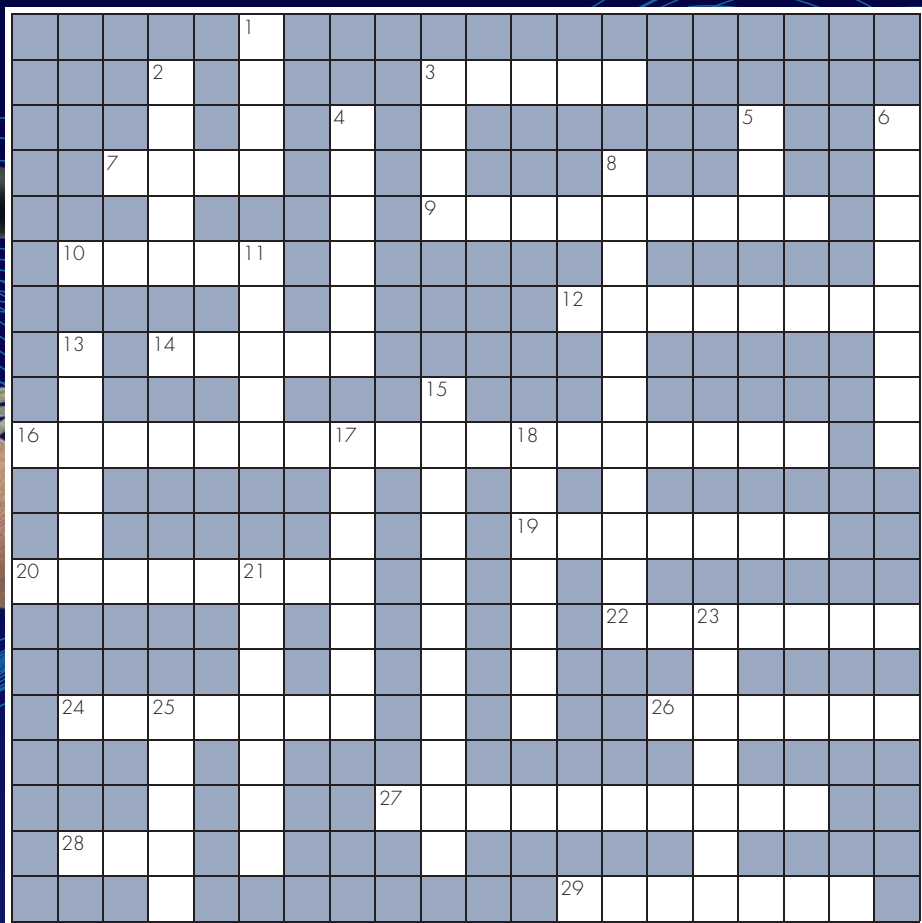
ОРГАНИЗАТОР:
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ



Проверь свои знания по вихретоковому контролю!



Вихретоковый контроль сварных соединений



По горизонтали:

3. Дефект поверхности, представляющий собой отслоение металла языкообразной формы, соединенное с основным металлом одной стороной. **7.** Часть комплексной плоскости, в которой контролируется векторное представление. **9.** Максимальное отклонение колебательной величины от значения, соответствующего положению равновесия, за период колебаний. **10.** Расстояние между торцевой плоскостью вихретокового преобразователя и поверхностью объекта контроля. **12.** Комплексное сопротивление обмотки вихретокового преобразователя. **14.** Основной элемент обмотки вихретокового преобразователя. **16.** Способность материала проводить электрический ток. **19.** Многоэлементная конструкция преобразователя. **20.** Геометрический эффект, создаваемый неконтролируемым относительным движением вихретокового преобразователя и контролируемого изделия, например, вибрацией. **22.** Электротехническое устройство в виде обмотки на цилиндрическом, прямоугольном или другой формы каркасе. **24.** Один из основных параметров сигнала вихретокового преобразователя. **26.** Каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией. **27.** Дефект поверхности в виде нитевидных неровностей в металле, образовавшихся при деформации имеющих в нем неметаллических включений. **28.** Беспорядочно распределенные сигналы на экране прибора. **29.** Показательный экземпляр какого-либо материала, изделия.

По вертикали:

1. Часть магнитной цепи намагничивающего устройства, магнитопровод без обмоток, соединяющий магнитные полюсы. **2.** Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. **3.** Дефект сварного шва в виде полости округлой формы, заполненной газом. **4.** Первичный преобразователь. **5.** Условная группировка методов неразрушающего контроля, объединенная общностью физических характеристик. **6.** Совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности. **8.** Материал, намагничивающийся против направления внешнего магнитного поля. **11.** Устройство, предназначенное для вращения вихретокового преобразователя. **13.** Электронный узел, пропускающий сигналы в определенной полосе частот и задерживающий остальные сигналы. **15.** Устройство, предназначенное для создания регулируемого по амплитуде и фазе напряжения для его суммирования с напряжением преобразователя. **17.** Совокупность операций, выполняемых органом государственной метрологической службы в целях определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям. **18.** Элемент преобразователя, предназначенный для возбуждения в объекте контроля вихревых токов. **21.** Шум, создаваемый источником, внешним по отношению к вихретоковой системе контроля. **23.** Дефект сварного соединения в виде разрыва в сварном шве и прилегающих к нему зонах. **25.** Конструктивные узлы и электрические соединения обмоток преобразователя и радиоэлектронных элементов прибора.



ЛАБОРАТОРИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

НА БАЗЕ КОНТЕЙНЕРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ
ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Компания ПЕРГАМ является авторизованным дистрибьютором 76 фирм-производителей диагностического оборудования со всего мира, что позволяет комплектовать лаборатории только самым передовым и проверенным оборудованием.



Реклама

12th ECNDT

GOTHENBURG•SWEDEN•2018



WELCOME TO GOTHENBURG

for the 12th European Conference on Non-Destructive Testing
Swedish Exhibition & Congress Center Gothenburg, June 11–15, 2018

The conference will be arranged within the cooperation of the Nordic countries. The conference venue will be at the Swedish Exhibition & Congress Center in the city center. In connection to the venue is the Gothia Tower Hotel area.

Together they represent the largest combined conference and hotel facility in Europe. Gothenburg, the second largest city in Sweden is situated on the beautiful west coast, right in the heart of Scandinavia.



www.ecndt2018.com
ida.eriksson@csmndt.se

Contact information
LOCAL ORGANIZING COMMITTEE
Peter Merck (Sweden)
Frode Hermansen (Norway)

MARKETING AND SALES COMMITTEE
Håkan Andersson (Sweden)
Mats Bergmann (Sweden)
Terje Gran (Norway)

TECHNICAL COMMITTEE
Håkan Wirdelius (Sweden)
Lars-Ove Skogh (Sweden)
Thomas Åström (Finland)

Tor Harry Fauske (Norway)
Arild Lindkjenn (Norway)



OmniScan - эталон универсальности Простота в работе и быстрота сканирования

Простота настройки, высокая производительность и наличие разнообразных готовых решений для решения большинства задач НК делают дефектоскоп OmniScan эталоном в своем классе. Именно благодаря этим качествам OmniScan стал самым популярным в мире портативным прибором УЗК на фазированных решетках. Компания Olympus использовала свой опыт и рекомендации от инженеров-дефектоскопистов для разработки инновационных решений широкого круга задач контроля, ведется постоянная работа по их улучшению и эффективному внедрению.



Контроль сварных соединений трубопроводов и резервуаров



Контроль сварных швов труб малого диаметра



Картографирование коррозии



Контроль композиционных материалов и панелей из них



RollerFORM роликовый ФР- преобразователь

Компания Olympus представляет новый фазированный ультразвуковой роликовый ФР-преобразователь RollerFORM™, который предназначен для контроля композиционных и других материалов с гладкой поверхностью и малой кривизной - такие материалы широко используются в авиационно-космической промышленности для обшивки летательных аппаратов. Преобразователь RollerFORM — это эффективная альтернатива двухкоординатным системам сканирования и иммерсионным методам контроля.

Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№1 (январь – март), 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 КАНКТД)
Ткаченко А.А.
(Молдова, президент НОНКТД РМ)

Редакция:
Агапова А.А.
Клейзер Н.В.
Сидоренко С.В.
Чепрасова Е.Ю.

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

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

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

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

Корректор Смольянина Н.И.
Компьютерное макетирование Смольянина Н.И.
Сдано в набор 8 декабря 2016
Подписано в печать 3 февраля 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, опубликованной в рекламных материалах. Статьи публикуемые в журнале, не рецензируются. Мнение авторов может не совпадать с мнением редакции.

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

Отпечатано в типографии
ООО «МЕДИАКОЛОР»
105187, г. Москва,
ул. Вольная, д. 28, стр.10

НОВОСТИ

Вопилин А.Х. К 90-летию И.Н. Ермолова	4
Зайтова С.А. О создании СРО «КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР» в целях приведения регулирования республики Казахстан в соответствие с требованиями к оказанию услуг в области НК и ТД в России и странах ЕАЭК	6
Азизова Е.А. Развитие нормативной базы неразрушающего контроля	6
Итоги выставки Testing & Control – 2016	7
Открыта регистрация на Первый всемирный конгресс по мониторингу состояния 2017 (WCCM 2017)	8

ИНФОРМАЦИЯ ОТ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НК

Дугалов Г.Т., Тиванова О.В. Нормативно-техническое и метрологическое обеспечение внедрения оборудования, базирующегося на методах неразрушающего контроля, в Республике Казахстан	10
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

Краткий обзор работы конференции «Приборы и методы неразрушающего контроля качества изделий и конструкций из композиционных и неоднородных материалов» ...	14
Итоги XVI специализированной выставки «Сварка. Контроль и диагностика. Металлообработка» и форума «Сварка и диагностика»	18

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Прохорович В.Е., Беркутов И.В., Ашихин Д.С. Разработка средств измерения толщины свариваемых кромок и зазора между свариваемыми кромками и подкладной линейкой при сварке трением с перемешиванием топливных баков изделия «Ангара»	22
Муравьев В.В. Акустопругий метод исследования напряженно-деформированного состояния рельсов	26
Троицкий В.А. Радиационный контроль на основе твердотельных миниатюрных детекторов	30
Носов В.В., Матвеев И.В., Ямилова А.Р., Зеленский Н.А. Неразрушающий контроль на основе использования параметров микромеханической модели акустической эмиссии	36
Кинжагулов И.Ю., Степанова К.А. Комплексное применение методов НК в задаче контроля и оценки физико-механических свойств конструкционных материалов ...	42
Кормильцева М.Ф. Влияние параметров линейной антенной решетки на возможность выявления дефектов при ультразвуковом неразрушающем контроле	48
Еремин Р.А. Контроль толщины слоев дорожной одежды с помощью георадарно-лазерного сканирования	54

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

Быстрова Н.А., Травкин А.А. Роль дополнительного профессионального образования в системе промышленной безопасности и неразрушающего контроля	58
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

К 90-ЛЕТИЮ И. Н. ЕРМОЛОВА



26 января 2017 г. исполнилось 90 лет со дня рождения Игоря Николаевича Ермолова — известного ученого-дефектоскописта, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки, лауреата многих премий, орденоносца.

И. Н. Ермолов родился 26 января 1927 г., но минуло уже 10 лет, как его нет с нами. Я ловлю себя на мысли, что не проходит и дня, чтобы я и сотрудники нашей компании «ЭХО+» не обращались к его трудам, статьям, книгам, учебникам. И

это подтверждение значимости достижений И. Н. Ермолова — крупного ученого, внесшего значительный вклад в развитие науки неразрушающего контроля. Именно Игорь Николаевич своей теорией акустического тракта придал научную строгость и стройность ультразвуковому неразрушающему контролю.

Вся моя профессиональная деятельность на протяжении более чем 40 лет связана с именем Игоря Николаевича Ермолова, начиная со студенческой скамьи (я слушал его лекции в Московском горном институте), затем работая под его руководством 22 года в ЦНИИТМАШ и 17 лет в нашей компании «ЭХО+».

На меня Игорь Николаевич всегда действовал как самое лучшее лекарство от лени и безделья, от гордыни. Он был для меня эталоном не только настоящего ученого-бессребреника, но и честности и порядочности как в науке, так и в жизни. Я видел, как он работает над научными статьями и книгами, с какой тщательностью выверяет каждый научный результат. Человек строгих моральных принципов, он не терпел фальши и непорядочности как в работе, так и в людях, с которыми он общался. Будучи много лет его заместителем

по ультразвуковой лаборатории, я имел возможность учиться у него лучшим качествам настоящего человека, ученого и патриота своей страны, которыми он обладал в полной мере.

Игорь Николаевич внес значительный вклад в дело популяризации неразрушающего контроля в нашей стране. Первое учебное пособие по ультразвуковому контролю им опубликовано еще в 1967 г., и оно сразу стало бестселлером в кругах дефектоскопистов. А последний его фундаментальный труд «Ультразвуковой контроль» (являющийся третьим томом восьмитомного справочника «Неразрушающий контроль»), написанный им в соавторстве с Ю. В. Ланге в 2004 г., остается настольной книгой большинства специалистов, работающих в неразрушающем контроле, и стал достойным завершением жизненного пути Игоря Николаевича.

Игорь Николаевич был научным руководителем около 30 соискателей научных степеней кандидатов и докторов наук. Я тоже вхожу в их число и горжусь этим. Ученики И.Н. Ермолова разлетелись по всему бывшему СССР, некоторые из них работают в Европе. Бывая в Израиле, я и там встречал его учеников. А теория акустиче-



Коллектив ЛУЗМИМ ЦНИИТМАШ. 1975 год



И.Н. Ермолов и В.В. Клюев

ского тракта И. Н. Ермолова без преувеличения проложила себе дорогу во всем мире. Об этом свидетельствует количество ссылок на работы Игоря Николаевича – индекс цитируемости Хирша переваливает за сотню.

К юбилею Игоря Николаевича Ермолова переиздана книга воспо-

минаний его и многих его друзей и коллег под названием «Жизнь, наука и дефектоскопические истории», дающая полное представление о его жизненном пути.

Мы все – ученики, соратники, друзья, родственники с глубоким почтением и любовью относимся к памяти Игоря Николаевича и при-



ОНМИМ. И.Н. Ермолов демонстрирует Н.П. Алешину новое достижение

меняем его научные достижения и идеи в своей работе.

*От многочисленных учеников
генеральный директор
ООО «НПЦ «ЭХО+»
профессор*

Алексей Харитонович ВОПИЛКИН



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ДНИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ 2017» 13 – 16 июня 2017 г., Созополь, Болгария Школа Болгарского Красного Креста

Международная конференция «Дни неразрушающего контроля 2017» состоится 13 – 16 июня 2017 г. в Созополе (Болгария) и направлена на обсуждение всех методов неразрушающего контроля и оценки материалов и конструкций во всех областях технической деятельности. Конференция предоставляет возможность встретиться специалистам разных областей деятельности, заинтересованным в исследованиях, разработках, применении на практике и стандартизации методов неразрушающего контроля.

К участию в работе конференции приглашаются все желающие с возможностью выступить с докладом на секции или представить стендовый доклад. Производителям и поставщикам приборов, программного обеспечения, литературы и сервис-провайдерам в области неразрушающего контроля предлагается представить свою продукцию и инновации.

Основные темы конференции:

- методы неразрушающего контроля;
- неразрушающий контроль в материалах и конструкциях;
- передовые методы и технологии в области неразрушающего контроля;
- применение неразрушающего контроля в энергетике, на транспорте, в машиностроении, строительстве, химической промышленности и т.д.;
- образование, стандартизация, сертификация и аккредитация.

Программа конференции

1. XXXII Международная конференция «Дефектоскопия 2017».
2. XXVIII Молодежная школа «Неразрушающий контроль структуры и физико-механических свойств материалов».
3. Болгаро-русский семинар «Диагностика электроэнергетических систем».
4. Семинар «Современные методы и технологии неразрушающего контроля».
5. Семинар «Задачи и проблемы неразрушающего контроля элементов железнодорожного транспорта».
6. Круглый стол «Порошковая металлургия».
7. Круглый стол «Развитие стандартизации в области НК».
8. Семинар «Проблемы бизнеса».
9. Круглый стол «Аккредитация лабораторий и органов контроля».
10. Выставка продукции фирм-участников.
11. Стендовая сессия.

Контрольные даты:

- 15 апреля 2017 г. – подача заявки для участия с докладом;
- 15 мая 2017 г. – передача докладов;
- 30 мая 2017 г. – подача заявки для участия без доклада;
- 12 июня 2017 г. – регистрация;
- 13 июня 2017 г. – открытие;
- 16 июня 2017 г. – закрытие конференции.

Требования к оформлению докладов представлены на сайте ННТДД:
www.bg-s-ndt.org

Рабочие языки: болгарский, русский, английский.

АДРЕС ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

1113 София
ул. Акад. Г. Бончев, бл. 4, Институт механики – БАН
д-р техн. наук проф. М. Миховски
Тел.: (+359 2) 979-64-45, (+359 2) 979-71-20
GSM (+359) 899443892
факс: (+359 2) 979-71-20
E-mail: nntdd@abv.bg, nntdd@imb.bas.bg
www.bg-s-ndt.org

О СОЗДАНИИ СРО «КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР» В ЦЕЛЯХ ПРИВЕДЕНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В СООТВЕТСТВИЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К ОКАЗАНИЮ УСЛУГ В ОБЛАСТИ НК И ТД В РОССИИ И СТРАНАХ ЕАЭК



В целях интеграции казахстанского бизнеса в сфере оказания услуг по экспертизе промышленной безопасности и техническому диагностированию (Condition Monitoring) в рамках Евразийского экономического союза, а также ликвидации законодательных и нормативных пробелов в указанной сфере деятельности в Респуб-

лике Казахстан и привлечения к решению данных вопросов профессионального бизнес-сообщества согласно закону «О саморегулировании» ведется работа по созданию саморегулируемой организации СРО «КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР».

Основной задачей данного общественного института является

создание механизма отраслевого страхования деятельности субъектов с последующей передачей части государственных функций в сферу саморегулирования.

Первоначальной задачей СРО «КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР» станет выработка нормативно-технических требований и рекомендаций (стандартов СРО), полностью отсутствующих или требующих актуализации, разработку и принятие которых не могут обеспечить государственные уполномоченные органы. Эта работа должна привести к формированию независимого отраслевого пула добросовестных поставщиков услуг.

В данном направлении нам очень полезен многолетний опыт Российской Федерации по развитию системы саморегулирования и мировая практика отраслевого регулирования и лицензирования. Приглашаем к сотрудничеству все заинтересованные стороны.

*Светлана Александровна
ЗАЙТОВА*

*info@kazregister.kz
www.kazregister.kz*

РАЗВИТИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

В рамках государственной научно-технической программы в Узбекистане готовится к публикации словарь общих терминов по неразрушающему контролю на узбекском языке в виде государственного стандарта. В нормативном документе также будут приведены аналоги терминов на русском и английском языках.

Введен в действие государственный стандарт Узбекистана O'z DSt 20.202:2016 «Система испытаний продукции. Контроль неразрушающий. Требования к лабораториям неразрушающего контро-

ля», развивающий положения O'z DSt ISO/IEC 17025:2007 в сфере НК.

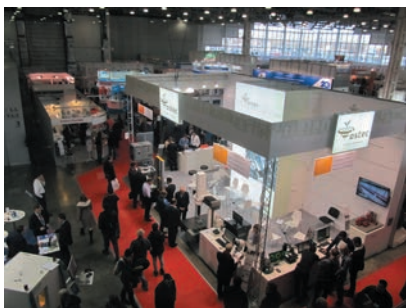
В стадии утверждения в качестве государственных находятся еще два международных стандарта:

- O'z DSt ISO/TR 25107:2006 Неразрушающий контроль. Руководящие указания к учебным программам по методам неразрушающего контроля;
- O'z DSt ISO/TR 25108:2005 Неразрушающий контроль. Руководство по организации обучения персонала неразрушающего контроля.

В настоящее время агентством «Узстандарт» в целях повышения конкурентоспособности продукции отечественных производителей, расширения объемов ее реализации на внутреннем и внешнем рынках рассматривается перечень из 10 международных стандартов по методам НК для принятия в Республике Узбекистан.

*Елена Александровна АЗИЗОВА,
зам. председателя
Узбекистанского общества
по неразрушающему контролю*

ИТОГИ ВЫСТАВКИ TESTING & CONTROL - 2016



С 25 по 27 октября в Москве с успехом прошла 13-я Международная выставка испытательного и контрольно-измерительного оборудования Testing & Control. Организатором мероприятия выступила Группа компаний ITE, лидер на рынке выставочных услуг России.

За годы проведения Testing & Control заслужила репутацию крупнейшей по количеству участников и посетителей выставки испытательного и контрольно-измерительного оборудования, ежегодно представляющей экспозицию высокого уровня и разнообразие новинок. В этом году в выставке приняли участие 102 компании из 8 стран, из них 21 компания – дебютанты выставки. За три дня работы выставку Testing & Control посетили 10 237 человек. Общая площадь выставки превысила 3200 кв. метров.

В церемонии торжественного открытия приняли участие директор Департамента авиационной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Сергей Емельянов, заместитель директора Департамента государственной политики в области технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Дмитрий Кузнецов, начальник отдела метрологического обеспечения и развития экспериментально-испытательной базы Государственной корпорации «Роскосмос» Олег Александров, заместитель начальника Управления метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Евгений

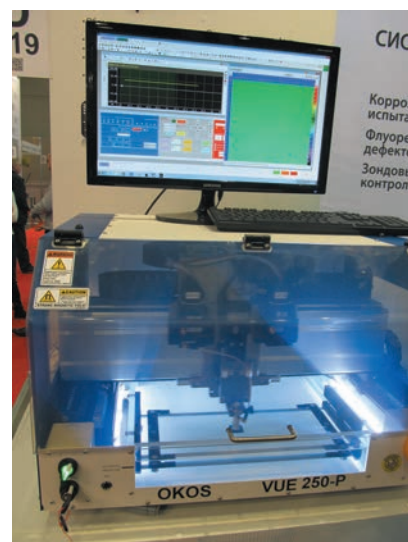
Лазаренко, заместитель директора по качеству ПАО «Туполев» Владимир Агупов и другие почетные гости.

Выставка Testing & Control проходила на одной площадке одновременно с семью другими промышленными выставками: Mashex Moscow, PCVExpo, Power Electronics, ExpoCoating Moscow, Heat & Power, NDT Russia и FastTec. Совместное проведение восьми выставок позволило объединить 618 экспонентов из 22 стран мира. Суммарное количество уникальных посетителей восьми выставок превысило 15 800 человек.

Компании – участники выставки Testing & Control 2016 традиционно продемонстрировали широкий спектр новейшего оборудования, системы и технологии в области сбора, анализа, обработки данных и тестирования продукции. Впервые свои экспозиции представили мировые лидеры в области испытательного и контрольно-измерительного оборудования – компании Kistler, Verder Scientific и Vibration Research.

На стенде компании «ОСТЕК» специалисты могли увидеть инновационный безокулярный стереомикроскоп. ГК «КРИОСИСТЕМЫ» представили безмасляные вакуумные магнитоэлектрические насосы НМДК, предназначенные для получения в вакуумных системах сверхвысокого вакуума, которые к тому же имеют доступную цену. Компания «МИЛЛАБ» представила на выставке печи Nabert herm, идеально подходящие для большинства процессов, связанных с выжиганием органических связей и спеканием керамики. Компания «САРГОСМ» представила новые ручные компараторы массы

Cubis® MCM, которые являются первыми приборами на рынке, объединяющими в себе высокий уровень технических и метрологических характеристик с интегрированной системой управления рабочими процессами (Workflow) и строгим соблюдением рекомен-





даций Международной организации законодательной метрологии (OIML). Компания «БЛМ Синержи» — эксклюзивный представитель Pfeiffer Vacuum (Германия) на территории РФ и странах СНГ — предложила специалистам полную линейку продукции Pfeiffer Vacuum — от вакуумных насосов до систем контроля герметичности и системы рекуперации гелия.

Ключевым деловым мероприятием Testing & Control 2016 стала 2-я Всероссийская научно-техническая конференция «Современное состояние методов, средств и метрологического обеспечения экспериментальных исследований, испытаний и эксплуатации изделий авиационной и ракетно-космической техники». За два дня работы конференцию посетило 290 специалистов авиационной и ракетно-космической отрасли.

Основными темами обсуждения стали:

- Методы и средства измерений, испытаний и эксплуатации изделий в авиационной отрасли;
- Методы и средства измерений и испытаний в космической отрасли;
- Автоматизация экспериментальных исследований и испытаний авиационной и космической техники в условиях импортозамещения;
- Метрология и стандартизация. Метрологическое обеспечение испытаний авиационной и космической техники.

Конференция прошла при организационной поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) и Госу-

дарственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос». Соорганизаторами четырех секций конференции стали: ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова, Госкорпорация «Роскосмос», Национальный исследовательский университет МАИ, ФГУП ВНИИМС.

В зоне презентаций с успехом прошли семинары компаний Ivservice, National Instruments, Vibration Research, «Брукер», «Витэк», «Диполь», «Компания Октава+», «Мелитэк», «Остек-Электро», «Сантек 2», «Сенсор Системс».

В 2017 году 14-я Международная выставка испытательного и контрольно-измерительного оборудования Testing & Control пройдет с 24 по 26 октября в МВЦ «Крокус Экспо».

*Пресс-служба
группы компаний ИТЕ*

ОТКРЫТА РЕГИСТРАЦИЯ НА ПЕРВЫЙ ВСЕМИРНЫЙ КОНГРЕСС ПО МОНИТОРИНГУ СОСТОЯНИЯ 2017 (WCCM 2017)



Британский институт неразрушающего контроля (BINDT) сообщает об открытии регистрации на 1-й Всемирный конгресс по мониторингу состояния (WCCM 2017), который организуется в сотрудничестве и партнерстве с

Международным обществом мониторинга состояния (ISCM). Объединение усилий двух ведущих организаций позволяет обеспечить подготовку самого большого мероприятия в своей области на подлинно международном уровне и

имеет большое значение, являясь первым мировым событием в области мониторинга состояния.

Конгресс будет проходить 13 — 16 июня 2017 г. в конференц-центре ILEC, Лондон, Великобритания. Мероприятие будет охватывать все аспекты мониторинга состояния и смежных областей и предоставит участникам уникальную возможность пообщаться с учеными и промышленниками со всего мира.

Программа конгресса будет состоять из сессий, работающих параллельно и охватывающих широкий спектр достижений в области мониторинга состояния:

- пленарные заседания;
- обзорные презентации;
- отраслевые сессии для основных промышленных секторов;

- семинары по передовым темам в области мониторинга состояния, модераторами которых будут известные ученые и инженеры;
- экспертная сессия по актуальным темам мониторинга состояния;
- выставка, презентации и семинары поставщиков оборудования, экспонентов и спонсоров.

Выставка будет проходить на второй и третий дни конгресса и предоставит идеальную возможность получить представление о новейших технологиях, имеющихся в настоящее время.

BINDT всегда признавал важность поощрения участия студентов в крупных международных мероприятиях. В 2017 г. институт будет оказывать спонсорскую поддержку студентам, желающим принять участие в 1-м Всемирном конгрессе по мониторингу состояния.

Подробную информацию об участии в WCCM 2017 можно найти на сайте www.wc-cm.org

О BINDT

Британский институт неразрушающего контроля (The British Institute of Non-Destructive Testing – BINDT) – это британская профессиональная инженерная организация, занимающаяся содействием продвижению науки и практики неразрушающего контроля (NDT), мониторинга состояния, диагностической техники и других направлений тестирования материалов и качества. Деятельность BINDT признана на международном уровне и касается образования, подготовки и сертификации специалистов в области неразрушающего контроля и мониторинга состояния, организации ежегодных конференций и меро-

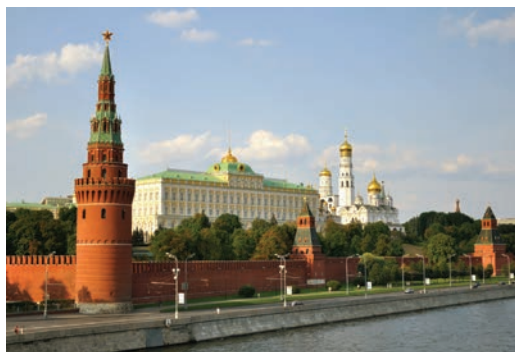
приятий, распространения информации о последних достижениях в науке и практике неразрушающего контроля в различных областях .

Что такое мониторинг состояния?

Мониторинг состояния направлен на обеспечение эффективности работы оборудования, производительности и надежности путем мониторинга и анализа износа операционных машин и компонентов для раннего предупреждения отказа. В мониторинге состояния первоначально использовались в основном методы анализа вибрации и трибологии, но теперь привлекаются все новые методы неразрушающего контроля, такие как тепловидение, акустическая эмиссия и др.

BINDT

Международная конференция «Сварка: стандартизация и оценка соответствия» Москва, 19—20 апреля 2017 г.



Конференция посвящена вопросам стандартизации и оценке соответствия, которые относятся к важнейшим инструментам по решению задач обновления традиционных для России отраслей экономики, увеличения доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей, обеспечения роста доходов от экспорта высокотехнологичной продукции, обозначенных в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г., № 642.

Несмотря на предпринимаемые усилия по международной гармонизации стандартов и процессов оценки соответствия, в России продолжают существовать различные системы аттестации и сертификации составляющих сварочного производства: оборудования, материалов, технологий и персонала. **Конференция призвана ответить на вопрос о перспективах развития стандартизации и оценки соответствия в России в области сварки.**

Организаторами конференции выступают Комитет РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия и Российское научно-техническое сварочное общество (РНТСО). Мероприятие проводится при непосредственной поддержке Минпромторга России, Росстандарта, а также ряда крупнейших общественных объединений и промышленных компаний России.

К участию в мероприятии приглашены представители Международного института сварки (IIW), Европейской федерации по сварке (EWF), представители федеральных и региональных органов власти, руководители и технические специалисты ведущих международных и российских компаний.

Подробнее с вопросами, выносимыми на обсуждение участников конференции, и порядком регистрации на конференцию можно ознакомиться на сайте РНТСО по адресу: <http://rus-ntso.ru> или сайте www.RGTR.ru Комитета РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия, а также по контактному телефону +7 (495) 663-04-50 – Клубанова Ирина Николаевна.

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ, БАЗИРУЮЩЕГОСЯ НА МЕТОДАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН



ДУГАЛОВ
Гальымжан Тлектесович

Зам председателя
Комитета ТРМ МИР РК,
Комитет технического
регулирующего и метрологии
Министерства инвестиций
и развития Республики
Казахстан, г. Астана



ТИВАНОВА
Оксана Викторовна

Канд. физ.-мат. наук,
секретарь ТК 76
«Неразрушающий контроль
и техническая диагностика»,
Республика Казахстан, г. Астана

Вот уже более 70 лет методы неразрушающего контроля (НК) повсеместно применяются во всех отраслях промышленности, параллельно развивается нормативно-техническая база в области применения технологий НК. Ежегодно разработчики оборудования и специалисты разрабатывают и актуализируют версии множества нормативных документов, доступных для широкого пользования. Практика внедрения международных стандартов методом переиздания с различными степенями соответствия, в том числе с учетом требований национального законодательства, позволяет странам, где нет исторически сложившихся национальных отраслевых ассоциаций, на базе которых действуют научно-исследовательские центры, принимать и использовать нормативно-техническую документацию самого высокого уровня.

В 2011 г. в Казахстане инициативной группой был создан Технический комитет 76 «Неразрушающий контроль и техническая диагностика», зеркальный к ISO/TC 135. Non-Destructive Testing и МТК515 «Неразрушающий контроль». В инициа-

тивную группу вошли компании – члены Объединения юридических лиц «Казахстанская ассоциация неразрушающего контроля и технической диагностики», которую поддержали РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации» и Комитет по техническому регулированию и метрологии (ГОСТАНДАРТ Республики Казахстан) в целях привлечения бизнес-сообщества к разработке и внедрению нормативно-технических документов в соответствии с требованиями международных стандартов.

ТК 76 имеет положительный опыт сотрудничества с секретариатом ISO/TC135, который ведет Японское общество по неразрушающему контролю (JSNDI). Мы постоянно находимся в контакте с членами специализированных рабочих групп и стараемся принимать участие в пленарных заседаниях и встречах рабочих групп подкомитетов ISO/TC135. С учетом практики применения положений СТ РК ISO 9712:2014 в Республике Казахстан ТК 76 готовит предложения по внесению изменений в международный стандарт ISO 9712:2012, пересмотр которого запланирован в 2017 г.

С 2011 по 2017 гг. ТК 76 внес в планы государственной стандартизации Республики Казахстан подготовку более 160 стандартов, 43 из которых были разработаны в формате СТ РК при непосредственном участии ТК 76. Большая часть разработанных на основе ISO, EN, ASME, API стандартов и документов, относятся к классическим методам НК и формируют нормативную базу для работы на оборудовании различных производителей и объектах контроля. За пять лет ТК 76 в сотрудничестве с РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации» подготовили: 11 стандартов в области подготовки и оценки квалификации персонала по неразрушающему контролю и технической диагностике, охватывающие широкий спектр систем квалификации – от органов по сертификации до работодателя; 8 стандартов по терминологии по пяти методам НК; 15 стандартов по ультразвуковому контролю, включающие в том числе такие способы контроля, как направленными волнами, дифракционно-временной и автоматизированный конт-

роль; а также стандарты по визуальному, магнито-порошковому и тепловому контролю, контролю герметичности.

Базовой задачей ТК 76 также является разработка (гармонизация) стандартов по терминологии, описывающей общие принципы, универсальной для применения методов НК с использованием оборудования широкого спектра производителей в области НК и подготовки персонала. Данную работу невозможно провести без постоянной поддержки государства в лице государственного уполномоченного органа – Комитета по техническому регулированию и метрологии. Рынок сбыта оборудования Республики Казахстан очень мал, разработкой и внедрением стандартов по новым технологиям для продажи 1 – 2 приборов заниматься никто не будет. В этой связи создание единого экономического пространства позволит производителям НК-оборудования поддерживать разработку стандартов в формате межгосударственного стандарта ГОСТ для дальнейшего их применения на всей территории ЕАЭС.

Основные направления развития технологий НК непосредственно связаны со следующими отраслями:

нефть и газ:

- магистральные и технологические трубопроводы;
- компрессорные станции;
- оборудование для нефтепереработки (НПЗ);
- морские наземные установки;
- станции обратной закачки;
- хранение жидких и газообразных продуктов;

энергетика:

- турбины и генераторы;
- магистральные и технологические трубопроводы;
- конденсаторы и теплообменники;
- производство компонентов лопастей для ветряной энергетики;
- высоковольтные линии, трансформаторы и другое электрооборудование;

авиация:

- исследование колес летательных аппаратов;
- штуцеры подачи топлива, камера сгорания и лопатки турбин;
- обнаружение инородных тел и проверка герметичности топливного бака в крыле;
- контроль алюминиевых деталей;

железная дорога и транспорт:

- колеса для железнодорожного транспорта;
- железнодорожное полотно;
- подвижные составы;

жилищно-коммунальное хозяйство, мосты, металлоконструкции:

- здания и сооружения;
- мостовые сооружения, мосты;
- грузоподъемные механизмы.

С заменой устаревшей нормативно-технической базы на новую широкое распространение в мире получают стандарты серии «Condition monitoring» с использованием результатов инструментального обследования на основе методов неразрушающего контроля. Так, в 2015 г. при участии ТК 76 были разработаны стандарты в области оценки квалификации персонала НК, занятого в работах по мониторингу и диагностике машин:

- СТ РК ISO 18436-4–2015 «Мониторинг состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 4. Анализ смазочных материалов в условиях эксплуатации»;
- СТ РК ISO 18436-5–2015 «Мониторинг состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 5. Специальный лист лаборатории по смазочным материалам»;
- СТ РК ISO 18436-6–2015 «Мониторинг состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 6. Акустическая эмиссия»;
- СТ РК ISO 18436-7–2015 «Мониторинг состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 7. Термография»;
- СТ РК ISO 18436-8–2015 «Мониторинг состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 8. Ультразвуковой контроль».

Невозможно обойти тему деятельности МТК 515, который ведет Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений (ФГУП ВНИИОФИ). За период участия в работе МТК 515, в силу слабой активности секретариата МТК 515 в организации сотрудничества с другими странами, не получилось полноценного развития нормативно-технической базы по НК в формате ГОСТ.

Одной из основных проблем, влияющих на уровень качества разрабатываемых нормативных и технических документов, является ограниченное число высококвалифицированных специалистов в области НК, которые в равной высокой степени обладают академическими знаниями и профессиональным опытом по нескольким методам НК.

Нужно отметить, что в ТК 76 входят также представители компаний – производителей НК-оборудования, совместно с которыми каждый год актуа-

лизуется перечень необходимых для внедрения стандартов. В 2016 г. впервые по инициативе ООО «Олимпас Москва» был разработан и принят в формате СТ РК EN 16018–2016 «Контроль неразрушающий. Термины, используемые в ультразвуковом контроле с фазированными решетками».

Сложившейся практикой становится организация совместно с производителями оборудования и членами ТК 76 семинаров и практических занятий по применению новых технологий и методик НК. Результатом таких совместных мероприятий стало включение в планы по стандартизации и внедрение в Казахстане новых стандартов по контролю: направленными волнами (СТ РК ASTM E 2775–2016 «Контроль неразрушающий. Общепринятая практика контроля надземных стальных трубопроводов методом направленных волн с использованием пьезоэлектрических преобразователей»), дифракционно-временным методом (СТ РК ISO 16828–2016 «Контроль неразрушающий. Ультразвуковой контроль. Применение дифракционно-временного метода для обнаружения и определения размера несплошностей»), ультразвуковым контролем с фазированными решетками и другими современными способами НК.

Немаловажную роль в развитии новых технологий занимает процесс внесения измерительного оборудования и приборов НК в Реестр государст-

венной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан. За последние годы в реестр были внесены: линейка компактных и промышленных тепловизоров производства компаний FLIR и FLUKE; оборудование для визуально-измерительного контроля широкого спектра применения компаний OLYMPUS и GE; ультразвуковые дефектоскопы Phasor с новой технологией фазированных решеток; готовятся к внесению в реестр интереснейшие технологии компании Silverwing для обнаружения коррозии и протечек. Создание единого Реестра измерительных средств ЕАЭС позволило бы решить для производителей и потребителей оборудования НК в нашей стране важные проблемы: сократило бы издержки и сделало бы доступным применение большого количества новейших образцов оборудования для граждан Казахстана и способствовало бы повышению конкурентоспособности казахстанского бизнеса.

Дальнейшее развитие нормативно-технической базы в области неразрушающего контроля и технической диагностики возможно только при переходе к стандартам в формате ГОСТ, увеличении количества стандартов, разрабатываемых за счет производителей оборудования на все пространство ЕАЭС, а также расширения лабораторно-поверительной базы востребованного оборудования в Республике Казахстан. ■

КРЫМСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

«Неразрушающий контроль, техническая диагностика и безопасность эксплуатации композиционных материалов, изделий и конструкций из них».



1–6 июня 2017 г.

Республика Крым,
пгт. Гурзуф,
ул. Ленинградская, 10,
ФГБУ Санаторий
«Гурзуфский»

Организаторы выставки:



Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике



Региональная общественная организация «Крымское общество неразрушающего контроля, технической диагностики и промышленной безопасности»

Тематика конференции:

- Композиционные материалы на основе полимеров, металлов и наноструктурированных материалов. Крупноструктурные композиты — бетон, железобетон, пено- и пороматериалы.
- Перспективные материалы и конструкции с уникальными свойствами для экстремальных условий применения.
- Методы НК, ТД и мониторинга композиционных материалов и конструкций из них в процессе производства и эксплуатации.
- Современное и перспективное оборудование НК и ТД.
- Стандартизация и метрологическое обеспечение методов и средств неразрушающего контроля композиционных материалов и изделий из них.
- Опыт применения НК (дефектоскопия, толщинометрия, контроль физ-мех. характеристик и др.) изделий и конструкций из композитов.
- Комплексный контроль качества специальных функциональных покрытий.
- Определение долговечности композитов и конструкций из них при эксплуатации.
- Трубопроводы из полимерных композиционных материалов: проектирование, изготовление, НК и ТД при эксплуатации.

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



КРАТКИЙ ОБЗОР РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ «ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ И НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

II Международная научно-техническая конференция «Приборы и методы неразрушающего контроля качества изделий и конструкций из композиционных и неоднородных материалов» прошла с 7 по 9 декабря 2016 г. в Санкт-Петербурге. Организаторами конференции стали Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике, Университет ИТМО и Университет «Горный». Партнерами конференции выступили ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ОАО «Композит», Белорусско-Российский государственный университет, Учреждение науки ИКЦ СЭКТ, ООО «НТЦ «Эталон», ООО «Константа». Информационную поддержку конференции обеспечивали журналы «Территория NDT» и «В мире неразрушающего контроля».

Конференция объединила, с одной стороны, специалистов на-

учно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, промышленных предприятий, занимающихся исследованием, разработкой и изготовлением композиционных и неоднородных материалов и изделий из них, а с другой стороны, специалистов в области исследований и разработки методов, приборов и технологий неразрушающего контроля качества указанных материалов и изделий из них.

Открывая пленарное заседание конференции, председатель правления Санкт-Петербургского регионального отделения РОНКТД Владимир Евгеньевич Прохорович отметил ее важность для обмена мнениями и опытом между специалистами по современным вопросам в области разработки и применения неразрушающих методов и средств контроля качества композиционных



Выступление на открытии конференции председателя правления Санкт-Петербургского РО РОНКТД В.Е. Прохоровича

и структурно-неоднородных материалов, промышленных изделий и конструкций на их основе, используемых в различных отраслях науки и техники.

С первым докладом по актуальным вопросам неразрушаю-

щего контроля (НК) углерод-углеродных и углерод-керамических композиционных материалов (УУКМ и УККМ) и изделий из них выступил Владимир Григорьевич Шипша. Он рассказал о результатах анализа различных аспектов неразрушающего контроля указанных материалов. В частности, были представлены систематизация дефектов структуры УУКМ и УККМ, обоснование основных направлений развития НК, а также вариант схемы построения производственной системы НК УУКМ (УККМ). С учетом опыта разработки технологий НК УУКМ (УККМ) сформулированы актуальные вопросы НК, включая вопросы метрологического обеспечения, моделирования дефектов и обоснования критериев качества изделий из рассматриваемых материалов.



Об актуальных вопросах НК КМ докладывает В.Г. Шипша

Директор Института неметаллических материалов – заместитель директора ОАО «Композит» Александр Эргардович Дворецкий в своем докладе кратко осветил историю создания изделий из УУКМ (УККМ) и подробно остановился на современном этапе разработок различных конструкций и перспектив их дальнейшего развития. Докладчик особо отметил важность решения



Выступление директора Института неметаллических материалов – заместителя директора ОАО «Композит» А.Э. Дворецкого

вопросов обеспечения качества изделий из КМ и остановился на анализе результатов разработки технологий и методов НК заготовок и деталей из углерод-углеродных и керамоматричных КМ нового поколения.

Особенный интерес вызвали результаты НК заготовок из КМ с применением рентгеновской томографии, термографии с численным моделированием тепловых потоков и лазерно-ультразвуковой дефектоскопии. В качестве основных актуальных направлений НК КМ были указаны вопросы контроля толщины функциональных покрытий и планирования системных исследований по изучению влияния различных дефектов на служебные свойства КМ, что позволит ускорить разработку НД на НК УУКМ (УККМ) и обосновать критерии качества.

О состоянии и перспективах развития применения конструкций из КМ в изделиях ОАО «УНИИКМ» рассказал его генеральный директор Владимир Юрьевич Чунаев. В своем обстоятельном докладе он изложил опыт работы предприятия по созданию крупногабаритных из-



Выступление генерального директора ОАО «УНИИКМ» В.Ю. Чунаева

делий из КМ. Особо были рассмотрены особенности технологических пределов при производстве заготовок и изделий из УУКМ и применяемые при контроле качества методы и средства НК, в частности радиографический, рентгентелевизионный и акустический контроль. В докладе также обоснована необходимость организации системных исследований влияния различных дефектов на служебные свойства КМ и представлены результаты уже выполненных на предприятии предварительных работ.

В следующем докладе начальник отделения новых технологий и материалов КБ «Салют» ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Николай Геннадиевич Александров рассказал об интересных технических решениях, которые получили реализацию в изделиях центра на основе использования КМ. Также в докладе представлены основные направления использования КМ в перспективных образцах изделий ракетно-космической техники, позволяющие повысить их эффективность и конкурентоспособность.

С интересным докладом об использовании неинтрузивного

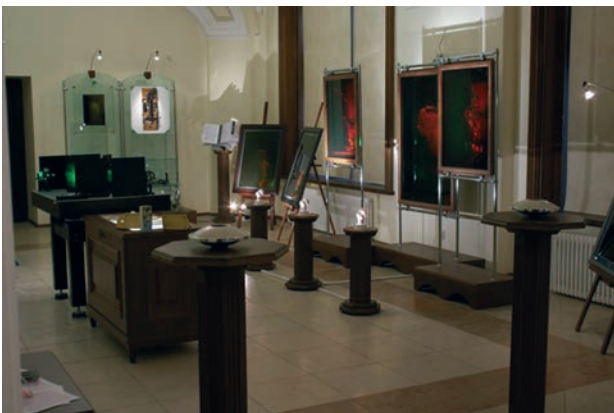


Выступление начальника отделения новых технологий и материалов КБ «Салют» ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» Н.Г. Александрова

оптического датчика для газофазной диагностики выступил Т. Зеегер – руководитель Института технической термодинамики Университета г. Зиген, Германия.

Оживленная дискуссия в ходе обсуждения докладов затронула многие актуальные вопросы нормирования свойств и дефектности КМ, разработки способов моделирования дефектов (имитаторов), внедрения перспективных методов и средств контроля КМ, а также их метрологического обеспечения.

Первый день конференции завершился посещением участниками Музея оптики Университета ИТМО.



Музей оптики Университета ИТМО

В следующие дни работы конференции в аудиториях Университета ИТМО и Учреждения науки ИКЦ СЭКТ прошли заседания секций «Методы и средства неразрушающего контроля и диагностики композиционных материалов» и «Сенсоры для испытаний и неразрушающего контроля композиционных материалов».

В работе секций приняли участие более 70 специалистов – представителей таких предприятий и организаций, как: КБ «Салют» ФГУП «ГКНПЦ им. М.В.Хруничева» и АО «НИИграфит» (г. Москва); КБХМ им. А.М. Исаева ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» и ОАО «Композит» (г. Королев), ОАО «НПО «Энергомаш им. В.П. Глушко» (г. Химки); ОАО «УНИИКМ», ОАО «НПО «Искра» и ОАО «Авиадвигатель» (г. Пермь); ИПФ НАН Беларуси (г. Минск); ЦНИИ КМ «Прометей», АО «ЦКБ МТ «Рубин», АО «Средне-Невский судостроительный завод», ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», Университет ИТМО, Университет «Горный», ВКА им. А.Ф. Можайского, ООО «Звук», ООО «Константа» и ООО «НТЦ «Эталон» (г. Санкт-Петербург) и др.

На заседаниях секций было заслушано 24 доклада. Следует отметить высокий профессио-

нальный уровень всех докладчиков, которые делились опытом, рассказывая о конкретных технологиях и разработанных ими технических решениях. Как и на предыдущей конференции, доклады вызвали большой интерес у слушателей. Для специалистов в области НК наиболее значимыми были следующие доклады:

- «Исследование дефектов углерод-углеродного композиционного материала на основе тканно-прошивного каркаса» (А.А. Носков, АО «УНИИКМ», г. Пермь);
- «Ультразвуковой контроль заготовок и изделий из УУКМ» (А.Л. Майоров, ИПФ НАН Беларуси);
- «Применение импульсного ультразвукового метода для определения упругих характеристик ортотропного материала» (С.Г. Шуткин, ОАО «НПО «Искра»);
- «Неразрушающий контроль физико-механических свойств и качества углеграфитовых изделий» (М.С. Шадрин, ООО «Звук»);
- «Исследование возможностей методов активной термографии для неразрушающего контроля крупногабаритных многослойных композитных изделий при производстве и



Участники конференции на заседании секции

эксплуатации» (Е.Н. Шаповалов, ООО «Константа»);

- «Обеспечение информативности акустико-эмиссионного неразрушающего контроля прочности конструкционных материалов» (Е.С. Жулитов, Университет «Горный»);
- «Об эффективности вибрационной диагностики железобетонных конструкций и основания стартовых сооружений ракетно-космических комплексов по критерию снижения их несущей способности» (Ш.Ш. Исхаков, ВКА им. А.Ф. Можайского).

После выступлений в формате круглых столов было продолжено активное обсуждение докладов, которое проходило в уважительной, дружеской и неформальной обстановке. Было отмечено, что вопросы в области контроля качества КМ, поднятые в докладах участников конференции, являются крайне важными и неоднозначными, не имеют простых и стандартных решений и требуют обсуждения широким кругом технических специалистов.

Наиболее интересные выступления докладчиков будут опубликованы в Сборнике материалов конференции.

В рамках конференции компаниями Salutron, «Неркон», ООО «НТЦ «Эталон» и ООО «Константа» были продемонстрированы разработанные и применяемые на ряде предприятий технологии НК КМ. Такой показ технологий НК вызвал большой интерес у представителей промышленности.

Конференция завершилась принятием резолюции, включившей в себя предложения по расширению исследований в области перспективных методов и средств НК качества изделий и конструкций из композиционных и неоднородных материалов (низкочастотного ультразвукового, акустико-эмиссионного, инфракрасной термографии и др.), совместному решению вопросов нормирования свойств и дефектности КМ и их моделирования, метрологическому обеспечению технологий НК качества КМ, а также предложение о проведении следующей конференции в 2018 г.

Закрывая конференцию, председатель ее программного комитета В.Е. Прохорович поблагодарил своих коллег-организаторов и, самое главное, каждого участника за высокую активность и большую заинтересованность в решении актуальных вопросов в области неразрушающего контроля.

Отчет предоставлен

Учреждением науки ИКЦ СЭКТ, Санкт-Петербург



Выступление А.А. Носкова, АО «УНИИМК»



Выступление А.Л. Майорова, ИПФ НАН Беларуси



Дискуссия: А.П. Крень, А.Э. Дворецкий и В.Ю. Чунаев



ИТОГИ XVI СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ВЫСТАВКИ «СВАРКА. КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА. МЕТАЛЛООБРАБОТКА» И ФОРУМА «СВАРКА И ДИАГНОСТИКА»



С 22 по 24 ноября 2016 г. в Екатеринбурге в МВЦ «Екатеринбург-Экспо» проходило крупное отраслевое мероприятие, объединяющее специализированные выставки XVI Межрегиональную «Сварка. Контроль и диагностика.Metalлообработка», «Безопасность. Охрана труда» и форум «Сварка и диагностика». Традиционно проект осуществлен при официаль-

ной поддержке правительства Свердловской области, министерства промышленности и науки Свердловской области, администрации города Екатеринбурга, Координационного совета по сварке и диагностике Свердловской области, Уральской торгово-промышленной палаты, Института физики металлов УрО РАН и УрФУ. Организатором выступило Выста-

вочное общество «Уральские выставки».

Выставка «Сварка. Контроль и диагностика. Metalлообработка» – важный отраслевой проект, на протяжении многих лет способствующий демонстрации прогрессивных научно-технических разработок и изделий и выступающий в качестве площадки для организации эффективного взаимодействия всех заинтересованных сторон.

В торжественной церемонии открытия приняли участие почетные гости: министр промышленности и науки Свердловской области Сергей Валентинович Пересторонин; председатель оргкомитета форума, заведующий отделом неразрушающего контроля Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, вице-президент Национального агентства контроля сварки Яков Гаврилович Смородинский; президент Уральской торгово-промышленной палаты Андрей Адольфович Беседин; вице-президент Российского общества по неразрушающему контролю и техни-

ческой диагностике Сергей Владимирович Ключев; первый заместитель председателя комитета по аккредитации и сертификации РСПП Андрей Николаевич Лоцманов; директор Научно-исследовательского института охраны труда Владимир Ефимович Родин; директор Выставочного общества «Уральские выставки» Андрей Александрович Щенников. В приветственных выступлениях все гости отметили важность данного проекта, особо поблагодарив экспонентов за участие в выставке в столь непростых экономических условиях.

Экспозиция выставки

Традиционно на выставочной площадке свою продукцию представляют ведущие российские и зарубежные производители и поставщики оборудования и материалов для сварки, диагностики и металлообработки. В 2016 г. в выставке приняли участие более 80 компаний из 6 регионов России, а также представители Турции, Франции и Германии.

Главной чертой выставки, выгодно выделяющей ее из ряда других проектов, стала интерактивность. Экспоненты не просто выставляли свое оборудование на стендах, но и демонстрировали его в работе, привлекая большое количество посетителей. Все участники зарекомендовали себя высокими профессионалами в области сварки, металлообработки и охране труда.

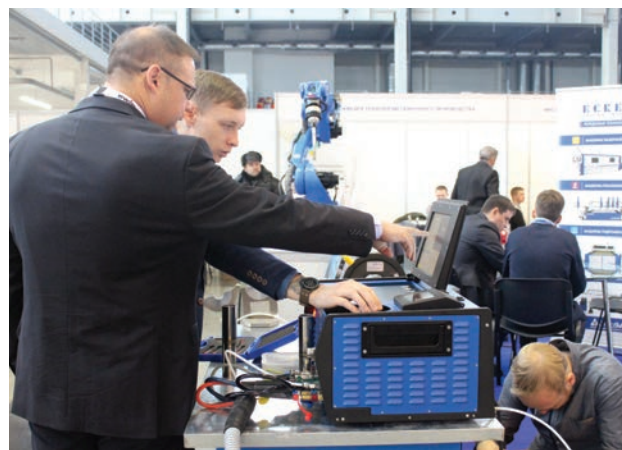
Так, «Компания единого медного производства» представила на выставке высококачественные токопроводящие наконечники для сварочных горелок, полуавтоматических аппаратов, а также наконечников для автоматической и роботизированной сварки в среде защитных газов и флюсов. «Уралтермосвар» презентовал дизельный сварочный агрегат с функцией плазменной резки. Торговый дом «Сантехим-

пэкс» продемонстрировал работу трубореза с электроприводом.

Также на выставке свою продукцию представили и другие компании.

Форум «Сварка и диагностика»

Форум «Сварка и диагностика» стал эффективной коммуникационной площадкой, объединившей ведущих специалистов отрасли, ярких представителей науки и бизнеса, а также представителей исполнительных органов власти из разных регионов России и из стран зарубежья. В рамках форума прошли такие значимые мероприятия, как: пленарное заседание, XXIX Уральская конференция «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения)», XVI Международная научно-техническая конференция «Сварка и родственные технологии» и заседание молодежной секции. В работе мероприятий принимали участие: заместитель министра промышленности и науки Свердловской области Виктория Владимировна Казакова, вице-президент Национального агентства контроля сварки, заведующий отделом неразрушающего контроля Института физики металлов УрО РАН, председатель координационного совета министерства промышленности и науки Свердловской области по сварке и диагностике профессор Яков Гаврилович Смородинский, президент Уральской торгово-промышленной палаты, председатель правления Андрей Адольфович Беседин, директор Института физики металлов УрО РАН Владимир Васильевич Устинов, вице-президент Свердловского областного Союза промышленников и предпринимателей Татьяна Анасовна Кансафарова, вице-президент Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике Сергей Владимирович Ключев; первый заместитель председателя комитета по аккредита-





ции и сертификации РСПП Андрей Николаевич Лоцманов и многие другие.

Всего с докладами выступили 64 спикера из Екатеринбургa, Челябинска, Томска, Перми, Чебоксар, Ижевска, Омска, Москвы и Санкт-Петербурга, а также из Португалии и Германии.

Среди присутствующих на пленарном заседании были иностранные гости, студенты и преподаватели отраслевых вузов, представители профильных организаций и отраслевых министерств и союзов.

В третий день работы выставки прошел конкурс профессионального мастерства среди профессиональных сварщиков и учащихся специализированных учебных заведений в возрасте от 18 до 25 лет, получивших удостоверение сварщика ручной дуговой сварки покрытым электродом и имеющих опыт работы по сварке неповоротных стыков труб.

В финале за звание лучшего специалиста боролись 5 человек. На первом этапе конкурса высококвалифицированное жюри оценило теоретические знания участников по оборудованию и технологии механизированной дуговой сварки в защитном газе, а также технике безопасности. Показавшие себя

наилучшим образом конкурсанты продемонстрировали свое искусство ручной дуговой сварки покрытым электродом. Судейская комиссия при оценке работы учитывала время подготовки к процессу, продолжительность сварки, качество сварного шва. Победители получили ценные призы от спонсоров конкурса.

В рамках деловой программы выставки «Безопасность. Охрана труда» прошла конференция «Государственная политика регулирования в сфере промышленности», в ходе которой специалисты обсудили вопросы охраны труда, а также экологии, утилизации и переработки отходов. Также на выставочной площадке прошел показ коллекции современных средств защиты человека от вредных производственных факторов и показательные выступления «Обеспечение безопасности с применением служебных собак».

Церемония награждения участников

На выставке проходил смотр-конкурс среди экспонентов. И на третий день работы выставки специальная комиссия подвела итоги.

Награды экспонентам вручал вице-президент Национального агентства контроля сварки, заведующий отделом неразрушающего контроля Института физики металлов УрО РАН, председатель координационного совета министерства промышленности и науки Свердловской области по сварке и диагностике, председатель организационного комитета форума «Сварка и диагностика» профессор Яков Гаврилович Смородинский.

Среди участников выставки «Сварка. Контроль и диагностика» дипломами были награждены:

- III степени – ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» (г. Лесной) за изготовление оборудования для подготовки и сборки под сварку труб





магистральных трубопроводов в полевых условиях;

- II степени – ЗАО «Уралтермосвар» (г. Екатеринбург) за разработку, производство и ремонт профессионального электросварочного оборудования; ООО «Кемпфирф» (г. Санкт-Петербург) за организацию производства и продвижение на российский рынок комплектующих для сварочного оборудования и метизов;
- I степени – ООО «Шторм» (г. Верхняя Пышма) за модернизацию и производство сварочного полуавтомата ПДГО-528М; АО «НПО «Интротест» и «Хеллинг ГМБХ» (г. Екатеринбург) за разработку и внедрение на российский рынок оборудования и расходных материалов для неразрушающего контроля.

Среди участников выставки «Металлообработка» дипломами были награждены:

- III степени – ООО «Битван» (г. Челябинск) за продвижение на российский рынок металлорежущего оборудования;

- II степени – ООО «ДиКом-Сервис» (г. Санкт-Петербург) за производство и продажу металлической мебели и стеллажей;
- I степени – ООО «Свердловский инструментальный завод» (г. Екатеринбург) за производство металлорежущего инструмента.

Среди участников выставки «Безопасность. Охрана труда» дипломами были награждены:

- III степени – АО «Кимрская фабрика им. А.М. Горького» (г. Кимры) за продвижение на российский рынок средств индивидуальной защиты;
- II степени – ООО «Техноавиа-Екатеринбург» (г. Екатеринбург) за разработку, изготовление и продвижение на российский рынок мужского летнего защитного рабочего костюма;
- I степени – ООО «Эксперт Спецодежда» (г. Москва) за разработку модели рабочей обуви и продвижение ее на российский рынок.

Пресс-служба «Уральские выставки», Екатеринбург

Ответы на кроссворд, опубликованный в №4 (октябрь – декабрь), 2016

По горизонтали: 1. Блок. 4. Рэлей. 5. Дуэт. 7. Зона. 8. Приемник. 12. Фокус. 14. Помеха. 15. Сканер. 16. Риска. 17. Панатест. 18. Спектр. 20. Эхо. 22. Шаг. 23. Обертон. 24. Томограмма. 25. Луч. 28. Порог. 29. Мода. 31. Тень. 32. Сонатест.

По вертикали: 2. Кюри. 3. Структроскоп. 4. Разъем. 6. Корпус. 9. Масса. 10. Дефектограмма. 11. Фаза. 12. Форма. 13. Экран. 18. Стрела. 19. Томография. 21. Упругость. 22. Шум. 26. Частота. 27. Линза. 28. Пучок. 30. Длина.

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СВАРИВАЕМЫХ КРОМОК И ЗАЗОРА МЕЖДУ СВАРИВАЕМЫМИ КРОМКАМИ И ПОДКЛАДНОЙ ЛИНЕЙКОЙ ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ ИЗДЕЛИЯ «АНГАРА»



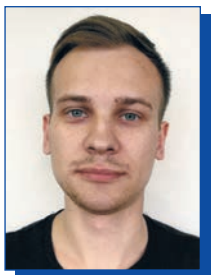
ПРОХОРОВИЧ Владимир Евгеньевич

Д-р техн. наук, профессор, директор НИЦ технологий контроля качества ракетно-космической техники Университета ИТМО, руководитель Санкт-Петербургского регионального отделения РОНКТД, Санкт-Петербург



БЕРКУТОВ Игорь Владимирович

Руководитель ЦТНК, Учреждение науки ИКЦ СЭКТ, Университет ИТМО, Санкт-Петербург



АШИХИН Денис Сергеевич

Старший научный сотрудник, ООО «НТЦ «Эталон», Университет ИТМО, Санкт-Петербург

В августе 2011 г. Центр им. М.В. Хруничева приступил к проектированию и изготовлению специализированных установок сварки трением с перемешиванием (СТП) в соответствии с программой производства РН «Ангара» [1]. В настоящее время идет опытная отработка и внедрение установок СТП.

Применение СТП позволяет:

- снизить массу изделия;
- обеспечить прочность сварного соединения на уровне основного металла;
- полностью автоматизировать процесс сварки;
- повысить технологичность сварки (процесс не требует дополнительного подведения защитного газа и использования сварочной проволоки; отличается высокими скоростями сварки и низкой энергозатратностью);
- исключить горячее растрескивание, шлаковые включения и т.д. [2].

На качество сварного шва существенное влияние оказывают выбранные параметры процесса фрикционной сварки: глубина проникновения рабочего стержня; давление на бурт; давление на рабочий стержень; скорость вращения и подачи инструмента; угол наклона инструмента; температура сварки и др. [3]. От этих параметров зависит микроструктура сварного шва, его твердость, прочность на разрыв, усталостная прочность, величина остаточных напряжений, появление дефектов.

В процессе сварки материал нагревается и перемешивается в пластичном состоянии, не доходя до расплавленного состояния. Для обеспечения давления в сварной ванне материал зажимается между опорным буртом инструмента и подкладной линейкой (рис. 1). Рабочий стержень, перемешивающий материал, должен быть внедрен в свариваемые кромки на глубину, при которой торец сварочного инструмента не доходит до подкладной линейки. Неверные данные о толщине и расположении свариваемых кромок могут привести к поломке инструмента, повреждению подкладной не-

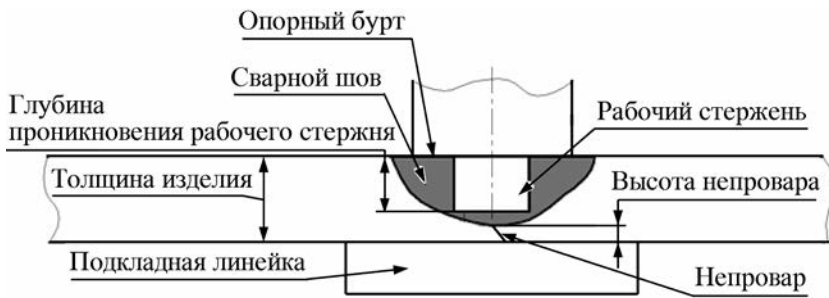


Рис. 1. Схематическое представление механизма образования непровара корня шва

сменной линейки или образованию непровара корня шва.

Кроме того, недостаточное прижатие или неправильная геометрия свариваемых кромок и, как следствие, наличие зазора между свариваемыми кромками и подкладной линейкой приводят к плохому перемешиванию, образованию дефектов типа занижение лицевой стороны сварного шва и непровар корня шва [4] (рис. 2).

В процессе опытной отработки СТП при изготовлении РН «Ангара» (ПО «Полет») возникла необходимость решения двух важных задач:

- 1) измерения реальных значений толщин свариваемых кромок (толщин);
- 2) измерения зазора между свариваемыми кромками и подкладной линейкой (зазора).

Проблема заключалась в измерении при ограниченном доступе с односторонним подходом и влиянии различных факторов (электромагнитное поле установки, неоднородность подкладной линейки и алюминиевой детали, магнитовосприимчивые прижимы) (рис. 3), а также в обеспечении точности измерений, которая должна была составлять 10 мкм в диапазоне измерений от 7 до 8 мм.

При анализе существующих средств измерений для решения задачи измерения толщины свариваемых кромок с учетом обеспечения требуемой точности измерений был предложен бесконтактный электромагнитно-акустический метод. В работе [5] описаны измерения толщин тонких алюминиевых листов с точностью до 0,2 %. Исходя из требований к метрологическим характеристикам средств измерений был разработан преобразователь с высокой напряженностью магнитного поля. Преобразователь способен генерировать мощный акустический импульс, многократно прозвучивающий объект измерений, что дает возможность усреднить полученные значения и увеличить точность измерений. Для измерений в ограниченном пространстве установки СТП была рассчитана и разработана специальная магнитная система преобразователя.

Предложенный нами способ измерения зазора заключается в проведении двух измерений – толщины свариваемых кромок и расстояния от лицевой

стороны свариваемых кромок до подкладной линейки. Подкладная линейка имеет большую положительную магнитную восприимчивость и однородна по длине. Анализ имеющихся методов и средств [6] показал возможность применения для задачи измерения расстояния до подкладной линейки магнитно-индукционного метода.

В свою очередь для решения задачи измерения расстояния до подкладной линейки необходимо было провести измерения в ограниченном пространстве между прижимами, что накладывало



а)



б)

Рис. 2. Сварной шов, выполненный сваркой трением с перемешиванием, при наличии зазора между свариваемыми кромками и подкладной линейкой:

а – дефект типа занижение лицевой стороны сварного шва; б – дефект типа непровар в корне шва

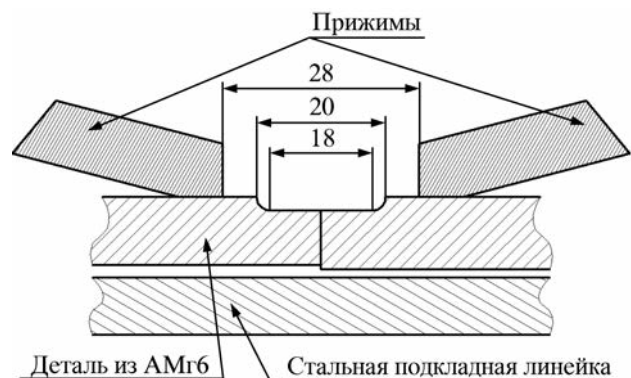


Рис. 3. Эскиз объекта измерений

ограничения по габаритам при разработке преобразователя. Попутно заметим, что при уменьшении габаритов снижается и чувствительность преобразователя, что ведет к снижению точности измерений. Пришлось учитывать это противоречие и, кроме того, для устранения влияния прижимов в конструкции преобразователя потребовалось применить специальный экран.

В итоге длительной экспериментальной отработки средств измерений была проведена оценка их фактической точности. Погрешность измерений толщин свариваемых кромок составила ± 10 мкм в диапазоне измерений от 7 до 8 мм. Погрешность измерений расстояния до подкладной линейки составила ± 10 мкм в диапазоне измерений от 7 до 8 мм. Точность оценивалась на изготовленных контрольных образцах, толщины которых измерялись микрометром. Зазор имитировался пленками с толщинами от 10 мкм.

Таким образом, в ходе выполнения работы предложен способ измерения зазора между свариваемыми кромками и подкладной линейкой при сварке трением с перемешиванием. Адаптированы электромагнитно-акустический метод для измерения толщины и магнитно-индукционный метод для измерения расстояния от лицевой стороны свариваемых кромок до подкладной линейки. Был разработан электромагнитно-акустический преобразователь и электронно-измерительный блок к нему. Разработан магнитно-индукционный преобразователь типа ИД-5, применяемый с толщиномером «Константа К6Ц». Разработано специализированное программное обеспечение с алгоритмом обработки данных,

обеспечивающее необходимую точность измерений. Проведена отработка оборудования в ПО «Полет» – филиале ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» в Омске в процессе изготовления реальных изделий с применением СТП и оценена точность проводимых измерений.

Кроме того, разработаны алгоритмы выдачи программных данных для предварительной фрезеровки свариваемых кромок по измеренным с высокой точностью данным. Все это было направлено на повышение качества получаемых сварных соединений браков РН «Ангара».

Библиографический список

1. Макашенец Г. Фрикционная сварка баков: мы будем первыми // «Заводская жизнь». 2011. № 23 – 24. С. 2 – 3.
2. Threadgill P.L. Terminology in friction stir welding // Sci. Technol. Weld. Join. 2007. N 12. P. 357 – 360.
3. Rodrigues D. M., Leitao C., Louro R. et al. High speed friction stir welding of aluminium alloys // Science and Technology of Welding and Joining. 2010. V. 15. N 8. P. 676–681.
4. ОСТ 134-1051–2010. Сварка фрикционная. Технические требования к сварным соединениям. М., 2010.
5. Dixon S., Edwards C., Palmer S.B. High accuracy non-contact ultrasonic thickness gauging of aluminium sheet using electromagnetic acoustic transducers // Ultrasonics. 2001. V. 39. N 6. P. 445 – 453.
6. Сясько В.А. Теория и методы создания электромагнитных приборов контроля толщины покрытий и стенок изделий. СПб., 2015.

Спектр
Издательский дом

Труханов В.М.
НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

www.idspektr.ru

2011

НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ

495 руб.

ISBN 978-5-4442-0121-3

Формат - 60x90 1/16, 656 страниц, год издания - 2017.

Формат - 60x90 1/16, 656 страниц, год издания - 2017, систем на различных этапах их жизненного цикла. Приведены методы обеспечения и повышения надежности на стадиях проектирования, серийного производства и эксплуатации, математические модели построения кривых роста надежности пассивным методом и с учетом управляющих воздействий, а также пути повышения надежности конструктивными и технологическими способами.

Рассмотрены вопросы технической диагностики и методы продления сроков эксплуатации дорогостоящих объектов.

Для специалистов, работающих в области исследования, создания и эксплуатации изделий машиностроения, преподавателей и студентов вузов.

119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»
Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615 17 16.
E-mail: zakaz@idspektr.ru. Http://www.idspektr.ru

A1550 IntroVisor



**АКУСТИЧЕСКИЕ
КОНТРОЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ**

Приборы для неразрушающего
контроля металлов, пластмасс
и бетона

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



**С ФУНКЦИЕЙ
ДВУМЕРНЫХ
АРД-ДИАГРАММ**

- **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВИЗУАЛИЗИРУЮЩИЙ ДЕФЕКТОСКОП-ТОМОГРАФ**
- **ЦИФРОВОЕ ФОКУСИРОВАНИЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ВО ВСЕ ТОЧКИ ИЗОБРАЖАЕМОГО СЕЧЕНИЯ**
- **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАТЧИКА ПУТИ**
- **ВОЗМОЖНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПЛОЩАДИ ПОЛУЧАЕМОГО ДЕФЕКТА ПРИ ПЕРЕВОДЕ В ПЛОСКОДОННЫЙ ОТРАЖАТЕЛЬ**

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

- Размер томограммы - 256 x 256 точек
- Шаг реконструкции томограммы - 0,1 – 2,0 мм
- Номинальные рабочие частоты ультразвука - 1,0; 1,8; 2,5; 4,0; 5,0; 7,5; 10,0 МГц
- Диапазон перестройки скорости ультразвука - 1000 – 10 000 м/с
- Диапазон перестройки усиления - 0-100 дБ
- Большой цветной TFT дисплей с разрешением 640x480 обеспечивает представление, как графического образа сечения, так и результатов измерения координат и уровней сигналов
- Быстросъемный аккумуляторный блок
- Время непрерывной работы от аккумулятора, не менее - 7,5 ч
- Энергонезависимая память - 8 Gb
- Связь с ПК по USB
- Специализированное программное обеспечение
- Габаритные размеры электронного блока - 260 x 166 x 80 мм
- Масса электронного блока - 1,8 кг
- Диапазон рабочих температур - от -10 до +55 °C

АКУСТОУПРУГИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВ



МУРАВЬЕВ

Виталий Васильевич

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики», Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, г. Ижевск

Остаточные напряжения в рельсах возникают в процессе производства и в дальнейшем изменяются в результате воздействия поездной нагрузки и температуры окружающей среды во время эксплуатации. Наиболее существенным источником остаточных напряжений в процессе производства являются операции прокатки, термической обработки и правки рельса. Закрепленные при определенной температуре рельсы в пути подвергаются воздействию сжимающих напряжений в жаркую погоду и растягивающих в холодную погоду. Значительные изменения температуры относительно температуры закрепления могут вызвать потерю устойчивости или разрушение рельсов и в конечном итоге привести к сходу поезда с рельсов. Поэтому измерение уровня остаточ-

ных и температурных напряжений в рельсах чрезвычайно важно [1–3].

Целью данной работы является разработка подходов к оценке внутренних напряжений в рельсах с помощью ультразвукового эхоимпульсного метода на основе явления акустоупругости с электромагнитно-акустическим способом ввода-приема поперечных волн.

Моделирование напряжений и методика измерений

Расчет возникающих продольных напряжений в закрепленном рельсе при изменении температуры с учетом температурного коэффициента расширения показывает, что в диапазоне от 20 до 30 °С при условии равномерного распределения тепла в плети и ее закреплении при 0 °С лежат в пределах от 0 до –25 МПа. Продольная растягивающая сила в указанном интервале изменяется от 0 до 250 кН, а нереализованное приращение длины в 1000-метровой плети составляет около 200 мм.

Для оценки упругих деформаций и сжимающих напряжений в отрезке рельса типа Р65 длиной 250 мм с приложением продольной нагрузки от 0 до 247 кН было проведено моделирование в среде ANSYS. Показано, что изменение нагрузки в 20 кН приводит к изменению напряжений в 4 МПа, что соответствует рассчитанным термическим напряжениям.

Экспериментальная оценка сжимающих механических напряжений проводилась на образце нового рельса Р65 длиной

250 мм, который подвергался сжатию в направлении продольной оси на машине Instron 300DX. Остаточные напряжения оценивались с использованием эффекта акустоупругости [4] и электромагнитно-акустического способа ввода-приема сдвиговых волн. В основу технологии измерений напряжений в рельсах положена разработанная в работе [5] методика контроля остаточных напряжений в цельнокатаных вагонных и бандажированных локомотивных колесах. Скорости распространения волн определяют по результатам измерений времени пробега импульсов поперечных волн, поляризованных в ортогональных направлениях относительно оси рельса эхоимпульсным методом. Ввод и прием сдвиговых волн осуществляется с использованием бесконтактных электромагнитно-акустических (ЭМА) преобразователей. Волны излучаются нормально к поверхности ввода с установкой излучающего и приемного преобразователей по центру головки рельса (рис. 1). Регистрация импульсов осуществляется специально разработанным электромагнитно-акустическим структуроскопом СЭМА, внесенным в реестр средств измерений Госстандарта (госреестр № 61957-15).

ЭМА-преобразователь устанавливается на головку рельса, возбуждаются ортогонально поляризованные поперечные волны, которые отражаются от подошвы рельса и принимаются этим же ЭМАП. Излученные и принятые ЭМА-преобразователем сигналы обрабатываются в

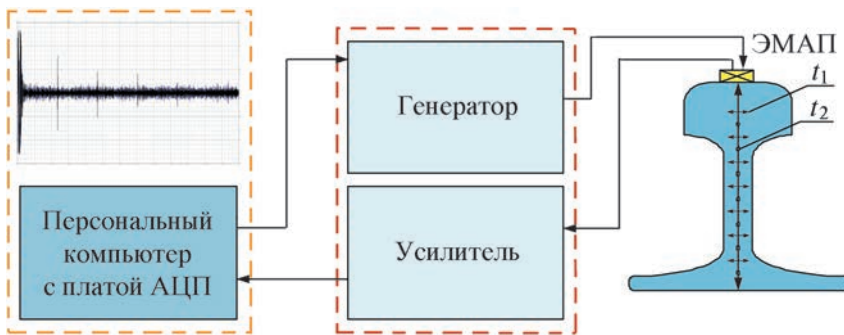


Рис. 1. Блок-схема структуроскопа СЭМА:
 t_1 и t_2 – времена распространения поперечных волн по высоте рельса, поляризованных соответственно в продольной и в поперечной плоскости

специализированном программном обеспечении *Prince VIII*, в котором можно сравнивать импульсы двух принятых сигналов, измерять их амплитуду и разницу времени по переходу сигнала через ноль (рис. 2).

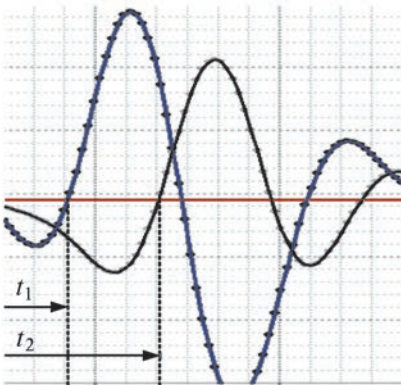


Рис. 2. Разность времени прихода импульсов t_1 и t_2 (см. рис. 1)

Разница во времени прохождения импульсов, поляризованных вдоль и перпендикулярно продольной оси рельса, пропорциональна значению остаточных напряжений. Значения времени распространения поперечных волн t_1 и t_2 по одному участку рельса используются для вычисления остаточных напряжений σ по формуле [6, 7]

$$\sigma = D \left(\frac{t_1}{t_2} - 1 \right), \quad (1)$$

где D – коэффициент упруго-акустической связи для исследуе-

мого материала, определенный экспериментально и равный -131 ГПа.

Измерения выполнены с погрешностью разности времен прихода импульсов $\Delta t = \pm 2$ нс, что соответствует точности определения напряжений выше ± 1 МПа.

Результаты измерений остаточных напряжений

Для оценки остаточных напряжений в исследуемом отрезке рельса длиной 250 мм проведены экспериментальные измерения методом акустоупругости в свободном состоянии в центральном сечении и с боковой поверхности шейки. Начальные напряжения при нулевой нагрузке в отрезке рельса по разным сечениям в направлении от головки до подошвы составляют от -30 до -50 МПа. Значения остаточных напряжений в шейке рельса выше почти на порядок и составляют до -250 МПа. Данные результаты показывают неоднородность распределения остаточных напряжений по сечению рельса.

Известно, что распределение остаточных напряжений по сечению рельса вследствие разных условий термической обработки головки, шейки и подошвы рельса после закалки, отпуска и правки неоднородно. В зависимости от технологии обработки в головке и подошве, как правило, при-

сутствуют напряжения сжатия, а в шейке – растягивающие напряжения. Следовательно, на пути ультразвукового луча в сечении от головки до подошвы встречаются участки с растягивающими и сжимающими напряжениями, и в результате сложения получаются напряжения существенно меньшие, чем в локальных местах.

Измерения, выполненные сжатием отрезка рельса в продольном направлении на машине Instron 300DX, получены при размещении ЭМА-преобразователя на головке согласно рис. 1. С ростом сжимающих нагрузок наблюдается уменьшение растягивающих остаточных напряжений в рельсе и рост сжимающих (рис. 3, а, σ_1). Учет начальных напряжений дает возможность получить изменения сжимающих напряжений от нагрузки (рис. 3, а, σ_2). Увеличение нагрузки на 40 кН приводит к увеличению сжимающих напряжений на 5 МПа при погрешности измерения напряжений 2 МПа. Имеет место удовлетворительное совпадение результатов численного расчета и эксперимента (рис. 3, а). Некоторое расхождение расчетных и экспериментальных зависимостей может быть объяснено неоднородностью напряжений по сечению рельса и разным уровнем отклика на внешнюю нагрузку напряжений, встречающихся на пути ультразвуковых лучей, поляризованных ортогонально, а также компенсирующим действием на нагрузку начальных напряжений [8].

Для оценки уровня и разброса остаточных напряжений в звеньевых рельсах Р65 разных годов изготовления выполнены измерения в специально оборудованном тупике в условиях окружающей среды. Измерения проведены при температурах 20 и 30 °С на отдельных звеньевых рельсах Р65 длиной 12 м, уложенных на деревянных шпалах. Разброс начальных (остаточных) напряже-

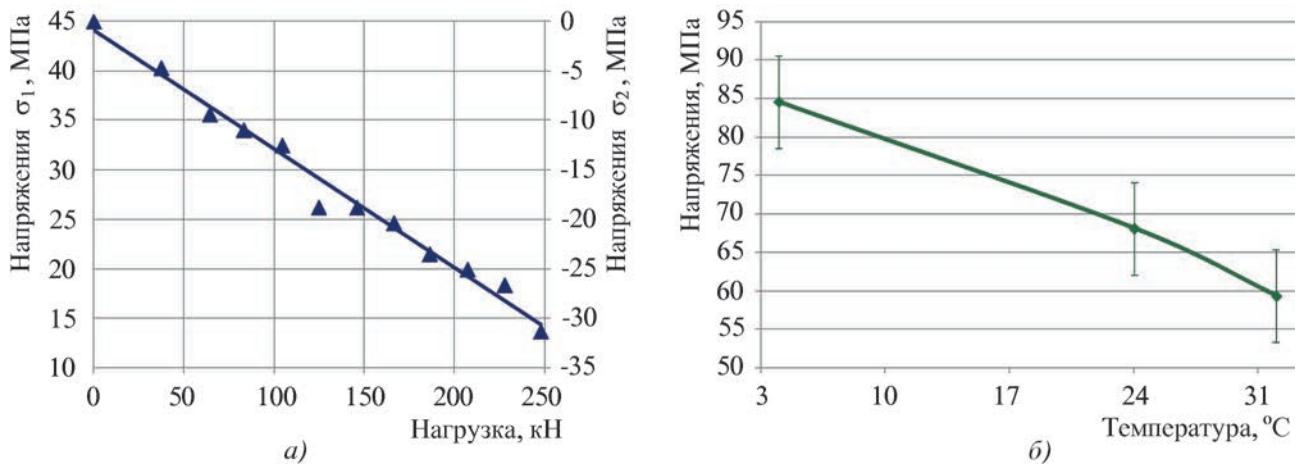


Рис. 3. Зависимость измеренных напряжений σ_1 от величины сжимающей нагрузки (шкала слева) с вычетом начальных напряжений σ_2 (шкала справа) (а) и от температуры рельса в 800-метровой плети, закрепленной при 25 °С (б)

ний в разных рельсах составляет от 10 до 150 МПа, имеет место и разброс значений напряжений по длине каждого рельса. В некоторых рельсах твердость соответствует сырым (нетермоупрочненным) рельсам. Изменений остаточных напряжений от температуры практически не обнаружено, поскольку рельсы не закреплены и могут смещаться при температурном расширении и сжатии в пределах погрешности измерений остаточных напряжений.

Оценка продольных напряжений в закрепленных 800-метровых плетевых рельсах при температурах окружающей среды 4, 24 и 32 °С выполнена на 13 км бесстыкового однопутного электрифицированного перегона Юски–Лудзя участка Агрыз–Ижевск Горьковской железной дороги (рис. 3, б). Закрепление рельсов, капитальный ремонт которых проведен в июне 2015 г., осуществлено на железобетонных шпалах при температуре 25 °С. Твердость соответствует упрочненным рельсам, изготовленным в 1996–1999 гг.

Как и для звеньевых рельсов, имеет место значительный разброс остаточных напряжений в отдельных рельсах плети. Напряжения изменяются неодинаково при изменении температуры, что

объясняется неоднородностью остаточных и термических напряжений по сечению рельса, встречающихся на пути ультразвуковых лучей, а также компенсирующим действием на нагрузку начальных напряжений. Поскольку влияние температуры на скорость распространения обеих поляризованных волн, проходящих одно расстояние, одинаково, то разность скоростей характеризует напряженное и структурное состояние металла.

Выводы

Моделирование механических напряжений и расчетных усилий в зависимости от температуры и с приложением продольной нагрузки от 0 до 25 т к отрезку рельса позволило установить, что увеличение нагрузки на 20 кН приводит к увеличению сжимающих напряжений на 4 МПа.

Полевые эксперименты на звеньевых рельсах в изолированном тупике и рельсовых плетях на перегоне Юски–Лудзя ГЖД показали, что остаточные напряжения в каждом рельсе индивидуальны и различаются на десятки и более МПа. Увеличение температуры плетевых рельсов относительно температуры закрепления, как правило, уменьшает величину

растягивающих напряжений и, напротив, уменьшение температуры вызывает рост сжимающих напряжений, измеряемых по схеме прозвучивания нормально к поверхности катания.

Использование электромагнитно-акустического способа ввода-приема сдвиговых волн нормально поверхности с помощью структуроскопа СЭМА позволяет отслеживать изменения напряжений в рельсах с погрешностью 2 МПа. Отмечено удовлетворительное совпадение теоретических и экспериментальных результатов.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ (проект № 15-12-00010).

Библиографический список

1. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути от 29 декабря 2012 г. № 2788 р. М., 2012.
2. Громов В.Е., Юрьев А.Б., Морозов К.В., Иванов Ю.Ф. Микроструктура закаленных рельсов. Новокузнецк: Интер-Кузбасс, 2014. 213 с.
3. Бехер С.А., Курбатов А.Н., Степанова Л.Н. Использование эффекта акустоупругости

при исследовании механических напряжений в рельсах // Вестник РГУПС. 2013. № 2. С. 104–110.

4. **Неразрушающий контроль:** справочник: в 8 т. / под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 4.: в 3 кн. Кн. 1. Акустическая тензометрия / В.А. Анисимов, Б.И. Каторгин, А.Н. Куценко и др. 2-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 2006. 736 с.
5. **Муравьев В.В., Волкова Л.В.** Оценка величины натяга бандажей локомотивных колес методом акустоупругости // Дефектоскопия. 2013. № 9. С. 40–46. (Murav'ev V.V., Volkova L.V. Evaluation of the interference value for the treads of lo-

comotive wheels by the acoustic elasticity method // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2013. V. 49. N 9. С. 524–529.)

6. **Никитина Н.Е.** Акустоупругость. Опыт практического применения. Н. Новгород: ТАЛАН, 2005. 208 с.
7. **Муравьев В.В., Волкова Л.В., Громов В.Е., Глезер А.М.** Оценка остаточных напряжений в рельсах с использованием электромагнитно-акустического способа ввода-приема волн // Деформация и разрушение материалов. 2015. № 12. С. 34–37. (Murav'ev V.V., Volkova L.V., Gromov V.E., Glezer A.M. Estimation of the Residual Stresses in Rails

Using Electromagnetic-Acoustic Introduction-Reception of Waves // Russian Metallurgy (Metally). V. 2016. N 10. P. 1002–1005.)

8. **Муравьев В.В., Волкова Л.В., Платунов А.В., Куликов В.А.** Электромагнитно-акустический метод исследования напряженно-деформированного состояния рельсов. // Дефектоскопия. 2016 № 7. С. 12–19. (Murav'ev V.V., Volkova L.V., Platonov A.V., and Kulikov V.A. An Electromagnetic-Acoustic Method for Studying Stress-Strain States of Rails. // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2016. V. 52. N. 7. P. 370–376.)



Портативные акустико-эмиссионные диагностические комплексы серии «Эксперт-2000»

Назначение:

- акустико-эмиссионный контроль сосудов, резервуаров, трубопроводов, запорной арматуры, реакторов, ректификационных колонн, теплообменников, мостов, кранов и других конструкций, в том числе **без вывода объектов контроля из эксплуатации;**
- оценка технического состояния объектов при гидравлических (пневматических) испытаниях;
- обнаружение трещин, пор, включений, раковин, коррозии, водородного охрупчивания, утечек и других дефектов;
- диагностика скрытых поверхностей.

Особенности комплексов:

1. Число точек контроля за 1 цикл нагружения не ограничено.
2. Температура контролируемого объекта от –120 до +700 °С.
3. Специально разработанные для диагностики «на режиме» преобразователи акустической эмиссии.
4. Отработанные конструкции узлов крепления для объектов контроля.



www.alcor.pro (8313) 25-26-10, 25-26-11

25 лет реальных результатов!

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ НА ОСНОВЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МИНИАТЮРНЫХ ДЕТЕКТОРОВ



ТРОИЦКИЙ

Владимир Александрович

Д-р техн. наук, профессор, президент
УО НКТД, академик Международной
академии по НК,
Институт электросварки им. Е.О. Патона
НАН Украины, Киев

Переход на миниатюрные твердотельные преобразователи и соответствующие технологические решения, описанные в работах [1, 2], вызвал большой интерес у специалистов США, читающих журнал TNT, издаваемый обществом ASNT.

Для повышения качества сложных изделий, машин и агрегатов на всех стадиях разработки, изготовления и эксплуатации необходим неразрушающий контроль исходных материалов, технологии изготовления и свойств готовой продукции. Среди видов неразрушающего контроля значительное место занимает радиационный контроль. Радиационные методы неразрушающего контроля применимы к изделиям из любых материалов и превосходят полнотой информации о дефектах (тип, форма, размеры, место расположения) другие виды неразрушающего контроля.

Радиационный контроль качества использованных металлов позволяет обнаруживать поры, трещины, инородные включения, несплошности и другие дефекты.

Неразрушающий контроль при изготовлении обеспечивает требуемое качество при сборке продукции. При эксплуатации сложной техники необходимо контролировать отклонения от нормы, возникающие в процессе ее работы (повышенные зазоры, усталостные трещины, инородные накопления в замкнутых объемах, коррозия металла и т.д.). В ИЭС им. Е.О. Патона имеется опыт разработки и внедрения современных систем для рентгенотелевизионного контроля.

В современных рентгенотелевизионных системах возможно применение недорогих малогабаритных твердотельных плоскопанельных детекторов. Новая технология на основе таких малогабаритных детекторов получила название X-гау mini. В отличие от традиционной пленочной радиографии или компьютерной радиографии технология X-гау mini позволяет значительно снизить стоимость и повысить оперативность контроля, а также обеспечивает практически мгновенный его результат. Важной особенностью технологии X-гау mini является миниатюрность рентгеновского детектора, что позволяет проводить оперативный рентгеновский контроль труднодоступных узлов эксплуатируемых самолетов, турбин, реакторов и т.п. Пока такую

технологии массово применяют только в стоматологии. Малогабаритный рентгеновский детектор располагается во рту пациента и позволяет за доли секунды получить детальное рентгеновское изображение полости рта. Нами эта технология осваивается для задач промышленности. Это дает новые технологические решения. Приведем несколько примеров.

Детектор для технологии X-гау mini [3] с размером рабочего поля 34×24 мм, толщиной 6 мм, размером пикселя 20 мкм и количеством пикселей 1700×1200 обеспечивает высокие чувствительность контроля и разрешающую способность (20 пар лин./мм). В ИЭС им Е.О. Патона НАНУ технология X-гау mini используется для контроля: сварных соединений различных изделий, состояния сотовых панелей летательных аппаратов, структуры композитов, исследования замкнутых пространств (рис. 1 – 8), где невозможно разместить компьютерные панели, традиционные пленки или запоминающие пластины.

При реализации технологии X-гау mini используется детектор рентгеновского изображения, площадь которого *более чем на два порядка меньше*, чем площадь традиционных кассет с пленкой, запоминающих пластин или плоскопа-

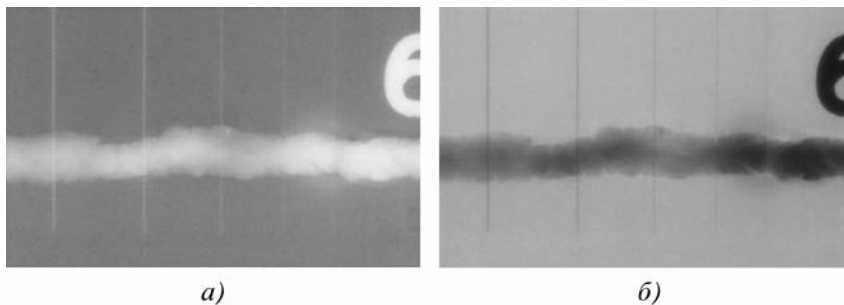


Рис. 1. Цифровые изображения сварного соединения, соответствующие п. 2 таблицы:
а – негатив; б – позитив

нельных детекторов стандартных размеров. Такой преобразователь имеет более высокие технические данные и на порядок дешевле плоскочастотных преобразователей, применяемых во всем мире для этих целей. Благодаря небольшим размерам миниатюрный твердотельный детектор может быть размещен в любом труднодоступном или стесненном пространстве, а также перемещаться по поверхности контролируемого объекта. Такое сканирование позволяет исследовать обнаруженные дефекты и неоднородности контролируемого объекта в разных ракурсах. В реальном времени информация о внутренней структуре исследуемого участка контролируемого объекта поступает на экран монитора рентгентелевизионного дефектоскопа. Основное отличие технологии X-ray mini от известной цифровой радиографии на основе плоскочастотных детекторов состоит в том, что стоимость такого миниатюрного детектора в десятки раз меньше, чем стоимость плоскочастотного детектора стандартных размеров. Способность перемещать, удалять и приближать миниатюрный твердотельный преобразователь открывает новые возможности для радиационного контроля. Опишем некоторые из них.

В таблице приведены результаты и режимы контроля сварных соединений стальных и алюминиевых пластин толщиной 1,5–2 мм с использованием технологии X-ray mini. Для просвечивания образцов использовали рентгеновский аппарат (РА) РАП 150/300, а также микрофо-



а)



б)

Рис. 2. Внешний вид сотовой конструкции закрывка крыла самолета: а – вид сверху; б – вид сбоку

кусный аппарат РЕИС-100И. В таблице U_a и I_a – соответственно анодное напряжение и анодный ток рентгеновских трубок.

При просвечивании образцов аппаратом РАП 150/300 его рентгеновская трубка работала в режиме малого фокуса и фокусное расстояние устанавливали большим (600–700 мм). При работе с аппаратом РЕИС-100И, учитывая его малую мощность и малый размер фокусного пятна, фокусное расстояние устанавливали равным 100 мм. Во всех режимах просвечивания анодное напряжение рентгеновских трубок не превышало 70 кВ. При контроле стальных образцов использовали проволоочный эталон 11 (ГОСТ 7512–82), а при контроле алюминиевых образцов – проволоочный эталон 22 (ГОСТ 7512–82).

На рис. 1 приведены изображения, полученные при просвечивании сварного соединения стальных пластин толщиной 1,5 мм в режиме, который соответствует п. 2 таблицы. Изображение контролируемого образца представлено в негативе и позитиве. Маркировочный знак расположен на седьмой проволоочке эталона.



Рис. 3. Цифровое изображение фрагмента сотовой конструкции закрывка крыла самолета с локализацией дефектного участка для подробного исследования с помощью детектора S10811-11

Как видно из приведенных изображений, чувствительность по проволоочному эталону составила значение 0,063 мм. Таким образом, технология X-ray mini на основе твердотельных миниатюрных детекторов обеспечивает чувствительность, которая не уступает используемой в настоящее время радиографии с промежуточными носителями информации (пленки, запоминающие пластины).

Рис. 2, 3 иллюстрируют возможности технологии X-ray mini на примере контроля сотовой конструкции закрывка крыла са-

Режимы контроля

№ п.п	Толщина, мм	Материал	Тип РА	U_a , кВ	I_a , мА	Фокусное расстояние, мм	Время экспозиции, с	Чувствительность по проволоочному эталону, мм
1	1,5	Сталь	РАП 150/300	60	4	600	20	0,063
2	1,5	Сталь	РЕИС 100И	65	0,04	100	20	0,063
3	2	Алюминий	РАП 150/300	50	3,7	700	10	0,1

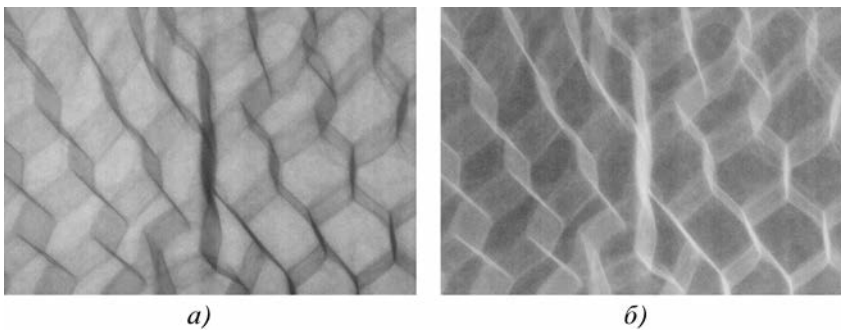


Рис. 4. Цифровые изображения дефектного участка сотовой конструкции закрылка крыла самолета, полученные с применением твердотельного преобразователя типа:
а – позитив; б – негатив



Рис. 5. Изображение внешнего вида трехслойного образца с двойной точечной сваркой:
а – вид сверху; б – вид с торца

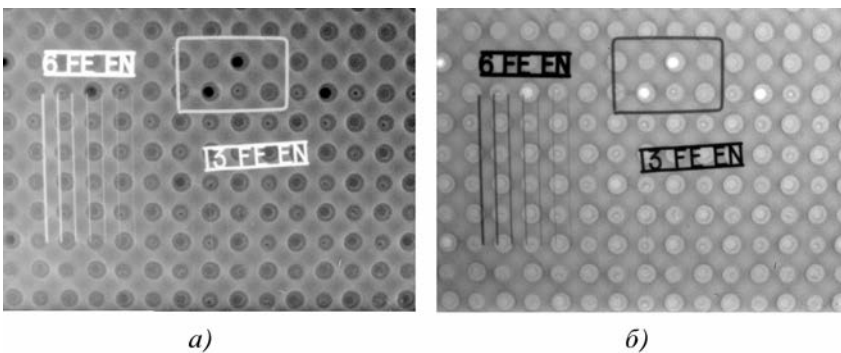


Рис. 6. Цифровые изображения образца с двойной точечной сваркой с локализацией участка для исследования с помощью твердотельного преобразователя:
а – негатив; б – позитив

молета. Внешний вид такой сотовой конструкции показан на рис. 2.

Для больших площадей сотовых конструкций предлагается следующая технология. Контактным путем делается флюороскопический снимок большой площади, до 1 м² за одну экспозицию, изображение выводится на экран монитора, где намечаются

зоны тщательного контроля. На рис. 3 приведено цифровое изображение сотовой конструкции, полученное с помощью рентгенотелевизионной системы РТВ-03 с размером рабочего поля 160×120 мм на основе рентгеновского экрана Gd₂O₂S(Tb) и высокочувствительной ПЗС-камеры. Далее проводят локализацию дефектных участков, которые пред-

полагается детально исследовать с высокой пространственной разрешающей способностью с помощью миниатюрного твердотельного детектора. На рис. 3 дефектный участок, размеры которого выбирают равными размерам этого детектора, обведен белой линией.

Далее просвечивают только выделенный участок сотовой конструкции с увеличением масштаба. Полученные в результате такого просвечивания цифровые изображения дефектного участка приведены на рис. 4. Семикратное увеличение выделенного участка позволяет детально расшифровать дефект сотовой конструкции.

На рис. 5–7 приведены результаты контроля с помощью технологии X-ray mini трехслойного образца из нержавеющей стали с двойной точечной сваркой, изображение внешнего вида которого приведено на рис. 5.

Вначале, так же как и при контроле сотовой конструкции самолета (см. рис. 2), проводят панорамное просвечивание образца с помощью рентгенотелевизионной системы РТВ-03 с размером рабочего поля 160×120 мм. Полученные цифровые изображения образца с точечной сваркой представлены на рис. 6. Далее выделяют проблемные (дефектные) участки, которые предполагается детально исследовать с помощью миниатюрного твердотельного плоскопанельного детектора. На рис. 6 этот участок обведен белым прямоугольником. Судя по рис. 6, имеются несколько зон, заслуживающих более тщательного изучения. Одна из них с двумя сварочными точками выделена прямоугольником на негативном изображении и черным прямоугольником на позитивном изображении.

На рис. 7 приведены результаты такого просвечивания. Как на негативном, так и на позитивном изображениях четко видны дефекты, характерные для этого ви-

да точечной сварки. Такие детальные изображения могут быть получены только на основе технологии X-ray mini. Эти дефекты практически не выявляются на контактных изображениях (см. рис. 6). Это фактически радиационная микроскопия с 7-кратным увеличением внутренних дефектов.

На рис. 8 показана схема реализации технологий X-ray mini при контроле ограниченного пространства разрывного испытательного стенда, который с помощью пленочной или панельной радиографии проконтролировать невозможно. Здесь подвижным является источник излучения (керамическая трубка). Перемещения небольшие, поскольку известно расположение возможных трещин.

На рис. 9 показаны решения пространственных задач с помощью отдельных (рис. 9, а, б) и общих (рис. 9, в) кинематических систем, удерживающих преобразователь и источник излучения.

На рис. 9, а звенья телескопических штанг 1, 2 могут трансформироваться в штатив, стойкое положение которого обеспечивается регуляторами 3.

На телескопической штанге 2 закреплен источник рентгеновского излучения 4, например керамическая рентгеновская трубка. Так же как и штанга 1, она может быть оборудована телевизионной камерой и лазерным указателем. В блоке управления 5 помещены элементы рентгеновского аппарата (высоковольтный трансформатор, высокочастотный преобразователь, выпрямитель, элементы управления). Масса блока 5 приблизительно такая же, как и левой части конструкции. За счет этого обеспечивается устойчивое положение штатива с излучателем.

На схеме рис. 9, а исследуемое изделие не связано со штангами излучателя и детектора.

В объединенном исполнении устройства (рис. 9, б) штанги 1 и 2 объединены в единое устройство.

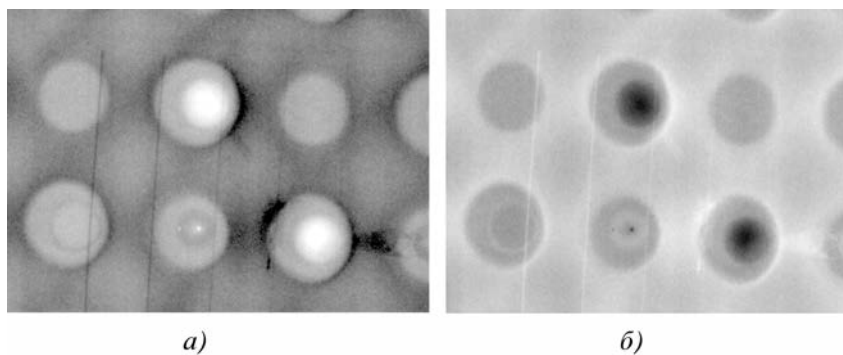


Рис. 7. Цифровые изображения дефектного участка образца с двойной точечной сваркой, полученные с применением твердотельного преобразователя: а – негатив; б – позитив

Оно имеет кинематическое соединение, вспомогательные элементы, крепления, магнитные клипы и др. На рис. 9 показано, как это устройство используется для просвечивания трубы и может перемещаться по ее поверхности.

Как в первом, так и во втором случае для оценивания состояния исследуемого объекта необходимо обеспечить условия сканирования, при которых рентгеновские лучи будут направлены приблизительно перпендикулярно площади радиационного преобразователя.

При оценке состояния необходимо учитывать рентгеноскопическое и оптическое изображения, получаемые от телекамеры. На мониторе эти изображения совмещаются.

Для получения общего рентгеновского снимка объекта отдельные дискретные изображения просканированного объекта сшиваются. Количество и форму твердотельных детекторов подбирают в зависимости от особенностей исследуемой поверхности: она может иметь изгибы, впадины, быть ломаной или иметь отдельные участки, которые позиционированы под углом одна к другой. При сканировании получают теневые изображения отдельных участков объекта, которые создает каждый элемент в соответствии с его раз-

мером. Каждое такое изображение поступает на промежуточный блок обработки информации и в последствии преобразуется в радиоскопическое изображение с учетом рельефной поверхности, локальной толщины, расположения излучателя и детекторов.

Важной особенностью технологий на основе миниатюрных R-преобразователей является их высокая разрешающая способность и большая чувствительность, что позволяет получать хорошие рентгентелевизионные изображения, перемещая источник и преобразователь, т.е. сканируя тело объекта. Подобные сканирующие устройства должны найти широкое применение, например для диагностики тепловых и газораспределительных трубопроводов малого диаметра без снятия изоляции и т.п. объектов, для которых пока не применяются неразрушающий контроль.

Таким образом, миниатюрные твердотельные детекторы открывают новые технологические возможности в радиационном контроле ответственных агрегатов. Технологии X-ray mini реализуются на серийном стандартном и недорогом оборудовании (в сравнении с компьютерной радиографией и цифровой радиографией на основе плоскочастотных детекторов больших размеров). Сканирование контроли-

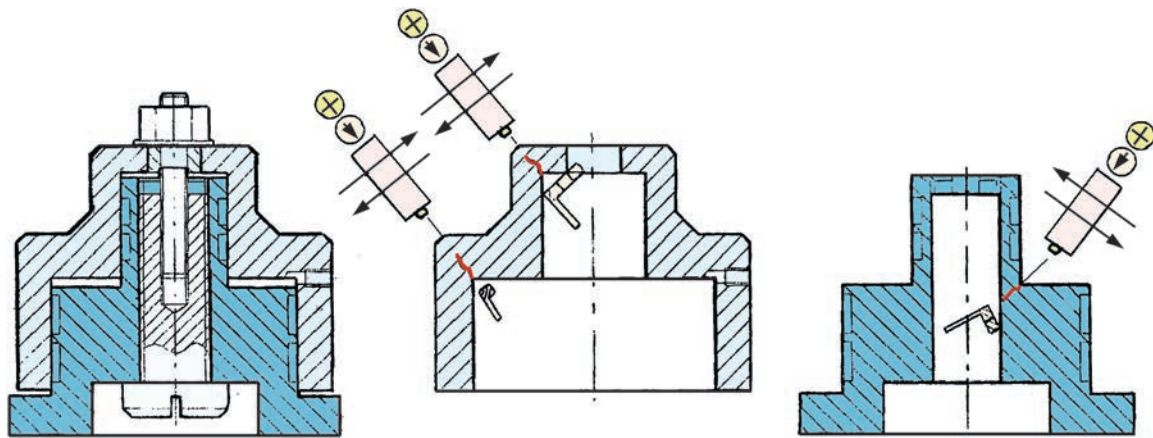


Рис. 8. Схема реализации технологий X-ray mini при контроле ограниченного пространства разрывного испытательного стенда

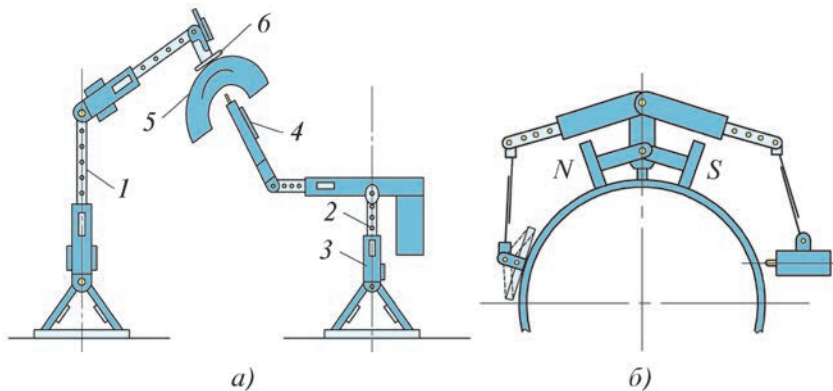


Рис. 9. Кинематические схемы устройств, перемещающих отдельно (а) и совместно (б) малогабаритный преобразователь и R-излучатель

руемых объектов миниатюрными детекторами и шивание изображений отдельных экспозиций с помощью специального программного обеспечения позволяет контролировать протяженные объекты в разных ракурсах. Для выполнения сканирования конкретных объектов миниатюрными детекторами разрабатывается соответствующее вспомогательное оборудование.

Нечто подобное успешно используется [7] в Японии, на рис. 10 показана схема устройства Thru-VU, где источник излучения и твердотельный многоэлементный преобразователь перемещается по рейкам. Сочетая дискретные перемещения R-излучателя, R-преобразователя и реек для их перемещения, достигается скорость контроля до

5 м/ч при R-контроле труб диаметром до 30 В без снятия изоляции и демонтажа.

Библиографический список

1. Troitskiy V.A. Quick Industrial X-ray Testing without Intermediate Data Carriers of Information // ASNT. The NDT Technician. 2016. V. 15. N 4.
2. Троицкий В.А. Флэш-радиография // Территория NDT. 2013. № 4. С. 44–49.
3. Photonicdevices 2016. URL: www.Namamatsu.com.
4. Пат. № 111974 Украина. Устройство для рентгентелевизионного контроля / В.А. Троицкий, М.Н. Карманов, С.Р. Михайлов, Р.О. Пастовенский; зарегистрирован в Украине 25.11.2016 г.

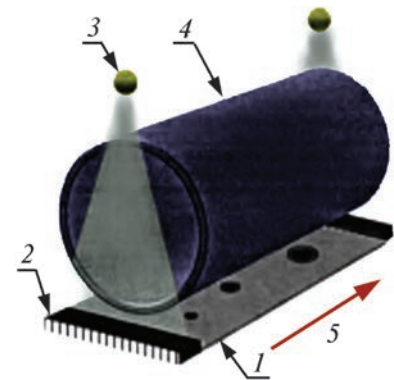


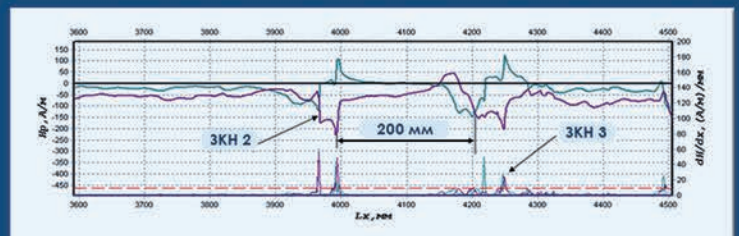
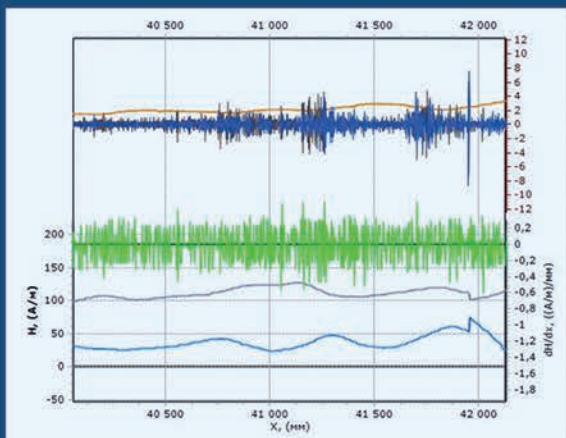
Рис. 10. Принцип работы системы Thru-VU: 1 – зона расположения коррозии, 2 – сенсоры (64 ед.), 3 – источник излучения, 4 – труба, 5 – направление движения сплошного контроля

5. **Неразрушающий контроль:** справочник: в 8 т. / под ред. В.В. Ключева. Т. 1. Кн. 2. Радиационный контроль / Ф.Р. Соснин. 2-е изд., испр. М: Машиностроение, 2006.
6. Троицкий В.А., Михайлов С.Р., Пастовенский Р.О. Новые возможности неразрушающего контроля на основе твердотельных миниатюрных радиационных детекторов // Тр. Национальной конференции Ukr-NDT-2016, Киев, 22–24 ноября 2016 г. Киев, 2016. С. 162–168.
7. CXR Corporation Ryouji HI-DOU, Screening Corrosion Inspection for Thermal Insulation Piping, <http://www.cxr.co.jp/>.

Бесконтактная магнитометрическая диагностика подземных трубопроводов с использованием метода магнитной памяти металла



Измерительный комплекс и выполнение работ в различных условиях



При расшифровке информации о состоянии трубопроводов по изменениям магнитного поля Земли используются критерии и программный продукт, разработанные в ООО "Энергодиагностика" на основе метода магнитной памяти металла. НОАП НК ООО "Энергодиагностика" является единственным центром подготовки специалистов по бесконтактной магнитометрической диагностике.

ООО "Энергодиагностика"

Россия, 143965, г.Реутов, Московская область, Юбилейный проспект, 8, офис 12
Телефон/факс: +7-498-6619281; +7-498-6616135
www.energodiagnostics.ru E-mail: mail@energodiagnostics.ru

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ



НОСОВ

Виктор Владимирович

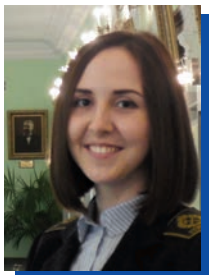
Д-р техн. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
инжинирингового центра
Санкт-Петербургского
политехнического универси-
тета Петра Великого,
Санкт-Петербургский
горный университет,
Санкт-Петербург



МАТВИЯН

Илья Викторович

Санкт-Петербургский
горный университет,
Санкт-Петербург



ЯМИЛОВА

Алсу Римовна

Санкт-Петербургский
горный университет,
Санкт-Петербург



ЗЕЛЕНСКИЙ

Николай Алексеевич

Санкт-Петербургский
горный университет,
Санкт-Петербург

Часто возникающая необходимость повторно-го нагружения при проведении акустико-эмиссионной оценки состояния вновь вводимых в эксплуатацию сварных конструкций, не прошедших термообработку [1], обуславливает актуальность моделирования определяющего работоспособность процесса разрушения, формулировки критерия прочностной неоднородности, интерпретации эффекта Кайзера как проявляющего неоднородность явления невоспроизведения активности акустической эмиссии (АЭ) при повторном нагружении объекта контроля. В данной статье приведен пример моделирования прочностной неоднородности, проведен анализ и дана оценка информативности эффекта относительно степени опасности состояния объекта диагностирования с позиций микромеханической модели временных зависимостей параметров АЭ, регистрируемых в процессе нагружения конструкционных материалов и технических объектов.

Под неоднородностью состояния технического объекта подразумевают различие состояний его составных частей. Показателями состояний могут быть форма, размеры, координаты структурных элементов, интенсивности и масштаб процессов их разрушения, деформирования или перестройки структуры, значения действующих или разрушающих напряжений, деформаций, энергий деформирования и т.п., а разброс значений этих показателей характеризует неоднородность структурную, пространственную, кинетическую, масштабную, силовую, деформационную или энергетическую (рис. 1).

Различные виды и степени неоднородности по-разному влияют на свойства конструкционных материалов и прогнозируемость их поведения. В частности, структурная неоднородность сварных соединений может быть охарактеризована параметрами распределений количества дефектов по размерам в сварных швах, масштабная – иерархическим уровнем разрушения, силовая – разбросом значений расчетных напряжений, деформационная – степенью деформа-

ции на том или ином участке конструкции. При этом пространственная неоднородность, проявляющаяся, в частности, в рассеянности разрушения, является предпосылкой локализации в момент достижения критической концентрации микротрещин, что ограничивает объект от полного распада на микроэлементы. Энергетическая неоднородность процесса разрушения проявляется в снижении энергии разрушения структурных элементов, кинетическая неоднородность трещинообразования проявляется, в частности, в сравнительном упрочнении материала и снижении интенсивности его разрушения, момент завершения которого определяется последним из разрушаемых структурных элементов, что затрудняет прогноз ресурса.

В отношении отражения прочностных свойств конструкционных материалов одним из самых потенциально информативных неразрушающих методов является метод акустической эмиссии (АЭ). Однако интерпретация результатов регистрации сигналов АЭ остается наиболее проблемным звеном в цепи акустико-эмиссионного диагностирования. Особенно сложной является задача связи параметров АЭ с параметрами состояния неоднородных объектов. Решение этой задачи представляется возможным с позиции микромеханической модели разрушения и временных зависимостей параметров АЭ.

При контроле прочности используем физический подход рассмотрения неоднородности, который требует учета фактора времени. Ввиду данного обстоятельства выбор АЭ-метода диагностирования вполне обоснован.

Акустико-эмиссионные испытания в большинстве случаев



Рис. 1. Составляющие прочностной неоднородности материала

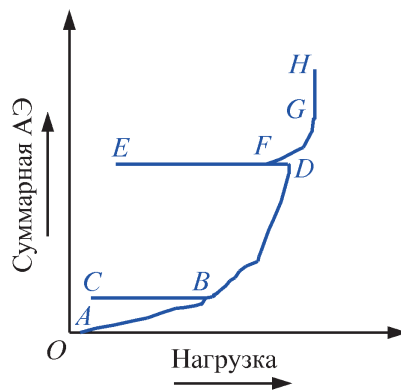


Рис. 2. Графическое изображение эффекта Кайзера на реальном объекте

проводятся в условиях растущей нагрузки. Во многих методических разработках АЭ-испытаний большое внимание уделяется наличию эмиссии на повторных нагрузках (меньших, чем ранее достигнутые), а также существованию эмиссии, продолжающейся во время выдержки нагрузки (рис. 2). Такое поведение свидетельствует о существенных дефектах в конструкции, в то время как при отсутствии дефектов при выдержке материал «замолкает» (интенсивность сигналов АЭ существенно снижается)

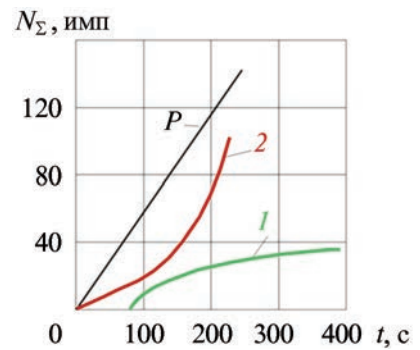


Рис. 3. Типичные временные зависимости числа импульсов N_{Σ} АЭ и нагрузки P при испытании сварных соединений различной дефектности ([3]): 1 – для бездефектного сварного образца; 2 – для сварного образца с непроваром

до тех пор, пока повторное нагружение не превысит предыдущий максимальный уровень нагрузки [2]. Данное явление носит название эффекта Кайзера и используется при диагностировании.

Затухающий или стабильный характер акустической активности (участок AB на рис. 2, кривая 1 на рис. 3) интерпретируется как неопасное состояние. Случаи, когда сигналы АЭ появляются задолго до достижения значения первоначальной нагрузки образцов или накоп-

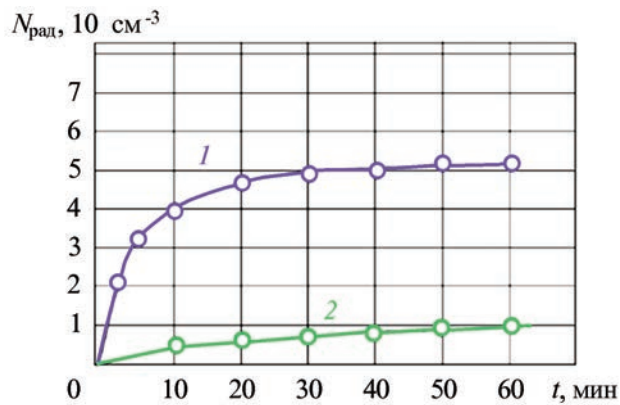


Рис. 4. Накопление числа свободных радикалов $N_{\text{рад}}$ со временем в нагруженном ориентированном капроне: 1 – нагрузка приложена в первый раз; 2 – нагрузка приложена вторично после разгрузки и длительного «отдыха» образца [4]

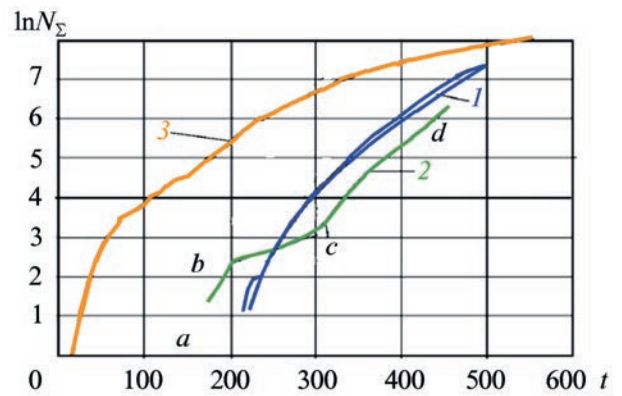


Рис. 5. Временные зависимости числа импульсов АЭ образцов нахлесточных сварных соединений: 1 – повторно нагружаемый образец с площадью поперечного сечения $A_{\text{ноп}}=183 \text{ мм}^2$; 2 – повторно нагружаемый образец с $A_{\text{ноп}}=525 \text{ мм}^2$; 3 – впервые нагружаемый образец с $A_{\text{ноп}}=301 \text{ мм}^2$

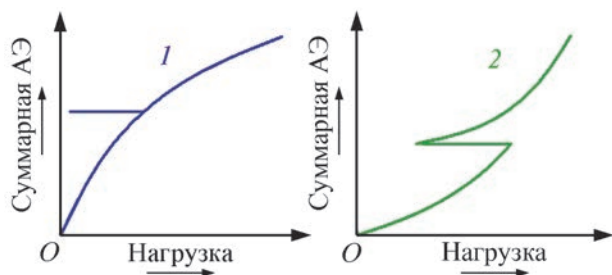


Рис. 6. Поведение параметров АЭ при идеализированных вариантах процесса разрушения: 1 – кинетически неоднородный процесс разрушения; 2 – кинетически однородный процесс разрушения

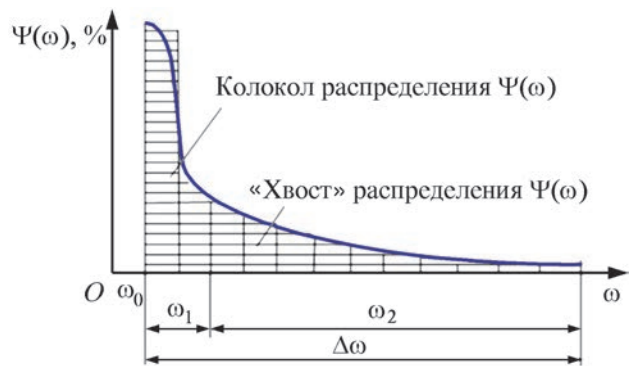


Рис. 7. Моделирование прочностной неоднородности материала посредством функции $\Psi(\omega)$ распределения по структурным элементам материала параметра прочностного состояния

ливаются кинетически однородно, интерпретируются как признаки наличия опасных дефектов (участок FD на рис. 2, кривая 2 на рис. 3).

На рис. 4 приведены результаты регистрации концентрации повреждений методом инфракрасной спектроскопии, а на рис. 5 – АЭ повторно нагружаемых образцов сварных соединений, предварительно выдержанных 2...12 сут под нагрузкой 60 кН.

Из рис. 5 видно, что сигналы появляются до достижения первоначальной нагрузки образцов на 300 с, и при этом их количество весьма велико, хотя и меньше, чем при первом нагружении.

Очевидно, что затухание активности АЭ и невоспроизводимость параметров АЭ при повтор-

ном нагружении материала являются свидетельством необратимости разрушения структурных элементов и объясняются неоднородностью их прочностного состояния, уменьшением в процессе первого нагружения образца доли наиболее перегруженных структурных элементов в нем с низкой долговечностью. Это служит признаком кинетической неоднородности локализованного процесса трещинообразования. Момент его завершения, связанный с накоплением критической концентрации микротрещин, определяется наиболее долговечным из разрушаемых структурных элементов.

Неоднородность прочностного состояния технических объектов (ТО) состоит в различии времен до разрушения их структурных элементов и харак-

теризуется разбросом значений долговечности структурных элементов, описываемых формулой Журкова:

$$\theta = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0}{KT} - \omega(t)\right), \quad (1)$$

где τ_0 – величина порядка периода атомных колебаний; U_0 – энергия активации процесса разрушения; $\omega = \gamma\sigma/KT$ – параметр прочностного состояния; γ – структурно-чувствительный коэффициент; σ – напряжение; t – текущее время; K – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура.

Вариация параметра γ («технологическая» составляющая разброса) определяет структурную неоднородность материала, а вариация параметра σ («силовая» составляющая разброса) – неоднородность поля механических напряжений.

Неоднородность прочностного состояния микроэлементов материала разбивает первую стадию мелкодисперсного разрушения на кинетически различные этапы – однородное и неоднородное разрушение [5]. На неоднородном этапе разрушению подвергаются наименее долговечные элементы, которые разрушаются после первого нагружения, а на однородном, наоборот, – наиболее долговечные (рис. 6).

В результате протекание процесса кинетически неоднородного разрушения свидетельствует о неопасном состоянии объекта, а протекание процесса однородного разрушения, наоборот, говорит о наличии и развитии опасного дефекта.

Для описания процесса микротрещинообразования воспользуемся микромеханической моделью разрушения, основанной на кинетической концепции прочности [6, 7]:

$$C(t) = C_0 \int_{\mu}^{\mu+\Delta\omega} \psi(\omega) \left\{ 1 - \exp\left[-\int_0^t \frac{d\bar{t}}{\theta(\omega(\bar{t}))}\right] \right\} d\omega, \quad (2)$$

где t – текущее время; C_0 – начальная концентрация структурных элементов в материале до разрушения; $\psi(\omega)$ – функция плотности распределения значений величины ω ; μ – нижняя граница изменения аргумента ω ; $\Delta\omega$ – доверительный интервал разброса значений ω по структурным элементам.

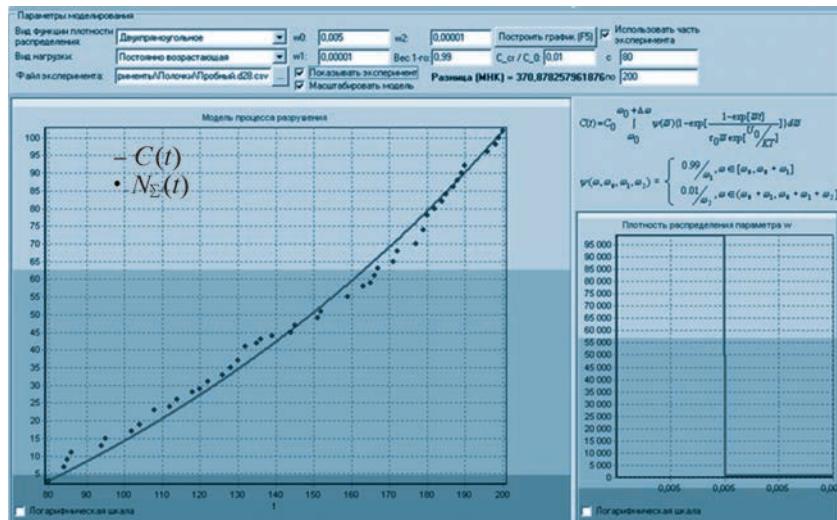


Рис. 8. Результаты моделирования разрушения и регистрации АЭ бездефектного образца стыкового сварного соединения на этапе упругого деформирования: двух-прямоугольное распределение $\psi(\omega)$, $\omega_1/\omega_0 < 1$, $\omega_2/\omega_0 < 1$, $\omega_2/\omega_1 = 1$, однородное разрушение

Введение функции $\psi(\omega)$ (рис. 7) позволяет описать разрушение в условиях прочностной неоднородности через ее параметры. Графически распределение может быть разделено на две части: «колокол», в области которого значения ω невелики (они соответствуют наиболее долговечным структурным элементам) и изменяются незначительно, и «хвост» распределения с большими значениями величины ω (они соответствуют наименее долговечным структурным элементам), где вариация ω (ω_2) существенна.

Определяя на основе имитационного моделирования величину соотношения $\Delta\omega/\omega_0$ (см. рис. 7), можно оценить степень прочностной неоднородности и идентифицировать этап процесса разрушения исходя из одного нагружения контролируемого объекта. Так, при $\Delta\omega/\omega_0 < 1$ процесс разрушения имеет однородный характер, так как длина «хвоста» функции $\psi(\omega)$ будет небольшой, а значит, количество наименее долговечных структурных элементов крайне невелико, в противном случае будет наблюдаться неоднородное разрушение.

На рис. 8, 9 приведены примеры определения этапов процесса разрушения на основе анализа соотношения параметров ω_0 , ω_1, ω_2 , $\Delta\omega$.

У образцов с неоднородной структурой (с округленными дефектами) величина $\Delta\omega/\omega_0 > 1$ у образцов, выполненных без искажений структурно-напряженного состояния (однородное разрушение), соотношение имеет вид $\Delta\omega/\omega_0 < 1$. Образцы с повышенной неоднородностью и несформировавшейся структурой характеризуются соотношениями $\omega_2/\omega_1 > 10$, $\omega_2/\omega_0 > 10$.

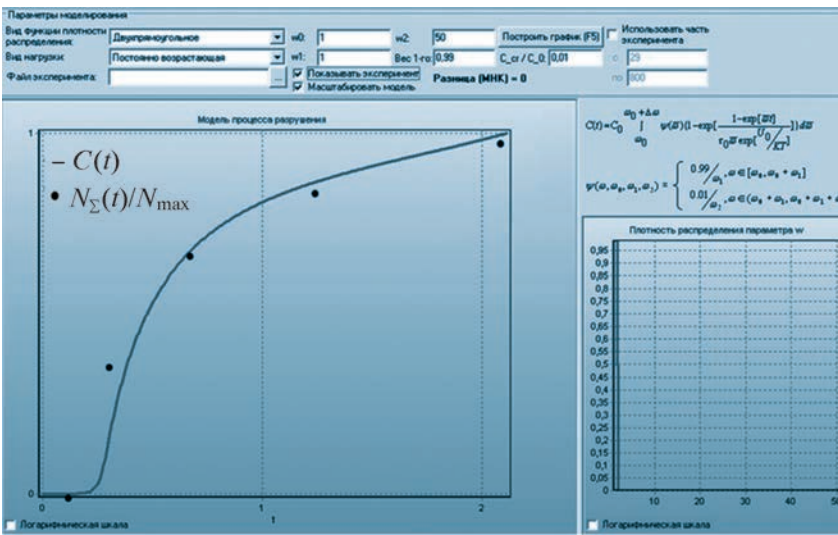


Рис. 9. Анализ результатов регистрации АЭ образцов цементного камня с несформировавшейся высоконеоднородной структурой (суточным возрастом):
 двух-прямоугольное распределение $\psi(\omega)$, $\omega_2/\omega_1 > 10$, $\omega_2/\omega_0 > 10$, $\omega_1/\omega_0 = 1$, высоконеоднородное разрушение

Определение этапа разрушения и оценка ресурса

Стадия	Этап разрушения	Диагностический признак этапа разрушения	Формула оценки ресурса (T-момент диагностирования)
I	Делокализованное мелкодисперсное неоднородное	$d^2\xi/dt^2 < 0$ при $\sigma = 0$; $d^2\ln\xi/dt^2 < 0$ при $\dot{\sigma} = 0$; $dk_{ac}/dt < 0$ ($dP_U/dt < 0$); $\omega_2/\omega_1 > 1$, $\omega_2/\omega_0 > 1$; $\sigma_3 > \mu$; РВП = var	$\tau^* = (1 - 10)T$
I	Делокализованное мелкодисперсное однородное	$d^2\xi/dt^2 = 0$ при $\sigma = \text{const}$; $d^2\ln\xi/dt^2 < 0$ при $\dot{\sigma} = \text{const}$; $dk_{ac}/dt = 0$; $\omega_2/\omega_1 < 1$, $\omega_2/\omega_0 < 1$; $\sigma_3 < \mu$; РВП = var	Время до локализации $\tau^* = f(Y_{AE})$ [8] или $\tau^* = f(W_{AE})$ [9,10]
I	Локализованное мелкодисперсное неоднородное	$d^2\xi/dt^2 < 0$ при $\sigma = 0$; $d^2\ln\xi/dt^2 < 0$ при $\dot{\sigma} = 0$; $dk_{ac}/dt < 0$ ($dP_U/dt < 0$); $\omega_2/\omega_1 > 1$, $\omega_2/\omega_0 > 1$; $\sigma_3 > \mu$; РВП = const	$\tau^* = (0,1 - 0,5)T$
I	Локализованное мелкодисперсное однородное	$d^2\xi/dt^2 = 0$ при $\sigma = \text{const}$; $d^2\ln\xi/dt^2 = 0$ при $\dot{\sigma} = \text{const}$; $dk_{ac}/dt = 0$; $\omega_1/\omega_0 < 1$, $\omega_2/\omega_0 < 1$; $\sigma_3 < \mu$; РВП = const	Время до начала роста концентратора $\tau^* = f(Y_{AE})$ или $\tau^* = f(W_{AE})$
II	Образование и рост трещины	$d^2\xi/dt^2 > 0$ при $\sigma = \text{const}$; $d^2\ln\xi/dt^2 > 0$ при $\dot{\sigma} = \text{const}$; $dk_{ac}/dt > 0$ ($dP_U/dt < 0$); $\omega_1/\omega_0 > 1$, $\omega_2/\omega_0 > 1$; $\sigma_3 > \mu$; РВП \approx invar	$\tau^* = (0,01 - 0,1)T$
II	Пластическое разрушение	$d^2\xi/dt^2 < 0$ при $\sigma = \text{const}$; $d^2\ln\xi/dt^2 < 0$ при $\dot{\sigma} = \text{const}$; $dk_{ac}/dt < 0$ ($dP_U/dt < 0$); $\omega_1/\omega_0 < 1$, $\omega_2/\omega_0 < 1$; $\sigma_3 < \mu$; РВП \approx invar	$\tau^* = (0,01 - 0,1)T$

где РВП – разница времен прихода сигналов АЭ на каналы регистрации.

Таким образом, сам факт регистрации неоднородного разрушения информативен и свидетельствует о неопасном состоянии объекта. Для более точной оценки прочностного состояния необходима регистрация сигналов АЭ на этапе однородного разрушения (следующем за неоднородным), соответствующем разрушению структурных элементов со значениями из области «колокола» функции $\psi(\omega)$.

Моделирование и анализ результатов регистрации сигналов АЭ проводят с помощью микромеханической модели АЭ, имеющей вид

$$\xi(t) = V \int \int \int \Phi(\Delta t, f, U) dU df d\Delta t C_0 \int_{\mu}^{\mu+\Delta\mu} \psi(\omega) \left\{ 1 - \exp \left[- \int_0^t \frac{d\bar{t}}{\theta_{cp}(\omega(\bar{t}))} \right] \right\} d\omega, \quad (3)$$

или

$$\xi(t) = k_{AE} C(t), \quad (4)$$

где ξ – первичный информационный параметр АЭ (число импульсов, суммарная АЭ, суммарная амплитуда АЭ); k_{AE} – акустико-эмиссионный коэффициент («звучащий объем»); $\Phi(\Delta t, f, U)$ – плотность вероятности распределения сигналов АЭ по интервалам Δt (паузам) между ними, амплитуде U и частоте f ; V – контролируемый объем.

При этом на этапе однородного разрушения при нагружении с постоянной скоростью $\dot{\sigma}$ роста напряжений модель (3) можно представить в упрощенном варианте

$$N_{\Sigma}(t) = k_{AE} C_0 K T \exp \left[\frac{\gamma \dot{\sigma} t - U_0}{K T} \right] / (\tau_0 \gamma \dot{\sigma}). \quad (5)$$

Используя модель (3) – (5) для оценки прочностного состояния объектов контроля, можно выделить различные этапы разрушения объекта (см. таблицу), а также диагностические параметры, которые связаны с этими этапами и, соответственно, со степенью опасности дефектов, временем до разрушения τ^* , пределом прочности σ^* , разрушающей нагрузкой F_p , и далее с их помощью провести оценку остаточного ресурса [6].

Таким образом, применение микромеханической модели параметров акустической эмиссии позволяет предложить адекватную, информативную, физически обоснованную математическую модель прочностной неоднородности, ее количественные критерии и способ их оценки, раскрыть информативность эффекта Кайзера и других признаков неоднородного разрушения, сделав их прогнозными.

Библиографический список

1. **ПБ 03-593–03.** Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технических трубопроводов. М., 2003.
2. **Поллок А.** Акустико-эмиссионный контроль // Авторская перепечатка из кн. «Металлы» (METALS HAND-BOOK). 9-е изд. Т. 17. ASM International, 1989. С. 278–294.

3. **Пархоменко И.В., Яременко М.А., Жбанов Ю.В. и др.** Применение метода АЭ при испытании легированной стали в условиях низких температур // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 1990. № 1. С. 68–71.
4. **Регель В.Р., Слуцкер А.К., Томашевский Э.Е.** Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 560 с.
5. **Nosov V.V., Eltchaninov G.S.** The Effect of Strength State Nonuniformity on the Acoustic Emission of Structural Materials // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2011. V. 47. N 12. P. 824–833.
6. **Носов В.В.** Диагностика машин и оборудования: учеб. пособие. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2016. 376 с.
7. **Носов В.В.** Механика композиционных материалов. Лабораторные работы и практические занятия: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Лань, 2013. 240 с.
8. **Носов В.В., Михайлов Ю.К., Базаров Д.А., Бураков И.Н.** Способ неразрушающего контроля прочности изделий: Пат. RU 2270444 // Бюл. изобр. 2006.
9. **Носов В.В., Ельчанинов Г.С., Тевосяц Д.С.** Способ неразрушающего контроля прочности металлоконструкций: Пат. RU 2445616 // Бюл. изобр. 2012. №8.
10. **Носов В.В.** АЭ-диагностика шарнира противовеса подъемного механизма Дворцового моста через реку Неву // В мире неразрушающего контроля. 2015. № 3. С. 30–33.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НК В ЗАДАЧЕ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ



КИНЖАГУЛОВ
Игорь Юрьевич
Канд. техн. наук



СТЕПАНОВА
Ксения Андреевна

Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Современные условия диктуют использование материалов при проектировании космических средств, обладающих, с одной стороны, высокой стабильностью свойств в условиях воздействия экстремальных нагрузок, с другой – минимальными значениями удельного веса. Различные негативные факторы в процессе эксплуатации оказывают серьезное воздействие на изменение физико-механических и структурных свойств, которые в свою очередь определяют надежность и долговечность функционирования изделий ракетно-космической техники.

Незначительные отклонения в сложном технологическом процессе изготовления конструкционных материалов приводят к изменению их свойств как в ходе изготовления, так и в процессе эксплуатации.

В настоящее время существует проблема достоверной оценки физико-механических свойств конструкционных материалов непосредственно на изделиях неразрушающими методами ввиду отсутствия научно обоснованной методической и нормативно-технической базы.

Для обеспечения контроля заданных свойств непосредственно на изделиях методы оценки физико-механических свойств конструкционных материалов должны носить неразрушающий характер и обеспечивать безобразцовый оперативный контроль в процессе производства. Данным требова-

ниям соответствует метод динамического индентирования.

В основе метода динамического индентирования лежит регистрация текущей скорости перемещения индентора в процессе ударного локального контактного взаимодействия индентора с испытываемым материалом. Регистрация скорости перемещения индентора осуществляется посредством магнитоиндукционного первичного преобразователя, состоящего из постоянного магнита, создающего магнитное поле, жестко соединенного с индентором, и катушки индуктивности (рис. 1) [1, 2].

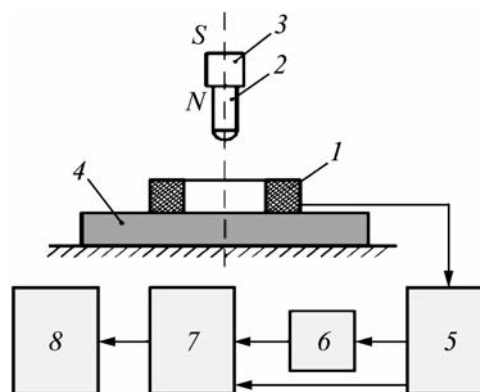


Рис. 1. Схема реализации метода динамического индентирования:

1 – преобразователь ЭДС индукции; 2 – индентор; 3 – постоянный магнит; 4 – объект контроля; 5 – предусилитель; 6 – блок синхронизации; 7 – АЦП; 8 – ПК

Получаемая в результате индентирования диаграмма внедрения состоит из кривых нагружения (рис. 2, а) и разгрузки (рис. 2, б).

Кривая нагрузки показывает сопротивление материала ударному внедрению жесткого индентора и характеризует упругопластические свойства исследуемого объекта. Кривая разгрузки определяется преимущественно упругим восстановлением отпечатка индентора. Таким образом, появляется возможность рассчитать работу упругих и пластических сил деформации при внедрении индентора.

Однако оценка физико-механических свойств на основе параметров индентирования носит локальный характер: размер контролируемой области сопоставим с размерами используемого индентора.

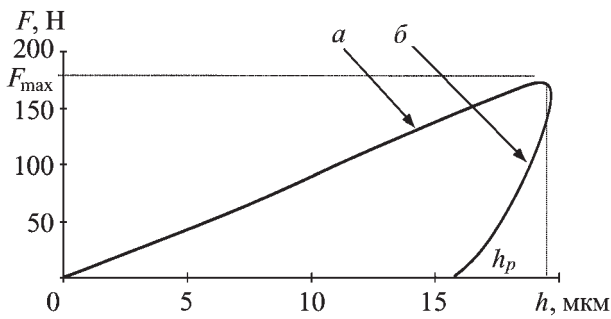


Рис. 2. Диаграмма ударного внедрения индентора: а – кривая нагрузки, б – кривая разгрузки

Данная особенность препятствует осуществлению оперативного контроля физико-механических свойств по всему объему объекта исследования и не удовлетворяет требованиям современного космического материаловедения. При динамическом индентировании методом акустической эмиссии обеспечивается возможность оперативного контроля по объему изделия.

Акустическая эмиссия представляет собой явление генерации волн напряжений, вызванных внезапной перестройкой в структуре материала [3, 4].

Метод позволяет в реальном времени по акустико-эмиссионным сигналам следить за поведением материала в процессе его нагружения. Динамика процесса излучения влияет на форму АЭ-импульса механической волны. Одним из классических источников АЭ является процесс деформирования, связанный с ростом зоны пластической деформации.

Метод динамического индентирования позволяет с высокой точностью оценивать величину энергии, затрачиваемой на протекание упругоэластической деформации, что весьма важно при оценке энергетических параметров и поиске корреляционных зависимостей между процессом деформирования и генерацией АЭ-сигналов.

В процесс упругоэластического деформирования материала при ударном внедрении жесткого индентора вовлечены механизмы двойникования и дислокационного скольжения, которые генерируют излучение волн напряжений в материале (явление акустической эмиссии).

В общем виде функцию регистрируемого сигнала АЭ определяют выражением

$$Y(t) = A(t) E(t), \quad (1)$$

где Y – регистрируемый сигнал; A – функция источника акустической эмиссии; E – передаточная функция среды от источника до регистрирующего устройства [5, 6].

Функция источника включает в себя в первую очередь энергию источника. Энергия упругоэла-

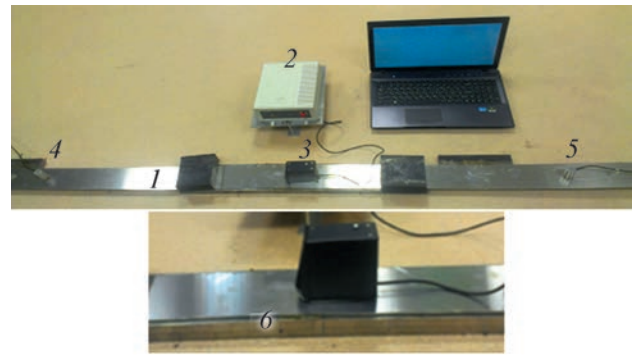


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 – объект контроля; 2 – электронный блок ИСПГ-1; 3 – датчик (индентор); 4, 5 – преобразователи АЭ ПК02-05; 6 – массивная стальная балка

стического деформирования при локальном внедрении индентора определяется объемом деформированной области. Таким образом, количество высвобожденной энергии АЭ прежде всего зависит от объема деформированной области и скорости локального процесса деформирования и определяется энергией упругоэластического деформирования.

Для исследования зависимости энергетических параметров акустико-эмиссионных сигналов от физико-механических свойств конструкционных материалов был проведен ряд экспериментальных исследований, позволяющих проанализировать характер распространения акустико-эмиссионных сигналов, вызванных упругоэластической деформацией локального объема конструкционного материала при ударном внедрении жесткого индентора в объект контроля.

Для реализации эксперимента была собрана экспериментальная установка (рис. 3).

Методом динамического индентирования были определены следующие показатели физико-механических свойств: твердость индентирования H_{it} , энергия упругоэластического деформирования $W_{уп}$ для локальной области объекта контроля.

Данные для сопоставительного анализа приведены в табл. 1.

В ходе экспериментов были определены регрессионные уравнения, связывающие твердости индентирования с числами твердости по Бринеллю H_{it} ($H_{НВ}$) и энергию упругоэластического деформирования с отношением предела прочности к пределу текучести $W_{уп}$ ($\sigma_B/\sigma_{0,2}$):

$$H_{it} = 12,28 \text{ НВ}; \quad (2)$$

$$W_{уп} (\sigma_B/\sigma_{0,2}) = -0,83x + 3,14. \quad (3)$$

Анализ зарегистрированных акустико-эмиссионных сигналов осуществлялся исходя из экспе-

1. Результаты экспериментальных исследований

Сплав	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_B / \sigma_{0,2}$	$W_{уп}$, мДж	НВ	H_{it} , МПа	H_{it} (НВ)
АД1	150	100	1,40	1,97	30	328,67	13,15
А5	60	40-45	1,50	1,89	25	423,80	14,13
АМг3	230	120	1,92	1,53	45	549,55	12,21
АМг6	340	170	2,00	1,49	65	998,89	15,37
Д1	360	220	1,64	1,82	95	1147,65	12,08

σ_B – предел прочности исследуемого материала; $\sigma_{0,2}$ – предел текучести; НВ – твердость по Бринеллю.

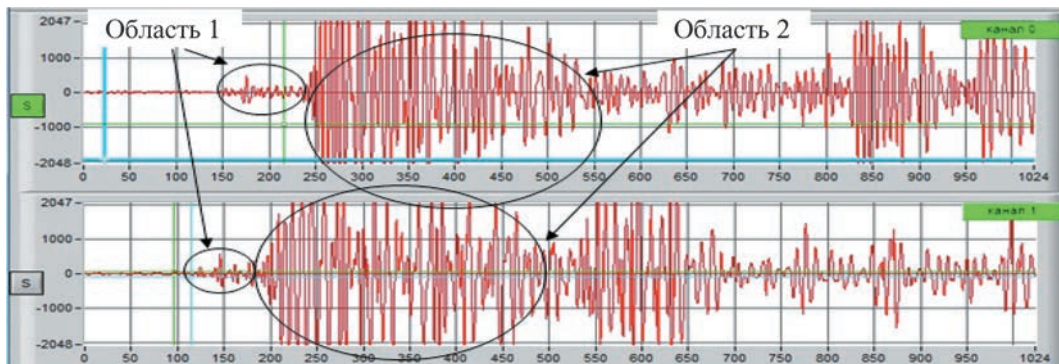


Рис. 4. Осциллограммы АЭ-сигналов, зарегистрированных в ходе экспериментов

2. Энергетические параметры динамического индентирования и акустической эмиссии

Сплав	$W_{АЭ}$ (схема 1)	$W_{АЭ}$ (схема 2)	$W_{уп}$, мДж
А5	4965	2846	1,97
АД1	3951	2318	1,89
Д1	2510	1875	1,53
АМг3	2147	1370	1,49
АМг6	3510	2220	1,82

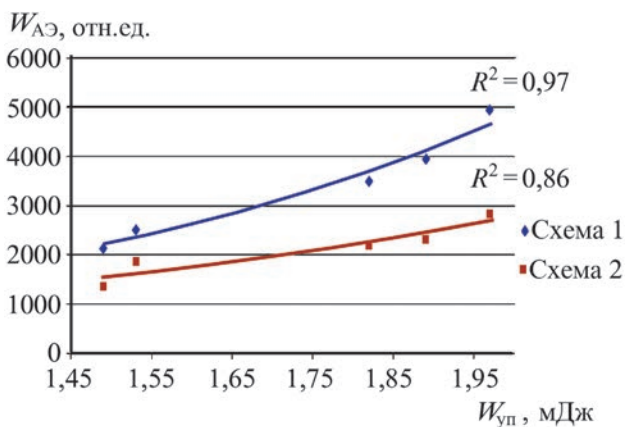


Рис. 5. Эмпирические зависимости энергии АЭ-сигнала от энергии упругопластического деформирования

риментальных данных, теоретических расчетов и сведений о характере формирования и распространения акустических волн, сгенерированных работой источника упругопластического деформирования в микрообъеме материала объекта исследования.

Осциллограммы АЭ-сигналов носят характер широкополосных импульсов с низкоамплитудной составляющей на переднем фронте сигнала (рис. 4, область 1) [7].

Для исследования зависимости энергии акустико-эмиссионных сигналов от энергии упругопластического деформирования были рассчитаны математические ожидания случайных величин энергий сигналов $W_{АЭ}$ по результатам 20 измерений для пяти объектов из различных алюминиевых сплавов (табл. 2).

Для различных локационных схем (схема 1 и схема 2) были получены эмпирические зависимости энергии акустико-эмиссионного сигнала от энергии упругопластического деформирования (рис. 5).

При аппроксимации экспериментальных данных аналитической зависимостью, были вычислены коэффициенты уравнения регрессии, связывающего энергию АЭ-сигнала с энергией упругопластического деформирования.

Функция аппроксимации эмпирической зависимости для схем 1 и 2 описывается выражениями:

$$W_{\text{АЭ}}(W_{\text{уп}}) = f(x) = 222,54 \exp(1,54 W_{\text{уп}}); \quad (4)$$

$$W_{\text{АЭ}}(W_{\text{уп}}) = f(x) = 271,42 \exp(1,17 W_{\text{уп}}). \quad (5)$$

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований было получено уравнение регрессии, связывающее параметры процесса индентирования, характеризующие упругопластические свойства в локальной области объекта контроля, с прочностными свойствами материала, из которого он произведен. Также были выведены эмпирические зависимости энергии акустико-эмиссионных сигналов от энергии упругопластического деформирования для двух локационных схем.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 56474–2015. Системы космические. Контроль неразрушающий физико-механических свойств материалов и покрытий космической техники методом динамического индентирования. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 2015. 12 с.

2. Oliver W.C., Pharr G.M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments // Journal Materials Research. 1992. V. 7. N 6. P. 1564–1583.
3. Поллок А.А. Акустико-эмиссионный контроль // Металлы (Metalshandbook), 9-е изд. Т. 17. ASM International, 1989. С. 278–294.
4. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. М.: Стандарты, 1976. 272 с.
5. Мерсон Д.Л., Черняева Е.В., Мещеряков Д.Е. Методика неразрушающего контроля состояния материала на основе совмещения методов кинетического индентирования и акустической эмиссии // Сборник материалов XIX Уральской школы металловедов-термистов: Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов. Екатеринбург, 2008. С. 55.
6. Даниюк А.В., Мерсон Д.Л., Виноградов А.Ю. Идентификация локальной деформации при скрайбировании поликристаллической меди // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2013. № 3 (25). С. 144–147.
7. Терентьев Д.А. Идентификация сигналов акустической эмиссии при помощи частотно-временного анализа // В мире НК. 2013. № 2(60).



Спектр
Издательский дом

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.

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

770 руб.

www.idspektr.ru

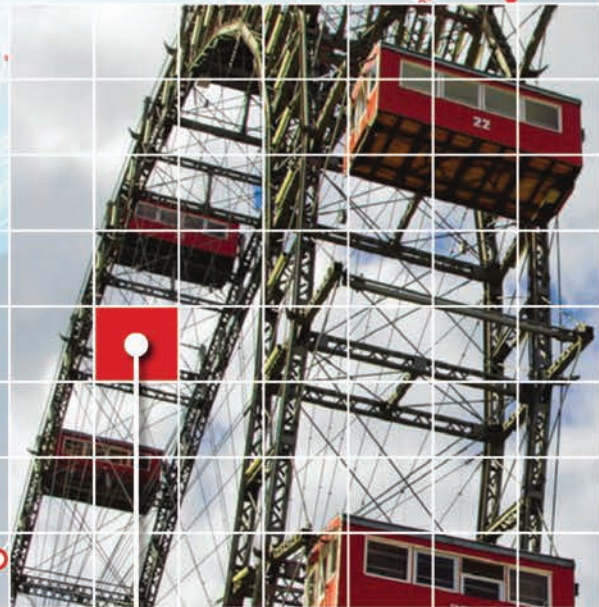
119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»
Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615 17 16.
E-mail: zakaz@idspektr.ru. Http://www.idspektr.ru



Austrian Society for
Non-Destructive Testing

8th International Conference on Certification and Standardization in NDT

5 years EN ISO 9712 - What's next / how to go on?



Vienna, 6th and 7th
June 2017

ÖGfZP – Austrian Society for Non-Destructive Testing
Deutschstraße 10
1230 Vienna, Austria
E-Mail: office@oegfzp.at
Web: www.oegfzp.at/de/certification.php

EF European Federation for
Non-Destructive Testing
NDT



УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП УСД-50 IPS



Ударопрочный корпус с защитой по IP65 для работы в полевых условиях



Вход энкодера для подключения различных сканеров и построения В-сканов и TOFD



Яркий TFT экран с разрешением 640x480, быстродействием и широким углом обзора



Морозоустойчивое (от -30°C) исполнение



Автоматическая калибровка преобразователя



Возможность подключения любых УЗ преобразователей



Функции ВРЧ, АРК, АРД с привязкой по чувствительности



Использование следа сигнала

В дефектоскопе установлен самый современный дисплей на управляемых тонкопленочных транзисторах, обеспечивающий частоту регенерации 60 Гц и максимально комфортные условия для зрения оператора.

Однако в ряде случаев, при поиске мелких дефектов, контроле появляться и исчезать и пр., сигнал может появиться и исчезнуть слишком быстро для его удобной фиксации.

Для этого в дефектоскопе предусмотрена функция удержания яркости изображения А-скана с экрана более медленно, чем появлялся следующий А-сигнал. Такая возможность позволяет более комфортно работать при быстром сканировании, проблемном контакте с некачественной поверхностью и пр.

Выбор длительности свечения сигнала (ЭКРАН - СВЕЧЕНИЕ)

Шаг 1. Выберите параметр СВЕЧЕНИЕ, нажимая кнопки [ON] и [OFF].
Шаг 2. Измените длительность с помощью кнопок [LONG], [SHORT] и [OFF]. Возможные варианты: ДЛГОЕ, КОРОТКОЕ и НЕТ (след выключен).

Рис. 2-3 Эффект изменения цвета параметров экрана

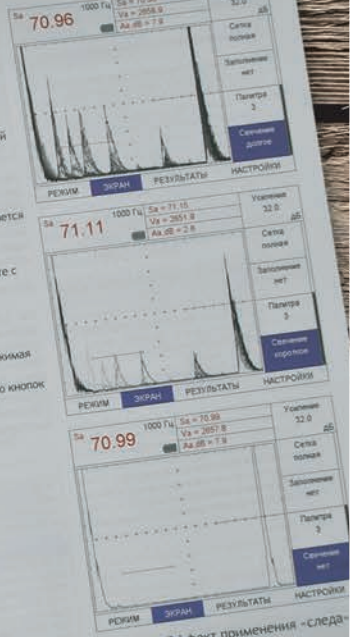


Рис. 2-4 Эффект применения следа

Руководство пользователя УСД-50



КРОПУС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

Гарантия 3 года!

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

sales@kropus.ru
www.kropus.ru

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ



**КОРМИЛЬЦЕВА
Мария Федоровна**

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург

Рассмотрен принцип и особенности работы ультразвуковых преобразователей с фазированной антенной решеткой (ФАР). Исследованы параметры настройки дефектоскопа, реализующего технологию ФАР, влияние параметров настройки на результаты контроля, которые, как правило, представляют собой S-сканы.

Ультразвуковые технологии неразрушающего контроля (НК) с использованием фазированных антенных решеток (ФАР) начинают применяться в различных отраслях промышленности, в том числе ракетно-космической. Широкое внедрение данной технологии сдерживается рядом факторов, в частности отсутствием актуализированной нормативной базы для контроля различных объектов [1, 2]. Тем не менее продолжают исследования, направленные на обеспечение до-

стоверности контроля, обработку информации и трактовку результатов контроля, метрологическое обеспечение контроля и др. Достоверность выявляемости дефектов является важнейшим этапом контроля, поэтому исследования в этой области актуальны и имеют практическое применение.

При ультразвуковом контроле (УЗК) важное значение имеют правильная подготовка и настройка дефектоскопической аппаратуры. Выбор преобразователей для различных объектов контроля (ОК) зависит от характеристик самих ОК – толщины, материала, особенностей конструкции и др. В ряде случаев в целях обеспечения прозвучивания всего сечения для выявления различно ориентированных дефектов используются наборы пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) с различными углами ввода (или ПЭП с переменным углом ввода) для одного объекта [3].

Для решения ряда задач и оптимизации контроля в ультразвуковой дефектоскопии применяются технологию фазированных антенных решеток (ФАР). Главным преимуществом технологии является возможность управления с помощью компьютера амплитудой и фазой импульсов возбуждения множества отдельных пьезоэлементов в многоэлементном преобразователе. Последовательность возбуждения элементов линейной ФАР осуществляется так, чтобы была возможность управлять параметрами ультразвукового луча (углами,

фокусным расстоянием, размером фокусного пятна) с помощью компьютерной программы. Это позволяет обнаруживать дефекты, различно ориентированные относительно акустической оси, тогда как при использовании одноэлементного преобразователя вероятнее пропуск дефектов, расположенных под большим углом к акустической оси [4]. Отчеты представляются в виде изображений (сканов), что облегчает понимание результатов контроля для персонала.

Применение дефектоскопов, основывающихся на технологии фазированных решеток, значительно повышает качество и надежность контроля. Это обусловлено возможностью обнаружения дефектов различной ориентации и прозвучивания большего объема объекта контроля за счет электронного управления ультразвуковыми полями. Дефектоскопы с преобразователями на фазированных решетках могут применяться там, где затруднено получение достоверных результатов с помощью обычного ультразвукового дефектоскопа: при контроле деталей и объектов с крупнозернистой структурой, изделий из композитных материалов (например, сопла ракет) или сварных конструкций сложной формы.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЕТКИ

Преобразователь с ФАР представляет собой некоторое количество пьезоэлектрических элементов, каждый из которых мож-

но рассматривать как источник сферической волны [5]. Для создания луча с требуемыми параметрами (углом и фокусировкой) волновые фронты могут быть задержаны во времени и синхронизированы по фазе и амплитуде: отдельные элементы возбуждаются в определенной последовательности с требуемой временной задержкой. Волновые фронты от множества пьезоэлементов будут интерферировать, создавая суммарный волновой фронт с требуемыми параметрами.

При излучении генератор синхроимпульсов посылает сигнал на блок фазовых задержек, который, в свою очередь, генерирует импульс высокого напряжения заданной длительности и с заданной задержкой, определенной фокальным законом. На каждый элемент решетки поступает один задержанный импульс. Волны, излученные каждым элементом, при суммировании представляют собой сфокусированную на определенном расстоянии и распространяющуюся под конкретным углом волну. Впоследствии эта волна отражается от дефекта. При приеме каждым элементом решетки принимается сигнал и в соответствии с заданным фокальным законом задерживается во времени. Далее происходит суммирование таких задержанных импульсов и формирование единого импульса, который поступает в устройства приемного тракта [6]. Величина временной задержки на элементах фазированной решетки зависит от таких параметров, как тип волны, величина апертуры, требуемый угол и глубина фокусировки.

ОСОБЕННОСТИ ФАР

Известно множество различных типов фазированной решетки, однако наибольшее распространение получила линейная фазированная решетка, благодаря своим преимуществам — про-

стой конструкции, сравнительной легкости изготовления.

Существует три основных способа управления лучом: электронное сканирование, динамическая фокусировка, секторное сканирование [7]. При электронном сканировании один фокальный закон переключается в пределах группы элементов, сканирование выполняется с постоянным углом и вдоль длинной стороны решетки (этот процесс эквивалентен механическому перемещению обычного одноэлементного преобразователя).

При динамической фокусировке по глубине сканирование выполняется посредством изменения фокусного расстояния. Для излучения используется один и тот же импульс, тогда как в режиме приема решетка перефокусируется последовательно на различные значения глубины. При секторном сканировании (азимутальном, угловом) излучение проводится одной и той же группой элементов при одном фокусном расстоянии последовательно под различными углами.

Отображения результатов контроля на экране при использовании дефектоскопов на фазированных решетках различны, они представляют собой типы разверток, называемых сканами.

А-скан — это форма представления сигналов в прямоугольной системе координат, по оси ординат которой откладывается амплитуда принятых сигналов, а по оси абсцисс — время цикла зондирования [8]. При механическом сканировании сбор данных осуществляется с помощью датчиков координат. Затем данные представляются в удобном для анализа виде. Фазированные решетки обычно используют массив сгруппированных А-сканов (который представляет собой В-скан), полученных под разными углами, с использованием множества фокальных законов. Информация, полученная и запи-

санная из одного положения фазированной решетки в виде большого числа А-сканов, представляется в реальном времени в виде секторного S-скана или в виде электронного В-скана.

S-скан — это изображение, получаемое от пучков, сформированных при изменении угла ввода от меньшего к большему. В-сканом называется изображение, на котором совокупность принятых сигналов отображается точками, принадлежащими сечению объекта контроля в плоскости падения волны и параллельному ей. Как S-сканы, так и В-сканы представляют собой изображение, содержащее информацию о прозвучиваемом материале и несплошностях, находящихся на пути ультразвука по всем направлениям, по которым осуществляется электронное сканирование.

Отражение результатов прозвучивания в виде двумерного сечения объекта контроля дает прямое представление о результатах контроля. S-скан дает такие преимущества, как вывод изображения во время сканирования, информация о глубине залегания отражателя, двумерное представление контролируемого объема. Для получения лучшего изображения, используется комбинирование линейного и секторного сканирования. Подобная комбинация методов дает распознаваемые образы дефектов.

Комбинация сканов, полученных продольными и поперечными волнами, может быть полезна для обнаружения и измерения размеров дефектов при малых перемещениях преобразователя. В этом случае активная часть апертуры преобразователя может перемещаться для получения оптимальных углов прозвучивания. Различно сфокусированные (цилиндрические, эллиптические, сферические) звуковые пучки обеспечивают луч-

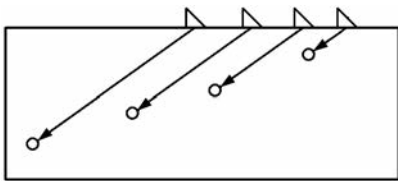


Рис. 1. Схема получения сигналов от боковых цилиндрических отверстий (БЦО) в образце

шью наглядность полезного сигнала на фоне шумов. Наряду с электронным сканированием может выполняться механическое перемещение преобразователя, после чего полученные данные могут быть объединены в единое высокоинформативное изображение дефекта с разных ракурсов. С помощью комбинации секторного электронного сканирования в одной плоскости и механического перемещения преобразователя в другой плоскости можно получить объемное изображение интересующего объекта контроля. Каждое положение преобразователя представляет собой срез дефекта в плоскости качания луча. Данные срезы можно сравнить с металлографическими срезами при определении реальных размеров и формы дефекта.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕШЕТКИ

Настоящее исследование было проведено для изучения влия-

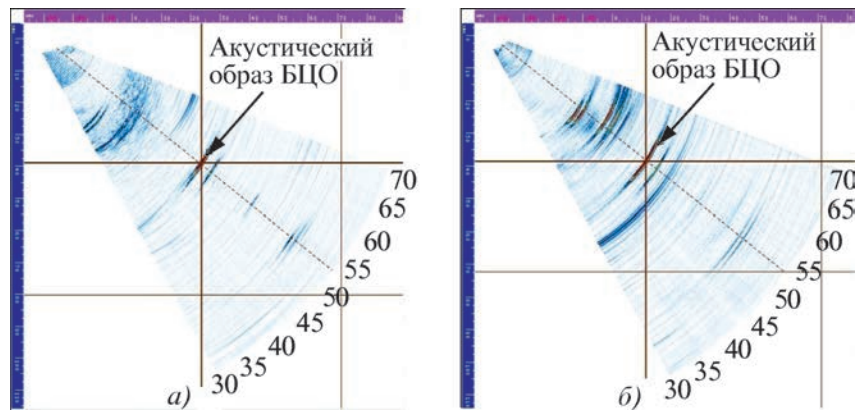


Рис. 2. S-сканы, отражающие влияние активной апертуры: а – 32 активных элемента; б – 8 активных элементов

ния параметров настройки (активной апертуры, фокусного расстояния, угловой разрешающей способности, типа фокусировки) на выявление отражателей в образце (рис. 1) с помощью ультразвукового дефектоскопа HARTFANG X-32 и пьезоэлектрического преобразователя на ФАР с призмой. В ходе работы данные параметры варьировались, что позволило получить и сравнить ряд S-сканов (протоколов), некоторые из которых представлены на рис. 2–7.

Фиксацию изображений проводили при прозвучивании с углом ввода ультразвука в образец α , рассчитанным по закону Снеллиуса [9] исходя из известного угла призмы β и скоростей распространения ультразвуковых

волн в материалах объекта контроля (сталь) и призмы (рексолит):

$$\frac{\sin \alpha}{C_{t2}} = \frac{\sin \beta}{C_{t1}}$$

где C_{t1} – скорость продольной волны в материале призмы; C_{t2} – скорость поперечной волны в материале объекта контроля.

При исследовании влияния активной апертуры получены три протокола контроля – для 32, 16 и 8 активных элементов апертуры (рис. 2).

Использование меньшего числа активных элементов апертуры сопровождается появлением побочных сигналов, а также влияет на протяженность акустического образа БЦО, что видно при сравнении S-разверток на рис. 2.

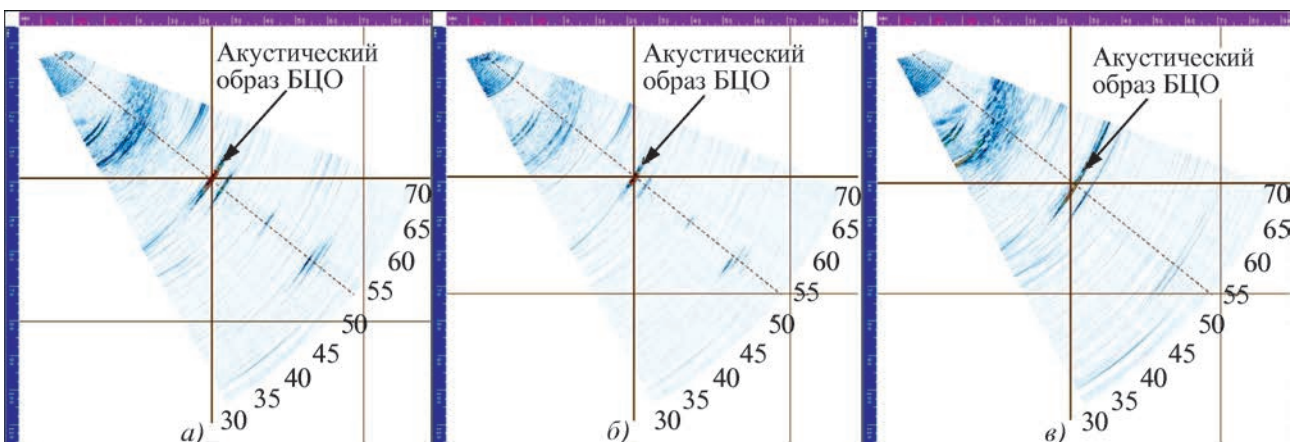


Рис. 3. S-сканы, отражающие влияние типа фокусировки: а – постоянный путь; б – постоянная глубина; в – постоянное смещение

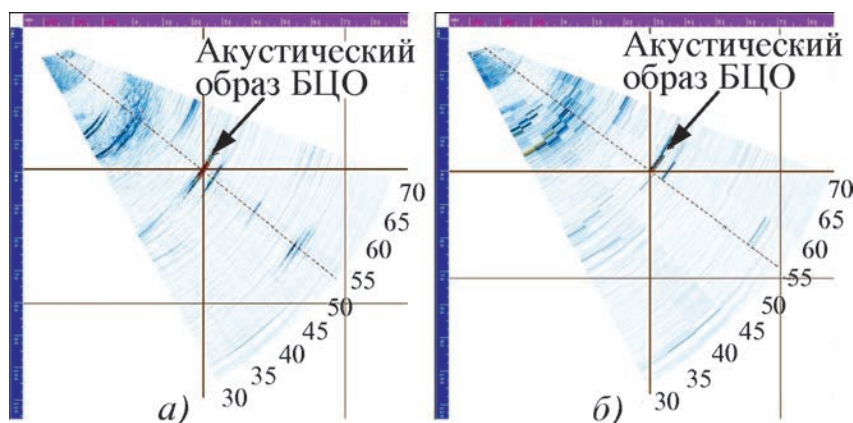


Рис. 4. S-сканы, отражающие влияние угловой разрешающей способности: а – 0,5°; б – 5°

Данный эффект объясняется зависимостью фокусного расстояния N_0 от активной апертуры A при неизменной длине волны λ [6]:

$$N_0 = \frac{0,25A}{\lambda}$$

При изменении типа фокусировки – постоянный путь/глубина/смещение – получены протоколы, отображенные на рис. 3.

Тип фокусировки заметно влияет на характер изображения пятна от дефекта на S-скане. Несмотря на то что в большинстве случаев данный параметр не редактируется (обычно при контроле устанавливается режим «постоянный путь»), неправильная настройка данного параметра может негативно сказаться на результатах контроля.

Угловая разрешающая способность в процессе работы изменялась с 0,5° на 1,0° и 5,0°. На рис. 4 представлены протоколы, полученные при угловой разрешающей способности 0,5° и 5,0°.

Угловая разрешающая способность прямо влияет на акустические образы отражателей, представленные в протоколах. Ее увеличение приводит к ухудшению изображения на S-скане, т.е. к уменьшению разрешающей способности. При малых объемах контроля оптимальным вариантом для работы является значение угловой разрешающей способности, равное 0,5°. При значительном объеме контроля для таких значений разрешающей способности будет создан большой массив данных, что

может негативно повлиять на работу прибора [10]. Таким образом, данный параметр необходимо выбирать исходя из конкретной задачи и объекта контроля.

Известно, что от фокусного расстояния при контроле с использованием ФАР зависит выявляемость дефектов [11]. Для уточнения этого воздействия было проведено дополнительное исследование.

В результате было установлено, что при небольших толщинах объекта контроля (около 10 мм) выявляемость дефекта существенно снижалась, если значение фокусного расстояния выбрано некорректно. В частности, на рис. 5 показаны акустические образы дефектов при различных значениях фокусного расстояния. Фокусируясь на глубину 10 мм, получили насыщенно окрашенное яркое пятно на S-скане. При увеличении фокусировки наблюдается уменьшение яркостной (амплитудной) характеристики, пятно от отражателя становится более протяженным.

Также установлено, что при толщинах (глубинах залегания дефектов) 30–40 мм некорректный выбор фокусного расстояния в пределах ± 10 мм практически не сказывается на выявляемости. Данная особенность отражена на рис. 6.

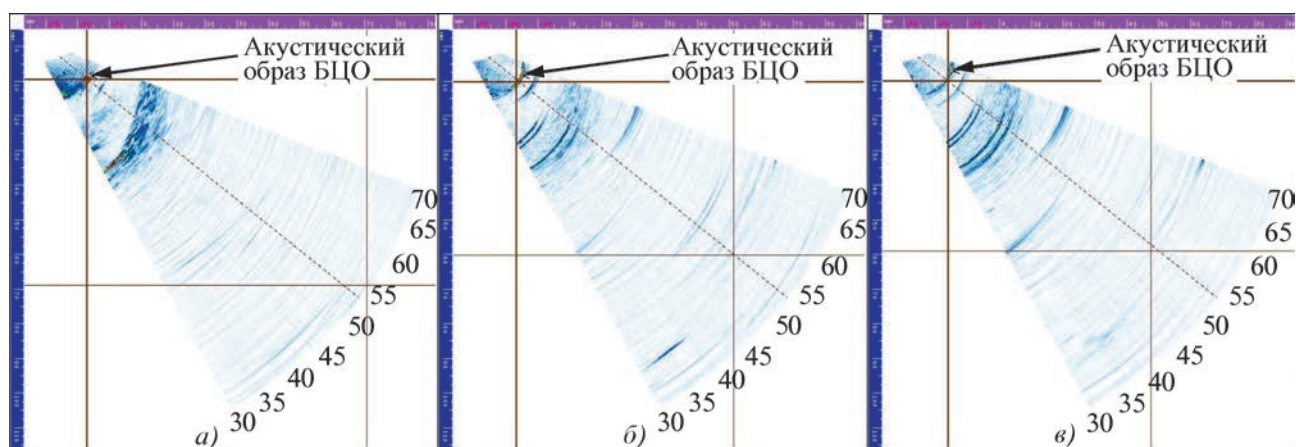


Рис. 5. S-сканы, отражающие влияние фокусного расстояния – выявление отражателя на глубине 10 мм при фокусировке на: а – 10 мм; б – 60 мм; в – 1000 мм

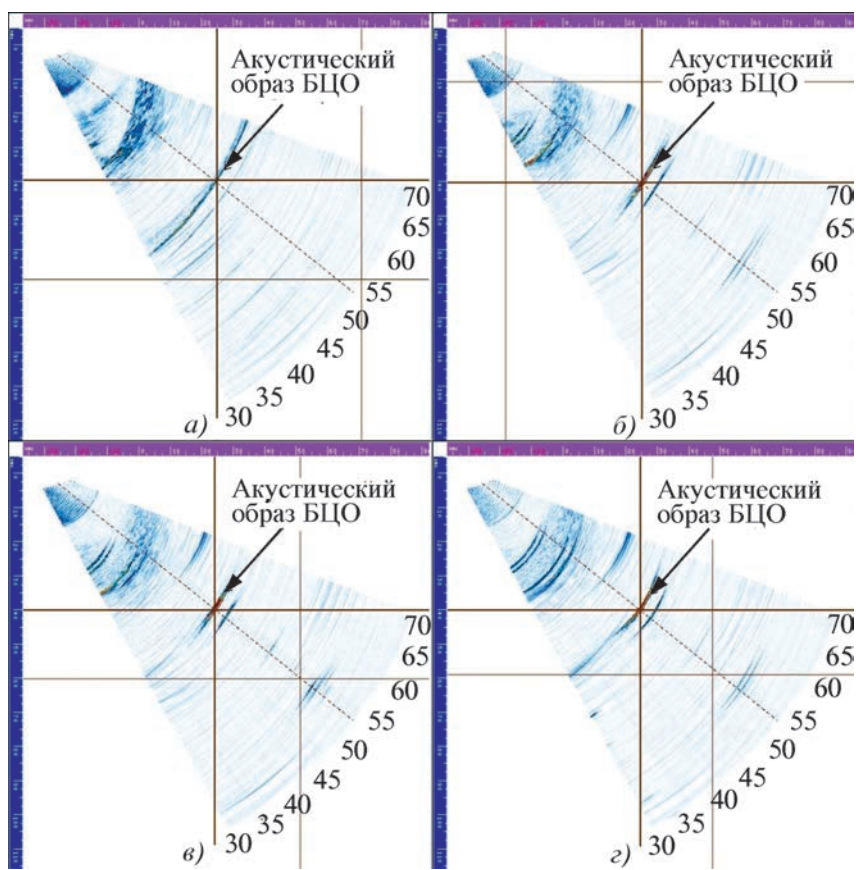


Рис. 6. S-сканы, отражающие влияние фокусного расстояния – выявление отражателя на глубине 40 мм при фокусировке на:
а – 10 мм; б – 30 мм; в – 40 мм; г – 60 мм

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать ряд выводов. Использование большего числа активных элементов апертуры благотворно сказывается на выявляемость отражателей. Угловую разрешающую способность лучше принимать равной 1° , так как ее уменьшение не приведет к значительным изменениям, а только создаст большой массив данных, который может затруднить работу дефектоскопа; увеличение угловой разрешающей способности ведет к ухудшению изображения на S-скане и уменьшению разрешающей способности.

Тип фокусировки влияет на характер изображения на S-скане. Редактированием данного

параметра может пользоваться для обнаружения дефектов, направление которых заранее известно или предполагаемо. Фокусное расстояние значительно влияет на результат контроля. Данный параметр важно не только правильно задать при подготовке к работе, но также изменять при измерении характеристик дефектов для наибольшей точности. Верная настройка параметров контроля обеспечит правильное обнаружение дефектов и измерение их характеристик, а также позволит избежать фиксации ложных сигналов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 23066–79. Устройства управления лучом фазиро-

ванных антенных решеток. Термины и определения. М., 1979.

2. ISO 13588:2012. Non-destructive testing of welds. Ultrasonic testing. Use of automated phased array technology. 2012.

3. Дымкин Г.Я., Цомук С.Р. Физические основы ультразвуковой дефектоскопии: учеб. пособие. СПб.: ПГУПС, 1997. 102 с.

4. Прохоренко А. А. Определение возможностей дефектоскопов с ФАР по фокусировке ультразвукового пучка // В мире неразрушающего контроля. 2014. № 3. С. 56 – 60.

5. Коновалов Р.С., Лохов В.П. Акустические преобразователи для неразрушающего контроля: учеб. пособие. Ч. 1. Излучение и регистрация акустических волн. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. 65 с.

6. Noel Dube. Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications. Canada: R/D Tech, 2004. 376 с.

7. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении. Изд. 4-е, перераб. СПб.: СВЕН, 2014. 312 с.

8. Harfang VEO. URL: <http://www.harfangveo.ru> (дата обращения 05.05.2015).

9. Гурвич А.К., Ермолов И.Н., Сажин С.Г. Неразрушающий контроль. Общие вопросы. Контроль проникающими веществами / под ред. В.В. Сухорукова. М.: Высш. шк., 1992. 241 с.

10. Дефектоскоп ультразвуковой на фазированных решетках X-32. Руководство по эксплуатации. Квебек, Канада.: Harfang Microtechniques. Inc., 2008. 128 с.

11. Данилов В.Н., Воронкова Л.В. Основы теории и некоторые аспекты применения преобразователей с фазированными решетками. М.: Спектр, 2015. 154 с.



только реальность

Ультразвуковой толщиномер УТ907 с А-сканом и В-сканом



www.fpribor.ru
тел/факс: (343) 355-00-53
sale@fpribor.ru

ООО «Инженерный
Центр Физприбор»
620075, г. Екатеринбург,
ул. Восточная, 54

КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ С ПОМОЩЬЮ ГЕОРАДАРНО-ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ



ЕРЕМИН Роман Александрович

Канд. техн. наук, ведущий специалист,
ГБУ «Автомобильные дороги», Москва

Дорожная одежда – это конструктивный элемент автомобильной дороги, состоящий из слоев покрытия и основания (асфальтобетон, щебеночные смеси, песчаный грунт и др.), а также воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно.

Согласно ОДН 218.046–01 [1] дорожную одежду с усовершенствованным покрытием проектируют с таким расчетом, чтобы за межремонтный срок не возникло разрушений и недопустимых отклонений с точки зрения предусмотренных действующими нормативными документами требований к ровности покрытия, остаточным деформациям, а также чтобы воздействие природных факторов не приводило к недопустимым изменениям в ее элементах [1].

Асфальтобетонное покрытие предохраняет дорожную конструкцию от воздействия атмосферных факторов и воспринимает усилия от колес движущегося транспорта. Основание совместно с покрытием обеспечивает перераспределение напряжений в дорожной конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем слое). Дополнительные слои основания также обеспечивают требуемую морозоустойчивость и дренирование дорожной конструкции. Дорожная одежда всегда рассчитывается таким образом, чтобы исключить необоснованный расход дорожно-строительных материалов, поэтому даже незначительное уменьшение расчетных проектных

значений толщины слоев может привести к небезопасности требований по прочности, морозоустойчивости и осушению.

В ходе дорожно-строительных работ толщина слоев дорожной одежды контролируется в локальных точках наблюдения. Например, согласно СП 78.13330.2012 [2] толщину дополнительных слоев основания дорожной одежды и прослоек контролируют вдоль трассы с шагом 100 м в трех точках на поперечнике, толщину уплотненных асфальтобетонных слоев в трех точках на 3000 м² покрытия. Локальный характер контрольных данных по толщине слоев не исключает ситуации, когда в ходе приемки законченного объекта строительства выявляются участки несоответствия толщины слоев дорожной одежды, хотя в ходе операционного контроля эти нарушения выявлены не были. При этом в неудобном положении оказывается высший инженерный состав дорожно-строительных организаций, поскольку он несет наибольшую ответственность за соответствие объекта строительства проектным данным и требованиям нормативно-технических документов.

В качестве примера рассмотрим опыт георадарно-лазерного сканирования участка реконструкции автомобильной дороги. На указанном объекте была устроена новая дорожная одежда. Конструкция представлена двухслойным асфальтобетонным покрытием и основанием, состоящим из асфальтобетона, тощего бетона, щебеночной смеси и песка.

Методика работ включает в себя следующие этапы:

- георадарно-лазерное сканирование;
- назначение мест бурения;
- калибровка георадарных данных с учетом результатов буровых работ;
- подготовка отчетных материалов.

Георадарно-лазерное сканирование предполагает выполнение традиционных мобильного лазерного сканирования и георадарного обследования. Важным условием является обеспечение возможности высокоточной привязки георадарных данных на местности с последующим совмещением результатов съемки обеих систем. На рис. 1 представлен один из примеров комплекса такого обследования.



Рис. 1. Оборудование для георадарно-лазерного сканирования

Синхронизация данных двух систем выполнена на уровне программного обеспечения, благодаря чему георадарные данные были преобразованы в массив и облако точек. На рис. 2 представлен фрагмент трассы с проектными решениями и результатами георадарной съемки толщины пакета асфальтобетонных слоев в виде облака точек. Точки раскрашены по высоте, в данном случае красный цвет – это значения менее 17,0 см, зеленый – более 17,0 см. Данное значение установлено с учетом 20%-ного отклонения в меньшую сторону относительно проектного (максимально допустимое отклонение по СП 78.13330.2012 [2] – 10 %). Представленные георадарные данные в виде облака точек были записаны при значении диэлектрической проницаемости асфальтобетона, равном 6, принятом на основании опытно-практических данных [3]. Не следует считать, что полученные с помощью георадара значения толщины слоев являются абсолютными. Поскольку исходная диэлектрическая проницаемость задана условно, на рис. 2 можно увидеть только местоположение участков с наименьшей толщиной, на которых целесообразно выполнить буровые работы.

На основании полученных георадарных данных, на плане с проектными решениями было назначено 19 участков для выполнения буровых работ по критерию наименьшей толщины. Отбор кернов показал отклонение в меньшую сторону толщины пакета асфальтобетонных слоев на разных участках от 18,25 до 23,25 %. Это практически вдвое выше максимально допустимого по СП 78.13330.2012 [2] значения в 10 %. Максимальное отклонение от проектных значений в меньшую сторону составило по верхнему слою покрытия 54 %, по нижнему слою покрытия – 53,33 %, по верхнему слою основания – 57,78 %, по пакету асфальтобетонных слоев в целом – 36,67 %.

Результаты обора кернов по представленному примеру говорят о грубом нарушении технологии выполнения дорожно-строительных работ.

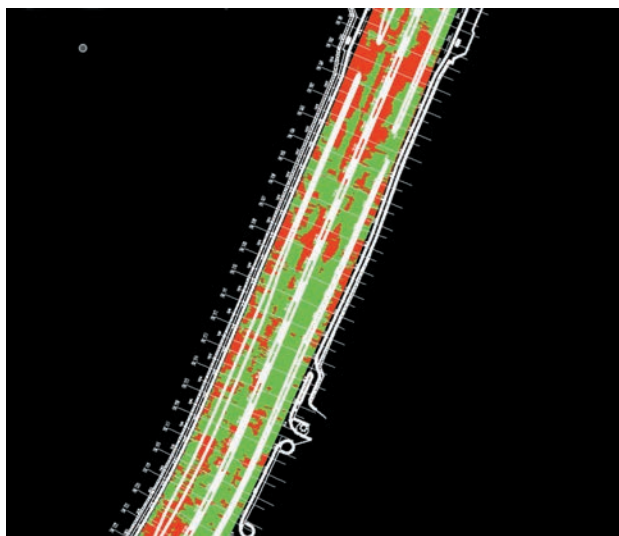


Рис. 2. Преобразование георадарных данных в облако точек: красный цвет – толщина слоя асфальтобетона менее 17 см; зеленый цвет – более 17 см

Как показывает практика георадарных обследований [4], обеспечить выполнение требований СП 78.13330.2012 [2] в части максимально допустимых отклонений по толщине слоев дорожной одежды относительно проектных данных очень сложно. Поскольку несоответствие по толщине слоев встречается довольно часто, технически целесообразно рассмотреть вопрос о введении более жестких требований в методику расчета дорожных одежд, повышающих коэффициенты запаса на прогиб, сдвиг и изгиб. Отклонения по толщине слоев в 5 и 10 %, допустимые по СП 78.13330.2012 [2], не заложены в методику расчета по ОДН 218.046–01 [1]. Как ранее было сказано, расчетные значения толщины слоев по проекту подбираются с учетом требований об экономии материалов, поэтому конструкция дорожной одежды зачастую имеет минимальные коэффициенты запаса.

Подробные данные с результатами отбора кернов в назначенных с помощью георадара местах представлены в таблице.

По результатам отобранных кернов была установлена фактическая диэлектрическая проницаемость, которая составила 5,2 для асфальтобетона. Аналогичные работы были выполнены и по другим слоям дорожной одежды.

Откалиброванные георадарные данные были преобразованы в массив точек и загружены в файл с проектными решениями. Ввиду большого количества точек в отчетных материалах были представлены только результаты по толщине слоев с шагом поперечных профилей 20 м (рис. 3).

Калибровка георадарных данных по результатам буровых выработок позволяет снизить погреш-



Рис. 3. Фрагмент плана с результатами георадарной съемки толщины асфальтобетона: толщина слоя асфальтобетона указана в виде точек с подписями, шаг поперечников 20 м вдоль трассы

ность измерений при определении толщины слоев, однако такая методика производства работ имеет высокую себестоимость и негативно влияет на долговечность дорожной конструкции, при этом, чтобы проверить откалиброванные результаты георадарной съемки, придется снова использовать разрушающие технологии контроля. В настоящее время предложена возможность выполнения точных измерений толщины слоев дорожной одежды с помощью георадарного оборудования без бурения [5]. Идея заключается в применении метода общей глубинной точки, однако для ее реализации требуется выполнить цикл научно-исследовательских и конструкторских работ. Серийного производимого оборудования, описанного в патенте [5], не существует как в нашей стране, так и за рубежом.

Выводы

1. Даже незначительное уменьшение расчетных проектных значений толщины слоев дорожной одежды может привести к необеспеченности требований по прочности, морозоустойчивости и осушению.
2. Георадарно-лазерное сканирование позволяет выявить отклонения от проектных значений по толщине слоев вновь устроенной дорожной одежды, которые не всегда возможно установить с помощью традиционных методов контроля соответствия выполненных дорожно-строительных работ.
3. По результатам приемки объекта реконструкции с устройством новой дорожной одежды с помощью георадара было установлено отклонение в меньшую сторону толщины пакета асфальтобетонных слоев на разных участках от 18,25 до 23,25 %, максимальное отклонение от проектных значений в меньшую сторону составило по верхнему слою покрытия – 53,33 %, по нижнему слою покрытия – 53,33 %, по верхнему слою основания – 57,78 %, по пакету асфальтобетонных слоев в целом – 36,67 %.
4. Поскольку несоответствие по толщине слоев встречается довольно часто, технически целесообразно рассмотреть вопрос о введении более жестких требований в методику расчета дорожных одежд, повышающих коэффициенты запаса на прогиб, сдвиг и изгиб.

Результаты отбора кернов в назначенных с помощью георадара местах

№ керна	Верхний слой покрытия, мм		Отклонение, %	Нижний слой покрытия, мм		Отклонение, %	Верхний слой основания, мм		Отклонение, %	Общая толщина, мм		Отклонение, %	
	Проект	Факт		Проект	Факт		Проект	Факт		Проект	Факт		
Основной ход	1	50	24	-52	70	59	-15,71	90	50	-44,44	210	133	-36,67
	2	50	45	-10	70	66	-5,71	90	72	-20,00	210	183	-12,86
	3	50	39	-22	70	61	-12,86	90	48	-46,67	210	148	-29,52
	4	50	41	-18	70	50	-28,57	90	72	-20,00	210	163	-22,38
	5	50	43	-14	70	51	-27,14	90	71	-21,11	210	165	-21,43
	6	50	42	-16	70	42	-40,00	90	60	-33,33	210	144	-31,43
	7	50	57	+14	70	60	-14,29	90	67	-25,56	210	184	-12,38
	8	50	70	+40	70	55	-21,43	90	66	-26,67	210	191	-9,05
	9	50	60	+20	70	45	-35,71	90	63	-30,00	210	168	-20,00
	10	50	48	-4	70	59	-15,71	90	40	-55,56	210	147	-30,00
	11	50	60	+20	70	53	-24,29	90	60	-33,33	210	173	-17,62
	12	50	47	-6	70	50	-28,57	90	38	-57,78	210	135	-35,71
Усредненные значения	50	48	-4	70	54,25	-22,50	90	58,92	-34,54	210	161,17	-23,25	
Дублер	13	50	40	-20	60	72	+20,00	70	67	-4,29	180	179	-0,56
	14	50	44	-12	60	63	+5,00	70	93	+32,86	180	200	+11,11
	15	50	59	+18	60	31	-48,33	70	45	-35,71	180	135	-25,00
	16	50	45	-10	60	52	-13,33	70	43	-38,57	180	140	-22,22
	17	50	45	-10	60	28	-53,33	70	57	-18,57	180	130	-27,78
	18	50	23	-54	60	50	-16,67	70	45	-35,71	180	118	-34,44
	19	50	41	-18	60	55	-8,33	70	32	-54,29	180	128	-28,89
Усредненные значения	50	42,43	-15,14	60	50,14	-16,43	70	54,57	-22,04	180	147,14	-18,25	

5. В целях обеспечения возможности выполнения точного неразрушающего контроля толщины слоев необходима доработка георадарного оборудования под возможности работы по методу общей глубинной точки, это позволит отказаться от большого количества буровых работ и положительно скажется на долговечности дорожных конструкций.

Библиографический список

1. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 46-83). М., 2001.
2. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. М., 2012.
3. Кулижников А.М., Еремин Р.А. О диэлектрической проницаемости при выполнении георадарных работ // 10-я Международная научно-практическая конференция и выставка «Инженерная геофизика 2014». Геленджик, 2014.
4. Кулижников А.М., Еремин Р.А. Степень качества // Дорожная держава. 2015. № 61. С. 23 – 27.
5. Пат. 166300 U1 Российская Федерация, МПК G01B 15/02 (2006/01). Устройство для определения толщины асфальтобетона (бетона) на базе георадарного оборудования / Р.А. Еремин; заявитель и патентообладатель Р.А. Еремин; № 2016107853/28; заявл. 03.03.2016; опубл. 20.11.2016 // Бюл. 2016. № 32.

КОНСТАНТА®
приборы неразрушающего контроля

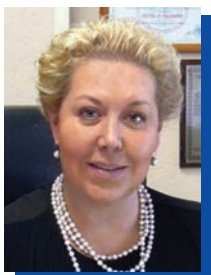
ПОСТОЯНСТВО В РАЗВИТИИ

Электромагнитные
и ультразвуковые
толщиномеры,
твердомеры.

constanta.ru



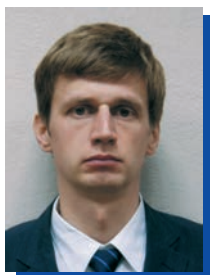
РОЛЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



БЫСТРОВА

Наталья Альбертовна

Д-р техн. наук, руководитель подразделения «СертиНК» ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана», Москва



ТРАВКИН

Андрей Александрович

Канд. техн. наук, заместитель руководителя подразделения «СертиНК» ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана», Москва

В стремительно преобразующихся реалиях постиндустриального общества человеку требуется постоянно пополнять и обновлять свои знания, поэтому все большую актуальность приобретают разработка и освоение моделей непрерывного обучения, профессиональной подготовки и повышения квалификации.

На сегодняшний день проблема профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов очень актуальна. Особенно эта проблема значима в области обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов. Актуальность проблемы в этой области определяется значительным износом производственных фондов и ограниченными возможностями их обновления. В этих условиях квалифицированное решение проблемы возможности дальнейшей безопасной эксплуатации опасных производственных объектов, с одной стороны, обеспечит функционирование промышленности, с другой — исключит возникновение техногенных аварий и катастроф. Возможность дальнейшей безопасной эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений определяется при техническом диагностировании, которое может проводиться как в рамках экспертизы промышленной безопасности, так и в виде самостоятельной процедуры.

Стоит обратить внимание на ограниченность случаев, при которых обязательно проведение экспертизы промышленной безопасности. В соответствии с п. 6. ФНП «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» техническое

устройство, применяемое на опасном производственном объекте, подлежит экспертизе (если техническим регламентом не установлена иная форма оценки соответствия указанного устройства обязательным требованиям):

- до начала применения на опасном производственном объекте;
- по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленного его производителем;
- при отсутствии в технической документации данных о сроке службы такого технического устройства, если фактический срок его службы превышает двадцать лет;
- после проведения работ, связанных с изменением конструкции, заменой материала несущих элементов такого технического устройства, либо после восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых было повреждено такое техническое устройство.

При этом повторное проведение экспертизы промышленной безопасности технического устройства по истечении срока, установленного в заключении экспертизы промышленной безопасности, на законодательном уровне не регламентировано. Если рассматривать оборудование, работающее под избыточным давлением, то в соответствии с п. 417 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утвержденных приказом Ростехнадзора от 25.03.2014 № 116, по результатам экспертизы промышленной безопасности оформляется заключение, содержащее выводы о соответствии объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности и возможности продления срока безопасной эксплуатации до очередного технического диагностирования или утилизации. Таким образом, техническое устройство, если оно не подвергалось ремонту, изменению конструкции, в отношении которого была проведена экспертиза промышленной безопасности, в дальнейшем подвергается только техническому диагностированию.

Учитывая, что большинство технических устройств отработало назначенный ресурс и в отношении них работы по экспертизе промышленной безопасности уже выполнены, то техническое диагностирование на сегодняшний день является основным инструментарием для обеспечения безопас-

ной эксплуатации технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах. В этих условиях уместным является вопрос о дополнительном профессиональном образовании в части технического диагностирования, так как основной объем работ по обеспечению безопасной эксплуатации технических устройств приходится не на экспертизу промышленной безопасности, а на техническое диагностирование и неразрушающий контроль.

Ведущая роль технического диагностирования при обеспечении промышленной безопасности технических устройств, зданий и сооружений закреплена законодательно приказом Ростехнадзора № 316 от 18.08.2016 г., о внесении изменений в федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности». Пунктом 21.2 приказа Ростехнадзора № 316 от 28.07.2016 г. регламентирован перечень мероприятий, которые включают в себя процедуру технического диагностирования технических устройств. Анализируя данный перечень, можно определить, какими знаниями должен обладать специалист по техническому диагностированию. В соответствии с п. 21.1 приказа Ростехнадзора № 316 от 28.07.2016 г. техническое диагностирование включает следующие мероприятия:

- визуальный и измерительный контроль, оценка выявленных дефектов на основании результатов визуального и измерительного контроля. Для проведения данных мероприятий специалист по техническому диагностированию должен иметь квалификацию специалиста по визуальному и измерительному контролю не ниже второго уровня;
- оперативное (функциональное) диагностирование для получения информации о состоянии, фактических параметрах работы, фактического нагружения технического устройства в реальных условиях эксплуатации; определение действующих повреждающих факторов, механизмов повреждения и восприимчивости материала технического устройства к механизмам повреждения. В рамках данного этапа специалист по техническому диагностированию должен иметь знания в области устройства, условий нагружения, принципа и характеристик работы конкретного оборудования, подлежащего техническому диагностированию. Специалист, проводящий техническое диагностирование, должен знать основные повреждающие факторы, характерные для эксплуатации технического устройства, и области конструкции, наиболее подверженные повреждению;
- выбор методов неразрушающего или разрушающего контроля, наиболее эффективно выявляющих дефекты, образующиеся в результате воздействия установленных механизмов повреждения, неразрушающий контроль или разрушаю-

щий контроль металла и сварных соединений технического устройства, оценку выявленных дефектов на основании результатов проведения неразрушающего или разрушающего контроля. Для выполнения данных работ специалист по техническому диагностированию должен знать возможности и область применения различных методов неразрушающего и разрушающего контроля. Специалист должен владеть терминологией, используемой для описания дефектов, знать и уметь использовать документацию, устанавливающую нормы качества для конкретного оборудования;

- исследование материалов технического устройства. Специалист по техническому диагностированию должен уметь проводить оценку результатов химического анализа и металлографических исследований;
- расчетные и аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния технического устройства, включающие анализ режимов работы и исследование напряженно-деформированного состояния, оценку остаточного ресурса (срока службы). Выполнение данных мероприятий требует наличия у специалиста по техническому диагностированию наиболее наукоемких знаний. Специалист по техническому диагностированию должен владеть основами теории надежности, уметь строить и применять различные математические модели для прогнозирования ресурса, в том числе модели, использующие вероятностно-статистический метод оценки ресурса, а также математические модели, основанные на кинетических и эволюционных уравнениях накопления повреждений, уравнений линейной и нелинейной механики разрушения и т.д.

Таким образом, область профессиональных навыков специалиста по техническому диагностированию предполагает владение как глубокими теоретическими знаниями в области прогнозирования, так и практическими навыками оценки технического состояния конструкции.

Несмотря на определяющую роль знаний в области технического диагностирования, неразрушающего и разрушающего контроля при обеспечении промышленной безопасности технических устройств, зданий и сооружений, на законодательном уровне требования к объему этих знаний, к форме их получения и документам, их подтверждающим, отсутствуют. Обеспечить высокий уровень профессиональных знаний, охватывающих теорию, методы и средства определения технического состояния объектов, можно только развитием системы обязательного дополнительного профессионального образования.

Кроме необходимости наличия узкоспециализированных знаний для специалиста в области промышленной безопасности существует проблема постоянной их актуализации. Нормативно-пра-

вовая база, содержащая требования к промышленной безопасности, претерпевает постоянные изменения. В этих условиях только система дополнительного профессионального образования в области промышленной безопасности обеспечит высокий уровень профессиональных знаний специалиста по техническому диагностированию, возможность практического их применения и соответствие текущим требованиям нормативно-технических документов.

В отличие от системы экспертизы промышленной безопасности в системе неразрушающего контроля законодательно закреплены требования по обязательному наличию у специалистов, выполняющих неразрушающий контроль, специальной подготовки. Данное требование включено в качестве обязательного для кандидатов, проходящих аттестацию в качестве специалиста неразрушающего контроля. В соответствии с Приложением 2 ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля» кандидат, проходящий аттестацию, должен документально подтвердить прохождение специализированных курсов по методам неразрушающего контроля в объеме от 24 до 80 часов.

Понимание важности дополнительного профессионального образования отражено и в системе дополнительной аттестации специалистов, выполняющих работы на объектах ОАО «АК «Транснефть». В соответствии с п. 7.3 изменений № 1 к ОР-03.120.00-КТН-063-15 «Требования к аттестации специалистов неразрушающего контроля, выполняющих работы на объектах организаций системы «Транснефть», обязательным требованием к кандидату, впервые получающему разрешение, является прохождение курса очного обучения по конкретному методу в учебном центре, имеющем лицензию на образовательную деятельность, в объеме от 40 до 180 часов, включающего в себя практический курс в объеме от 24 до 40 часов соответственно.

Дополнительное профессиональное образование в области промышленной безопасности должно проводиться с отрывом от производства в объеме не менее 72 часов и предусматривать как рассмотрение теоретических вопросов определения безопасной эксплуатации, так и практические работы в области технического диагностирования, неразрушающего контроля, определения напряженно-деформированного состояния и расчетов остаточного ресурса.

Стоит также отметить, что дополнительное профессиональное образование в высокотехнологичных сферах, к которым относится промышленная безопасность, требует сочетания теоретического обучения и практической подготовки, проводимой с использованием современного оборудования, реализующего перспективные методы и подходы оценки технического состояния. В теоретической части курса необходимо затрагивать вопросы, связанные с

особенностями интерпретации нормативно-технических документов и юридическими аспектами деятельности подготавливаемого специалиста. Очевидно, что наиболее эффективно данные услуги могут быть оказаны на базе учебных центров, интегрированных с ведущими научными центрами и высокотехнологичными предприятиями.

Программа дополнительного профессионального образования специалистов в области технического диагностирования, проводящих экспертизу технических устройств, зданий и сооружений, должна включать в себя курс лекций и практических занятий по технологии проведения визуального и измерительного контроля, методам оценки дефектов, выявленных по результатам проведения визуального и измерительного контроля. Кроме этого программа должна предусматривать освещение вопросов, связанных с областью применения методов неразрушающего контроля, ознакомление с характерными дефектами, обнаруживаемыми конкретным методом неразрушающего контроля, возможностями конкретного метода с точки зрения выявляемости дефектов, нормами оценки обнаруженных дефектов. Отдельным разделом программы дополнительного профессионального образования экспертов необходимо предусмотреть раздел, разбирающий особенности работы машин и механизмов, основные механизмы повреждения материала и основные типы дефектов, возникающих в процессе эксплуатации конкретных технических устройств, подлежащих экспертизе промышленной безопасности. В обязательном порядке программа подготовки должна содержать раздел обучения по проведению расчетных и аналитических процедур оценки и прогнозирования технического состояния технических устройств, включающий исследование напряженно-деформированного состояния.

На наш взгляд, создание системы дополнительного профессионального образования в области промышленной безопасности будет определять повышение качества навыков и умений профессионального сообщества и, как следствие, будет способствовать снижению вероятности возникновения аварий и катастроф техногенного характера. Система дополнительного профессионального образования в области промышленной безопасности обеспечит становление специальности «Специалист по техническому диагностированию» и постоянную актуализацию знаний работающих специалистов в соответствии с достижениями науки и техники в области методов и средств прогнозирования срока безопасной эксплуатации машин и механизмов. Эффективность деятельности структур дополнительного профессионального образования обеспечивается регулирующим и опережающим характером содержания обучения, формированием на существенных профессиональных компетенций, ориентацией на развитие специалиста как личности и индивидуализацией учебного процесса. ■

+7 (499) 267-34-56

WWW.SERTINK.RU



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

- ▶ **Аттестация / сертификация персонала в области НК (по российским и международным стандартам).**
- ▶ **Дополнительная аттестация специалистов НК, работающих на объектах ПАО «Транснефть».**
- ▶ **Дополнительное профессиональное образование по направлениям:**
 - техническое диагностирование;
 - неразрушающие методы контроля металлов и сварных соединений (в соответствии с требованиями профессионального стандарта «Специалист по НК»);
 - радиационная безопасность при эксплуатации радиационных источников.
- ▶ **Аттестация лабораторий НК.**
- ▶ **Аккредитация испытательных лабораторий и экспертных организаций.**
- ▶ **Энергоаудит.**
- ▶ **Повышение квалификации по направлениям:**
 - строительный контроль при строительстве, реконструкции и капремонте магистральных трубопроводов, резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, промышленных и технологических трубопроводов;
 - технический контроль при изготовлении продукции;
 - обеспечение требований санитарно-эпидемиологических норм и норм пожарной безопасности при строительстве зданий, сооружений и строений.
- ▶ **Специальная оценка условий труда.**
- ▶ **Неразрушающий контроль и техническое диагностирование.**



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





WCNDT
2020
SEOUL

WCNDT 2020 SEOUL

20th World Conference on Non-Destructive Testing

8~12 June 2020
Coex, Seoul, Korea



Invitation

Dear Friends and Colleagues of the world NDT community,

It is our great honor for us to invite you to attend the 20th World Conference on Non-Destructive Testing (WCNDT 2020) hosted by the Korean Society for Nondestructive Testing (KSNT) to be held in Seoul, South Korea in June 2020 in association with ICNDT.

The Organizing Committee will provide a dynamic technical program which will be highly informative for every participant. The conference will be the place to interchange and integrate of professional colleagues from all around the world with an interest in this field.

We are so confident that the 20th WCNDT will turn to be one of the most successful platform for networking people and inspiring new technical ideas with the support from all of you.

Seoul is the capital of South Korea as well as the nation's symbolic icon providing the opportunity for visitors to experience mixed atmosphere of ancient Asian culture and world class city life.

We look forward to meeting you all in Seoul, South Korea in June 2020.
"Welcome! 환영합니다(Hwan-Young-Hab-Ni-Da)!"

Sincerely yours,



Dr. Manyong Choi
President of KSNT



Prof. Yoonho Cho
President of the 20th WCNDT



About KSNT

The Korean Society for Nondestructive Testing was established in March, 1980, for the purpose of facilitating academic research and promoting practical applications of the nondestructive testing techniques. The Society was recognized as an incorporated body by the Korean Ministry of Science and Technology in June, 1981. As of March, 2013, the Society has 2,471 members, 184 student members, and 131 corporate members.

International Activities

Regular member of ICNDT(International Committee for NDT)

International conference organized/ sponsored by KSNT

- 1st, 4th, 7th FENDT(Far East Conference on NDT) 1991, 1997, 2006
- 1st and 2nd ANDE(International Conference of the Advances in NDE) 2005, 2007
- 11th APCNDT(Asia-Pacific Conference on NDT) 2003
- 20th WCNDT(World Conference on NDT) 2020

Publications

Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing Bi-monthly including two issues in English

Seoul, a Metropolitan City with Tradition and History

Seoul, located to the west of the central region of the Korean Peninsula, has over the centuries assumed great strategic importance in the nation's politics, economy, society and culture. With more than 600 years of history as the nation's capital, Seoul has become both a metropolitan city with a population of over 10 million and a vibrant city full of tradition and history.

Seoul provides all the possible conveniences and world-class facilities of an international megalopolis that it is today, and 1,400 flights scheduled every week from major cities will make your visit to Seoul, Korea more convenient and easy.



COEX, a Global Leader of the MICE industry



The 20th World Conference on Non-Destructive Testing (WCNDT 2020) will be held at the COEX (Convention and Exhibition Center), one of the largest convention and exhibition centers in South Korea. COEX has provided a global exchange platform through exhibitions and international conferences and has become the MICE business hub of Asia and the greatest exhibition venue and tourist attraction with a range of infrastructures for global business.

Contacts

The Korean Society for Nondestructive Testing

E-mail ksnt@ksnt.or.kr Tel +82-2-563-7564 Fax +82-2-582-2743

Website www.wcndt2020.com

KOFST Center Suite 903, 22, 7 Gil, Teheran-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-703, South Korea

Sponsored by



РЕКЛАМОДАТЕЛЯМ

Редакция журнала приглашает к сотрудничеству рекламодателей. Информация о вас, о вашем оборудовании, ваших технологиях, услугах, разработках и исследованиях в области неразрушающего контроля и технической диагностики будет донесена до специалистов и потребителей одновременно как минимум в 11 странах. Есть возможность предложить свою продукцию и услуги не только в рекламных блоках, но и путем публикации развернутых материалов и отчетов.

Размещение рекламы в журнале «Территория NDT»

Местоположение рекламного модуля	Занимаемое место на полосе (обрезной формат)	Стоимость размещения, руб. (без НДС)
ОБЛОЖКА		
1-я страница	210 x 180 мм	65 000
2-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	55 000
3-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	42 000
4-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	60 000
МОДУЛЬ ВНУТРИ ЖУРНАЛА		
1-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	55 000
2-я страница	1/1 (210 x 290 мм)	48 000
Расположение по усмотрению редакции	1/1 (210 x 290 мм) 1/2 (210 x 145 мм) 1/3 (210 x 100 мм)	32 000 18 000 15 000
СТАТЬЯ		
Расположение по усмотрению редакции	1 страница 2 страницы 3 страницы	30 000 36 000 48 000

Действует гибкая система скидок.

Требования к принимаемым рекламным модулям

Рекламный модуль	Размер рекламного блока после обрезки	Размер рекламного блока с полями под обрезку
1-я полоса обложки	210 x 180 мм	215 x 180 мм
1/1 полосы	210 x 290 мм (вертикальное расположение)	220 x 300 мм
1/2 полосы	145 x 210 мм (горизонтальное расположение)	155 x 220 мм
1/3 полосы	100 x 210 мм (горизонтальное расположение)	110 x 220 мм
Тип файла	PDF, EPS, TIFF, PSD	
Разрешение и цветовая модель	CMYK, не менее 300 dpi, без сжатия	

Подробную информацию о журнале, архив номеров и последние новости вы найдёте на сайте журнала «Территория NDT» – www.tndt.idspektr.ru

АВТОРАМ

Редакция журнала приглашает к сотрудничеству авторов. Статьи (обзорные, популярные, научно-технические, дискуссионные) присылайте в редакцию в электронном виде. Статьи нерекламного содержания в журнале «Территория NDT» публикуются бесплатно. Объем статьи, предлагаемой к публикации, не должен превышать 10 страниц текста формата А4, набранного через полтора–два интервала, 11 – 12 кегель.

Требования к принимаемым статьям

В редакцию предоставляются:

1. Файл со статьей.
Статья должна быть набрана в текстовом редакторе Microsoft Word, (формат А4, полтора–два интервала, 11 – 12 кегель, шрифт Times New Roman).
В начале статьи обязательно набрать фамилии, имена и отчества авторов полностью (приветствуется указание ученых степеней и званий автора (если есть), место работы, должность).
2. Фотографии авторов статьи (отдельные файлы).
3. Иллюстрации в виде отдельных файлов – DOC, PDF, TIFF, JPEG с максимально возможным разрешением (рекомендуется 600 dpi).
4. Для заключения авторского договора на каждого автора необходимо указать: паспортные данные с кодом подразделения, адрес прописки с индексом, дату рождения, контактный телефон, e-mail (отдельный файл Microsoft Word).

Присылая статью в редакцию для публикации, авторы выражают согласие с тем, что:

- статья может быть размещена в Интернете;
- авторский гонорар за публикацию статьи не выплачивается.

По всем вопросам размещения рекламы и статей в журнале «Территория NDT» просим обращаться по телефону **+7 (499) 393 30 25** или по электронной почте: **tndt@idspektr.ru**

КАК ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ

Оформить подписку на журнал «Территория NDT» можно через редакцию журнала, начиная с любого номера. Отправьте заявку в отдел реализации по e-mail: **zakaz@idspektr.ru** с указанием следующих данных:

1. Журнал «Территория NDT»
2. Количество экземпляров
3. Название организации (для юридических лиц)
4. Почтовый адрес
5. Юридический адрес (для юридических лиц)
6. ИНН, КПП предприятия, банковские реквизиты (для юридических лиц)
7. Телефон (с кодом города), факс
8. Адрес электронной почты (e-mail)
9. Фамилия, имя, отчество
10. Способ доставки (почтой*, самовывоз**)

* При доставке почтой стоимость услуги отправки почтой составит 250 руб. за 1 экземпляр журнала. При заказе более двух номеров стоимость услуги уточните в редакции.

** При самовывозе журнал предоставляется бесплатно.

Самовывозом журнал получают в редакции журнала по адресу: **Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1, офис 2319.**

Телефон отдела реализации: **(495) 514 26 34**
Телефоны редакции: **(499) 393 30 25, (495) 514 76 50**

Уважаемые дамы и господа, мы будем рады видеть Вас среди наших постоянных читателей, авторов, спонсоров и рекламодателей. Мы готовы обсудить любые формы сотрудничества и взаимодействия. Надеемся, что страницы нашего журнала станут постоянной территорией для обмена информацией и опытом в области неразрушающего контроля и технической диагностики.