ISSN 2225-5427

Территория NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

4, 2026
октябрь – декабрь (60)

ООО «ДНТЦ «ДЕФЕКТОСКОПИЯ»
РАЗРАБОТКА • ПРОИЗВОДСТВО • ПОСТАВКА СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



Измеритель Концентрации Суспензии ИКС-1.2

В каждую магнитную лабораторию неразрушающего контроля!

Прибор внесен в Госреестр
Регистрационный № 99603-26

+7-495-544-46-50
+7-499-707-17-18
+7-916-949-76-85

infobox747@mail.ru
infobox747@yandex.ru
www.ndtmag.ru

СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ДЕСЯТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

КРОПУС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

sales@kropus.com
8 (495) 229 42 96 | 8 (800) 500 62 98

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ДЕФЕКТОСКОПЫ

НА ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТКАХ

Эргономичный дизайн,
высокое качество сборки
и простота в использовании.

Гарантия 3 года



УСД-46ФР

реклама

УСД-60ФР-16/128



УСД-60ФР



ВСЕ МОДЕЛИ НА
www.kropus.com

Спектр
Издательский дом

В. М. Ушаков, Л. В. Поезжаева, А. С. Щербань

КАПИЛЛЯРНЫЙ КОНТРОЛЬ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ISBN 978-5-4442-0217-3. Формат - 60x88 1/8, мягкий переплет, 120 страниц, год издания - 2027.

Показана история возникновения и развития капиллярного неразрушающего контроля. Дано описание физических основ капиллярного контроля. Представлены основные процессы проведения контроля. Приведена технология капиллярного контроля опасных объектов промышленности. Процедуры контроля иллюстрируются многочисленными фотографиями. Приведены типовые фотографии индикаторных следов несплошностей и дефектов. Отличительной особенностью учебного пособия является рассмотрение нормативных и методических документов, предназначенных для проведения капиллярного контроля опасных объектов промышленности. Примеры технологических карт контроля кратко излагают технологию капиллярного контроля.

Книга предназначена для подготовки специалистов в области организации и проведения капиллярного контроля, а также разработки технологической документации по контролю деталей и узлов технических устройств различных видов при изготовлении, капитальном ремонте, техническом обслуживании и при оценке технического состояния конструкций техники, претерпевшей недопустимые перегрузки в процессе эксплуатации.

Книга может быть использована в качестве пособия для подготовки студентов и специалистов, обучающихся по направлениям технической диагностики, контроля качества и безопасности изделий и конструкций.



Книга издана при финансовой поддержке компании:

КРОПУС
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

www.idspektr.ru

реклама

119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. ООО «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. Интернет магазин Https://www.id-spektr.ru



XIV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

Крупнейшая специализированная выставка средств и технологий неразрушающего контроля, технической диагностики, мониторинга состояния и оценки ресурса на территории СНГ и стран Азии

15+
КРУГЛЫХ СТОЛОВ С УЧАСТИЕМ ЭКСПЕРТОВ

3000+
РУКОВОДИТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ

50+
КОМПАНИЙ - ЛИДЕРОВ В ОБЛАСТИ НК И ТД

RONKTD.RU
EXPO.RONKTD.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЕ СПОНСОРЫ ФОРУМА

КОНСТАНТА ECHOPLUS

ISSN 2225-5427. Территория NDT. 2026. №4 (октябрь – декабрь). 1- 64

Главный редактор
Клюев В.В.
(Россия, академик РАН)
Заместитель главного редактора:
Клейзер П.Е. (Россия)
Редакционный совет:
Аугутис В. (Литва)
Гафуров Б.К. (Узбекистан, заместитель председателя совета УзОНК)
Заитова С.А. (Казахстан, президент СРО КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР)
Клюев С.В. (Россия, вице-президент РОНКТД)
Кожаринов В.В. (Латвия, президент LNTB)
Маммадов С. (Азербайджан, президент АОНК)
Муравин Б. (Израиль, зам. президента INA TD&CM)
Ригишвилли Т.Р. (Грузия, президент GEONDT)
Скордев А.Д. (Болгария, почетный председатель BGSNDT)
Редакция:
Клейзер Н.В., Сидоренко С.В.
Адрес редакции:
119048, Москва,
ул. Усачева, д. 35, стр. 1,
ООО «Издательский дом «Спектр»,
редакция журнала «Территория NDT»
Http://www.tndt.idspektr.ru
E-mail: tndt@idspektr.ru
Телефон редакции +7 (499) 393-30-25
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47005
Учредители:
АО Московское научно-производственное объединение «СПЕКТР» (АО 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 21 сентября 2026
Подписано в печать 22 октября 2026
Формат 60x88 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.
Распространяется бесплатно.

Редакция не несет ответственность за достоверность информации, опубликованной в рекламных материалах.

Статьи публикуемые в журнале, не рецензируются. Мнение авторов может не совпадать с мнением редакции.

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

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

Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

4 (октябрь – декабрь), 2026

ВЫСТАВКИ. СЕМИНАРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ

XXIV Всероссийская научно-техническая конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике. Отчеты о работе секций (продолжение) 2

Федоров А.В. О работе круглого стола «Подготовка специалистов высшей квалификации по научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» 14

Беседы с участниками Международного салона инноваций 2026 16

ИНТЕРВЬЮ НОМЕРА

Бизнес в стиле фанк, или как творить по душе. Интервью с Е.А. Волковым, руководителем ООО «Сканикс Русланд» 24

ФОТОАЛЬБОМ ДЕФЕКТОВ С ОПИСАНИЕМ 28

ПОЗДРАВЛЯЕМ

В.Г. Бадаляну — 85 лет! 32

К.Е. Аббакумову — 75 лет! 33

О.Н. Будадину — 75 лет! 34

С.Г. Сандомирскому — 70 лет! 35

А.И. Потапову — 90 лет! Жизнь в науке 36

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Пепеляев А.В. Двойные матричные фазированные решетки и их применение при коррозионном мониторинге 42

Семеренко А.В. ПО «ИНТЕРСКАН» — новые возможности контроля соединений трубных элементов 46

Исмагилов М.М., Хайруллин А.А., Костанянц В.А. Тангенциальная радиография при контроле коррозии и эрозии труб: проблематика, область применения и нормативные перспективы 52

ИСТОРИЯ НК

Бобров В.Т. У истоков ультразвукового контроля сварных швов труб в поточных линиях трубоэлектросварочных станов 56

Первый в СССР цельносварной мост: строительство, испытания и вклад лаборатории В.П. Вологдина 62

© ООО «Издательский дом «Спектр», 2026

XXIV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ (Москва, 13–15 мая 2026 г.)

Отчеты о работе секций (продолжение*)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ НК НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ. АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Секция, посвященная акустическим методам контроля, модератором которой был д-р техн. наук Д. С. Тихонов (ООО «НПЦ «ЭХО+»), собрала наибольшее количество докладов. Заявлено было 27 докладов, однако выступить смогли только 24 спикера. В зале собралось более 60 профессионалов, среди которых бóльшую часть представляли специалисты в области применения ультразвуковых технологий.

В первом докладе «Применение импульсной акустической микроскопии для решения задач прочности ПКМ» Т. Б. Рыжова (ЦАГИ им. проф. Н. Е. Жуковского) рассмотрела применение импульсной акустической микроскопии (50–100 МГц) для исследования процессов повреждаемости полимерно-композиционных материалов (ПКМ) при растяжении, изгибе, сверлении и механической обработке. Метод позволяет верифицировать прогностические расчеты прочности и исследовать микроповреждения, в том числе in situ при нагружении в сопряжении с испытательной машиной.

А. В. Бутов в докладе «Учет анизотропии при проведении ультразвукового контроля сварных соединений при монтаже трубопроводов» (НПЦ «ЭХО+») представил методику учета анизотропии при УЗК сварных соединений трубопроводов, реализованную в автоматизированных системах на базе дефектоскопов «АВГУР-АРТ». Учет анизотропии подтвержден испытаниями на кольцевых швах труб классов прочности К60 и К70 и позволяет корректно строить изображения, полученные секторным сканированием и методом ЦФА.

В третьем докладе «Настройка чувствительности при проведении ультразвукового контроля с применением фазированных антенных решеток» канд. техн. наук А. Е. Базулиным (НПЦ «ЭХО+») исследованы способы настройки чувствительности в режиме фазированных антенных решеток с использованием различных эталонных отражателей. Показана перспективность применения АРД-диаграмм, но выявлены ограничения, связанные с моделью расчета, влиянием фокусировки и необходимостью учета затухания. Погрешность оценки эквивалентной площади по изображениям, полученным с использованием антенных решеток, составила ±2 дБ.

Д-р техн. наук Д. С. Тихонов (НПЦ «ЭХО+») в докладе «Инструмент для разработки методик ультразвукового контроля с применением антенных решеток» представил созданный в НПЦ «ЭХО+» программный инструмент для автоматизированной разработки методик УЗК с антенными решетками на основе теории лучевых трубок и дифракции Кирхгофа. Инструмент позволяет перебирать параметры (число элементов, угол призмы, акусти-

** См. «Территория NDT», 2026, № 3, с. 4–30*



Д. С. Тихонов



А. В. Бутов

ческие схемы) и выбирать оптимальные, используя биоинспирированные алгоритмы для многокритериальной оптимизации.

А. В. Бутов (НПЦ «ЭХО+») в докладе «Применение ПЭП поверхностных волн в резьбе» ознакомил слушателей с оригинальной технологией УЗ-контроля резьбы стальных стержней через центральное отверстие с использованием пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) поверхностных волн. Спиральное сканирование преобразователем с шагом резьбы позволяет выявлять искусственные отражатели длиной от 5 мм на фоне регулярных сигналов от витков резьбы.

В докладе канд. техн. наук Н. В. Мелешко (НПО «ЦНИИТМАШ») «Влияние параметров фазированных решеток на амплитуды эхосигналов от отражателей» приведены результаты исследования влияния параметров фазированных решеток на амплитуды эхосигналов от отражателей. Даны рекомендации по выбору режимов фокусировки и апертуры для более точной оценки размерных параметров дефектов.

Ф. М. Северин («Тессоникс Россия») в докладе «Прикладные применения сканирующей акустической микроскопии» сделал обзор прикладных применений сканирующей акустической микроскопии (САМ) для контроля пористости алюминиевого литья, точечной сварки, клеевых соединений и ударных повреждений композитов. Показано, что САМ с частотами до сотен мегагерц обеспечивает обнаружение, количественную оценку и классификацию дефектов с высоким пространственным разрешением.

В докладе Н. В. Мелешко (НПО «ЦНИИТМАШ») «Оценка отражателей по ЦФА-изображениям» представлена оценка фактических размеров отражателей по ЦФА-изображениям с использованием амплитудного критерия — опорного уровня от плоскодонного отражателя диаметром, равным 1,5 фронтального размера фокальной зоны.



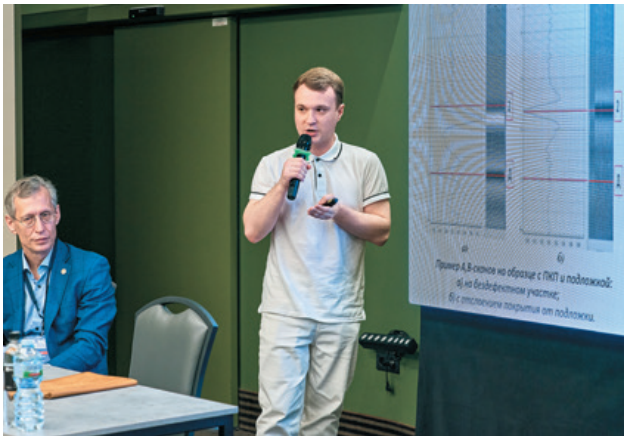
А. Е. Базулин



В. А. Сясько



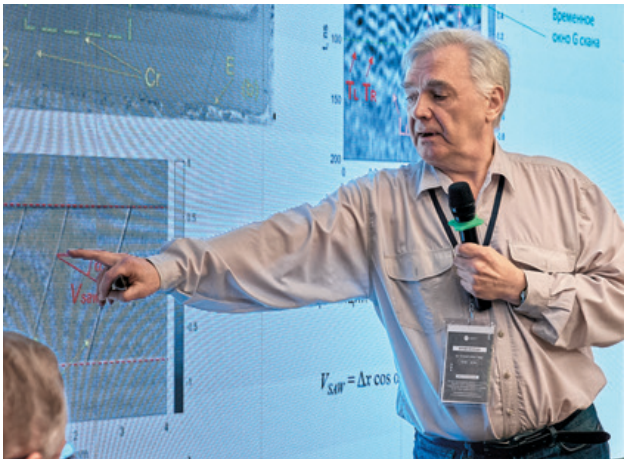
Н. В. Мелешко



А. М. Шмаков



С. М. Нажесткин



С. А. Титов

Предложенный подход позволяет обеспечить более точную привязку измеренных параметров ЦФА-изображения к реальным размерам отражателей.

В докладе «Автоматизированный стенд паспортизации ультразвуковых преобразователей: разработка, особенности и преимущества» С. М. Нажесткин («АКС») рассказал об автоматизированном стенде паспортизации пьезопреобразователей, отвечающем требованиям ГОСТ Р 55725. Представленный стенд обеспечивает хорошую повторяемость результатов при снижении влияния человеческого фактора. Стенд формирует паспорт ПЭП, а в перспективе может быть адаптирован и для паспортизации многоэлементных антенных решеток.

В докладе д-ра техн. наук С. А. Титова (НТЦ уникального приборостроения РАН) «Дефектоскопия излучателей ультразвуковых сдвиговых волн с помощью иммерсионной схемы контроля» рассмотрена иммерсионная схема дефектоскопии излучателей ультразвуковых сдвиговых волн с использованием сфокусированного приемного преобразователя. Эксперименты на высокочастотных излучателях из ниобата лития показали, что неоднородности в преобразователе приводят к генерации продольных волн в жидкости, что позволяет обнаруживать расслоения и трещины.

В докладе К. А. Синициной (НИИЭФА) «Опыт использования роботизированных систем для проведения УЗК компонентов ИТЭР» представлена методология применения роботизированных иммерсионных УЗ-комплексов для контроля компонентов ИТЭР (панелей первой стенки и дивертора). Шестиосевые роботы с фазированными решетками и лазерным профилометром обеспечивают точное сканирование по сложным 3D-траекториям и высокую информативность контроля разнородных сварных соединений.

А. М. Шмаков (Учреждение науки ИКЦ СЭКТ, университет ИТМО) в докладе «Количественная оценка структурных параметров многослойных композиционных покрытий методом УЗК» демонстрировал методику количественной оценки структурных параметров многослойных композиционных покрытий с помощью эхометода с оптико-акустической генерацией сверхкоротких импульсов. Метод обеспечивает прецизионное измерение

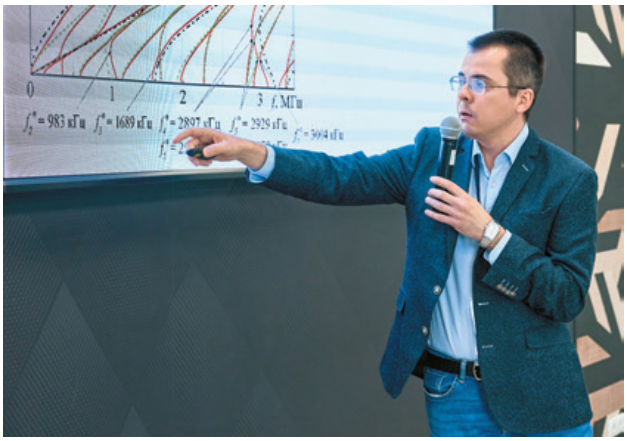
общей толщины покрытия и каждого слоя, а также выявление небольших, но опасных расслоений.

Канд. техн. наук А. С. Бойчук (НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ) в докладе «НК конструкций авиационной техники из ПКМ ультразвуковым методом с применением фазированных решеток» поделился опытом контроля монолитных деталей авиационной техники из полимерно-композиционных материалов с помощью фазированных антенных решеток. Разработаны специальные призмы и приспособления для контроля объектов со сложными криволинейными поверхностями. Достигнута чувствительность, эквивалентная выявлению плоскодонного отражателя диаметром 2 мм, и разрешающая способность до 1 мм, а также обеспечен контроль радиусных зон с углами изгиба от 30 до 120°.

Канд. физ.-мат. наук А. А. Еремин (Кубанский государственный университет) в докладе «Применение волн Рэлея—Лэмба с нулевой групповой скоростью для ультразвуковой диагностики клеевых соединений и покрытий слоистых упругих материалов» исследовал применение волн Рэлея–Лэмба с нулевой групповой скоростью для диагностики клеевых соединений и покрытий слоистых упругих материалов. Бесконтактная лазерно-оптическая система регистрирует ZGV-резонансы, чувствительные к изменению толщины и качеству межслойного соединения, включая появление многопиковых резонансов в материалах с мягкой прослойкой.

Л. Н. Дроган (НТЦ уникального приборостроения РАН) в докладе «Выявление дефектов в полимерных сотовых конструкциях с помощью АУЗК» рассмотрела возможности автоматизированного иммерсионного УЗ-контроля полимерных сотовых конструкций в диапазоне частот 10–50 МГц. Метод позволяет уверенно выявлять непроклей и расслоения, а также оценивать состояние клеевых соединений с повышенной разрешающей способностью.

Д-р техн. наук Е. Г. Базулин (НПЦ «ЭХО+») выступил с тремя докладами. В первом из них «Ультразвуковая структурометрия металла с использованием метода цифровой фокусировки апертуры и теории Роуза» предложен метод построения карты номера зерна в сечении объекта контроля на основе теории Роуза и ЦФА-изображений, полученных на частотах 2,25, 5,0 и 10,0 МГц. Модельные эксперименты показали корреляцию полученных карт с металлографическими данными, что позволяет браковать заготовки непосредственно в производственной линии без непосредственного доступа к поверхности сечения. Во втором докладе (19-м в общем списке) «Определение коэффициентов упругости однородного анизотропного материала по эхосигналам, измеренным ультразвуковой антенной решеткой» рассмотрен разработанный метод определения коэффициен-



А. А. Еремин



Л. Н. Дроган



Е. Г. Базулин



тов упругости однородного анизотропного материала по эхосигналам от вертикального отверстия или от донной поверхности, измеренным одной или двумя антенными решетками. Погрешность оценки коэффициентов упругости составляет около ±1,7%, а учет анизотропии повышает фокусировку ЦФА-изображений более чем в 3 раза. В третьем докладе «Определение распределения углов поворота кристаллитов в анизотропном наплавленном металле по эхосигналам, измеренным двумя антенными решетками» (24-м в общем списке) описан оригинальный метод определения распределения углов поворота кристаллитов в анизотропном наплавленном металле путем сравнения измеренных и рассчитанных донных сигналов в приближении Кирхгофа. Метод минимизирует разницу между сигналами и позволяет корректно восстанавливать ЦФА-изображения отражателей в неоднородных сварных соединениях.

В докладе «Особенности дистанционного способа возбуждения вращающихся мод и их использование для НК» А. В. Воробей (ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси», Белгазстрой) предложен дистанционный способ возбуждения вращающихся поверхностных волн через акустическую подложку для контроля цилиндрических и сферических объектов. Исследованы зависимости амплитуд и времени обегания моды от углового волнового числа, определены оптимальные условия контакта, при которых достигается минимальный шум и высокая чувствительность к дефектам.

Д-р техн. наук О. В. Муравьева (ИжГТУ имени М. Т. Калашникова) в докладе «Бесконтактный акустический контроль тонколистовых низкоплотных материалов» представила разработку бесконтактной акустической методики контроля тонколистовых низкоплотных материалов (терморасширенный графит, пенополиолефины) с использованием воздушных преобразователей. Амплитудный теневой и временной методы позволяют оценивать поверхностную плотность, анизотропию и упругие модули, а также выявлять сквозные дефекты.

В докладе С. Л. Молоткова («Радиоавионика») «Новые возможности ультразвуковых дефектоскопов локального контроля объектов железнодорожного транспорта и других отраслей промышленности» описаны новые возможности ультразвукового дефектоскопа «АВИКОН-20» для локального контроля рельсов и стрелочных переводов, включая встроенный тест-образец, преобразователь с памятью и двухкоординатный сканер. Прибор поддерживает частоты 0,1–15,0 МГц, работает при температурах от –40 до +50 °С и позволяет создавать 3D-изображения дефектов с привязкой локализации дефектов по сигналам GPS или датчику пути.

В. А. Чернушин (ОНПП «Технология» им. А. Г. Ромашина) в докладе «Особенности НК локальным методом свободных колебаний изделий из ПКМ» рассмотрел особенности локального метода свободных колебаний для контроля изделий из полимерно-композиционных материалов с высоким затуханием и сложной формой поверхности. Метод, основанный на анализе амплитудно-частотных и амплитудно-временных характеристик, позволяет точно определять границы приповерхностных дефектов и может применяться в дополнение к импедансному контролю.

Канд. техн. наук К. В. Курашкин (ИПФ РАН) в докладе «НК структуры и свойств литого алюматричного композита, дисперсионно-упрочненного многослойными углеродными нанотрубками» представил результаты контроля структуры и свойств литого алюматричного композита, дисперсно-упрочненного многослойными углеродными нанотрубками, с использованием акустических методов. Исследовано влияние нанотрубок на упругие характеристики и затухание для оценки равномерности распределения упрочнителя.

В докладе «Спектральный метод определения дисперсии скорости нормальных волн в трубах» канд. техн. наук В. А. Стрижак (ИжГТУ им. М. Т. Калашникова) предложен спектральный метод определения дисперсии скорости нормальных волн по эхограммам с многократными отражениями в трубах-заготовках. Для партии труб из стали 38Х2МЮА определены значения скоростей: стержневая — 5139 м/с, крутильная — 3258 м/с, причем стержневая волна демонстрирует выраженную дисперсию в диапазоне 7–20 кГц.

Глубокое обсуждение докладов во время работы секции подтвердило большой интерес научной общественности к докладам. В целом выступления и дискуссии продемонстрировали высокий уровень научных и технических достижений и подтвердили передовые позиции УЗ-контроля среди других методов НК.

Дмитрий Сергеевич ТИХОНОВ, д-р техн. наук,
ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ. ОТ ОДНОПАРАМЕТРОВОГО КОНТРОЛЯ — К КОМПЛЕКСНЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ СИСТЕМАМ

Работа секции, модератором которой выступил канд. техн. наук П. В. Соломенчук (ООО «Константа»), показала, что современный вихретоковый контроль уже не ограничивается обнаружением поверхностного дефекта по превышению пороговой амплитуды. В центре внимания оказались многопараметровая интерпретация сигналов, расчетное проектирование преобразователей, компенсация мешающих факторов, автоматизация операций и перенос вихретоковых методов на сложные по форме и условиям эксплуатации объекты.

Ключевые векторы секции:

- многопараметровая оценка дефектов вместо однопороговой классификации;
- конечно-элементное моделирование и виртуальная отладка преобразователей;
- многообмоточные вихретоковые преобразователи со сложной схемой включения и анализа сигналов;
- совмещение дефектоскопии, размерного контроля и структуроскопии;
- контроль сложных изделий и объектов непосредственно в условиях эксплуатации.

Первый доклад, «Вихретоковый контроль стресс-коррозионных трещин магистрального газопровода», представленный д-ром техн. наук А. Т. Бакиевым и д-ром техн. наук Р. В. Загидулиным (ФГБОУ ВО УГНТУ), был посвящен контролю стресс-коррозионных трещин магистральных газопроводов. Авторы показали принципиальное ограничение традиционной оценки глубины по оценке только амплитуды сигнала накладного преобразователя: группа близко расположенных трещин может восприниматься прибором как одиночный дефект, а форма сигнала существенно зависит от соотношения эффективного диаметра преобразователя и расстояния между трещинами. Практический вывод этой работы особенно важен для диагностики длительно эксплуатируемых газопроводов. Однопараметровый подход способен давать значительную погрешность, тогда как использование топографии сигнала, его амплитуды, ширины и других характеристик позволяет оценивать не только глубину, но также количество и взаимное расположение трещин. Многопараметровая обработка и методы регуляризации снижают неопределенность и создают основу для более обоснованной классификации дефектов.

Канд. техн. наук М. А. Ганзен (РГАТУ имени П. А. Соловьева) в докладе «Комплексный автоматизированный вихретоковый контроль ответственных авиационных изделий (на примере лопаток ГТД)» рассмотрел комплексный автоматизированный вихретоковый контроль ответственных деталей газотурбинных двигателей, прежде всего лопаток компрессора и турбины. Такие изделия требуют одновременного контроля геометрии, поверхностной сплошности и состояния поверхностного слоя, однако традиционные операции выполняются раздельно, занимают значительное время и увеличивают производственные затраты. Предложенный подход объединяет вихретоковую дефектоскопию, размерный контроль и структуроскопию в одной измерительной операции. В качестве кинематической основы может использоваться координатно-измерительная машина, где вместо обычного контактного наконечника устанавливается вихретоковый преобразователь. Эксперимент на модели лопатки подтвердил возможность бесконтактного выявления дефектов при рабочем зазоре, оценки изменения геометрии по амплитуде и анализа состояния поверхностного слоя по фазовым характеристикам сигнала. Важным результатом стало не только доказательство технической реализуемости, но и постановка вопроса об экономической эффективности автоматизации для мелкосерийного производства.



П. В. Соломенчук

Д-р техн. наук С. Г. Сандомирский (ГНУ Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси) выступил с докладом «Использование результата моделирования безгистерезисной кривой намагничивания ферромагнитного материала для магнитного структурного анализа». В работе рассмотрен внутренний коэффициент размагничива-



С. Г. Сандомирский



П. Н. Шкатов

ния материала, который может быть определен через стандартно измеряемые параметры предельной петли гистерезиса — намагниченность насыщения, остаточную намагниченность и коэрцитивную силу. На примере среднеуглеродистых сталей показано, что этот коэффициент закономерно изменяется с температурой отпуска и может служить чувствительным показателем структурных и механических изменений. Методический смысл работы состоит в том, что дополнительная диагностическая информация извлекается из набора параметров, которые уже могут быть получены стандартными измерениями, без усложнения экспериментальной процедуры.

Д-р техн. наук П. Н. Шкатов (МИРЭА), канд. техн. наук Г. Д. Холомкина (МИРЭА) и канд. техн. наук А. С. Зубарев (ООО «А3 Инжиниринг») представили доклад «Сигналы вихретоковых преобразователей с П-образными сердечниками при сканировании участков с трещинами разной ориентации». Работа наглядно показала, что ориентация дефекта относительно линий вихревого тока существенно влияет на форму и амплитуду сигнала: наибольшее возмущение возникает, когда трещина пересекает токовые линии, а при иной ориентации чувствительность может заметно снижаться. Для уменьшения этой зависимости предложена балансная конструкция с вложенными катушками и дифференциальным включением измерительных элементов. Экспериментальные результаты подтвердили возможность надежного выявления дефектов разной ориентации и одновременно подчеркнули необходимость учитывать направление сканирования при интерпретации сигнала.

Д-р техн. наук П. Н. Шкатов (МИРЭА) и канд. техн. наук Г. Д. Холомкина (МИРЭА) представили доклад «Дефектоскопические вихретоковые преобразователи типа ШВТП с улучшенными техническими характеристиками». Мультидифференциальная схема формирует сигнал, близкий ко второй пространственной производной магнитного поля, благодаря чему подавляется влияние медленно меняющихся факторов — магнитных свойств материала, перекоса, шероховатости и изменения рабочего зазора. На бездефектном участке сохраняется практически нулевой выходной сигнал, а годографы в зоне дефекта приобретают характерную форму, пригодную для распознавания трещин и оценки их размеров.

В продолжение предыдущего доклада прозвучало выступление по теме «Практическая реализация вихретоковых преобразователей типа ШВТП» (д-р техн. наук П. Н. Шкатов, канд. техн. наук Г. Д. Холомкина (МИРЭА) и канд. техн. наук А. А. Шумилин (НИУ МЭИ)). В нем рассмотрена практическая реализация нескольких вариантов таких преобразователей — с одной возбуждающей катушкой и с двумя встречно включенными возбуждающими элементами. Второй вариант обеспечивает более высокую точность балансировки, а исполнение катушек, изготовленных по технологии печатных плат, снижает трудоемкость и повышает воспроизводимость изготовления.

В завершение работы секции с докладом «Вихретоковый контроль резьбы бурильных, насосно-компрессорных и обсадных труб при эксплуатации: проблемы и эффективное решение» выступил д-р техн. наук А. Е. Шубочкин (АО «НИИИН МНПО «СПЕКТР»). Автор сопоставил традиционный подход с применением ультразвуковых методов с методами вихретокового вида НК и обратил внимание на практические ограничения применения ультразвуковых методов: необходимость подготовки по-



А. Е. Шубочкин



Вопрос из зала

верхности, сложность охвата всей геометрии резьбы и трудности контроля непосредственно на месте эксплуатации. Предложенная структура преобразователей и методика вихретокового контроля ориентирована на применение без тщательной очистки поверхности и позволяет обследовать все витки резьбы, включая сбег резьбы, как наружной, так и внутренней, и выявлять поперечные и продольные трещины, коррозионные повреждения и другие эксплуатационные дефекты. Именно способность работать на сложной поверхности и в полевых условиях делает такое решение перспективным.

Павел Валентинович СОЛОМЕНЧУК,
канд. техн. наук, ООО «КОНСТАНТА»,
Санкт-Петербург

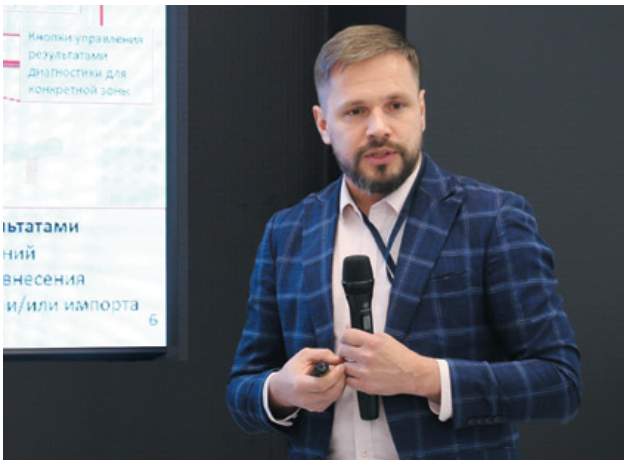
СТАЦИОНАРНЫЙ И МОБИЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ. ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ — К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ МОНИТОРИНГУ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Модератором секции выступил д-р техн. наук О. А. Рыбин (ООО «Константа»). Представленные доклады охватили широкий круг объектов: криогенное и энергетическое оборудование, магистральные и технологические трубопроводы, объекты газотранспортной системы, железнодорожные рельсы, подземные сооружения и опасные производственные объекты. При всем многообразии тем секцию объединила общая идея — переход от периодического обследования и фиксации отдельных параметров к непрерывному накоплению диагностических данных, анализу изменения технического состояния и прогнозированию остаточного ресурса.

Открывающий доклад, подготовленный д-ром техн. наук В. А. Сясько (ООО «Константа») и модератором секции д-ром техн. наук О. А. Рыбиным (ООО «Константа»), «Мировые тенденции в области технического диагностирования и мониторинга технического состояния объектов» был посвящен сравнительному анализу и современным тенденциям развития двух ключевых подходов к оценке состояния инфраструктурных объектов: неразрушающего контроля (NDT) и мониторинга технического состояния (SHM). В докладе освещены основные тренды развития систем мониторинга технического состояния: 1) интеграция передовых сенсорных технологий (волоконно-оптические датчики, MEMS, дроны, роботизированные платформы); 2) развитие методов анализа данных и ИИ (машинное/глубокое обучение, цифровые двойники, автоматическое



О. А. Рыбин



А. А. Зорин

формирование отчетов); 3) автоматизация и стандартизация (беспроводные сенсорные сети, автономные и энергоэффективные датчики, учет внешних условий). Представлены новые уникальные технологии и приборы, такие как: волоконно-оптические сенсоры нового поколения (распределенные датчики на основе рассеяния Рэлея, Бриллюэна и Рамана); лазерные и оптические методы (цифровая корреляция изображений, лазерно-ультразвуковые системы); микроэлектромеханические системы (MEMS) для акустической эмиссии, пьезопреобразователей и магнитострикторов; беспроводные сенсорные сети, IoT, самочувствительные материалы и трибоэлектрические наногенераторы; системы ИИ (алгоритмы классификации, цифровые двойники); роботизированные и мобильные платформы (дроны, роботы, необитаемые аппараты); новые методы НК (фазированные решетки, полная матрица захвата, термография, георадары); гибридные и мультисенсорные системы, электрохимические и магнитострикционные датчики, сенсоры на основе смартфонов. В заключении докладчиком сделан вывод: современные системы SHM/NDT становятся интеллектуальными, распределенными и автономными. Их развитие направлено на повышение надежности инфраструктуры, снижение эксплуатационных расходов и интеграцию с цифровыми платформами для управления жизненным циклом оборудования.

Большой интерес вызвал доклад д-ра техн. наук В. А. Сясько (ООО «Константа»), д-ра техн. наук О. А. Рыбина (ООО «Константа») и канд. техн. наук В. А. Воронова (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова) «Мониторинг технического состояния и ресурса криогенного оборудования на стадиях жизненного цикла», посвященный мониторингу технического состояния и оценке ресурса криогенного оборудования на всех стадиях жизненного цикла. Авторы предложили рассматривать проектирование, производство, транспортирование, эксплуатацию и вывод оборудования из эксплуатации как единый информационно связанный процесс. Важную роль в этом подходе играют последовательно уточняемая математическая модель либо двойник объекта и его электронный паспорт. Такой паспорт должен содержать не только исходные проектные характеристики, но и сведения о фактических режимах работы, ремонтах, выявленных дефектах, авариях и изменении показателей надежности.

Эту тему продолжил доклад А. А. Зорина (ООО «Константа»), д-ра техн. наук О. А. Рыбина (ООО «Константа») и канд. техн. наук В. А. Воронова (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова) «Программа оценки технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования объектов ПАО «ГАЗПРОМ» ReSOURCE, посвященный разработке компьютерной программы мониторинга технического состояния и остаточного ресурса объектов газотранспортной системы. Представленная цифровая платформа ReSOURCE объединяет паспортные и эксплуатационные сведения, результаты неразрушающего контроля и расчетные модели. Благодаря этому объект рассматривается не как набор отдельных обследованных участков, а как целостная техническая система — информационная среда, состояние которой изменяется во времени.

Большой интерес вызвал доклад д-ра техн. наук Д. М. Ляпичева (РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина), канд. техн. наук М. М. Адмакина (ООО «Газэнергоэкспертиза»), Д. И. Андреева, д-ра техн. наук А. С. Лопатина (РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина) «Внедрение технологий комплексного мониторинга как необходимый этап цифровизации нефтегазовых объектов». В докладе отмечено, что цифровизация ТЭК невозможна без перехода от периодического контроля к непрерывному мониторингу. Штатные системы АСУ ТП и заводские модели для этого непригодны — не хватает датчиков, точности и ресурсов. Были разработаны: смарт-элементы



Д. М. Ляпичев



И. В. Разуваев

(трубные детали со встроенными датчиками); лазерный комплекс «ПОТОК 1» (контроль перемещений до 1500 м); волоконно-оптические сенсоры. Создана модель ИИ (градиентный бустинг) с точностью $F1 = 0{,}807$ для прогноза деформаций грунта по реакции трубопровода. Сделан вывод, что для развития систем мониторинга нужна новая научно-техническая документация, объединение усилий науки и бизнеса, развитие методов предиктивной аналитики.

Практический опыт длительного мониторинга опасных производственных объектов представили И. В. Разуваев, В. И. Саматов, И. П. Слепов и Е. В. Сучков (АО «НПО «Алькор») в докладе «О корректировке подходов к обеспечению промышленной безопасности ОПО на основе системного применения комплексов интегрального мониторинга их технического состояния». Разработанные ими комплексы интегрального мониторинга применяются более чем на 300 объектах. Накопленные массивы данных включают десятки тысяч контролируемых параметров и результаты работы тысяч датчиков акустической эмиссии. Доклад наглядно показал, что современная система мониторинга — это не только набор средств измерений, но и сложная информационная инфраструктура, обеспечивающая хранение, сопоставление и интерпретацию многолетних наблюдений.

Вопросам связи результатов диагностики с безопасностью эксплуатации был посвящен доклад д-ра техн. наук В. И. Иванова и д-ра техн. наук Н. Н. Коновалова (АО НТЦ «Промышленная безопасность») «Неразрушающий контроль — техническое диагностирование с оценкой риска аварии». Авторы рассмотрели неразрушающий контроль и техническое диагностирование в сочетании с оценкой риска аварии. Такой подход особенно важен для принятия решений по объектам, на которых выявленные повреждения нельзя оценивать только по геометрическим размерам: необходимо учитывать вероятность отказа, его возможные последствия и фактические условия эксплуатации.

Заметное место в программе заняли практические вопросы внедрения систем мониторинга. А. В. Гончар (ИПФ РАН) в докладе «Отечественная беспроводная взрывозащищенная система мониторинга коррозии и эрозии высоконагретых промышленных объектов» представил отечественную беспроводную взрывозащищенную систему контроля коррозии и эрозии высоконагретых промышленных объектов. Разработанный ультразвуковой датчик рассчитан на продолжительную работу при температурах поверхности до 600 °С. Температурная компенсация и оригинальная конструкция преобразователя позволяют повысить повторяемость измерений толщины стенки. Натурные испытания подтвердили возможность выявления устойчивой тенденции уменьшения толщины трубопровода непосредственно в условиях действующего производства.

Х. Ф. Махмудов (Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН) в докладе «Разработка интегральных критериев оценки состояния горных пород на основе данных мониторинга в подземных сооружениях» рассмотрел задачу оценки состояния горных пород по данным акустико-эмиссионного мониторинга подземных сооружений. Особое внимание в докладе уделено фильтрации сигналов и повышению достоверности данных при оригинальном расположении датчиков и наличии внешних помех. Представленная работа показала, что результаты мониторинга определяются не только чувствительностью аппаратуры, но и качеством алгоритмов обработки информации.

Целый блок докладов был связан с применением акустических направленных волн для мониторинга состояния протяженных объектов. А. С. Гусев (ООО «Константа») в докладе «Конечно-элементное моделирование процесса распространения крутильной волны в трубопроводе, имеющем кон-



В. Ю. Чертищев



А. А. Марков

структивные особенности» представил результаты конечно-элементного моделирования распространения крутильной волны в трубопроводах с поворотами и тройниками. Расчеты показали, как конструктивные элементы изменяют форму и амплитуду отраженных импульсов. Учет этих эффектов необходим, чтобы разделить сигнал от дефекта от отражений, вызванных вариацией геометрических параметров трубопровода и наличием конструктивных элементов.

С. С. Ступин и канд. техн. наук П. В. Соломенчук (ООО «Константа») в докладе «Многосекционный магнитострикционный преобразователь для систем акустического волноводного мониторинга состояния тела трубы» предложили многосекционный магнитострикционный преобразователь для акустического волноводного контроля трубопроводов различных типоразмеров. Секционная конструкция расширяет возможности систем мониторинга состояния оборудования для приема сигналов и позволяет получать дополнительную информацию о расположении отражателя.

В докладах канд. техн. наук В. Ю. Чертищева (ООО «НПЦ «Эхо+») и д-ра техн. наук О. А. Рыбина (ООО «Константа») «Особенности обработки, передачи и представления данных мониторинга состояния трубопроводов акустическими методами с волноводными эффектами распространения» и «Разработка системы мониторинга состояния трубопроводов на основе контроля крутильными волнами» рассмотрены два взаимосвязанных направления: обработка, передача и представление данных акустического мониторинга, а также построение системы контроля трубопроводов крутильными волнами. Представлена последовательная цепочка — от фильтрации сигнала и выделения признаков до классификации дефектов, формирования прогноза и выдачи рекомендаций. По существу, речь идет о переходе от прибора, фиксирующего отраженный импульс, к интеллектуальной системе поддержки инженерных решений.

Развитие акустических методов применительно к магистральным газопроводам было отражено в докладе канд. техн. наук А. А. Решетова (ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород») «Акустическая диагностика магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением». Предложенный подход ориентирован на выявление участков, потенциально опасных с точки зрения коррозионного растрескивания под воздействием механических напряжений. В качестве диагностической информации рассматриваются собственные акустические колебания газопровода, возникающие при изменении режимов транспортирования газа. Такая технология мониторинга состояния магистральных газопроводов может дополнить традиционные внутритрубные и локальные методы контроля.

Отдельное направление работы секции составили технологии контроля железнодорожной инфраструктуры. Д-р техн. наук А. А. Марков и канд. техн. наук А. Г. Антипов (АО «Радиоавионика») в докладе «Автоматизация мониторинга элементов железнодорожного пути при неразрушающем контроле рельсов» рассмотрели автоматизацию мониторинга состояния элементов пути при магнитном контроле рельсов. Синхронизация результатов повторных проходов мобильных средств позволяет отслеживать изменение болтовых стыков, сварных соединений, стрелочных переводов и поверхностных повреждений. Были представлены ключевые разработки: алгоритмы автоматического выделения сигналов от стыков; оценка температурной зависимости зазоров на основе 23 проездов за 1,5 года по 755 стыкам в диапазоне от –21 до +27 °С; прогнозирование достижения критических значений зазора. Основными результатами работы являются: возможность мониторинга круглогодично, независимо от погоды и освещенности; возможность прогнозирования предотказного состояния пути (выбросы летом, разрывы зимой); оптимизация ремонтов по фактическому состоянию.

Продолжил тематику контроля железнодорожной



К. Р. Овсеенко



К. В. Сапожникова

инфраструктуры доклад К. Р. Овсеенко (АО «Фирма ТВЕМА») «Передовые технологии в сфере неразрушающего контроля железнодорожных рельсов». Целью работы являлось повышение безопасности, продление срока службы рельсов и оптимизация затрат через переход к обслуживанию по фактическому состоянию. Докладчик представил следующие ключевые технологические решения, которые обеспечивают: адаптивный порог — снижение ложных срабатываний и влияния оператора, повышение надежности при нестабильном акустическом контакте; две независимые УЗ-системы — перекрестную проверку данных, снижение пропуска дефектов; метод накопления сигналов — улучшение отношения сигнал/шум, выявление дефектов на ранних стадиях; вихретоковый контроль (8 каналов) — выявление поверхностных и поперечных дефектов; акустические моноблоки — повышенный ресурс, исключение сборки и обслуживания в поле; автоматизированная обработка — интеграцию данных УЗК, ВТК и видео для повышения достоверности. Перспективами этих технических решений являются: автоматизация, цифровая интеграция, совместный анализ данных разных методов НК, внедрение предиктивной аналитики.

Доклад д-ра техн. наук А. П. Креня с соавторами (ИПФ НАН Беларуси) «Анализ изменения напряжений в образцах стали 10 после усталостных испытаний с малыми деформациями» был посвящен изменению остаточных напряжений в образцах стали после циклических испытаний с малыми пластическими деформациями. Работа подчеркнула значение контроля напряженного состояния материала: даже при отсутствии выраженного макродефекта перераспределение напряжений может влиять на долговечность и вероятность последующего разрушения конструкций.

Завершая обзор представленных направлений, необходимо отметить доклад канд. техн. наук К. В. Сапожниковой и канд. техн. наук Р. Е. Тайманова (ВНИИМ им. Д. И. Менделеева) «Развитие методов мониторинга состояния энергетических станций» о развитии методов мониторинга энергетических станций. Авторы связали повышение эффективности контроля с применением искусственного интеллекта, компактных средств обработки данных и методов метрологического самоконтроля измерительных систем. Последнее особенно важно для длительной эксплуатации стационарных комплексов: система должна не только оценивать состояние оборудования, но и своевременно выявлять ухудшение характеристик собственных датчиков и измерительных каналов.

Можно выделить несколько общих тенденций. Во-первых, мониторинг все чаще охватывает весь жизненный цикл объекта. Во-вторых, ценность представляет не отдельное измерение, а сопоставимый временной ряд, позволяющий определить скорость развития повреждения. В-третьих, физические методы контроля активно объединяются с цифровыми моделями, автоматизированной обработкой сигналов и алгоритмами прогнозирования. Наконец, результатом работы системы мониторинга должна становиться не просто регистрация отклонения, а обоснованная рекомендация: продолжить эксплуатацию, изменить режим работы, провести дополнительное обследование или запланировать ремонт.

Работа секции показала, что современная техническая диагностика постепенно переходит от поиска уже сформировавшихся дефектов к управлению техническим состоянием. Именно объединение измерительных технологий, инженерных моделей и накопленных данных создает основу для повышения безопасности, продления ресурса оборудования и перехода к обслуживанию по фактическому состоянию.

Олег Александрович РЫБИН,
д-р техн. наук, ООО «Константа»,
Санкт-Петербург

О РАБОТЕ КРУГЛОГО СТОЛА «ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2.2.8 «МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ, ВЕЩЕСТВ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ»

13 мая 2026 г. в рамках деловой программы XIII Международного промышленного форума «Территория NDT-2026. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» прошло заседание круглого стола «Подготовка специалистов высшей квалификации по научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды». В нем приняли участие представители Ижевского государственного технического университета им. М. Т. Калашникова (ИжГТУ им. М. Т. Калашникова), Санкт-Петербургского горного университета, Университета ИТМО, Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ), Сибирского государственного университета путей сообщений, Омского государственного университета путей сообщения, Всероссийского научно-исследовательского института метрологии им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ), Института физики металлов им. М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН), Петербургского института ядерной физики им. Б. П. Константинова (ПИЯФ).

Перед открытием работы круглого стола его модератор, профессор факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО, д-р техн. наук Алексей Владимирович Федоров, кратко остановился на современных тенденциях подготовки кадров высшей квалификации в Российской Федерации, а именно по научной специальности 2.2.8, и отметил, что организация круглого стола по тематике образования стало хорошей традицией форума, и предложил провести его в формате живого конструктивного диалога.

А. В. Федоров рассказал о мероприятиях, проводимых в Университете ИТМО, направленных на совершенствование подготовки аспирантов – перевод обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре на трек индустриальной аспирантуры. Он отметил, что основной целью организации в Университете ИТМО трека индустриальной аспирантуры является подготовка специалистов высшей квалификации, ориентированных на проведение прикладных исследований и практических разработок в интересах высокотехнологичных отраслей экономики Российской Федерации.

Профессор ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, д-р техн. наук, президент РОНКТД Владимир Александрович Сясько в своем выступлении остановился на вопросах подготовки аспирантов и докторантов, тематика диссертационных исследований которых должна носить как научный, так и прикладной характер и быть направлена на решение конкретной





научно-технической или технологической задачи (проблемы), значимой для развития экономики Российской Федерации, и иметь конкретного потребителя. При этом он отметил, что с точки зрения совершенствования методов и средств неразрушающего контроля и технического диагностирования они должны быть направлены на обеспечение точности и достоверности их результатов.

Профессор А. В. Федоров обратил внимание участников круглого стола на формулировки направлений исследований согласно паспорту научной специальности 2.2.8, в которых в качестве целеполагания отмечается «повышение надежности изделий и экологической безопасности окружающей среды». При этом он заметил, что данную цель следует рассматривать как более глобальную, а предметом исследований в данном случае должны выступать методы и средства обеспечения и повышения надежности изделий и экологической безопасности окружающей среды, а не методы и средства контроля и диагностирования. В связи с этим была отмечена целесообразность корректировки формулировок, в которых следует отразить направленность исследований в первую очередь на обеспечение или повышение достоверности результатов контроля и диагностирования.

Заведующий лабораторией комплексных методов контроля ИФМ УрО РАН Владимир Николаевич Костин в своем выступлении отметил смежную с 2.2.8 специальность 2.5.9, которая имеет аналогичное название в рамках группы научных специальностей 2.5. «Машиностроение». При этом он обратил внимание, что в институте осуществляется подготовка, а в диссертационном совете проходят защиты по специальности 2.5.9, хотя в УрФУ подготовка в аспирантуре ведется только по специальности 2.2.8, а диссертационный совет отсутствует.

Заведующий отдела материаловедения Инжинирингового центра «Нейтронные технологии» ПИЯФ д-р техн. наук Кирил Валерьевич Гоголинский предложил создать рабочую группу для разработки предложений по корректировке паспорта научной специальности 2.2.8 в экспертный совет ВАК по группе научных специальностей 2.2 «Приборостроение».

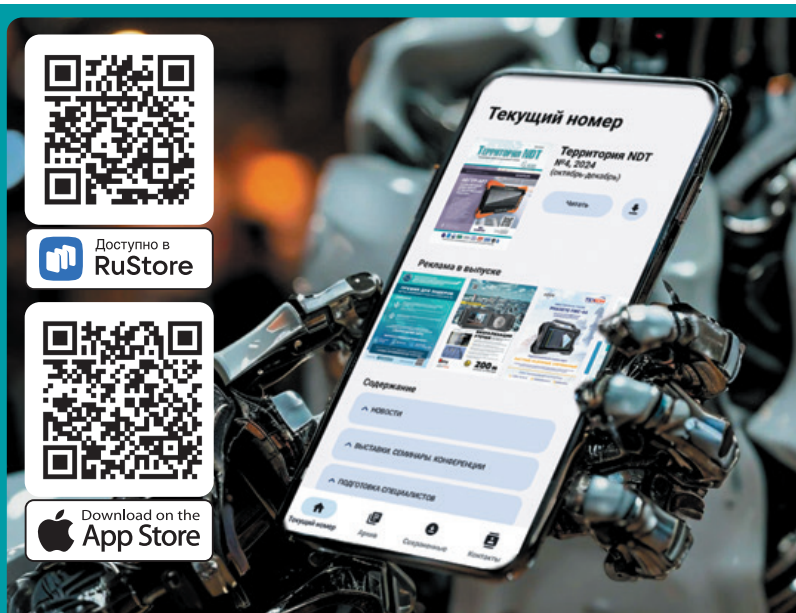
Все участники круглого стола выразили согласованное мнение о необходимости совершенствования подготовки специалистов высшей квалификации по научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» и необходимость пересмотра паспорта специальности для устранения некоторых недочетов в формулировках его пунктов.

Алексей Владимирович ФЕДОРОВ,
д-р техн. наук, Университет ИТМО,
Санкт-Петербург

Приложение «ТЕРРИТОРИЯ NDT» для мобильных устройств

ТЕРРИТОРИЯ NDT

Спектр
Издательский дом



БЕСЕДЫ С УЧАСТНИКАМИ МЕЖДУНАРОДНОГО САЛОНА ИННОВАЦИЙ 2026



БАРАНЕНКО Валерий Иванович
Д-р техн. наук, проф.,
главный научный сотрудник АО «ВНИИАЭС», Москва

Что вы привезли на Салон инноваций и в чем актуальность вашей разработки?

На Салоне инноваций мы представили разработку по расчету коррозионного износа оборудования и трубопроводов АЭС с реакторами разных типов — ВВЭР, РБМК, БН — с помощью актуализированных программных средств ЭКИ-02.1 и ЭКИ-03.1. Они позволяют учитывать влияние защитных отложений оксидов на замеры толщин, что важно для точности прогнозов. Соавторы этой работы — кандидат технических наук В. А. Юрманов, главный специалист АО «НИКИЭТ», и Е. С. Гусаров, директор ООО «Перспективные технологии».

Отправной точкой стала авария на американской АЭС «Сарри-2» в 1986 г. Тогда стало очевидно: необходимы компьютерные коды, которые позволяют прогнозировать эрозионно-коррозионный износ (ЭКИ) и помогают оптимизировать объемы инспекций. За рубежом такой код — CHECWORKS — появился в 1995 г.

В России разработку КК (компьютерные коды) начали в АО «ВНИИАЭС». В РФ КК называются программными средствами (ПС). В 2003 г. было разработано и аттестовано ПС ЭКИ-02 для расчета скоростей износа в трубопроводах с однофазной средой, в 2005 г. разработано ПС ЭКИ-03 для расчета двухфазных сред на АЭС с ВВЭР. Оба программных средства вычисляют скорость коррозии в начальный и конечный моменты, средние значения скорости коррозии и утонения стенки за расчетный период эксплуатации.

Когда срок действия аттестационных паспортов истек, были разработаны верификационные материалы для актуализированных версий ПС — ЭКИ-02.1 и ЭКИ-03.1. В 2017 г. была проведена экспертиза верификационных материалов ПС в НТЦ ЯРБ, в ноябре 2022 г. верификационные материалы представлены на научно-техническом совете ВНИИАЭС вместе с компьютерной программой расчета, руководствами пользователей и проектами аттестационных паспортов.

Какие преимущества дает использование вашей технологии?

Главное отличие от зарубежных аналогов — CHECWORKS, COMSY, BRTCICERO — в том, что наши программы включают специальный коэффициент, учитывающий длительность эксплу-

атации трубопровода. Это существенно повышает точность расчетов скоростей коррозии и утонений, а значит, делает результаты более надежными для практического применения.

Какие у вас планы на будущее?

В ведущих странах с АЭС давно используются программные средства для прогнозной оценки остаточного ресурса оборудования, подверженного коррозионному износу. В России такого инструмента пока нет. Поэтому наша ближайшая задача — продлить срок действия аттестационных паспортов актуализированных версий ПС ЭКИ и подготовить соответствующие руководящие документы. Это позволит перейти к полноценным прогнозным расчетам длительности эксплуатации оборудования и трубопроводов.

Как вы узнали о Салоне инноваций и какие возможности дает участие в нем?

О форуме «Территория НДТ» и Салоне инноваций мы узнали из интернет-публикаций. Участие в нем — это хорошая возможность расширить профессиональные контакты, обменяться мнениями с коллегами из отрасли.

Что из работы форума вы отметили как особенно полезное?

Было очень интересно пообщаться с разработчиками методов ультразвукового контроля и специалистами Инженерно-технологического центра сопровождения эксплуатации космической техники. Такие междисциплинарные контакты всегда дают свежие идеи.

Как, на ваш взгляд, развитие технологий неразрушающего контроля и технической диагностики изменит подходы к безопасности и управлению состоянием промышленных объектов в ближайшие 5–10 лет?

Здесь важно обратить внимание на одну системную проблему. Среди всех стран, развивающих атомную энергетику, только в России до сих пор нет программных кодов для прогнозных расчетов эрозионно-коррозионного износа при эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭС. При этом зарубежные коллеги, которые строят и эксплуатируют блоки с ВВЭР и другими реакторными установками, активно интересуются такими разработками. Если мы заполним этот пробел, то сможем не только повысить безопасность наших станций, но и предложить эффективные инструменты для управления ресурсом на международном рынке. В перспективе это позволит перейти от эксплуатационного контроля к прогнозированию состояния оборудования и трубопроводов, а это качественно иной уровень надежности.



ЧЕБЫКИНА Анна Александровна
Коммерческий директор,
ООО «НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ», Екатеринбург

Расскажите о вашем проекте. Как появилась идея его создания?

Идея проекта возникла из практической проблемы: на крупных промышленных объектах — нефтегазовых, в атомной энергетике или машиностроении — значительная часть данных до сих пор хранится в разрозненных таблицах, бумажных журналах и не связанных между собой системах. Мы заметили, что специалисты тратят колоссальное количество времени не на производство, контроль или принятие решений, а на поиск информации и оформление отчетности. Так родилась задача создать единую среду для работы с данными на протяжении всего жизненного цикла объекта — от поступления материалов до формирования исполнительной документации и последующей эксплуатации. Сегодня «Исеть» — это не просто программный продукт. Это цифровая экосистема управления процессами монтажа, сварки, контроля качества и технической диагностики, которая объединяет людей, оборудование и данные в единое информационное пространство.

Как применяется система и какие задачи решает?

Система используется для цифровизации производственных процессов на промышленных объектах. Она позволяет контролировать движение материалов, управлять монтажом, сваркой, неразрушающим контролем, технической диа-

гностикой, хранить всю историю объекта и автоматически формировать исполнительную документацию. Основная цель — избежать потери информации при передаче данных между участниками проекта. Когда все работают в одной системе, руководитель видит актуальное состояние строительства или эксплуатации, специалист по контролю получает оперативный доступ к результатам проверок, а заказчик — прозрачную хронологию работ. Кроме того, предприятие накапливает цифровой архив, который может пригодиться через много лет.

В чем актуальность вашей разработки сегодня?

Промышленность переживает масштабную цифровую трансформацию. При этом многие компании сталкиваются с парадоксом: оборудование становится все умнее, а процессы управления данными остаются на уровне прошлого десятилетия. Сегодня важно не просто провести контроль качества, но и обеспечить прослеживаемость каждого решения, каждого сварного соединения и экспертного заключения. Наш продукт как раз закрывает эту потребность. К тому же система спроектирована так, чтобы в дальнейшем интегрироваться с инструментами искусственного интеллекта, машинного зрения и аналитики, что дает задел для развития в сторону цифрового предприятия.

Какие практические задачи решает система?

Система позволяет решать ряд задач, связанных с управлением процессами. В их числе:

- сокращение сроков подготовки исполнительной документации;
- снижение количества ошибок, обусловленных человеческим фактором;
- контроль над статусом работ в режиме, близком к реальному времени;
- прозрачность взаимодействия между подрядчиками, заказчиками и службами контроля качества;
- сохранность и доступность данных на протяжении всего жизненного цикла объекта;
- возможность в дальнейшем подключать инструменты искусственного интеллекта и предиктивной аналитики.

Какие компании уже используют вашу разработку и каких результатов удалось достичь?

Продукт применяют предприятия нефтегазовой отрасли, промышленного строительства и машиностроения. Особенно ценным результатом заказчики называют создание единого цифрового контура, в котором все участники проекта работают с одной версией данных.

В чем главное отличие решения от других?

Многие существующие системы решают узкие задачи: одни занимаются документооборотом, другие — контролем качества, третьи — производственным учетом. Мы попытались охватить весь цикл в рамках единой цифровой модели объекта — от поставки материалов до результатов диагностики в процессе эксплуатации. Это очень важно для отраслей, где цена ошибки измеряется не только деньгами, но и вопросами промышленной безопасности.

Ваше мнение о Салоне инноваций и что дает участие в нем?

Салон инноваций собирает вместе инженеров, разработчиков, производителей, ученых и представителей крупных промышленных компаний. Это площадка, где можно представить свою разработку и услышать мнение практиков, которые ежедневно решают реальные производственные задачи. В таких обсуждениях могут появиться новые идеи для развития продукта.

Какие интересные моменты форума вам запомнились?

Самое ценное — это высокий уровень профессиональной экспертизы участников. Наблюдался заметный интерес к цифровизации неразрушающего контроля, применению искусственного интеллекта и созданию единых информационных сред для управления промышленными объектами. Примечательно, что дискуссии все чаще выходят за рамки отдельных приборов или методов контроля. Это отражает общее направление развития отрасли.

Как развитие технологий НК и технической диагностики изменит отрасль в ближайшие 5–10 лет?

Мы стоим на пороге серьезных изменений. Если раньше неразрушающий контроль отвечал на вопрос: есть дефект или нет, то в ближайшие годы ключевым станет вопрос: что произойдет дальше. Искусственный интеллект, машинное зрение, цифровые двойники и большие данные позволят перейти от выявления проблем к прогнозированию их возникновения. Контроль станет непрерывным процессом, а не отдельным этапом проверки. Промышленные объекты будут получать цифровую историю своего состояния в режиме реального времени, а решения о ремонте, обслуживании и модернизации будут приниматься на основе объективных данных и прогнозных моделей.

На мой взгляд, через 5–10 лет отрасль придет к модели, где безопасность будет обеспечиваться не реакцией на проблемы, а их предупреждением.



СЕМЕНОВ Тимофей Семенович
Коммерческий директор, ООО «ТЬЮБОТ», Москва, Троицк

Расскажите, как родился ваш проект.

Наш проект — это роботизированные системы для внутритрубной диагностики и обслуживания трубопроводов. Мы в «ТЬЮБОТ» занимаемся разработкой решений, которые позволяют работать внутри трубопровода там, где применение традиционных методов либо затруднено, либо экономически неэффективно. Изначально сама идея возникла как ответ на вполне практическую задачу: в промышленности существует большое количество сложных, разветвленных и труднодоступных участков трубопроводов, состояние которых необходимо контролировать регулярно и точно.

Какое применение находит ваша разработка? В чем ее преимущества?

Сегодня наша разработка применяется для внутритрубного контроля и сервисных операций. В зависимости от конфигурации системы она может использоваться для диагностики, очистки и других задач, связанных с оценкой состояния трубопровода. Это особенно актуально, потому что речь идет не только о техническом обслуживании, но и о безопасности, предотвращении аварий, снижении экологических рисков и сокращении затрат на ремонт.

Если говорить о преимуществах, то главное — это возможность получать информацию о состоянии трубопровода без масштабных демонтажных работ и с доступом к зонам, которые раньше было сложно обследовать. Кроме того, такой подход помогает перейти от ремонта после возникновения проблемы к более точной профилактической диагностике. Для заказчика это означает более понятную картину состояния объекта и возможность принимать решения на основе фактических данных.

В чем главное отличие вашей разработки?

Главное отличие нашей разработки заключается в том, что это не узкоспециализированное решение под одну операцию, а гибкая роботизированная платформа. Она может адаптироваться под разные задачи и работать на сложных участках трубопровода, включая разветвления, повороты, вертикальные и горизонтальные отрезки. На мой взгляд, именно такие технологии становятся важным шагом для отрасли, потому что позволяют по-новому подойти к диагностике объектов, которые раньше оставались наиболее проблемными с точки зрения контроля.

Как вы узнали о Салоне инноваций? Какие возможности, по вашему мнению, дает участие в нем?

О Салоне инноваций я узнал как о профессиональной площадке, где встречаются разработчики, представители промышленности, специалисты по неразрушающему контролю и потенциальные партнеры. Участие в таких мероприятиях всегда дает возможность не только показать свою разработку, но и сверить ее потенциал с реальными запросами рынка, получить экспертную обратную связь и обсудить перспективы внедрения.

Что интересного для вас было на форуме?

На форуме для меня особенно ценен был прямой профессиональный диалог. Именно на таких площадках лучше всего понимаешь, какие решения действительно востребованы отраслью, какие технологии вызывают живой интерес у заказчиков и в каком направлении будет развиваться рынок в ближайшие годы. Это возможность посмотреть на собственный проект не только глазами разработчика, но и глазами будущего пользователя.

Как, на ваш взгляд, развитие технологий НК и ТД изменит подходы к безопасности и управлению состоянием промышленных объектов в ближайшие 5–10 лет?

Я убежден, что в ближайшие 5–10 лет развитие технологий неразрушающего контроля и технической диагностики серьезно изменит подход к управлению промышленными объектами. Все

большую роль будут играть роботизация, дистанционный контроль, постоянный мониторинг и аналитика состояния оборудования. В результате отрасль будет постепенно переходить от периодических проверок к более точному и непрерывному управлению техническим состоянием объектов. И чем раньше такие технологии начнут внедряться на практике, тем выше будет общий уровень промышленной безопасности.



ВЛАДИМИРОВ Александр Петрович
Д-р техн. наук, ИМАШ УрО РАН,
Федеральный НИИ вирусных инфекций «ВИРОМ» Роспотребнадзора, Екатеринбург

Как начинался ваш проект?

Мы создали оптический метод, который позволяет видеть деформации на участке размером в один микрон — в сотню раз меньше толщины человеческого волоса. Измерять можно что угодно: газы, жидкости, твердые тела. А началось все с курьеза.

В 2010 г. директор нашего института академик Э. С. Горкунов попросил меня заняться многоцикловой усталостью материалов. Мы с молодыми ребятами взяли тринадцать разных методик неразрушающего контроля, целый год ставили эксперименты, потом год обрабатывали результаты — и получили отрицательный результат. Ни один метод, включая мой собственный, усталость не регистрировал. И вот как-то я настраивал интерферометр Майкельсона и случайно закрыл черной бумагой один из двух лучей. Забыл выключить осциллограф, бросил взгляд на экран и обомлел: интерферировать-то нечему, а сигнал о прохождении волны Релея есть! Переставил бумагу на другое место — опять сигнал. Я два года не мог понять, что за чертовщину наблюдаю. Потом сел и решил задачу о динамике спеклов в изображении деформируемого объекта. И все встало на места: это был новый механо-оптический эффект. Первый доклад я сделал в 2012 г. на конференции в итальянской Анконе, там же вышла и первая публикация.

Расскажите о работе метода «на пальцах»

Все очень просто. Освещаем лазером шероховатую поверхность — на ее изображении появляется характерная зернистая картина, спеклы. С помощью обычной телекамеры строим изображение, причем спеклы должны быть чуть больше одного пикселя. Тогда каждый пиксель собирает свет от многих микроскопических неровностей на малом участке, и малейшая его деформация вызывает периодические колебания яркости. Считаем эти колебания — получаем величину деформации с нанометровой точностью. Для прозрачных сред, например жидкостей, схема чуть иная: светим сквозь матовое стекло и по изменениям спеклов судим об изменениях показателя преломления. Никакой сложной оптики, все довольно дешево и надежно. Теорию мы тоже построили: теперь умеем раскладывать сложный процесс на несколько простых и смотреть, какие из них обратимые, а какие ведут к разрушению.

В каких областях это применимо?

Три совершенно разные области. Первая — машиностроение: наконец-то мы увидели, как именно накапливаются необратимые деформации при многоцикловой усталости. Вторая — биомедицина: смогли заглянуть внутрь живой клетки и в реальном времени наблюдать медленные внутриклеточные процессы. Третья — гидродинамика: научились количественно анализировать турбулентные потоки, чего раньше бесконтактными методами никто не делал. Сейчас на базе этих знаний проектируются и изготавливаются датчики нового поколения — маленькие и в перспективе большие матрицы с ячейками порядка десяти микрон, которые смогут прямо на детали оценивать ее остаточный ресурс.

Почему это важно и актуально?

По разным оценкам, от 50 до 80% деталей техники разрушаются вследствие многоцикловой усталости. Однако до появления нашего метода

существующие методики контроля и диагностики эту усталость не регистрировали. Это дорого обходится миру и нашей стране. Для обеспечения усталостной прочности конструкторам приходится создавать габаритные и тяжелые изделия, на стадии их эксплуатации периодически останавливать работу техники для осмотра, снимать на всякий случай с эксплуатации весьма дорогие детали. Например, по опубликованным данным, затраты на периодические осмотры разных типов самолетов превышают стоимость нового самолета. Мы это доказали на пяти совершенно разных материалах — сталь, алюминиевый сплав, полимер, композиты — и везде нашли единый механизм: локальные деформации перед разрушением вырастают почти до 100%.

В биомедицине строение клетки изучено до атомного уровня, однако, что происходит в клетке в реальном времени, мало исследовано. Как следствие, нет лекарства против вирусов, для промышленной экологии и в медицине отсутствуют объективные методы оценки предельно допустимой концентрации вещества в клетке.

В гидродинамике полностью бесконтактный контроль параметров среды возможен только для ламинарных потоков. Теперь такое возможно и для турбулентных течений.

Какие преимущества дает технология на практике?

Ее можно использовать на всех этапах жизни детали. Уже на стадии разработки, после каких-то ста циклов нагружения опытного образца, мы можем указать, где зародится будущая трещина, оценить ресурс и тут же исправить конструкцию. Если есть возможность осветить деталь лазером во время работы (например, лопатки турбины через маленькое кварцевое окошко), контроль идет в реальном времени. В труднодоступных местах можно установить гибкие пленки с датчиками: тензорезисторы, термопары, ультразвуковые или вихретоковые элементы. А при техническом обслуживании специальная матрица таких датчиков за секунды выдаст вердикт: можно ли деталь эксплуатировать дальше.

Кто уже применяет разработку?

Метод спекловых изображений взяли на вооружение в Военно-учебном центре ВВС ВВА им. К. Э. Жуковского и Ю. А. Гагарина в Воронеже. Созданы и используются аппаратно-программный комплекс оперативного контроля остекления кабины истребителей и прибор для быстрой оценки биозагрязнения авиационного топлива. За первую разработку на выставке «Армия – 23» авторы получили диплом первой степени. В КБ «Сухого» метод помогает разрабатывать новые узлы остекления кабины самолетов.

С 2013 г. в Федеральном институте «ВИРОМ» Роспотребнадзора в Екатеринбурге наш метод используется для создания физических моделей функционирования живых клеток в норме и при внешних воздействиях вирусами и химическими веществами. Создан метод быстрой индикации вируса, разрабатывается метод объективной оценки предельно допустимой концентрации вещества в клетках.

В чем главное научное отличие вашего подхода?

Раньше все, связанное с трещинами, считали через так называемые коэффициенты интенсивности напряжений. По сути, это «черный ящик»: берется квадратный корень из длины трещины, умножается на напряжение, и никто толком не знает, что происходит в вершине трещины. Мы этот ящик открыли. Впервые экспериментально увидели реальные поля деформаций на стадии зарождения и движения усталостной трещины. Теперь численные методы, например метод конечных элементов, можно настраивать правильно, а не гадать на кофейной гуще. Это должно резко ускорить создание новой техники и сделать ее надежнее. Кроме того, мы начали изготовление первых опытных датчиков остаточного ресурса — их массовое внедрение сможет предотвращать аварии и убирать гигантские временные и материальные потери.

Кем и как финансируются ваши разработки?

В неявном виде Российским государством. Все работы выполняются в рамках производственных практик, учебно-исследовательских работ и дипломных проектов студентов и магистров Уральского федерального университета, а также в рамках кандидатских диссертаций выпускников университета. Кроме этого, в работу безвозмездно включились две организации. Им интересно участвовать в таком новом деле, поскольку они понимают важность разработки для страны.

Как вы узнали о Салоне инноваций? Какие возможности, по вашему мнению, дает участие в нем?

На Салон инноваций я получил приглашение от дирекции. Считаю, что о таких вещах должны знать как можно больше людей — и специалистов, и потенциальных потребителей из самых разных областей. Салон как раз решает эту задачу.

Как, на ваш взгляд, развитие технологий неразрушающего контроля и технической диагностики изменит безопасность промышленных объектов в ближайшие 5–10 лет?

Все упирается в новые знания в области физики, биологии, химии и математики. Наши датчики, если довести их до массового производства, будут

очень дешевы и позволят принципиально повысить безопасность при одновременном сокращении затрат. Но чтобы появились следующие прорывы, нужно возвращать качественное массовое образование и серьезно усиливать академию наук — нужны свободные «аферисты» в науке, которые, собственно, и создают новое знание.

Фундамент того, что мы показали на салоне, заложил еще в советское время выдающийся механик-теоретик профессор С. Д. Волков. Он называл себя аферистом. Его концепция гласила: перед разрушением материал обязательно проходит стадию, когда его сопротивление деформированию постепенно падает с максимума до нуля. Мы искали, что именно с физической точки зрения стоит за этим падением, и нашли ответ благодаря открытому механо-оптическому эффекту и методу измерения деформаций на минимальной микронной базе.



МАКСИМОВ Лев Игоревич

Руководитель технологического проекта S. M. Art Metals, Основатель и генеральный директор ООО «ФЕРРМЕ ГРУПП» (компания-резидент Тюменского технопарка, участник ЗапСибНОЦ, участник Фонда «Сколково»), Тюмень

Поделитесь историей создания вашего проекта.

Идея проекта возникла, что называется, из-под ног — буквально из отходов. Я начал проект S. M. Art Metals в 2014 г., когда мне было 20 лет, отталкиваясь исключительно от научного интереса: что делать с осадком станций обезжелезивания подземных вод? Этот осадок — «вторичный ресурс», уникальность которого обусловлена сочетанием высокой доли железа (до 94% мас.) с минимальным количеством примесей и очень высокой дисперсностью — размер частиц находится в диапазоне от 40 нм до 20 мкм. Мы разработали технологию такого ценного ресурса в нано- и субмикронные ферромагнитные частицы, а на их основе создали линейку расходных материалов для магнитопорошковой дефектоскопии (МПД): аэрозоли, жидкие концентраты, сухие порошки и капсулы. Сегодня это полноценный экологичный продукт под брендом S. M. Art Metals, производство которого, включая все смежные материалы, локализовано в УрФО совместно с заводом «Тюменские аэрозоли».

В чем актуальность и преимущества вашей разработки?

МПД — один из самых массовых методов НК в промышленности: используется при контроле сварных швов, трубопроводов, резервуаров, деталей машин в широком диапазоне отраслей — от авиации до атомной энергетики. Ранее рынок расходных материалов для МПД был практически полностью занят импортными аналогами, прежде всего Magnaflux и Helling. Санкционное давление и разрывы цепочек поставок сделали задачу импортозамещения критической. Наш аэрозоль FB-2 содержит в 12–200 раз больше функциональных частиц на 1 кг по сравнению с импортными аналогами, что напрямую повышает четкость индикаторного рисунка и снижает вероятность пропуска дефектов. Продукт эффективен до –25 °С, что принципиально важно для работы в арктических условиях. Апробация проведена на 10+ предприятиях, в том числе в структурах ПАО «Газпром». Жидкий носитель и пропеллент безопасны для персонала и окружающей среды — это принципиальное отличие от большинства существующих продуктов.

Почему внедрение вашей разработки важно для отрасли?

Мы сделали то, чего раньше никто системно не делал: замкнули экологический цикл — доказали возможность создавать из отходов водоподготовки расходные материалы повышенной чувствительности для НК. Это не просто импортозамещение, это принципиально иная модель производства: сырье, которое раньше было проблемой для водоканалов и промышленных предприятий с собственной водоподготовкой «из скважин», становится ценным ресурсом. Для отрасли это важный шаг: получить отечественный продукт, превосходящий импортные аналоги по ключевому параметру — чувствительности, при полной локализации производства и экологически обоснованной цепочке создания стоимости.

Как вы узнали о Салоне инноваций? Какие возможности он дает?

Форум «Территория NDT» — главная профессиональная площадка страны в области НК, и не знать о нем специалисту невозможно: впервые я оказался слушателем деловой программы еще в 2022 г. и с тех пор не пропускал ни года. Салон инноваций особенно ценен для таких команд, как наша: он позволяет представить разработку напрямую профессиональному сообществу, услышать экспертную оценку, найти первых партнеров и потенциальных заказчиков — все это в одном месте и в одно время. Как правило, именно живой диалог с практикующими специалистами дает импульс к доработке продукта быстрее, чем любые лабораторные исследования.

Что особенно привлекает в работе форума?

Меня особенно впечатляет концентрация экспертизы: на одной площадке встречаются и ученые, и разработчики приборов, и специалисты-практики из нефтегазовой, атомной, авиационной отраслей. Очень ценен формат, где выставка, конференция и круглые столы совмещены. Это позволяет не просто увидеть новинку, но сразу же обсудить ее применимость. Отдельно хочу отметить атмосферу: она одновременно деловая и дружественная, что располагает к открытому профессиональному общению.

Каковы перспективы НК и ТД в ближайшие 5–10 лет?

Уверен, что мы движемся к проактивной модели управления промышленной безопасностью. Расходные материалы нового поколения с повышенной чувствительностью — в том числе то, что делаем мы — станут частью автоматизированных систем оцифровки НК, где результаты оцениваются системами на основе машинного зрения, чувствительность которых значительно выше, чем у человеческого глаза.



БИЗНЕС В СТИЛЕ ФАНК, или КАК ТВОРИТЬ ПО ДУШЕ

Интервью с Е.А. ВОЛКОВЫМ, руководителем ООО «Сканикс Русланд»



ВОЛКОВ Евгений Анатольевич
Учредитель и генеральный директор
ООО «Сканикс Русланд», Тюмень

Как появилась компания «Сканикс Русланд» (Skaniks Rusland)? С чего все началось?

Я бы сказал, что компания появилась случайно, но это не совсем правда. На самом деле в какой-то момент опыта и желания его применить у меня стало так много, что уже не хотелось ограничивать себя рамками какой-либо должности. В компании, где я в то время работал, не было перспективы дальнейшего развития, и с руководством мы ни о чем не смогли договориться. Тем не менее было не просто решиться на шаг к созданию чего-то своего. И вот, в один чудесный майский вечер я занимался работой, а моя жена не давала мне покоя разговорами о дальнейшем пути. Я, конечно же, говорил, что еще не время и что я сейчас занят, но она не отставала и накидывала идеи названия компании из генератора случайных слов. Конечно же, она все делала не так. Я не мог не вмешаться и сказал, что нужно оттолкнуться от какого-нибудь слова, например «сканирование». Минут через 10 появилось слово «сканикс». Оно было звучным, запоминающимся, понятным в контексте сферы неразрушающего контроля, но мне не хватало масштаба в нем что ли, какой-то объемности. В тот момент я выставлял счет клиенту на штангенциркуль марки Norgau Rusland. Я просто взял и написал под словом «сканикс» слово «русланд», оказалось, что в них одинаковое количество букв, а значит, есть красота симметрии. Можно сказать, что с этого момента и появилась компания, так как ко мне пришло вдохновение и обратного пути я уже не видел. Все остальное история.

У вас интересный логотип. Почему именно такой?

Логотип — это способ быть узнаваемым на рынке. Я решил отойти от отображения на логотипе связи компании с какой-то конкретной сферой. Также я хотел представить в логотипе компании и свою личность, поэтому в центральной части изображен чертополох. Невзрачное на первый взгляд растение обладает своеобразной красотой. Его колючки и яркие цветы символизируют стойкость и защиту. Чертополох выживает в самых непростых условиях, так и наш «Сканикс Русланд» пробивает себе путь через преграды и постоянно растет, несмотря на все вызовы. А два трилистника клевера на логотипе являются символом удачи, которая очень нужна при старте любого проекта.

Расскажите о деятельности компании.

Мы позиционируем себя как многопрофильный и мультибрендовый поставщик товаров и услуг. Однако основу нашей компании составляет неразрушающий контроль. Поставка приборов и расходных материалов для неразрушающего контроля – это основное направление. Кроме того, в качестве ключевых направлений можно назвать: метрологические услуги (поверка и калибровка средств измерения и аттестация испытательного оборудования), аттестацию персонала лабораторий, аттестацию и аккредитацию самих лабораторий, услуги по пожарной и промышленной безопасности, повышение квалификации, поставку оборудования для испытательных лабораторий. По мере развития компания мы также открыли и развиваем направления электро- и радиоизмерительных, контрольно-измерительных приборов, весового, геодезического и сварочного оборудования. Мы постоянно осваиваем новые сферы и отрасли, смежные с неразрушающим контролем.

Основное из ваших направлений – неразрушающий контроль. Почему именно эта сфера – острая потребность рынка или личный опыт и интерес?

За годы деятельности в различных отраслях я получил разноплановый опыт – от работы с персоналом и документацией до закупок и продаж. По мере развития карьеры в качестве наемного специалиста мне все больше хотелось применить свои знания в каком-то глобальном, интересном проекте. Шли годы, но везде, где бы я ни работал, рано или поздно я достигал потолка: возникали ограничения по финансам, широте полномочий или по каким-то еще параметрам. Так случилось и с неразрушающим контролем. За четыре года работы в торговой компании из сферы НК я дошел до потолка возможностей, и, когда встал вопрос, а что же дальше, я не нашел с руководством взаимопонимания и задумался об уходе. На счастье, дальнейший путь мне подсказали партнеры и конкуренты компании. Они, узнав о моем подвешенном состоянии, начали предлагать различные варианты сотрудничества, в том числе открытие филиала их компаний под моим руководством. И тут моя огромная благодарность Сергею Зыкову, руководителю группы компаний «ТЕТА» и ООО «Техресурс». Он был активней и убедительней других, тем самым натолкнув меня на мысль, что можно не изобретать велосипед, а просто использовать весь свой опыт, соединив его с реалиями момента. Так и родилась компания «Сканикс Русланд».

А про интерес к работе в области неразрушающего контроля я отвечу так: сфера контроля не нова в целом для истории, но именно сейчас она находится на подъеме с точки зрения новых технологий и постоянно развивается. Мне нравится именно то, что есть постоянный рост, появляются новые игроки, технологии, приборы. Эта сфера не дает жить прошлым.

Вы сотрудничаете с большим числом производителей (более 100). Как вы находите и отбираете поставщиков? Как понять, что производителю можно доверять?

Да мы сотрудничаем уже более чем с двумястами производителями. На самом деле я давно перестал считать в штуках, скорее, в направлениях считаю. А как оцениваем и выбираем? Ну широко известных и выбирать не приходилось, они были знакомы мне еще по прошлому месту работы, тут, скорей, нужно было мне им понравиться. А вот дальше уже по мере развития компании обнаруживаются белые пятна или смежные сферы, по которым к нам обращаются, а мы не можем закрыть эти потребности. Мы собираем фокус-группу, оцениваем потенциал нового направления и начинаем изучать новый рынок: опрашиваем контрагентов, делаем тестовые обзвоны производителей, изучаем информацию о них. И когда появляется уверенность, что оно нам надо и интересно, мы заключаем дилерские договоры и уже в деле тестируем наше новое сотрудничество. Скажу прямо, далеко не все произ-

водители отвечают нашим требованиям в отношении прозрачности, честности, оперативности и надежности, поэтому работаем не с каждым, так как для нас репутация гораздо важней, чем сиюминутный заработок. Хотя справедливости ради нужно заметить, что все больше и больше производителей в наши дни становятся современными и приятными что ли.

Я на самом деле горжусь тем, что в России есть собственное производство и оно растет, несмотря ни на что. Есть и умы, и руки, и желание. Это очень приятно осознавать.

Как при таком многообразии брендов и типов приборов сохранить объективность и подобрать клиенту лучшее?

Все очень просто — не нужно делать бизнес только ради денег. Нужно творить по душе и искренне желать успеха и развития не только своей компании, но и своим партнерам. В таком случае вопрос объективности и честности не будет возникать в принципе.

Как вы осуществляете метрологические услуги? Ваш совет: с чего начать молодой лаборатории, которая только входит в сферу контроля и ищет поставщика?

На данный момент мы работаем как дилер различных метрологий, и огромным плюсом работы с нашей компанией является как раз этот момент. Дело в том, что у каждой метрологии своя, ограниченная, область аккредитации. В то же время мы, работая со всеми сразу, можем предоставить весь спектр, от всех метрологий и при этом по ценам не дороже самих метрологий, так как мы их дилер. В дальнейшем мы рассматриваем открытие собственной метрологии, но пока этот вопрос лишь в проекте.

Приведите пример проекта под ключ, где вам пришлось собирать решение из приборов разных методов.

На самом деле под ключ мы собираем каждый 3–4-й проект, так как лаборатории открываются часто как в составе действующих предприятий, так и отдельно для предоставления услуг по неразрушающему контролю. Если смотреть из последних интересных проектов, то это четыре поставки по гособоронзаказу, что для нас было новым опытом. Не скажу, что это было просто, все же документация там иная и ответственности больше. Кроме того, мы наладили для нескольких наших постоянных клиентов поставки зарубежной продукции, которую невозможно сейчас купить в России. Это тоже огромный опыт — напрямую, без посредников, систематически начать ввозить подобную продукцию. Но главным нашим достижением я считаю все же то, что более 100 постоянных клиентов работают с нами с первого года существования компании. Причем сотрудничаем мы с этими клиентами не по одному какому-то направлению, а комплексно (это и поставка различного оборудования, и метрологические услуги). Уверен, что разовые интересные поставки есть у всех, но все же считаю главным в деятельности компании стабильность работы с клиентами, когда они продолжают сотрудничать с нами годами.

Как собиралась ваша команда? Чему невозможно научить новичка за месяц стажировки в сфере контроля и безопасности? В чем заключается опыт эксперта?

Большинство сотрудников компании перешли к нам из других организаций Тюмени, Екатеринбурга и Челябинска. У нас есть сотрудники, поработавшие на всех возможных должностях в сфере неразрушающего контроля, а есть те, кто были лидерами на своей должности в прежней компании. Так что у нас достаточно много опытных сотрудников. При этом мы на постоянной основе проводим внутренние курсы обучения, но также привлекаем специалистов разных областей извне.

Новичка за месяц в целом мало чему можно научить на любой должности, разве что без запинки произносить «неразрушающий контроль». А если серьезно, мы всегда в первую очередь стараемся привить людям понимание важности данной сферы, важности миссии нашей организации и наше позиционирование, поскольку без этого невозможно научить мыслить категориями данной сферы, понимать, как устроен этот рынок.

Про экспертов могу сказать, что они вселяют уверенность независимо от должности. Когда человек видит вглубь и понимает, что вокруг, то в целом любые задачи становятся решаемыми. За таким человеком готовы идти и партнеры, и коллеги.

У руководящего состава 10–15 лет опыта в продажах сложного оборудования. Как этот опыт помогает в работе с клиентами, которые просят один прибор, но для их задачи нужна комбинация методов?

К руководящему составу мы предъявляем особые требования и систематически повышаем уровень компетенций сотрудников на руководящих должностях. Большая часть наших сотрудников, даже не задействованных в продажах, имеет такой опыт, посколь-

ку мы уверены, что работа в продажах развивает личность, коммуникативные навыки, мышление. Это очень помогает как в работе, так и в жизни.

Клиенты часто хотят сделать что-то нереальное, имея условно лишь линейку, но на то мы и берем опытных сотрудников, чтобы они могли показать клиенту, что можно сделать, как это будет работать и доказать выгоду предложенного нами варианта. При этом на начальном уровне мы всех сотрудников отделов продаж приучаем ничего не впаривать и не предлагать альтернативы, которые стоят дороже, но не имеют смысла для клиента. За этим мы строго следим и систематически проводим проверки по типу «тайный покупатель».

Компания работает по всей России – от Калининграда до Владивостока. Чувствуете ли вы разницу в работе с разными регионами?

Разницы в работе с разными регионами не вижу. В менталитете отличия есть, конечно, в основном с южными регионами, с Кавказом. При этом я бы не сказал, что это существенно сказывается на конечных результатах. Мы всегда стараемся найти точки соприкосновения с каждым клиентом, даже не по профильным вопросам. У нас каждая четвертая оплата – это непрофильная продукция. Благодаря такой политике мы находим партнеров, с которыми можем работать независимо от ситуации на профильном рынке, что придает уверенности и независимости от просадок на рынке НК.

Импортозамещение в НК — тема острая. Чем вы видите Skaniks Rusland в первую очередь – надежным мостом к лучшим мировым технологиям или активным проводником российских разработок?

На данный момент мы на 90% сфокусированы на российских производителях, но тем не менее, как я сказал ранее, для некоторых клиентов уже проработали маршруты поставки и зарубежной продукции. Чем больше мы набираем опыта работы с иностранными производителями, тем больше клиентов появляется у нас в данном направлении, для нас это вопрос опыта и поиска новых рынков. Кроме того, мы и сами хотим в обозримом будущем запустить собственный бренд, уже даже получили товарный знак. Это я все к тому, что для нас тут больше вопрос, умеем ли мы работать с каким-либо иностранным производителем и можем ли привезти его оборудование, а не философский вопрос: на чьей мы стороне. В любом случае мы всегда будем отдавать приоритет российским производителям, так как убеждены, что нужно помогать развивать производство в своей стране.

Что клиенты больше всего ценят в Skaniks Rusland? Что говорят, когда рекомендуют вас коллегам?

Этот вопрос мы отслеживаем предельно внимательно, и я могу с уверенностью сказать, что главное, за что нас ценят клиенты, это, с одной стороны, комплексность подхода, что с нами можно закрыть любой вопрос под ключ, даже если он непрофильный, а с другой – что мы не нарушаем обязательства. Очень многие клиенты к нам пришли от конкурентов как раз потому, что обожглись на серьезных нарушениях договоренностей. Мы, исходя из опыта работы, изначально сделали ставку на сервис, четкость исполнения, и мы скорей возьмем дополнительного логиста или бухгалтера, чем наберем продажников, чьи продажи потом некому будет отгружать. Качество взаимодействия отделов, продуктивность и оперативность мы оцениваем ежемесячно и постоянно вносим корректировки.

Какие планы у компании на будущее? Каким вы видите «Сканикс Русланд» через 5 лет? О чем мечтаете как руководитель?

В наших планах на будущее открытие собственного производства, а также мы рассматриваем возможность открытия на базе нашей компании своей метрологии, аттестационного и учебного центра. На данный момент эти направления деятельности просчитываются, оцениваются, но уже сейчас могу сказать, что собственный бренд мы запустим в рамках календарного года. Что это будет, пока оставлю в секрете, так как мы еще не все интересующие варианты до конца оценили.

Через пять лет я хочу видеть, что компания может без моего участия не только поддерживать свою деятельность, но и развиваться. А мечтой моей является как раз то, чтобы компания не останавливалась в развитии, даже если все и так уже прекрасно. Ведь нет предела совершенству.

Ваше жизненное кредо.

Я отвечу двумя достаточно известными фразами: «дорога возникает под ногами идущего» и «взгляни на это под другим углом».

ФОТОАЛЬБОМ ДЕФЕКТОВ С ОПИСАНИЕМ

РУБРИКА СОДЕРЖИТ ФОТОГРАФИИ ДЕФЕКТОВ С ОПИСАНИЕМ

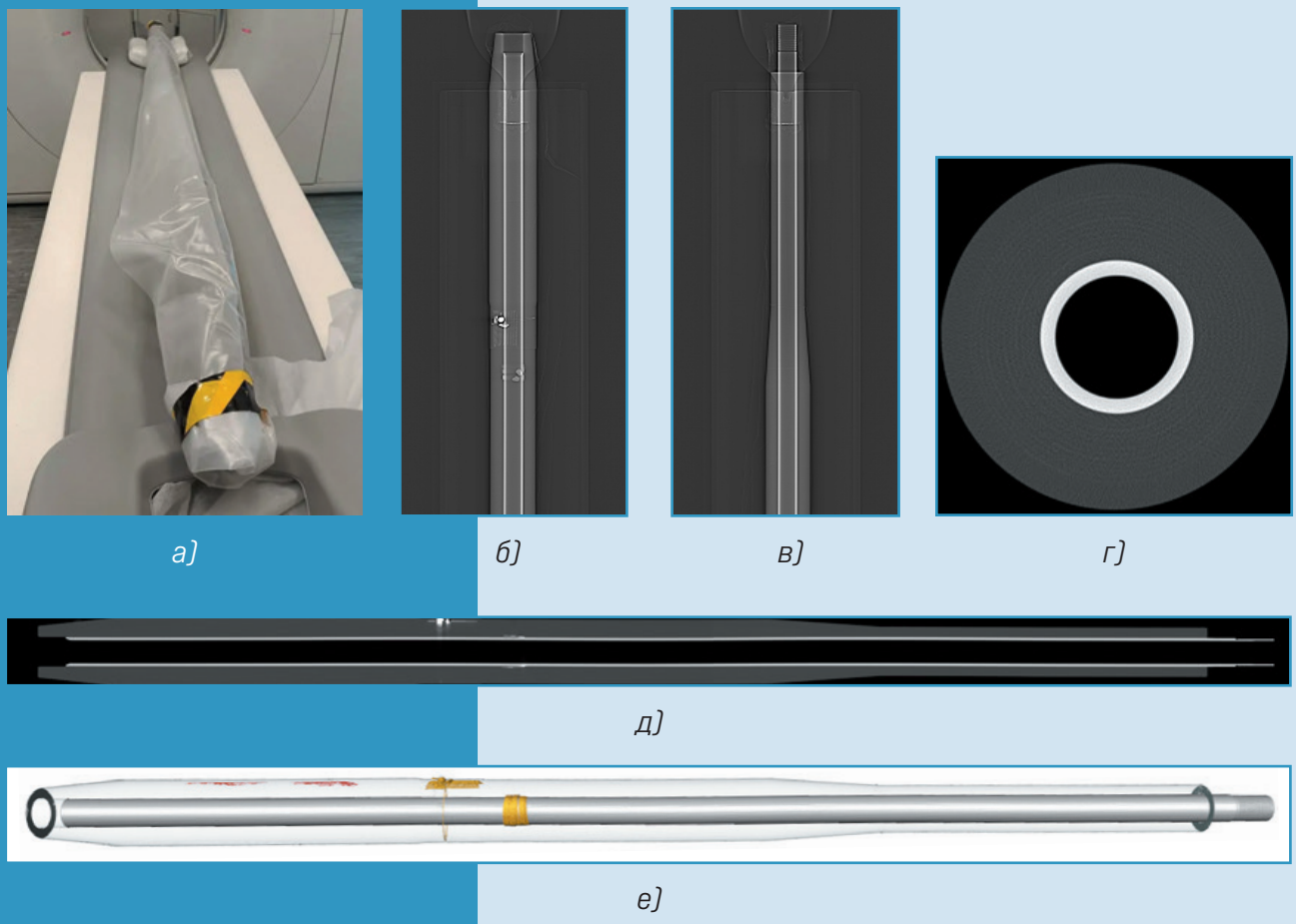
Описание образца (рис. 1, 2)

Цельный остов высоковольтного ввода. Габаритные размеры: длина 218 см, диаметр 11 см. Материал: центральная алюминиевая труба, покрытая изоляционным слоем (переслаивание гофрированной бумаги и алюминиевой фольги 14:1, пропитанных смолой) с медной заземляемой обкладкой. Технология изготовления: безмасляная RIP-изоляция.

Мультимасштабная компьютерная томография для выявления причин пробоя в высоковольтном вводе

Мультимасштабная компьютерная томография для выявления причин пробоя в высоковольтном вводе.

Выявление внутренних дефектов, приводящих к пробою остова высоковольтного ввода, изучение их причин и поиск решений для улучшения технологии производства.

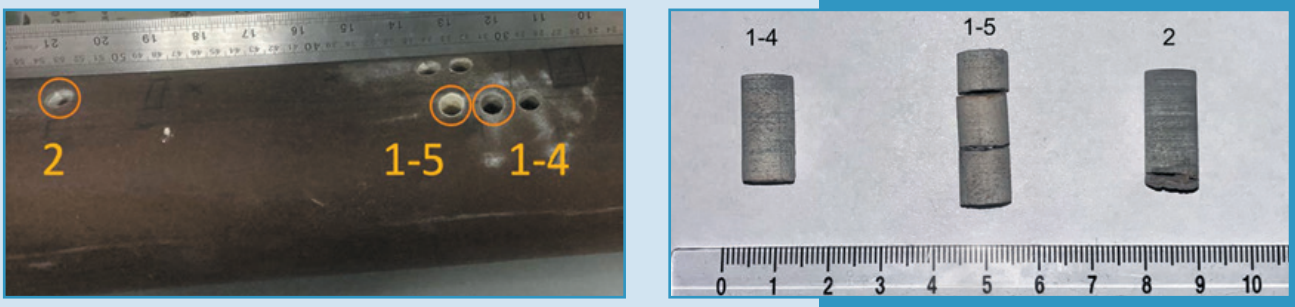


а) *б)* *в)* *г)*

д)

е)

Рис. 1. Остов на столе КТ медицинского класса (а); радиографическая проекция верхней части остова (б); радиографическая проекция нижней части остова (в); поперечный рентгеноплотностной срез остова (г); продольный рентгеноплотностной срез всего остова (сшитое изображение) (д); стереологическая модель остова (е)



а) *б)*

Рис. 2. Точки отбора мини-образцов (а), мини-образцы для микроКТ (б)

Выявленные дефекты представлены на рис. 3, 4 и 5.

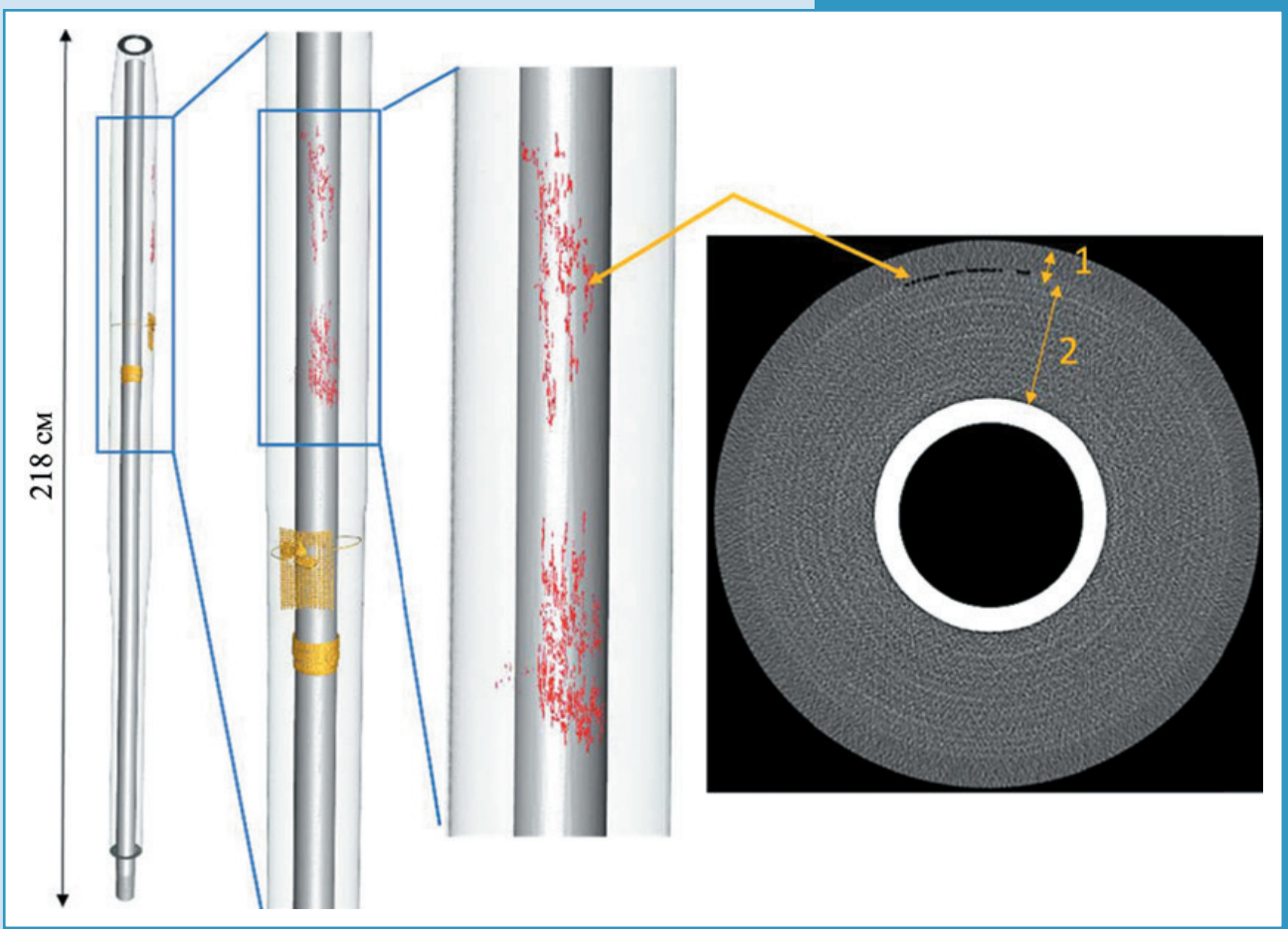


Рис. 3. Воздушные полости (красный цвет на стереологических моделях) вдоль границы внешнего слоя (1) и слоя обмотки (2)

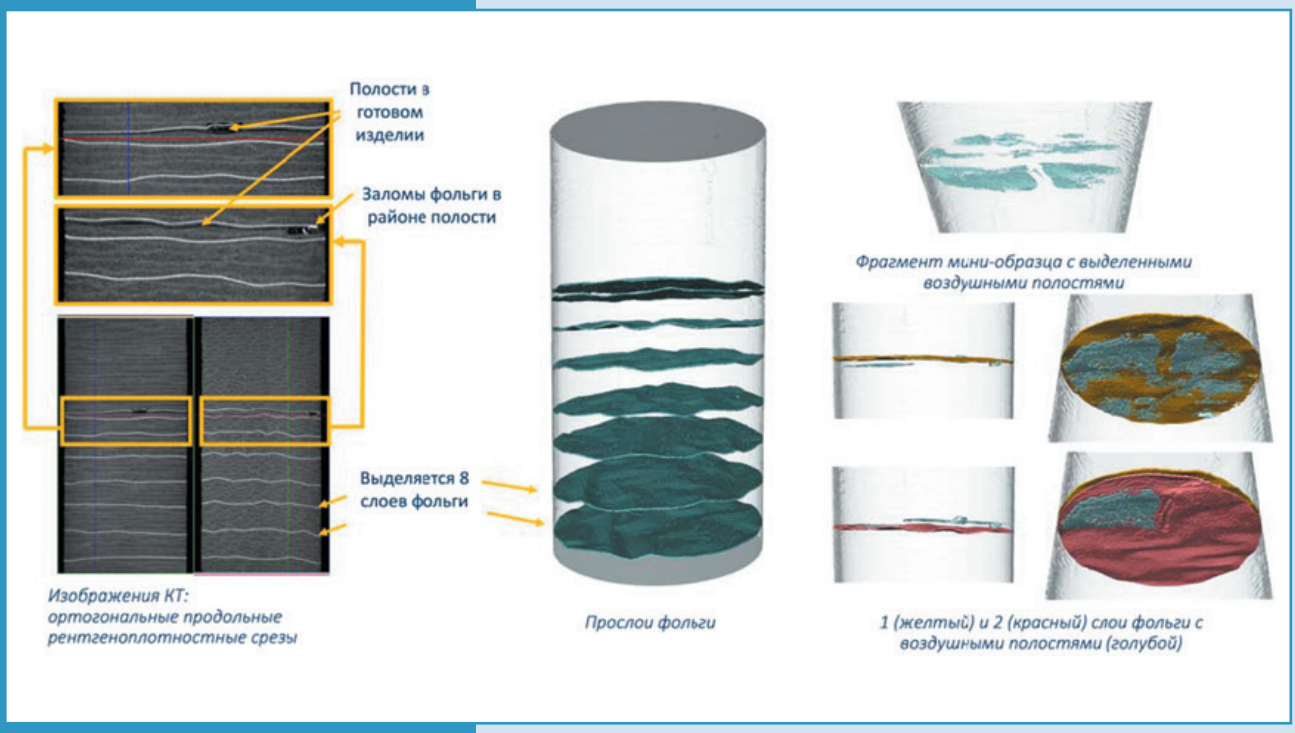


Рис. 4. Воздушные полости на рентгеноплотностных срезах микроКТ расположены под 1 и 2 слоями фольги, а также в местах ее залома. Высота полостей 50 – 300 мкм

Заключение заказчика исследований

Производитель (ООО «Эйч Энерджи», входящее в группу НЭК) использует полученные результаты для дальнейшего усовершенствования методики выявления дефектов при отборе материалов для изготовления остовов вводов. Полученные данные позволили уточнить причины образования полостей, связанные с качеством материала (гофрированная бумага), используемого для формирования изоляционного слоя, что позволяет производителю на ранних стадиях выявлять отклонения и не допускать к серийному производству бумагу, имеющую потенциал снижения изоляционных свойств ввода (в представленном исследовании бумага типа 1). Уточнены планы технологического контроля изделий для мониторинга производства и контроля качества конечного изделия.

Решение ООО «Деко-сервис»

Специально адаптированный для задач неразрушающего контроля томограф медицинского класса с рентгеновским источником 130 кВ, 1 мм и твердотельным линейным детектором с ячейкой 1,6 мм. Параметры съемки: два прохода, спиральная томография, 64 среза, напряжение 130 кВ, ток 70 мА, размер вокселя 283×600 мкм. Скорость съемки крупногабаритных объектов: 1 м ~ 1 мин.

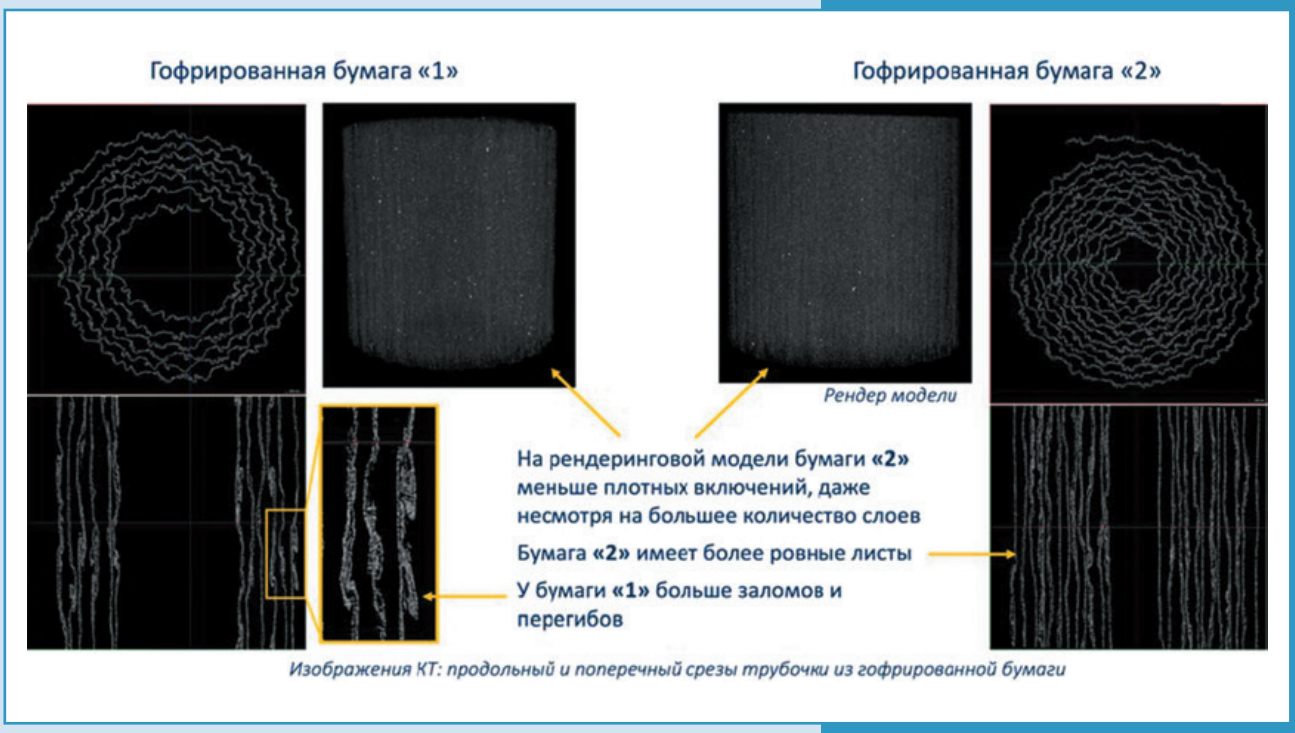


Рис. 5. Результаты микроКТ исследований двух типов гофрированной бумаги. Тип 1 имеет большое количество плотных рентгеноконтрастных включений, а также заломы бумаги в виде уплотнений, к которым приурочены полости в готовом изделии. Тип 2 имеет меньше плотных включений, а заломы практически отсутствуют



Микротомограф «ПРОДИС.Компакт» («ПРОДИС.НДТ»)
с рентгеновским источником 110 кВ, 5 мкм
и детектором 4 МП, 64 мкм.

ПАРАМЕТРЫ СЪЕМКИ:

– **мини-образцы изоляции:**
КТЛК, фильтр Al 1 мм, 1200 проекций на оборот 360°,
110 кВ, 70 мкА, воксель 20 мкм;

– **гофрированная бумага:**
КТЛК, 1200 проекций на оборот 360°,
40 кВ, 160 мкА, воксель 8,5 мкм.

Реконструкция, обработка и визуализация выполнена в ПО VolÅn («Проминт»)

Образец предоставлен ООО «Эйч Энерджи»

ФОТОАЛЬБОМ ДЕФЕКТОВ С ОПИСАНИЕМ

ЮБИЛЯРЫ НОМЕРА

От имени Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллективов АО «НИИИН МНПО «СПЕКТР», ООО «КОНСТАНТА», ООО «НПЦ «ЭХО+», СПбГЭТУ «ЛЭТИ», АО «ЦНИИ специального машиностроения», Объединенного института машиностроения НАН Беларуси, редакции журнала «Территория NDT», а также коллег и друзей сердечно поздравляем Анатолия Ильича, Владимира Григорьевича, Константина Евгеньевича, Олега Николаевича и Сергея Григорьевича с юбилеями, желаем неразрушаемого здоровья, счастья, благополучия и новых творческих достижений.

ВЛАДИМИРУ ГРИГОРЬЕВИЧУ БАДАЛЯНУ — 85 ЛЕТ!



23 ноября 2026 года исполняется 85 лет Владимиру Григорьевичу Бадаляну, доктору технических наук, главному научному сотруднику Научно-производственного центра неразрушающего контроля «ЭХО+» (НПЦ «ЭХО+»).

В. Г. Бадалян родился в г. Казани, в 1965 г. окончил физический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

С 1966 по 1969 гг. В. Г. Бадалян учился в очной аспирантуре Акустического института им. акад. Н. Н. Андреева. В 1974 г. в диссертационном совете Акустического института АН СССР успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.06 на тему «Определение констант спин-решеточной связи в парамагнитных кристаллах ультразвуковым методом».

С 1970 по 1990 гг., работая в Акустическом институте, прошел путь от младшего научного сотрудника до ведущего научного сотрудника, занимался исследованием воздействия мощного ультразвука на структуру металлов и парамагнетиков.

С 1990 г. по настоящее время В. Г. Бадалян — главный научный сотрудник ООО «Научно-производственный центр «ЭХО+». Он являлся одним из основателей компании и с 1990 по 2015 гг. заместителем руководителя ООО «НПЦ «ЭХО+» по научной работе, ставшего за 30 лет успешной работы флагманом отечественного автоматизированного ультразвукового неразрушающего контроля.

Владимир Григорьевич известный специалист в области ультразвуковой диагностики объектов повышенной опасности (атомных электростанций, газо- и нефтепроводов, оборудования железнодорожного транспорта и др.). Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку быстрых и эффективных алгоритмов когерентного получения и улучшения качества акустических изображений дефектов, разработанные аппаратные средства регистрации данных и получения изображений, методы и технология их применения послужили основой для создания нового научно-технического направления — ультразвуковой дефектометрии, которое позволяет не только повысить эксплуатационную надежность промышленных объектов, но и проводить оценку их остаточного ресурса.

Результаты исследований В. Г. Бадаляна легли в основу его диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Разработка когерентных методов и средств ультразвуковой дефектометрии металлов», успешно защищенной им в 2006 г. в диссертационном совете при ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «СПЕКТР» по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий». На основе проведенных исследований разработаны и реализованы на практике методики повышения информативности ультразвукового контроля.

Владимир Григорьевич является автором семи авторских свидетельств и патентов на изобретения, более ста публикаций, в том числе одним из авторов девяти монографий.

В. Г. Бадалян постоянно уделяет внимание вопросам подготовки и аттестации научных кадров высшей квалификации, работе с аспирантами и соискателями, осуществлял научное руководство подготовкой кандидатских диссертаций сотрудников ООО «НПЦ «ЭХО+» Е. Г. Базулина, А. Е. Базулина и Д. С. Тихонова. Владимир Григорьевич был членом диссертационного совета по присуждению ученых степеней при ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «СПЕКТР».

Владимир Григорьевич — лауреат Премии Правительства РФ от 2006 г. за создание и промышленное внедрение технологий комплексной диагностики, методов и импортозамещающих приборов в целях снижения аварийных ситуаций на потенциально опасных объектах, его труд отмечен в 2015 г. знаком отличия Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «За вклад в развитие атомной энергии» 2-й степени.

КОНСТАНТИНУ ЕВГЕНЬЕВИЧУ АББАКУМОВУ — 75 ЛЕТ!



7 сентября 2026 года исполнилось 75 лет известному ученому в области акустики и акустических методов неразрушающего контроля, доктору технических наук, профессору Константину Евгеньевичу Аббакумову.

Константин Евгеньевич родился 7 сентября 1951 г. в г. Ржеве Калининской области. В 1968 г. он поступил в Ленинградский электротехнический институт (ЛЭТИ) на электрофизический факультет, который с отличием и присвоением квалификации «инженер-электрик» окончил в 1974 г. По распределению К. Е. Аббакумов был оставлен на кафедре электроакустики и ультразвуковой техники для ведения преподавательской и научно-исследовательской работы.

В период работы в ЛЭТИ Константин Евгеньевич занимался исследованиями, разработкой и внедрением многоканальных промышленных ультразвуковых дефектоскопов для контроля листового проката. Участвовал в создании и проектировании систем типа «УЗУЛ», «ДУЭТ», УДЛ, УЗУП, изготовленных по заказу ряда металлургических предприятий страны. В сферу научных интересов Константина Евгеньевича Аббакумова входят исследования и разработка бесконтактных электромагнитно-акустических преобразователей, по результатам которых были опубликованы его первые научные работы, а также вопросы статистических методов неразрушающего контроля, дифракции и распространения волновых процессов в неоднородных средах, малогабаритных возобновляемых источников электроэнергии, акустических измерений.

После окончания аспирантуры в 1986 г. К. Е. Аббакумов защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, ему было присвоено звание доцента, а в 2000 г. — диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Рассеивающие свойства неоднородностей металлоизделий в задачах ультразвуковой дефектоскопии» по специальностям 01.04.06 «Акустика» и 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» (научный консультант проф., д-р техн. наук Л. А. Яковлев), ему было присвоено звание профессора. Обе работы посвящены исследованиям свойств неоднородностей металлургического происхождения в сплавах в применении к задачам ультразвуковой дефектоскопии.

С конца 80-х гг. 20-го столетия Константин Евгеньевич сосредоточился преимущественно на преподавательской работе, проявил себя как автор учебных курсов: «Электронные устройства приборов неразрушающего контроля», «Основы метрологии и стандартизации в неразрушающем контроле», «Технологии неразрушающего контроля и управления качеством», «Физические основы получения информации» и др. К. Е. Аббакумовым в соавторстве написан первый в стране учебник «Физические основы получения информации» для студентов приборостроительных специальностей (Изд-во «СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013 г.). Под его руководством выполнили квалификационные работы более 40 высококвалифицированных специалистов в сфере техники и технологии (бакалавров, специалистов, магистров).

С 2007 по 2022 гг. избранный по конкурсу д-р техн. наук, проф. К. Е. Аббакумов возглавляет кафедру электроакустики и ультразвуковой техники факультета инфомационно-измерительных и биотехнических систем, он неоднократно избирался в состав ученых советов факультета и университета, возглавлял работу учебно-методической комиссии. Константин Евгеньевич активно участвует в подготовке научных работников, он входит в состав трех специализированных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций, под его руководством защитили кандидатские диссертации восемь специалистов. К. Е. Аббакумов член редакционного совета журнала «Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», специалист III уровня по акустическим методам неразрушающего контроля, автор пяти монографий, более 150 научных статей и 11 патентов и авторских свидетельств на изобретения, 15 учебных и учебно-методических пособий.

Проф. Константин Евгеньевич Аббакумов активный участник Акустического семинара РАН им. Д. П. Коузова, Российского акустического общества и Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике. Он также является одним из соучредителей петербургского семинара по неразрушающему контролю «Гурвич-клуб».

С 2000 г. К. Е. Аббакумов активно работает в составе Федерального учебно-методического объединения по УГСН «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии» при НИУ ИТМО (Санкт-Петербург), является председателем Учебно-методического совета по научно-образовательному направлению «Приборостроение» по вузам РФ, в составе авторского коллектива участвовал в разработке федеральных государственных образовательных стандартов 1, 2 и 3-го поколений.

В 1997 г. за совокупность научных исследований и практическое внедрение средств ультразвукового контроля в составе авторского коллектива К. Е. Аббакумов стал лауреатом премии «В. К. Рентген — С. Я. Соколов». В 2011 г. проф. К. Е. Аббакумов был удостоен звания «Почетный работник высшего профессионального образования РФ», он обладатель почетного звания «Ветеран труда».

Серьезная научная деятельность гармонично сочетается в Константине Евгеньевиче с его успехами в литературном (проза и поэзия) и бардовском творчестве. Он автор «Гимна выпускников ЛЭТИ», часть его произведений опубликована в альманахе «Метроном Аптекарского острова» (Изд-во «СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), активно сотрудничает с петербургскими клубами авторской песни «Меридиан» и «Восток».

Многогранность таланта Константина Евгеньевича Аббакумова проявляется в таких увлечениях, как детективная художественная литература, печное дело, авто- и электротранспорт, музыкальные предпочтения — классика, рок, кантри.

ОЛЕГУ НИКОЛАЕВИЧУ БУДАДИНУ — 75 ЛЕТ!



10 декабря исполняется 75 лет известному ученому, доктору технических наук, главному научному сотруднику АО «ЦНИИ специального машиностроения», аттестованному эксперту и члену президиума научно-технического совета Ростехнадзора, ученому секретарю экспертного совета Высшей аттестационной комиссии (ВАК) РАН, лауреату Государственной премии РФ и дважды Премии Правительства РФ Олегу Николаевичу Будадину.

Олег Николаевич Будадин родился 10 декабря 1951 г. в г. Хотьково, Московской обл. О. Н. Будадин закончил Московское высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана, факультет «Приборостроение» по специальности «Инженер-механик по оптико-электронным приборам» в 1975 г. В 1984 г. в диссертационном совете Ленинградского технологического института им. Ленсовета он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Автоматизированный тепловой дефектоскоп изделий из полимерных композиционных материалов» по специальности 05.11.13 «Приборы и устройства контроля веществ, материалов и изделий», научный руководитель д-р техн. наук А. И. Потапов. В 2001 г. в диссертационном совете Северо-Западного заочного технического университета (Санкт-Петербург) защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении» на тему «Тепловой метод неразрушающего контроля и диагностики технического состояния материалов, изделий и конструкций», научный консультант д-р техн. наук, проф. А. И. Потапов.

Олег Николаевич Будадин является одним из ведущих специалистов России в области неразрушающего контроля, диагностики технического состояния материалов, изделий и конструкций (контроля объектов по анализу их динамических и статических температурных полей), автоматизации процессов неразрушающего контроля, инструментального энергетического аудита, имеет III (высший) международный уровень по тепловому, ультразвуковому и рентгеновскому методам контроля.

Он впервые поставил и решил проблему диагностики качества материалов и ресурса в условиях силового нагружения по анализу динамических температурных полей, разработал теорию, специализированные технологии и автоматизированные системы неразрушающего контроля, технической диагностики и оценки предельного ресурса эксплуатации специальных материалов и изделий авиакосмической и ракетной техники; инструментального энергетического аудита; диагностики технического состояния тепловыделяющих объектов — строительных сооружений, объектов металлургического производства, магистральных газо- и нефтепроводов, объектов энергетики, ЖКХ и др.

Впервые О. Н. Будадин решил обратную нестационарную задачу теплопередачи в многослойной трехмерной области с подобластями источником, имитирующим дефекты и при нагреве подвижным. Это позволило перевести тепловой неразрушающий контроль на новый качественный уровень — тепловую дефектометрию и реализовать на практике методы определения характеристик внутренней структуры материалов и дефектов, рассчитать сопротивление теплопередаче строительных конструкций в реальных условиях эксплуатации, реализовать инструментальный энергетический аудит и т.п. Также он занимался применением волоконно-оптических датчиков для мониторинга состояния объектов.

Среди практических результатов Олега Николаевича — методики автоматизированного теплового контроля для машиностроения и строительной промышленности, включая метрологическую аттестацию методик и сертификацию технологий.

О. Н. Будадин автор более 600 научных работ в ведущих научно-технических журналах, в том числе 17 монографий и более 150 изобретений в области неразрушающего контроля, технической диагностики, автоматизации процессов контроля, автор более 70 методик и методических пособий по неразрушающему контролю, технической диагностики, автоматизации процессов контроля.

Список цитирований его работ из публикаций на elibrary.ru составляет 2132, индекс Хирша по публикациям в elibrary.ru — 16, по публикациям в РИНКЦ — 16.

Олег Николаевич уделяет большое внимание подготовке научных кадров, он член диссертационных советов при АО «ЦНИИ специального машиностроения» и НИТУ «Московский институт стали и сплавов», а также был членом диссертационного совета ЗАО «НИИ интроскопии» МНПО «СПЕКТР». Под его руководством защищены докторская и четыре кандидатских диссертаций.

Заслуги в науке подтверждаются членством О. Н. Будадина в научных академиях и органах Ростехнадзора, он академик российской и международной инженерных академий, академик Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского. О. Н. Будадин входит в состав редакционного совета научно-технических журналов «Контроль. Диагностика», «Вопросы оборонной техники», «Конструкции из композитных материалов», является ученым секретарем экспертного совета Высшей аттестационной комиссии (ВАК) РАН.

Награды Олега Николаевича: лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники за 2003 г.; лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники (2017, 2024 гг.); звание «Заслуженный испытатель космической техники»; медали Федерации космонавтики России («Первый Космонавт Земли Ю. А. Гагарин», «Летчик-космонавт Комаров В. М.» и др.); юбилейные медали ВС и ВМФ РФ; четыре золотые и серебряные медали «Лауреат ВВЦ» и др.; почетные грамоты Высшей аттестационной комиссии РАН.

ПОЗДРАВЛЯЕМ

СЕРГЕЮ ГРИГОРЬЕВИЧУ САНДОМИРСКОМУ — 70 ЛЕТ!



27 сентября 2026 г. исполнилось 70 лет заведующему лабораторией металлургии в машиностроении, доктору технических наук Объединенного института машиностроения НАН Беларуси Сергею Григорьевичу Сандомирскому.

Сергей Григорьевич родился 27 сентября 1956 г. в Киеве. В 1978 г. окончил физический факультет Белорусского государственного университета (БГУ). С 1977 г. — лаборант, инженер, старший инженер, младший и старший научный сотрудник, ученый секретарь Института прикладной физики (ИПФ) НАН Беларуси.

В 1985 г. С. Г. Сандомирский защитил кандидатскую диссертацию по теме «Импульсный магнитный метод контроля механических свойств движущихся стальных объектов стержневой формы» в ИПФ НАН Беларуси, в 1993 г. – диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по теме «Магнитный контроль механических свойств движущихся малогабаритных изделий» в Институте интроскопии МНПО «Спектр» (Москва).

В 1996 г. С. Г. Сандомирский возглавил созданную им лабораторию магнитодинамических методов контроля Института прикладной физики НАН Беларуси. В 2000 г. решением Бюро Президиума НАН Беларуси лаборатория передана в Институт надежности машин НАН Беларуси (с 2006 г. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси).

С 2006 г. С. Г. Сандомирский главный научный сотрудник, с 2016 г. — заведующий лабораторией металлургии в машиностроении НТЦ «Технологии машиностроения и технологическое оборудование» Объединенного института машиностроения НАН Беларуси.

В интервью журналу «Территория NDT» основное направление своей научной работы Сергей Григорьевич определил так: это магнитная структуроскопия железоуглеродистых сплавов — сталей и чугунов. Исследования направлены на анализ особенностей связей структурного и фазового составов, физико-механических свойств сталей и чугунов с их магнитными параметрами. Установленные особенности и закономерности позволили разработать новые высокопроизводительные методы неразрушающего контроля качества структуры стальных и чугунных изделий, в том числе движущихся в процессе производства. Результатом научной работы является создание экспериментально обоснованной модели формирования намагниченности в ферромагнитных материалах (сталях и чугунах) и изделиях из них. Созданные технические решения переданы в промышленность, что позволило внедрить на заводах Беларуси и России комплекс приборов «МАКСИ-П» и «МАКСИ-У» для контроля изделий широкой номенклатуры размеров и материалов. Их применение гарантирует заданный предел прочности болтов, повышает надежность всех выпускаемых Минским моторным заводом дизельных двигателей, приносит и непосредственный экономический эффект заводу — в производство возвращены тысячи дорогостоящих болтов.

С. Г. Сандомирский автор более 630 научных работ, 101 патента на изобретения и полезные модели Беларуси, России, СССР, Чехословакии, Великобритании, Германии, США, Франции, Японии. В 1987 и 1988 гг. он стал победителем конкурсов на лучшего молодого изобретателя АН БССР. В 2001 г. С. Г. Сандомирский награжден почетной грамотой Минского областного совета БОИР как лучший изобретатель Минской области.

Научные результаты исследований С. Г. Сандомирского опубликованы в более 230 статьях, представлены на всемирных (Амстердам, 1989; Дели, 1996; Рим, 2000; Мюнхен, 2016), европейских (Копенгаген, 1998; Берлин, 2006; Москва, 2010; Прага, 2014) и российских конференциях по физике неразрушающего контроля.

С. Г. Сандомирский член редакционной коллегии международного научно-технического журнала «Механика машин, механизмов и материалов» (Беларусь), член редакционного совета научно-технического журнала «Контроль. Диагностика» (Россия), член Государственного экспертного совета № 2 «Машиноведение, системы и комплексы машин, компоненты и оборудование машиностроения».

С. Г. Сандомирский специалист 3-го (высшего) уровня по магнитному методу по классификации Европейского Совета по неразрушающему контролю (1999).

Доктор технических наук С. Г. Сандомирский награжден Почетной грамотой Минского областного общества изобретателей и рационализаторов (2001), Юбилейной медалью в честь 80-летия НАН Беларуси (2013) за многолетнюю плодотворную научную деятельность и значительный личный вклад в развитие магнитного структурного анализа материалов, разработку и внедрение в производство новых методов и средств неразрушающего контроля, Почетной грамотой НАН Беларуси (2016), Почетной грамотой Министерства промышленности Республики Беларусь (2017).

В настоящее время Сергей Григорьевич также принимает активное участие в выполнении исследований по тематике лаборатории, связанной с разработкой технологических режимов изготовления и химико-термической обработки, внедрением в производство высоконагруженных зубчатых колес из экономнолегированных сталей, позволяющих значительно повысить ресурс ответственных узлов карьерных самосвалов, и решением проблем создания на ОАО «БЕЛАЗ» автоматизированного кольцераскатного комплекса.

АНАТОЛИЮ ИЛЬИЧУ ПОТАПОВУ — 90 ЛЕТ! ЖИЗНЬ В НАУКЕ



ДЕТСТВО И ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ

Анатолий Иванович родился 30 ноября 1936 г. в Грозном. Первые годы его жизни пришлись на войну. Семья была эвакуирована в Фергану, в Узбекистан, где некоторое время приходилось жить в железнодорожных теплушках, приспособленных для временного размещения людей. Условия были тяжелыми, привычный порядок жизни нарушен, поэтому школьное обучение началось значительно позднее обычного.

После возвращения отца с войны семья переехала на Сахалин. Остров стал местом, где прошли школьные годы Анатолия Потапова. В первый класс он пошел в 1946 г., когда ему было уже десять лет. Учиться приходилось, наверстывая время, потерянное из-за войны. В 1956 г. Потапов окончил школу в Южно-Сахалинске и решил продолжить образование в Ленинграде.

Дорога с Сахалина в Ленинград занимала немало времени. Вместе с товарищами А.И. Потапов собирался поступать в Военную инженерную академию им. Ф. Э. Дзержинского. Для зачисления ему не хватило одного балла, и он поступил на военно-строительный факультет Ленинградского инженерно-строительного института.

На первом курсе он обучался по программе подготовки военных инженеров-строителей для возведения специальных и оборонных объектов. Однако вскоре в результате преобразований системы военной подготовки факультет расформировали, и со второго курса Анатолий Потапов продолжил обучение как гражданский студент.

ЛЕНИНГРАД И ПЕРВЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОЕКТЫ

Ленинградский инженерно-строительный институт был одним из ведущих центров подготовки строителей. Здесь сочетались фундаментальные инженерные дисциплины, практическое проектирование и поиск новых конструкционных решений. А.И. Потапов учился на факультете промышленного и гражданского строительства и в 1961 г. получил квалификацию инженера-строителя.

Дипломный проект А.И. Потапова был необычным для своего времени. Он разрабатывал дом из пластмассовых объемных элементов, пригодный для районов Крайнего Севера, сейсмических территорий и антарктических станций. В начале 1960-х гг. пластмассы рассматривались как перспективный строительный материал благодаря малой массе, прочности и возможности быстро собирать здания в сложных условиях.

Экспериментальный пластиковый дом был построен в Ленинграде в районе Торжковского рынка. Его наружные оболочки выполнялись из стеклопластика, внутреннее пространство заполнялось теплоизоляционным пенопластом. Дом поднимался над землей на опорах и собирался из готовых объемных элементов. Внутри также широко использовались полимерные материалы – от отделки до мебели. Конструкция проходила механические, теплотехнические и биологические испытания.

Проект оказался важен не только как дипломная работа. Он поставил перед молодым инженером задачу, к которой тот впоследствии будет возвращаться в самых разных областях: как оценить прочность и надежность изделия, обнаружить внутренние дефекты и при этом не разрушить саму конструкцию. А.И. Потапов исследовал свойства пластмассовых элементов и развивал методы их испытания и контроля.

После окончания института А.И. Потапова приняли младшим научным сотрудником в Ленинградский филиал Академии строительства и архитектуры. В 1961–1962 гг. он продолжал работать с новыми строительными материалами и конструкциями. Научная тема выросла непосредственно из инженерной практики: наряду с изучением свойств полимеров требовались способы контроля качества готовых изделий.

Пластиковый дом не стал массовым типом жилья, однако работа с экспериментальной конструкцией определила дальнейшее направление исследований Потапова. Новый материал требовал собственных методов контроля, а их разработка постепенно стала одним из основных направлений его профессиональной деятельности.

ВЫБОР НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ

В 1962 г. Анатолий Иванович поступил в аспирантуру Ленинградского инженерно-строительного института (ЛИСИ) на кафедру конструкций из дерева и пластмасс. Он выбрал тему, связанную с методами и средствами неразрушающего контроля изделий из композиционных материалов.

Композиты открывали перед промышленностью широкие возможности. Сочетание нескольких компонентов позволяло получать материалы с высокой удельной прочностью, стойкостью и долговечностью. Стеклопластики были значительно легче стали и при этом могли выдер-

ПОЗДРАВЛЯЕМ

живать большие нагрузки. Они находили применение в строительстве, авиации, ракетно-космической технике, судостроении и оборонной промышленности.

Вместе с преимуществами композитов проявлялись и сложности их контроля. Эти материалы неоднородны по своей природе: они состоят из армирующих волокон, связующего вещества и отдельных слоев. Внутри изделия могли возникать расслоения, пустоты, участки неполной пропитки, отклонения состава и нарушения режима твердения. Обычный внешний осмотр не позволял обнаружить такие дефекты, а разрушающие испытания нельзя было применять к каждому готовому изделию.

Готовых решений для контроля таких материалов было немного. Высокочастотный ультразвук, успешно применявшийся для металлов, сильно затухал в неоднородных полимерных средах. Радиоволновые методы, напротив, оказывались перспективными для неметаллических материалов. Требовались новые преобразователи, приборы, режимы измерений, способы обработки сигналов и критерии оценки качества.

В 1965 г., после окончания аспирантуры, Анатолий Иванович возглавил отраслевую лабораторию и научно-исследовательский сектор ЛИСИ. Молодому ученому предстояло не только проводить собственные исследования, но и организовывать работу коллектива, взаимодействовать с предприятиями и превращать лабораторные результаты в инженерные методики.

В 1968 г. А.И. Потапов защитил кандидатскую диссертацию по теме «Контроль качества и прогнозирование надежности конструкций из композиционных материалов». Работа соединяла две взаимосвязанные задачи – выявление внутренних дефектов материала и прогнозирование поведения конструкции во времени. Требовалось не только обнаружить дефект, но и оценить его влияние на прочность и срок службы изделия.

С 1965 по 1974 гг. А.И. Потапов руководил научно-исследовательскими работами в строительном институте. За это время он приобрел опыт, позволивший перейти от отдельных экспериментов к системной разработке методов контроля. Исследования охватывали ультразвуковые, акустико-эмиссионные, радиоволновые и другие физические методы. Создавались приборы и преобразователи, разрабатывались методики, проводились испытания конструкций, изготовленных для различных отраслей промышленности.

ФИЗИКА И МЕХАНИКА ПОЛИМЕРОВ

К середине 1970-х гг. наиболее интенсивные исследования композиционных материалов в Ленинграде разворачивались в Технологическом институте им. Ленсовета. В 1974 г. А.И. Потапов перешел на кафедру физики и механики полимеров, где работал старшим научным сотрудником и доцентом.

Переход расширил научную основу работ Анатолия Ивановича. Строительная подготовка позволяла рассматривать конструкцию как целое, а физика полимеров – глубже исследовать процессы, происходящие внутри материала. Основной задачей было установить связь между структурой композита, технологией его изготовления, физическими характеристиками и сигналом измерительного прибора. Такой подход объединял исследование материала, разработку метода контроля и практические задачи производства.

За десять лет работы в Технологическом институте тематика исследований расширилась. Развивались акустические и ультразвуковые методы, исследовались возможности радиоволнового контроля, формировались подходы к диагностике изделий сложной структуры. Результаты применялись в строительстве, машиностроении, авиационной и оборонной технике.

В 1979 г. в ленинградском отделении издательства «Химия» вышла коллективная монография «Технологический неразрушающий контроль пластмасс», одним из авторов которой был Анатолий Иванович Потапов. Книга обобщала опыт контроля полимерных материалов и помогала превращать новое научное направление в часть инженерной практики.

В июле 1982 г. А.И. Потапов защитил докторскую диссертацию в специализированном совете Центрального научно-исследовательского института материалов (Ленинград). В апреле 1983 г. Высшая аттестационная комиссия утвердила его в степени доктора технических наук. Вскоре опыт А.И. Потапова оказался востребован при организации научной работы и развитии нового направления подготовки специалистов.

РАБОТА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ЗАОЧНОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Новый этап начался в 1984 г., когда Анатолий Иванович был назначен проректором по научной работе Северо-Западного заочного политехнического института (Ленинград). Одновременно он возглавил кафедру приборов точной механики и оптики. Ему предстояло укрепить научную работу института, развивать исследования и подготовку кадров высшей квалификации.

Кафедра постепенно была переориентирована на приборы и методы неразрушающего контроля, контроль качества материалов и экологическую безопасность. В ее работе объединились приборостроение, физические методы измерений, диагностика материалов, охрана окружающей среды и подготовка специалистов для промышленности.

Ученое звание профессора Анатолию Ивановичу было присвоено в 1985 г. К этому времени он был известен как специалист по контролю неметаллических и композиционных материалов. Разработки его коллектива были ориентированы на производственные задачи и применялись в научных организациях, на предприятиях машиностроения, оборонной, авиационной и строительной отраслей.

В 1985–1991 гг. профессор А.И. Потапов участвовал в работе экспертного совета Высшей аттестационной комиссии СССР. Он возглавлял диссертационный совет, работал в научных советах по неразрушающему контролю и

приборостроению, был организатором и участником научно-технических конференций. В круг его обязанностей входила оценка новизны и практической значимости диссертационных исследований.

Собственные исследования Потапов также ориентировал на практический результат. Изучение физического эффекта становилось основой метода контроля, затем измерительной схемы, прибора и технологии, пригодной для применения на производстве. Такая работа сочетала теоретические исследования, конструирование и испытания.

Значительную часть его деятельности составляла подготовка научных кадров. Темы учеников развивали общее направление: методы переносились на другие материалы, совершенствовались преобразователи и способы математической обработки сигналов, расширялись области применения. К концу 2018 г. под его руководством и научным консультированием были подготовлены 68 кандидатов и 18 докторов наук, а также более ста инженеров. Благодаря этому исследования продолжились и за пределами кафедры.

Северо-Западный заочный политехнический институт со временем был преобразован в Северо-Западный государственный заочный технический университет. В 2012 г. университет вошел в состав Санкт-Петербургского горного университета. Анатолий Иванович продолжил работу в Горном университете и возглавлял кафедру приборостроения до декабря 2018 г. Он руководил магистрантами и аспирантами, участвовал в исследованиях и публикациях, посвященных современным задачам контроля материалов и сооружений.

В 2018 г. в «Записках Горного института» была опубликована работа об оценке связи прочности и скорости ультразвука в стеклопластике. В 2020 г. вышла статья о неразрушающем контроле многослойных сред методом годографа скорости упругих волн. В 2021 г. был зарегистрирован патент на разработанный Анатолием Потаповым и Александром Шиховым способ мониторинга состояния многолетнемерзлых грунтов, служащих основанием зданий и сооружений. Эти работы продолжали исследования надежности материалов и конструкций, эксплуатируемых в сложных природных условиях.

ОТ КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ К ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

По мере развития кафедры расширялся и круг ее задач. Наряду с неразрушающим контролем материалов и изделий в ее научный профиль вошли приборы и системы экологической безопасности. Коллектив начал заниматься измерением параметров окружающей среды, оценкой воздействия промышленных объектов и разработкой средств экологического контроля.

Под руководством А.И. Потапова исследовались технологии переработки и утилизации осадков сточных вод. Предлагались способы превращения органической составляющей осадков в жидкое топливо для котельных. В этих работах отходы рассматривались не только как источник загрязнения, но и как возможный вторичный ресурс. Исследования стали частью экологического направления кафедры.

Анатолий Иванович принимал участие в деятельности Международной академии наук экологии и безопасности человека и природы, Российской академии естественных наук и Санкт-Петербургской инженерной академии. В Санкт-Петербургской инженерной академии он руководил отделением охраны окружающей среды – инженерной экологии. Работа отделения была сосредоточена на методах измерения, контроля и практических решениях в области экологической безопасности.

Экологические работы продолжали общую для А.И. Потапова тему измерения и контроля состояния сложных объектов. Подходы, разработанные при исследовании материалов, применялись к более широкому кругу задач – от промышленных отходов до энергетических систем и мониторинга окружающей среды.

ПРИЗНАНИЕ НАУЧНЫХ ЗАСЛУГ

Работы профессора А.И. Потапова получили признание научного и инженерного сообщества. В 1996 г. он стал лауреатом Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за создание и промышленное внедрение методов и средств неразрушающего контроля и диагностики строительных конструкций. В 1997 г. ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

В 2004 г. Анатолию Ивановичу в составе коллектива была присуждена Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники. Наградой были отмечены научное обоснование и широкое внедрение конкурентоспособных технологий и оборудования неразрушающего контроля и диагностики, предназначенных для оценки технического состояния различных объектов.

А.И. Потапов многие годы был связан с Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике, занимал пост вице-президента общества, возглавлял Ленинградское областное региональное отделение. В декабре 2023 г. Анатолий Иванович Потапов был принят в почетные члены РОНКТД.

К 85-летию ученого его библиография насчитывала около 780 научных и учебно-методических работ, в том числе более 120 монографий, учебников и учебных пособий. Им было получено более 110 авторских свидетельств и патентов. За этими цифрами стоит многолетняя работа, охватывающая физические основы методов контроля, приборные решения, практические методики и подготовку специалистов.

ПРОДОЛЖЕНИЕ НАУЧНОГО ПОИСКА

После завершения многолетней работы заведующим кафедрой Анатолий Иванович Потапов продолжил участвовать в исследованиях и подготовке публикаций. Одним из направлений позднего периода стало преобразование низкопотенциального тепла окружающей среды в

электрическую энергию. Интерес к этой теме был связан с идеями советского инженера Павла Кондратьевича Ощепкова, одного из пионеров отечественной радиолокации и автора концепции энергоинверсии.

Вместе с коллегами А.И. Потапов разрабатывал устройство, использующее контакт разнородных проводников и особенности теплообмена с окружающей средой. Результатом этой работы стал полученный в 2018 г. евразийский патент «Преобразователь тепловой энергии окружающей среды в электрическую энергию». Проект вновь соединил физический эксперимент с инженерной задачей – переход от наблюдаемого эффекта к измерению и техническому решению, рассчитанному на практическое применение.

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В последние годы научная работа Анатолия Ивановича получила еще одну форму – подготовку многотомного издания «Контроль и управление качеством электроэнергии, диагностика и надежность оборудования энергетических систем». В авторский коллектив вошли ученые и специалисты в области электроэнергетики, диагностики, приборостроения и технической безопасности. В работе над изданием А.И. Потапов опирается на многолетний опыт разработки методов контроля, оценки состояния и прогнозирования надежности технических объектов.

Первый том «Диагностика, ресурс, надежность объектов энергетики» вышел в Санкт-Петербурге в 2022 г. В нем были систематизированы методы оценки технического состояния энергетического оборудования, способы неразрушающего и дистанционного контроля, модели прогнозирования ресурса, анализ отказов и подходы к обеспечению надежности. По замыслу, издание будет состоять из 34 томов, охватывая интеллектуальные энергосистемы и цифровизацию, воздушные и кабельные линии электропередачи, качество электроэнергии, диагностический мониторинг, энергоэффективность и энергосбережение, автоматизированное управление, испытания и контроль оборудования, ремонт и эксплуатацию, экологическую, радиационную и техническую безопасность, а также законодательное обеспечение электроэнергетики.

Многотомное издание требует иной организации работы, чем отдельная монография: необходимо систематизировать большой объем специальных знаний, согласовать терминологию и связать теоретические положения с практикой эксплуатации. Здесь оказался востребован опыт А.И. Потапова как автора научных книг, руководителя исследований и преподавателя.

В 2026 г. к выходу из печати готовится 14 том энциклопедии «Современные технологии возобновляемой электроэнергетики». Его объем составляет 624 страницы. В книге рассматриваются природные ресурсы возобновляемой энергетики, ветровые и солнечные установки, геотермальная энергия, биотопливо, малая гидроэнергетика, энергия океана и использование вторичных энергетических ресурсов. Отдельное внимание уделено включению возобновляемых источников в современные интеллектуальные энергетические системы. Тематика тома пересекается с несколькими направлениями научной деятельности А.И. Потапова: исследованиями надежности конструкций, экологической безопасностью и новыми энергетическими технологиями. В этом смысле работа над энциклопедией не только подводит итоги, аккумулируя накопленный опыт, но и продолжает его деятельность в области контроля, диагностики, оценки ресурса и подготовки специалистов.

ИНЖЕНЕР, ИССЛЕДОВАТЕЛЬ, НАСТАВНИК

Перечень должностей, степеней и наград дает лишь общий контур профессиональной биографии Анатолия Ивановича Потапова. Ее содержание складывается из исследовательской, организационной и педагогической работы. Начав как инженер-строитель, занимавшийся испытаниями конструкций из стеклопластика, он стал специалистом по физическим методам контроля, доктором технических наук и профессором. В разные годы А.И. Потапов руководил лабораторией, научно-исследовательским сектором, кафедрами и научной работой института. Он участвовал в работе профессиональных и диссертационных советов, организовывал конференции, писал монографии и учебные пособия, разрабатывал приборы, получал патенты и руководил подготовкой научных кадров.

Одним из результатов этой деятельности стало формирование научной школы в области неразрушающего контроля неметаллических и композиционных материалов. По мере развития направления традиционные методы дополнялись цифровой обработкой данных, интеллектуальными моделями и автоматизированными системами мониторинга. А.И. Потапов участвовал в разработке этих подходов и подготовке специалистов, продолживших исследования.

В работе Анатолия Ивановича большое значение имеют надежность конструкции, точность измерений и качество подготовки специалистов. Эти принципы сохранялись при смене научных тем, организаций и методов исследования. Общий инженерный подход связывает на первый взгляд разные проекты – пластиковый дом, контроль композитов, экологические разработки и диагностику энергетического оборудования – в единый профессиональный путь.

Путь от экспериментального пластикового дома до энциклопедии энергетических систем охватывает уже более шести десятилетий. За это время изменились материалы, приборы и способы обработки данных, но сохранилась инженерная постановка задачи: понять действительное состояние объекта, перевести сложные процессы на язык измеряемых величин и снизить риск отказа. Результатом этой работы стали не только книги, патенты и методики контроля, но и научная школа, благодаря которой исследования продолжились за пределами одной кафедры и одного поколения специалистов. Накопленный опыт получает новую форму в многотомной энциклопедии энергетических систем, над которой Анатолий Иванович продолжает работать и сегодня.

Иван Анатольевич Потапов

РОНКТД
ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

ДЕФЕКТОСКОПИСТ 2027

В 2026 ГОДУ В КОНКУРСЕ ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ

30 + РЕГИОНОВ

410 + УЧАСТНИКОВ

230 + ОРГАНИЗАЦИЙ









1.ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

Пройдет в 32 регионах на базах аттестационных центров СНК ОПО РОНКТД

2. ФИНАЛЬНЫЙ ЭТАП

Состоится в рамках XIV международного промышленного форума «ТЕРРИТОРИЯ НДТ»

НОМИНАЦИИ

- Визуальный и измерительный контроль (ВИК)
- Ультразвуковой контроль (УК)
- Радиационный контроль (РК)
- Капиллярный контроль (ПВК)
- Магнитный контроль (МК)
- Электрический контроль (ЭК)

ОРГАНИЗАТОР

РОНКТД

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРГАН СНК ОПО

НАКС

ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР КОНКУРСА

АКС

Актуальная информация, условия участия и перечень документов

cmp.naks.ru ronktd.ru naks.ru

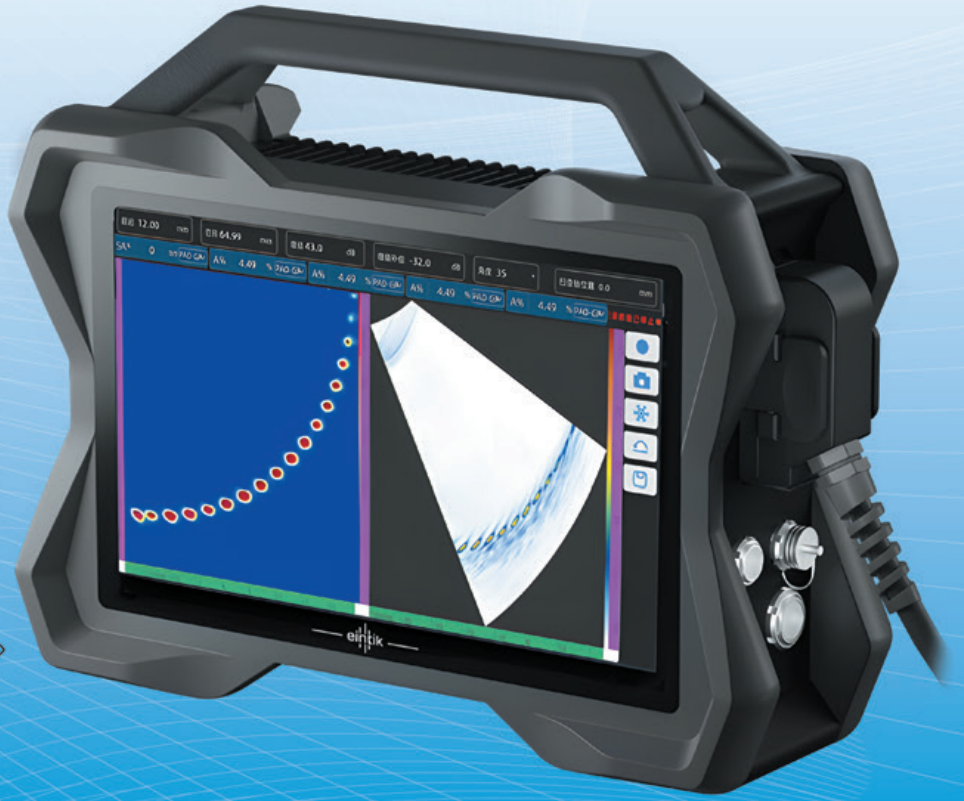
eintik

ТЕХКОН
технический контроль

Новое поколение TFM/FMC
PHASEYE FMC-64

Ультразвуковой дефектоскоп на фазированных решетках

- Различные конфигурации для оптимального решения задач контроля: 32:64PR, 32:128PR, 64:128PR
- Позволяет быстро получить 2D- и 3D-отображения в режиме реального времени
- Поддерживает одновременный контроль технологиями FMC/TFM и УЗК ФР до 8 «Мультигрупп»



Метод полной фокусировки (TFM)

Основан на прозвучивании каждой точки объекта контроля множества раз различными комбинациями приемных и излучающих элементов PR, при этом методе амплитуда сигнала менее зависит от ориентации дефектов по сравнению с методом фазированных решеток.

Фазово-когерентная визуализация (PCI)

Метод, основанный на анализе когерентности (повторяемости формы сигналов в каждой точке объектов контроля). Данный метод не амплитудный, отбраковка идет по размерам обнаруженного дефекта. Для контроля не требуется настроечный образец.

Контроль матричными (DMA) преобразователями

Это улучшенное проникновение в нержавеющих сталях, включая аустенитные и коррозионностойкие сплавы, а также сварные соединения разнородных металлов.

РЕКЛАМА

ТЕХКОН – официальный дистрибьютор EINTIK в России
+7 (495) 133-58-62 • info@techkontrol.ru • techkontrol.ru

ДВОЙНЫЕ МАТРИЧНЫЕ ФАЗИРОВАННЫЕ РЕШЕТКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ КОРРОЗИОННОМ МОНИТОРИНГЕ



ПЕПЕЛЯЕВ Андрей Валентинович
Технический консультант, ООО «ТЕХКОН», Москва

Дано понятие о двойных (раздельно-совмещенных) матричных преобразователях — фазированных решетках (ПФР). Рассмотрено их применение при ультразвуковом контроле основного металла, в том числе для выявления коррозионного растрескивания.

Двойные матричные преобразователи

В предыдущей статье [1] было рассказано о матричных преобразователях с фазированными решетками (ПФР). Здесь рассмотрим двойные матричные ПФР, в которых массивы излучающих и принимающих элементов разделены на две группы (рис. 1).

Такая конфигурация позволяет использовать при контроле преимущества раздельно-совмещенной схемы подключения генераторов и приемников по сравнению с совмещенной. К ним относятся фокусировка лучей с пересечением диаграмм направленности излучающих и принимающих элементов на заданном уровне и в заданной области объекта контроля (ОК), а также уменьшение мертвой зоны и рост чувствительности к отражателям, близко расположенным к поверхности ввода ультразвука.

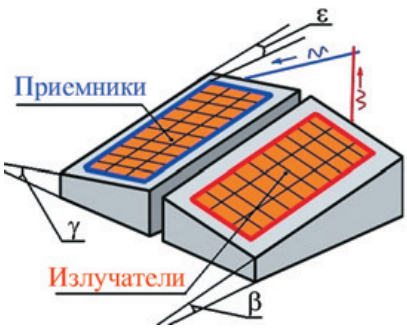


Рис. 1. Двойной матричный ПФР типа DMA: β – основной угол призмы; ε, γ – дополнительные углы призмы

Фокусировка лучей в ПФР данного типа может выполняться как путем электронного управления полем излучения-приема, так и конструктивно — за счет основного и дополнительных углов призмы, причем с двойным массивом элементов можно применять призмы с различными углами (рис. 1).

Двойные матричные ПФР часто обозначают аббревиатурой DM или DMA (dual matrix array). Если число элементов в основной плоскости DMA больше, чем в дополнительной, например 7×4, то такие массивы иногда относят к типу 1.5D [1].

Вместе с DMA рассмотрим двойные линейные ПФР, в которых излучающие и принимающие элементы образуют линейные массивы. Они обозначаются как DL или DLA (dual linear array).

ПФР типа DMA и DLA широко используют, например, при ультразвуковом контроле (УЗК) основного металла и коррозионном мониторинге, а также при УЗК сварных швов из нержавеющих сталей и других подобных материалов с высоким уровнем структурных шумов.

Применение DMA и DLA повышает чувствительность контроля и надежность выявления дефектов, снижая при этом риск перебраковки. Они позволяют решать различные сложные задачи УЗК. Это показывают примеры из практики.

Применение ПФР DMA и DLA при коррозионном мониторинге

В настоящее время сплошной УЗК основного металла для выявления коррозионных и других дефектов чаще выполняют прямыми совмещенными ПФР линейного типа. Например, широко приме-



Рис. 2. ПФР типа DLA, модель REX1

няется роликовый ПФР R1 из 64 элементов, который при рабочей частоте 5 МГц имеет мертвую зону (приповерхностное разрешение) около 2 мм [2].

Для уменьшения мертвой зоны до значения 0,5–1,0 мм используют ПФР типа DLA, иначе говоря, раздельно-совмещенные ПФР. Другой способ уменьшить мертвую зону — это сократить длительность импульсов, в том числе за счет увеличения рабочей частоты преобразователя.

ООО «ТЕХКОН» в своих проектах по инструментальному обеспечению УЗК металлоконструкций, где требовалось высокое разрешение и выявление дефектов на минимальной глубине до 0,5 мм, применял ПФР DLA модели REX1 (рис. 2) [3]. Он имеет двойную апертуру 32 или 64 элемента и рабочую частоту от 2 до 10 МГц. Конструктивно данный ПФР включает сменную акустическую задержку с возможностью притирки под конкретный диаметр, вставки с быстрой регулировкой высоты для защиты рабочей поверхности от износа, а также систему подачи контактной жидкости.

Для документирования результатов контроля в виде карт коррозии к нему крепят датчик пути либо устанавливают в сканеры различных моделей [2]. Минимальный наружный диаметр ОК цилиндрической формы для ПФР REX1 равен 101,6 мм.

ПФР DMA и DLA также используют для обнаружения коррозионного растрескивания – опасных коррозионных повреждений, которые распространяются по границам зерен и другим структурным неоднородностям металла в виде сетки мелких трещин и по мере своего роста могут объединяться. Это не уменьшает остаточную толщину металла, но резко ухудшает его механические свойства и часто приводит к авариям. Такие процессы вызывает, например, высокотемпературная водородная коррозия (ВТВК, high temperature hydrogen attack – HTHA), сульфидное растрескивание, а также коррозионное растрескивание под напряжением (КРН – стресс-коррозия, stress corrosion cracking – SCC).

Для выявления подобных дефектов, особенно в начальной стадии их образования, требуется высокая чувствительность, поэтому применяют DMA и DLA с высокой рабочей частотой до 15 МГц. К ним относится упомянутый REX1, а также двойной раздельно-совмещенный 10DL32-A28 со сменными наклонными призмами и фокусировкой на различные диапазоны глубин [3].

Новые технологии контроля TFM и PCI

При коррозионном мониторинге, а также в других задачах УЗК совместно со специализированными ПФР может эффективно применяться технология общей фокусировки TFM [4 – 6]. Она позволяет повысить чувствительность и разрешающую способность, более точно определять размеры и форму дефектов. Например, можно установить профиль коррозионных повреждений, отличить их от дефектов типа расслоений, определить угол пересечения поверхности коррозионных язв с донной поверхностью ОК, что бывает важно для оценки их опасности (рис. 3).

Другая новая технология, которую применяют в том числе и для решения задач коррозионного мониторинга, — это фазово-когерентное отображение PCI. Ее главная особенность состоит в том, что при визуализации и анализе результатов основной информационной характеристикой является не амплитуда, а фаза, т.е. в данном случае время прихода и полярность сигналов [7, 8]. В этом технология PCI похожа на дифракционно-временной метод (ДВМ, TOFD).

Технология PCI позволяет в ряде случаев повысить чувствительность и лучше выделять полезные сигналы на фоне различных шумов и помех. Поэтому ее применяют в том числе и для обнаружения водородной коррозии на ранней стадии. Амплитудными методами это сделать сложно, поскольку в начале своего образования данные трещины имеют небольшой размер, произвольную ориентацию и при этом расположены близко к зоне донного сигнала с высокой амплитудой. Но указанные трещины можно выявить по дифракционным сигналам от их краев, поскольку они имеют более вы-

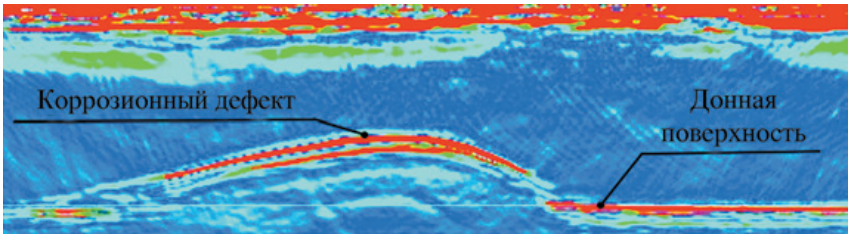


Рис. 3. Определение формы коррозионных дефектов по технологии TFM

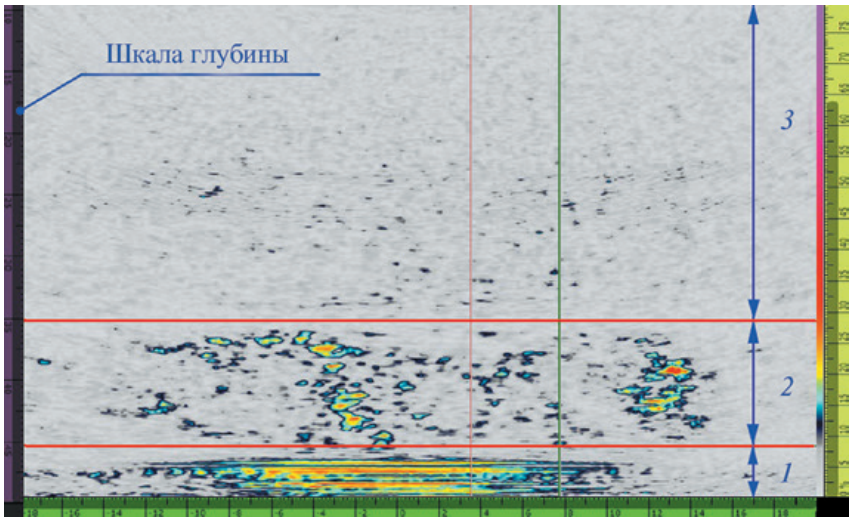


Рис. 4. Выявление водородной коррозии по технологии PCI:
1 — донный сигнал; 2 — водородная коррозия; 3 — структурные шумы

сокую когерентность, чем донный сигнал и структурные помехи (рис 4).

Технологии контроля TFM и PCI реализованы в таких дефектоскопах, как OmniScan X4 и PHASEYE [9]. В дефектоскопе PHASEYE контроль по технологиям TFM и PCI можно выполнять одновременно с другими методами контроля в режиме «Мультигруппа». Это существенно повышает надежность выявления дефектов разного типа и в целом делает применение дефектоскопа более эффективным.

Библиографический список

1. **Пепеляев А. В.** Матричные фазированные решетки и ультразвуковой контроль сварных точек // Территория NDT. 2026. № 2. С. 24 – 27.
2. **Сканеры** для ультразвукового контроля. Каталог // Сайт ООО «ТЕХКОН». URL: https://techkontrol.ru/skanery
3. **Ультразвуковые** фазированные решетки: Каталог // Сайт ООО «ТЕХКОН». URL: https://techkontrol.ru/preobrazovateli-i-komplektuyushchie/ultrazvukovye-fazirovannye-reshetki
4. **Чи-Ханг Кван.** Оптимизация выбора преобразователя для контроля методом TFM/FMC // Территория NDT. 2019. № 4. С. 36–43.
5. **BS ISO 23865:2021.** Non-destructive testing – Ultrasonic testing – General use of full matrix capture/total focusing technique (FMC/TFM) and related technologies / The British Standards Institution. ISO, 2021.
6. **ASME Committee.** ASME BPVC.V Article 4 Mandatory Appendix XI Full Matric Capture / ASME, 2019.
7. **Le Duff A., Painchaud-April G.** Phase Coherence Imaging for Flaw Detection / Evident, 2022.
8. **Tartaglia T.** Advantageous Applications for Phase Coherence Imaging (PCI) / Evident, 2022.
9. **Дефектоскопы** на фазированных решетках: Каталог // Сайт ООО «ТЕХКОН». URL: https://techkontrol.ru/defektoskopy/defektoskopy-na-fazirovannykh-reshetkakh

Издательский дом «Спектр»

КНИГИ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Спектр
Издательский дом

https://id-spektr.ru/

РЕКЛАМА

СКАВИС

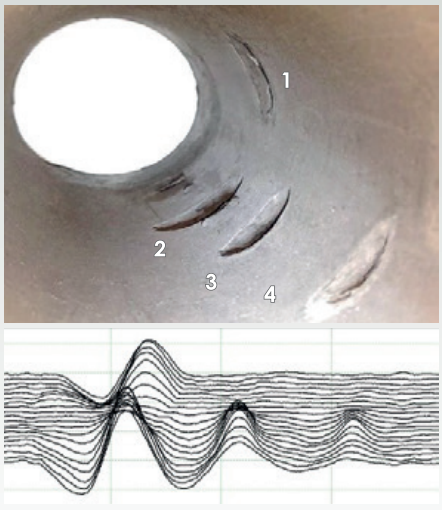
СКАНИРУЮЩАЯ ВИХРЕТОКОВАЯ СИСТЕМА

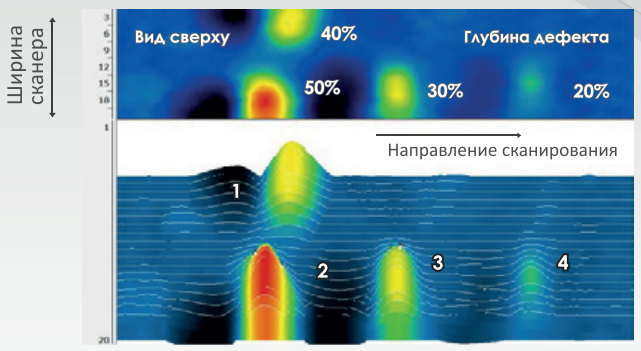
— Обследование трубопроводов, резервуаров, сосудов, теплообменного оборудования

— Прибор Российского производства

— Внесен в Государственный реестр средств измерений







Пример обнаружения коррозионного повреждения на внутренней поверхности стенки трубопровода

ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ

— Сплошной высокопроизводительный контроль через покрытие толщиной до 6 мм или зазор

— Минимальные требования к подготовке поверхности. Равномерная ржавчина, окалина, грязь не оказывают влияния на сигнал

— Бесконтактный контроль, не требуется контактная жидкость

— Наличие в трубопроводе продукта не влияет на результаты

— Обнаружение сплошной, точечной коррозии, эрозии, областей наводораживания и науглероживания и других дефектов на внутренней и внешней поверхности

— Контроль объектов толщиной до 22 мм, как ферромагнитных, так и неферромагнитных

— Автоматическое определение глубины дефекта (после предварительной калибровки)

РЕКЛАМА

ПАНАТЕСТ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

www.panatest.ru www.scavis.ru mail@panatest.ru +7 495 120-03-32

ПО «ИНТЕРСКАН» — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ



СЕМЕРЕНКО Алексей Владимирович
Руководитель отдела средств НК, ООО «ПАНАТЕСТ», Москва

Сварные швы могут подвергаться большим нагрузкам и деформациям в зависимости от того, где используется объект контроля (ОК), поэтому контроль имеет решающее значение для обеспечения безопасности. В процессе сварки могут появляться такие дефекты, как трещины, несплавления, непровары, шлак, пористость, и со временем в результате нагрузки эти дефекты могут увеличиваться в размерах. Чтобы убедиться в том, что сварные швы пригодны для эксплуатации, необходимо провести тщательный неразрушающий контроль.

Одной из самых сложных задач для специалистов по неразрушающему контролю, требующей высокой квалификации и опыта как для проведения дефектоскопии, так и для интерпретации результатов контроля, является дефектоскопия сварных швов трубных соединений: приварка штуцеров, патрубков, бобышек, люков к криволинейному основанию, сварные тройники и т.д. (рис. 1).

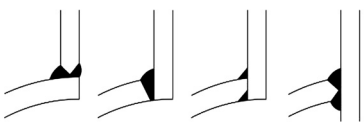


Рис. 1. Варианты сварки трубных элементов

При обнаружении и оценке дефектов необходимо учитывать тип патрубка, сложность конструкции, включая переменную кривизну поверхности основания, тип сварного шва, величины усиления или катета шва, материал изделия, толщину стенок сварного соединения, характер и расположение возможных дефектов. Наряду с этим могут возникать серьезные проблемы с доступом к месту контроля, часто приводящие к появлению зон с ограниченным доступом или только с односторонним доступом.

Для успешного проведения ультразвукового контроля указанных соединений необходимо учитывать все перечисленные факторы. В противном случае можно спутать мешающие (ложные) сигналы с сигналами от дефекта, и наоборот. В результате — неправильная диагностика, аварийная ситуация или неоправданный ремонт. Ложные эхосигналы могут быть образованы неровностями поверхности, конструктивными особенностями и т.д. (рис. 2).

Согласно нормативным документам [1, 2] угловые и тавровые соединения цилиндрических сосудов, аппаратов и днищ с толщиной стенки до 60 мм следует контролировать по наружной или внутренней поверхности корпуса прямым или однократно отраженным лучом, преобразователь при этом перемещают вокруг патрубка. Допускается проводить контроль по внутренней поверхности корпуса.

Контроль по поверхности патрубка (штуцера, люка и т.д.) применяется в тех случаях, когда невозможно выполнить контроль по поверхности

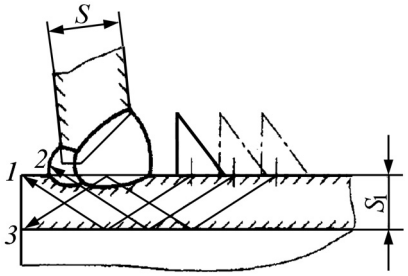


Рис. 2. Элементы конструкции, дающие ложные сигналы: 1, 3 — лучи, отраженные от углов патрубка; 2 — луч, отраженный от поверхности валика усиления

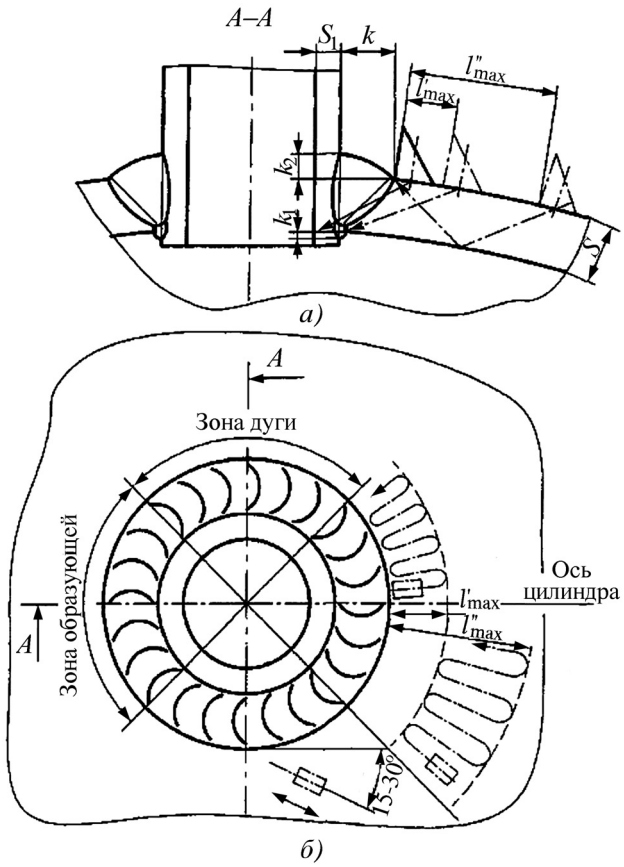


Рис. 3. Схема контроля сварных соединений прямым и однократно отраженным лучами по поверхности корпуса при малых радиусах кривизны корпуса:
а — схема прозвучивания; б — схема сканирования

корпуса из-за конструктивных особенностей сварного соединения.

При сканировании по наружной или внутренней цилиндрической поверхности радиусом менее 400 мм для надежного акустического контакта рабочая часть призмы наклонного преобразователя должна соответствовать поверхности изделия, т.е. притираться.

Контроль по наружной поверхности основания при диаметрах от 400 до 800 мм из-за переменной кривизны поверхности осуществляется по четырем секторам с углом 90° (рис. 3, *б*):

– в зонах образующей цилиндрической поверхности (два сектора);
– в зонах дуги цилиндрической поверхности (два сектора).

Контроль рекомендуется проводить в два приема: нижнюю (корневую) часть шва контролировать прямым лучом, среднюю и верхнюю — однократно отраженным лучом (рис. 3, *а*).

Параметры преобразователей выбирают по табл. №3 из инструкции [2] в зависимости от толщины стенки и диаметра свариваемых элементов.

Максимальная протяженность зоны перемещения пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП) при контроле по криволинейной поверхности радиусом кривизны от 200 до 750 мм рассчитывается по формуле [1]

$$L_{max}=\frac{2\pi R}{180}(m+1)\arcsin\frac{\sin\alpha[R\cos\alpha-\sqrt{(R-s)^2-R^2\sin^2\alpha}]}{R-s}, \quad (1)$$

где R — радиус основания; s — толщина стенки; α — угол ввода; m — число отражений ультразвукового луча от поверхности.

Контроль по внутренней поверхности патрубка проводят при внутреннем диаметре патрубка не менее 100 мм в два приема: преобразователем с углом ввода ультразвукового луча 39, 50 или 65° прямым лучом за два прохода (с разворотом преобразователя на 180°). Сканирование проводят вдоль образующей цилиндра с шагом перемещения в кольцевом направлении 4 – 6 мм (рис. 4).

Протяженность зоны перемещения преобразователя следует определять по формуле [1]

$$L_{max}\approx S+K_1+K_2, \quad (2)$$

где S – толщина стенки патрубка; K_1 — катет шва, прилегающего к патрубку внутри корпуса; K_2 — катет шва, прилегающего к патрубку снаружи корпуса.

Контролю по наружной поверхности патрубка подвергаются соединения в тех случаях, когда невозможно выполнить контроль по поверхности

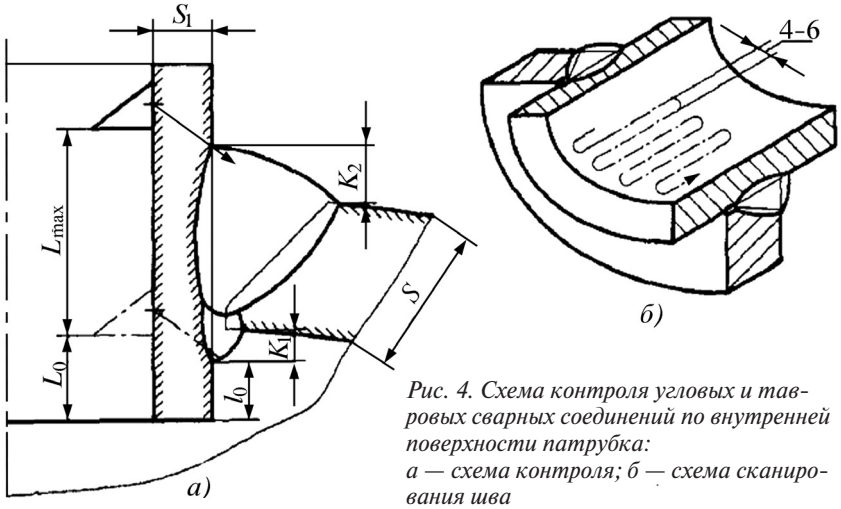


Рис. 4. Схема контроля угловых и тавровых сварных соединений по внутренней поверхности патрубка:
а — схема контроля; б — схема сканирования шва

корпуса. Контроль проводится однократно отраженным лучом за один проход. Преобразователь перемещают по поверхности патрубка вдоль его оси, совершая при этом возвратно-поступательные движения относительно линии шва с шагом 4 – 6 мм (рис. 5).

Протяженность зоны перемещения преобразователя определяется по формулам [1]:

$$L \approx L_{max} - L_0 \approx S + K_1 + K_2; \quad (3)$$

$$L_0 \approx 2S_1 \operatorname{tg}\alpha - (S + K_1 + K_2). \quad (4)$$

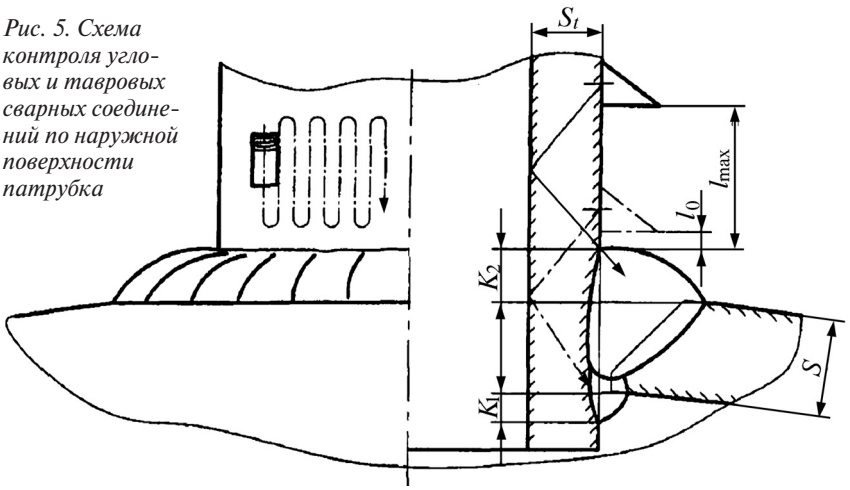


Рис. 5. Схема контроля угловых и тавровых сварных соединений по наружной поверхности патрубка

При обычных обстоятельствах специалисту приходится чертить профиль сварного шва, моделировать ход лучей вручную, рассчитывать по формулам (1)–(4) протяженность зон перемещения преобразователя по поверхности трубных элементов. Для некоторых конфигураций приварки патрубков могут потребоваться три и более диаграмм, чтобы охватить различные профили вокруг сварного шва.

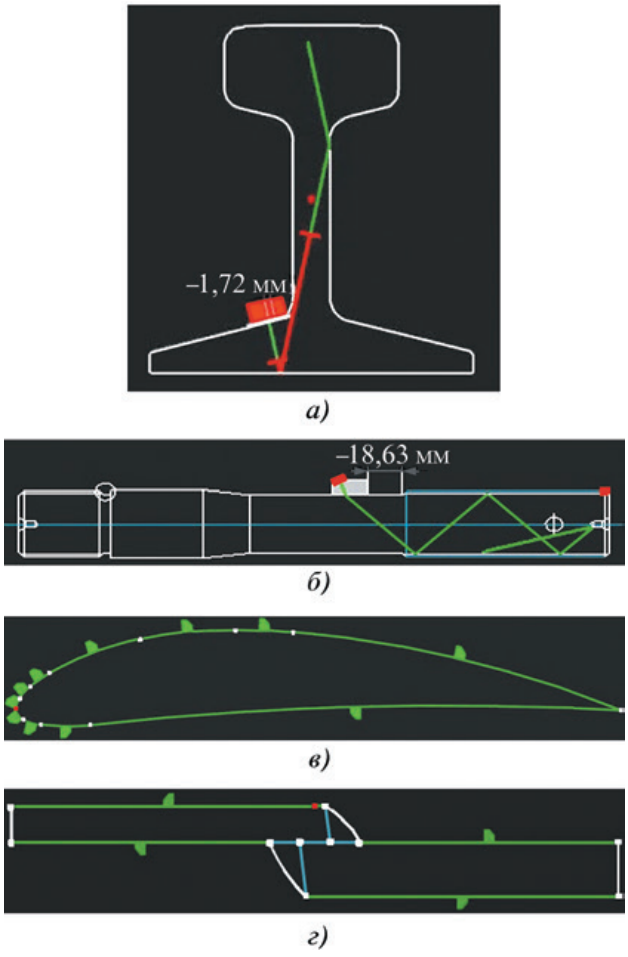


Рис. 6. Создание профилей: а – рельса; б – шпильки; в – крыла; г – нахлесточного сварного соединения

Значительно упростить процедуру подготовки и контроля трубных сварных соединений поможет новая современная технология контроля. Технология включает в себя встроенное программное обеспечение (ПО) «ИНТЕРСКАН» (ИС), реализованное в ультразвуковом дефектоскопе с сенсорным дисплеем «Харфанг Вейф». ИС облегчает контроль сложных промышленных ОК и проведение обучения специалистов по контролю в учебных центрах.

Возможности ИС:

1) создание профиля ОК любой сложности на дисплее дефектоскопа (рис. 6);
2) построение пути центрального ультразвукового луча по созданному профилю;
3) наложение А-скана на путь луча в реальном времени.

На рис. 7 показан пример комбинированного отображения А-скана и ИС на дисплее дефектоскопа при контроле таврового сварного соединения.

Для демонстрации преимущества применения ИС рассмотрим контроль сварных швов соедине-

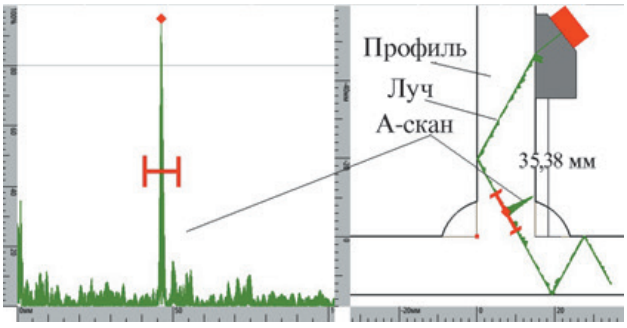


Рис. 7. Комбинированное отображение А-скана и ИС

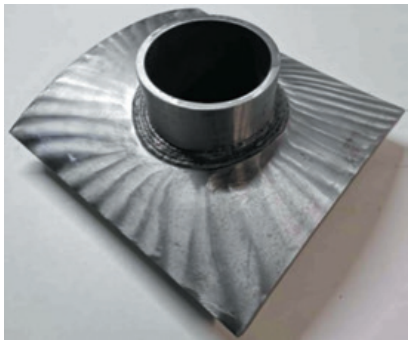


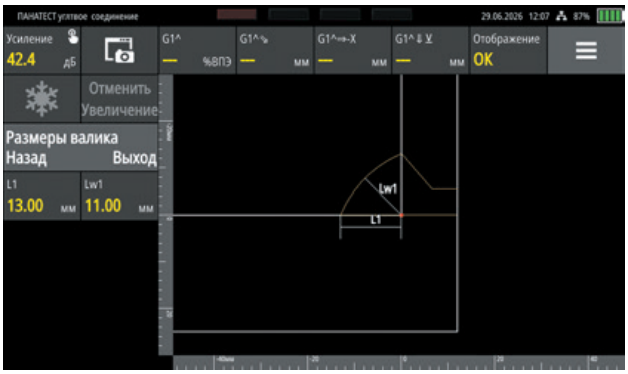
Рис. 8. Образец с трубным сварным соединением

ния трубных элементов на образце (рис. 8). Материал образца — углеродистая сталь. Основание: диаметр 450 мм, толщина стенки 25 мм. Патрубок: диаметр 200 мм, толщина стенки 12 мм.

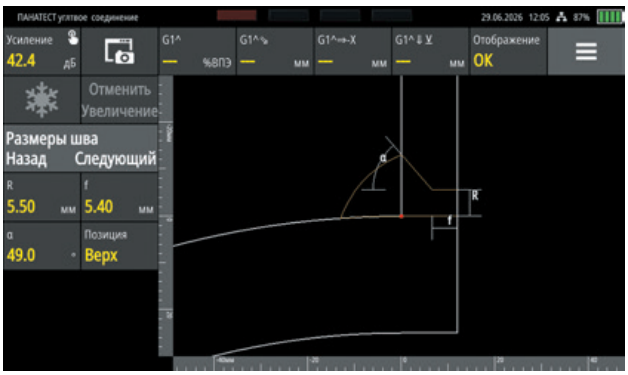
Образец имеет дефекты: непровар в корне шва, несплавление по кромке, пористость.

Для контроля используются наклонные преобразователи с частотой 4 МГц и углами ввода 45, 60 и 70°. Сканирование проводится по поверхностям основания и патрубка, чтобы обеспечить контроль всего сечения наплавленного металла.

Подготовка к контролю заключается в создании необходимого количества профилей трубного сварного соединения. Возможны два варианта решения этого вопроса.



а)



б)

Рис. 9. Построение профилей с помощью встроенного помощника:
а — профиль по образующей цилиндрической поверхности; б — профиль по дуге цилиндрической поверхности

Первый вариант — использовать встроенный помощник. Это позволяет создавать профили следующих сварных соединений:
- стыкового сварного соединения;
- углового сварного соединения, в том числе с криволинейным основанием;
- таврового сварного соединения;
- продольного трубного сварного шва.

Этот вариант проще, но для данного случая поможет создать только два профиля (рис. 9) для сканирования по четырем секторам (см. рис. 3), что может оказаться недостаточным.

Второй вариант — использовать графическую программу AutoCAD и интерфейсную программу «Компаньон». Этот вариант дает возможность создать неограниченное количество профилей, что при контроле определит более точную локализацию дефектов на профиле.

Выберем второй вариант и разобьем поверхность основания на восемь секторов сканирования (рис. 10).

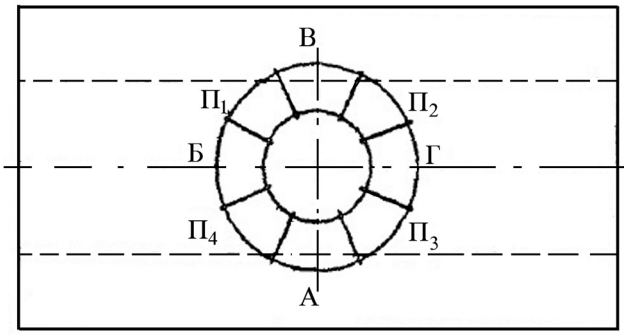


Рис. 10. Разбивка сварного соединения на секторы сканирования: А, Б, В, Г, П1, П2, П3, П4

Используя графическую программу AutoCAD, построим три профиля, соответствующих восьми секторам сканирования (рис. 10). Профиль 1 будет соответствовать секторам А и В, профиль 2 – секторам П1, П2, П3 и П4; профиль 3 – секторам Б и Г.

Загружаем эти профили в интерфейсную программу «Компаньон» для несложной обработки. Отмечаем на профилях плоскости, по которым выполняем сканирование (зеленый цвет линий), плоскости, которые отражают ультразвук (белый цвет линий), плоскости, которые не отражают ультразвук (голубой цвет линий), и точку отсчета (красная точка). На чертеже учтены все возможные варианты сканирования соединения наклонным преобразователем (рис. 11):
- сканирование по наружной и внутренней сторонам основания;

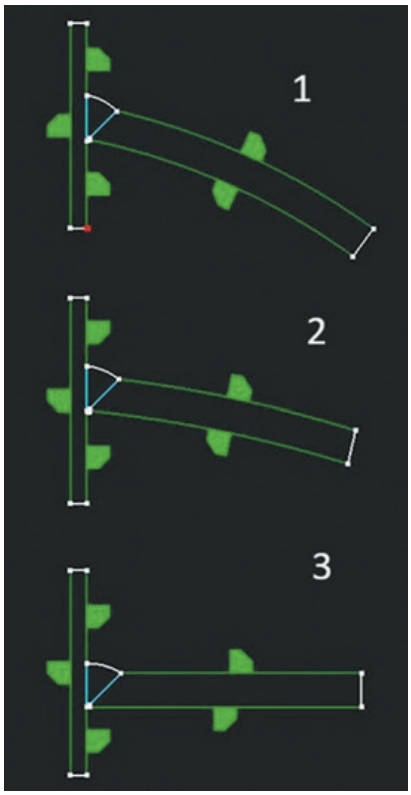


Рис. 11. Профили (1–3) сварного соединения, созданные в AutoCAD и загруженные в программу «Компаньон» для обработки

– сканирование по наружной и внутренней сторонам патрубка.

Загружаем обработанный чертеж в дефектоскоп.

Далее работа делится на два этапа. На первом этапе выбираем поверхности, по которым будет осуществляться сканирование, угол ввода преобразователя, схемы сканирования, зоны перемещения преобразователя. Другими словами, создаем методику контроля. Установка преобразователя на любую поверхность осуществляется просто и быстро — перетаскиванием его пальцем по сенсорному дисплею.

На втором этапе осуществляем контроль. Для удобства на поверхности корпуса делается разметка мелом или фломастером: наносятся зона перемещения преобразователя, начало и направление отсчета.

При проведении контроля образца были обнаружены все три дефекта (рис. 12). Трассировка луча, отображение сигналов на нем в реальном времени и возможность быстро переключаться между построенными профилями сварного соединения сделали процесс оценки и интерпретации сигналов гораздо проще и быстрее, чем контроль с использованием диаграмм и схем хода лучей, построенных вручную.

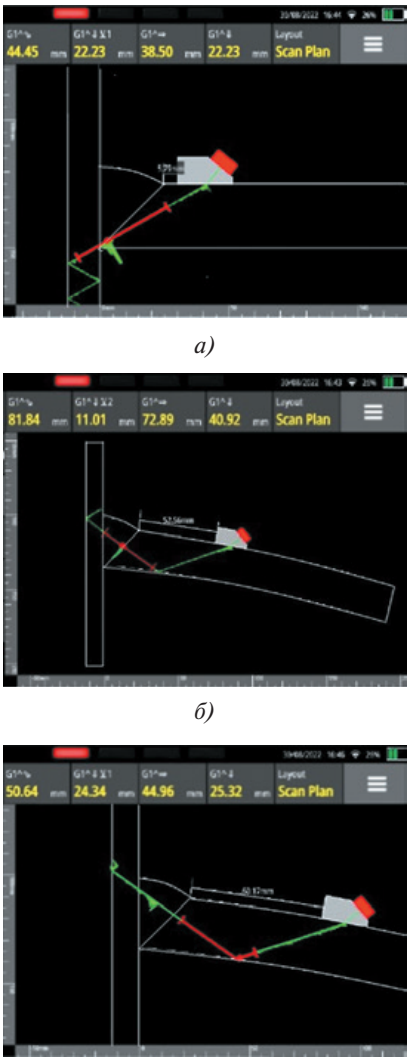


Рис. 12. Результаты контроля с ИС: а – непровар в корне шва, сканирование в секторе Б; б – несплавление по кромке шва, сканирование в секторе П2; в – пористость в шве, сканирование в секторе П3

Преимущества использования новой технологии

1. Программа ИС избавляет от необходимости вручную создавать профили сварных швов, а также формирует всю необходимую информацию на дисплее дефектоскопа «Харфанг Вейф», используемом при проведении контроля (рис. 13).
2. Трассировка луча и наложение эхосигналов на него в реальном времени помогают специалисту правильно интерпретировать эхосигналы, идентифицировать отражатели и получать информацию о местонахождении отражателей в ОК. На ИС отображаются эхосигналы от дефекта в корне шва и от поверхности валика усиления (рис. 14).



Рис. 13. Контроль трубного сварного соединения с использованием ИС



Рис. 14. Отображение эхосигналов от дефекта в корне шва и от поверхности валика усиления на ИС

3. Проработка вариантов контроля ОК может проводиться заблаговременно, даже на этапе проектирования ОК, позволяя составлять более детальное представление о предмете контроля. Это сокращает время, проведенное на объекте, и уменьшает неточности, связанные с созданием профилей шва вручную на бумаге.
4. Программа «Компаньон» позволяет создавать уникальные приложения по применению для решения конкретных задач по контролю, а также создавать меню, в которое включены только необходимые для работы параметры.
5. Скриншоты дисплея дефектоскопа во время контроля делаются одним касанием клавиши, что значительно упрощает процесс создания отчетов. Эти скриншоты вставляются в отчет, автоматически создаваемый прибором, чтобы специалист имел визуальное представление о местах расположения дефектов в сварном шве и мог сделать правильное заключение.
6. ИС оказывает помощь в разработке технологических карт и методик контроля.
7. ИС позволяет проводить более эффективное обучение по НК.

Предлагаемая технология повышает уверенность специалистов при проведении дефектоскопии разнообразных объектов, составлении заключений о результатах контроля и уменьшает затраты на проведение порой неоправданных ремонтов.

Библиографический список

1. **СТО 002202565–005–2005.** Швы стыковых, угловых и тавровых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля. М., 2006. 117 с.
2. **РДИ 38.18.016–94.** Инструкция по ультразвуковому контролю сварных соединений технологического оборудования. Волгоград, 1994. 61 с.

ЖУРНАЛ «ТЕРРИТОРИЯ NDT»

У нашей ТЕРРИТОРИИ нет границ —
попасть на нее можно ИЗ ЛЮБОЙ ТОЧКИ МИРА.
Наша ТЕРРИТОРИЯ — это ОБЪЕМ и ПРОСТОР информации в области НК.

В свободном доступе НА САЙТЕ
www.tndt.idspektr.ru

СВЕЖИЙ НОМЕР журнала
http://tndt.idspektr.ru/index.php/current-issue

АРХИВЫ номеров
http://tndt.idspektr.ru/index.php/archive

Редакция: +7 (499) 393-30-25 • tndt@idspektr.ru

ТАНГЕНЦИАЛЬНАЯ РАДИОГРАФИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ КОРРОЗИИ И ЭРОЗИИ ТРУБ: ПРОБЛЕМАТИКА, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Краткий обзор для промышленной дефектоскопии



ИСМАГИЛОВ
Марсель Мунирович
Главный научный сотрудник
ООО «Новотекс системс», Москва



ХАЙРУЛЛИН
Артур Айдарович
Главный научный сотрудник
ООО «Новотекс системс», Москва



КОСТАНЯНЦ
Вячеслав Альбертович
Технический специалист
ООО «Новотекс системс», Москва

Тангенциальная радиография — один из немногих методов неразрушающего контроля, который позволяет видеть потери металла в трубах и сосудах без полного демонтажа теплоизоляции. Для нефтегазовых, нефтехимических и энергетических объектов это особенно важно при контроле коррозии под изоляцией (CUI), наружной и внутренней эрозии, а также локальных зон отложений. Практическая ценность метода заключается в том, что он дает не только факт наличия повреждения, но и изображение профиля стенки в касательной зоне, что помогает уточнять остаточную толщину и планировать ремонт. Кратко рассмотрены проблематика и значение метода, его историческое развитие от профильной радиографии 1970-х гг. до современной цифровой практики, области применения на объектах крупных операторов, а также нормативная траектория от EN 16407 к серии ISO 20769–1 и ISO 20769–2.

Проблематика и практическая важность

Коррозия и эрозия трубопроводов остаются важными причинами снижения надежности промышленных активов. Обзор AMPP/NACE оценивает глобальные прямые издержки, связанные с коррозией, примерно в 2,5 трлн дол. США, т.е. около 3,4% мирового ВВП [2]. При этом в нефтегазе экономический ущерб усиливается за счет простоев, риска утечек, аварийности и вторичных потерь производства. Обзор по Conversational User Interface (CUI) подчеркивает, что именно для изолированных трубопроводов и аппаратов задача прямой визуализации дефекта особенно трудна: металл деградирует скрыто, а вскрытие изоляции дорого, трудоемко и само по себе может ухудшить состояние покрытия и оболочки [1].

Тангенциальная радиография решает эту задачу адресно. Излучение направляется так, чтобы луч проходил касательно к стенке трубы; на изображении формируется читаемый контур наружной и внутренней поверхностей в зоне касания. Это делает метод полезным там, где нужно быстро подтвердить наличие потери металла, различить внутренний и наружный характер стеночного утонения либо уточнить остаточную толщину в конкретной зоне риска. Метод выигрывает тогда, когда вскрытие изоляции нежелательно, но нужна визуальная картина участка. По сравнению с полным снятием изоляции он существенно снижает объем сопутствующих работ, особенно на эстакадах, на горячих линиях и во время коротких остановочных кампаний [5, 6].

При этом метод не является универсальной заменой ультразвуку и внутритрубной диагностике. Его сильная сторона – локальная, хорошо обоснованная проверка участков с подозрением на потерю металла. К ограничениям относятся требования радиационной безопасности, необходимость квалифицированного выбора геометрии и чувствительность к форме дефекта: например, мелкая внешняя коррозия и сложный рельеф поверхности могут затруднить корректное измерение [1, 5, 8]. Поэтому в современной практике тангенциальную радиографию следует рассматривать как элемент комплексной программы целостности оборудования, а не как «самодостаточную» технологию для всех сценариев.

Историческая справка: от профильной радиографии к цифровой норме

Истоки метода уходят в классическую профильную радиографию. Уже в 1972 г. в журнале Non-Destructive Testing (No. 5, Is. 4) была опубликована статья W. C. Callister “Profile radiography by gamma rays”, где метод описывался как инструмент для контроля трубопроводов, трубных систем и химических установок с возможностью выявления коррозии, эрозии и отложений [3]. Именно эта логика – визуализация профиля стенки и скрытого уменьшения толщины – сформировала дальнейшее развитие.

В 1990-е гг. отраслевой опыт стал смещаться от «ремесленного» применения к более воспроизводимым процедурам. Публикации Inspectioneering показывали, как за счет правильной геометрии съемки, калибровочных элементов и единых процедур повышается точность измерения остаточной толщины на радиограммах [4]. Следующий важный шаг был сделан на международном уровне: IAEA в 2005 г. выпустило TECDOC-1445, посвященный разработке протоколов радиографической оценки коррозии и отложений в трубах [5]. Тем самым тангенциальная радиография закрепилась как практический прием.

Цифровая эпоха придала методу новый импульс. Переход от пленки к компьютерной цифровой радиографии (КР) и цифровым детекторным матрицам (ЦР) упростил архивацию, обработку изображений, прослеживаемость результатов и экспертную оценку. Работа 2006 г. [6] показала, что тангенциальная радиография и радиография методом просвечивания через две стенки с двойным изображением позволяют уверенно выявлять потери толщины и отличать внутреннюю коррозию от наружной без снятия изоляции [6]. Позднее нормативная база была формализована в европейской серии EN 16407–1/-2:2014, а затем перенесена на международный уровень как ISO 20769–1/-2:2018 [7–9]. По данным каталога ISO, обе части были пересмотрены и подтверждены в 2024 г. как действующие, а в 2026 г. находятся на стадии пересмотра в виде проектов DIS Edition 2 [10, 11].

Где метод применяют и почему им интересуются крупные нефтегазовые операторы

Наибольший практический смысл тангенциальная радиография имеет на объектах с большой протяженностью изолированных труб и высокой стоимостью доступа к металлу: на нефтеперерабатывающих и газоперерабатывающих заводах, нефтехимических комплексах, СПГ-площадках, терминалах и технологических трубопроводах резервуарных парков. В этих условиях заказчика интересует конкретный результат: нужно ли вскрывать участок, менять линию или снижать нагрузку. Тангенциальная радиография особенно полезна, когда требуется быстро локализовать зону максимального утонения, проверить гипотезу по CUI после термографии или PEC, подтвердить эрозию и коррозию на отводах и в местах турбулентности, а также оценить участки, где ультразвук затруднен из-за горячей поверхности, кожуха или сложного доступа [1, 5, 8].

В открытом доступе не всегда публикуются корпоративные процедуры и детальные программы неразрушающего контроля (НК), поэтому о практическом использовании чаще судят по косвенным, но показательным источникам: отраслевым обзорам, публикациям научно-технических подразделений, сайтам подрядчиков НК и внедрению технологий контроля коррозии. Так, участие Woodside Energy и специалистов Saudi Aramco в обзорной литературе по контролю коррозии показывает, что для крупных организаций тема скрытой коррозии находится в центре внимания [1]. Допол-

нительно Saudi Aramco публично сообщала о внедрении специализированных решений по контролю коррозии на действующем СПГ-объекте, что подтверждает высокий приоритет проблемы коррозии под изоляцией [13].

Прямые упоминания тангенциальной профильной радиографии в публичном поле обычно встречаются у подрядчиков инспекционных работ. Например, A-Star Testing указывает профильную радиографию для CUI-проектов на объектах Shell Eastern Petroleum (Bukom Terminal) и ExxonMobil [12]. Такого рода ссылки не стоит трактовать как доказательство, что метод является основным методом всей кампании, однако они вполне пригодны как практические референсы: видно, что крупные операторы и их подрядчики используют радиографические методы там, где нужно быстро и без масштабного вскрытия изоляции принять решение о состоянии трубопровода (см. таблицу).

Кому технология была бы особенно интересна

Прежде всего технология интересна владельцам и эксплуатантам крупных промышленных активов: нефтеперерабатывающим и газоперерабатывающим заводам, нефтехимии, СПГ-комплексам, терминалам и операторам трубопроводной инфраструктуры. Для них это способ сократить объем вскрытия изоляции и повысить адресность ремонтных решений. Во-вторых, технология представляет прямой интерес для служб механической целостности, коррозионных инженеров и руководителей инспекций: тангенциальная радиография помогает связать данные риска с конкретным визуализированным дефектом. В-третьих, это рабочий инструмент для центров НК и подрядчиков, которые выполняют проверку в процессе эксплуатации на действующих установках и должны выдавать быстрое, понятное заказчику заключение. Наконец, технология интересна разработчикам цифровой радиографии и систем автоматизированной интерпретации изображений, поскольку именно цифровой формат открывает путь к сопоставлению исторических снимков, полуавтоматическому размерению и включению данных радиографии в общую цифровую модель актива.

Нормативная перспектива

Примечание. *В ряде русскоязычных материалов встречается обозначение ISO 20679 или ГОСТ ИСО 20679. По открытым каталожным данным, ISO – корректное обозначение действующей и пересматриваемой серии – ISO 20769–1 и ISO 20769–2 [8–11].*

Для редакторской правки это ключевой момент. Серия ISO 20769 посвящена радиографическому контролю коррозии и отложений в трубах рентгеновскими и гамма-лучами. Часть 1 описывает именно тангенциальную радиографию; часть 2 – радиографию методом просвечивания через две стенки с двойным изображением, включая DWSI и DWDI [8, 9]. Иными словами, если в статье нужно упомянуть готовящийся ГОСТ ИСО, то логично и технически корректно связывать его именно с серией 20769, а не с 20679. Это не мелкая типографическая правка, а устранение ошибки в обозначении базового международного документа.

Публичные ориентиры интереса крупных операторов к тематике CUI и радиографического контроля

Оператор / сегмент	Почему метод релевантен	Публичный ориентир
Saudi Aramco	Большой парк горячих и изолированных трубопроводов, где CUI и потери металла прямо влияют на надежность НПЗ, СПГ- и трубопроводных активов	Публикации и проекты по CUI-мониторингу показывают высокий приоритет темы [1, 13]
Woodside Energy	СПГ- и офшорная инфраструктура делает особенно ценными методы, позволяющие уменьшать объем вскрытия изоляции и работать по приоритетным зонам риска	Участие компании в обзорной литературе по CUI [1]
Shell Eastern Petroleum, Bukom	Нефтепереработка и терминальные объекты содержат большой объем изолированных линий малого и среднего диаметра, где тангенциальная/профильная радиография применима как локальный метод уточнения	Подрядчики инспекции публично указывают профильную радиографию на объекте Bukom [12]
ExxonMobil	Для крупных НПЗ и нефтехимических площадок метод интересен как инструмент для подтверждения остаточной толщины без тотального снятия изоляции	Публичные трек-рекорды подрядчиков содержат упоминание работ по профильной радиографии [12]

По данным каталога ISO, издания 2018 г. по обеим частям остаются актуальными, в 2024 г. был проведен их анализ, и ожидается замена на DIS-версии 2026 г. [10, 11]. Поэтому корректная формулировка для статьи может звучать так: в международной системе уже действует серия ISO 20769–1/-2, а обе части находятся в стадии пересмотра; при гармонизации российской нормативной базы именно эта серия должна рассматриваться как основной источник требований к тангенциальной и двухстеночной радиографии при контроле коррозии и эрозии труб. Такая редакция одновременно решает две задачи: показывает читателю, что метод описан в международном стандарте, и не делает неподтвержденного заявления о якобы уже выпущенном национальном ГОСТе.

Для практиков наличие гармонизированного ГОСТ ИСО было бы важно по трем причинам. Во-первых, унифицировалась бы терминология: тангенциальная радиография, радиография методом просвечивания через две стенки с двойным изображением, DWSI/DWDI и требования к цифровой радиографии. Во-вторых, стало бы проще формализовать процедуры выбора источника, геометрии съемки, чувствительности и размерной калибровки. В-третьих, у заказчиков и подрядчиков появился бы единый язык для приемки результатов, квалификации персонала и составления отчетов. Именно поэтому ссылка на серию ISO 20769 – это не просто «красивая международная отсылка», а признак зрелой и воспроизводимой методики.

Заключение

Тангенциальная радиография занимает важное место в контроле коррозии и эрозии трубопроводов, там, где нужно получить доказательное изображение утонения стенки без вскрытия изоляции. Исторически метод вырос из профильной радиографии, затем получил международную методическую и нормативную опору, а в цифровую эпоху стал значительно удобнее для документирования и повторной экспертной оценки. Для крупных нефтегазовых операторов его ценность определяется не абстрактной новизной, а вполне прикладными эффектами: меньшим объемом вскрытия, лучшей адресностью ремонта и более обоснованным управлением риском.

Библиографический список

1. **Cao Q., Pojtanabuntoeng T., Esmaily M., et al.** A review of corrosion under insulation: a critical issue in the oil and gas industry // Metals. 2022. Vol. 12, No. 4. Article 561. DOI: 10.3390/met12040561
2. **NACE International** / AMPP. IMPACT study: International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies. 2016. Официальный портал проекта IMPACT.
3. **Callister W. C.** Profile radiography by gamma rays // Non-Destructive Testing. 1972. Vol. 5, No. 4. P. 214–219. DOI: 10.1016/0029-1021(72)90083-7
4. **Reynolds J.** Piping Inspection Thickness and Corrosion Monitoring With Profile Radiography // Inspectioneering Journal. 1997. September/October.
5. **International Atomic** Energy Agency. Development of Protocols for Corrosion and Deposits Evaluation in Pipes by Radiography. IAEA-TECDOC-1445. Vienna, 2005.
6. **Edalati K., Rastkhah N., Kermani A., et al.** The use of radiography for thickness measurement and corrosion monitoring in pipes // International Journal of Pressure Vessels and Piping. 2006. Vol. 83, No. 10. P. 736–741. DOI: 10.1016/j.ijpvp.2006.07.010
7. **EN 16407–1:2014.** Non-destructive testing – Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays – Part 1: Tangential radiographic inspection. Brussels: CEN, 2014. 8 p
8. **ISO 20769–1:2018.** Non-destructive testing – Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays – Part 1: Tangential radiographic inspection. Brussels: CEN, 2018. 37 p.
9. **ISO 20769–2:2018.** Non-destructive testing – Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays – Part 2: Double wall radiographic inspection. Geneva, 2018. 11 p.
10. **ISO/DIS 20769–1.** Non-destructive testing – Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays – Part 1: Tangential radiographic inspection. Draft International Standard, 2026. 35 p.
11. **ISO/DIS 20769–2.** Non-destructive testing – Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by X- and gamma rays – Part 2: Double wall radiographic inspection. Draft International Standard, 2026. 30 p.
12. **A-Star Testing** & Inspection. In-Service Inspection: CUI, Open Vision and Profile Radiography. Публичная страница с примерами работ на объектах Shell Eastern Petroleum (Bukom Terminal) и ExxonMobil. (Дата обращения: 24.03.2026).
13. **Oil & Gas Middle East.** Aramco implements leading corrosion monitoring technology at Ju'aymah NGL Fractionation Plant. 2024.

У ИСТОКОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБ В ПОТОЧНЫХ ЛИНИЯХ ТРУБОЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ СТАНОВ



БОБРОВ Владимир Тимофеевич
Д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

В 60-е гг. XX столетия, в период образования СКБ УЗД и Всесоюзного научно-исследовательского института по разработке неразрушающих методов и средств контроля качества материалов (ВНИИНК) я уже работал инженером радиолаборатории при заводе «Электроточприбор» в Кишиневе. Это было время, когда руководство промышленностью было передано Совнархозам, поэтому тематика деятельности наших организаций определялась директивно, и нам не приходилось искать заказчиков, а общее направление было определено — ультразвуковая дефектоскопия.

Поскольку это были годы интенсивного развития таких важнейших отраслей народного хозяйства СССР, как нефтедобыча и нефтепереработка, добыча и транспортировка газа, энергомашиностроение, станкостроение, авиация, атомная энергетика и т.д., потребовалось ускорение развития трубной промышленности. Опыт применения электросварных труб в ответственных системах и сооружениях свидетельствовал о возможности замены дорогостоящих бесшовных труб электросварными во многих случаях. В связи с этим производство электросварных труб осуществлялось на трубоэлектросварочных станах, представляющих собой высокопроизводительные технологические линии. В их составе большое количество различной аппаратуры, нарушение режимов работы которой и всевозможные отклонения в технологическом процессе сварки труб приводит к появлению дефектов сварного шва, снижению качества шва труб и эффективности работы трубоэлектросварочных станов.

Необходимость своевременного обнаружения отклонений в режиме сварки и предупреждения массового брака по дефектам сварного шва выдвинула на первый план проблему автоматического контроля качества сварных швов труб и оперативного контроля технологического процесса сварки труб. Исследования и разработки СКБ УЗД и ВНИИНК были связаны с государственными комплексными целевыми научно-техническими программами и программами по решению важнейших научно-технических проблем металлургии, машиностроения и приборостроения и выполнялись в соответствии с постановлениями ЦК КПСС, Совмина СССР и ГКНТ СССР, координационными планами АН СССР по проблемам «Ультразвук», «Неразрушающие физические методы контроля» и единым планом МНТК «ИЭС им. Е. О. Патона».

Работы по созданию установок для ультразвуковой дефектоскопии сварных швов труб для вновь построенных трубоэлектросварочных станов и цехов новомосковского металлургического, московского и северского трубного заводов выполнялись на основании соответствующих постановлений Совета министров СССР и ЦК КПСС. Разработка и производственные испытания установок ДУК-15ЦЛАМ (рис. 1), УТК-СТ-1 и «АИСТ-1» проводились с участием коллективов лабораторий и конструкторских бюро ВНИИНК, ЦЛАМ Укрглавтрубостали и заводов. В связи с боль-



Рис. 1. Электронная стойка установки ДУК-15 ЦЛАМ



Рис. 2. Механизм слежения установки ДУК-15 ЦЛАМ в линии ТЭС

шим диапазоном толщин стенок труб установка ДУК-15ЦЛАМ обеспечивала контроль тонкостенных труб (до 4 мм) волнами Лэмба, а с увеличением толщины стенок контроль ведется сдвиговыми волнами. Установки УТК-СТ-1 и «АИСТ-1» работают с применением волн Лэмба.

Задание по созданию установки для автоматизированного ультразвукового контроля качества сварных швов в поточной линии трубоэлектросварочного стана 159–529 для строящегося цеха Новомосковского трубного завода (г. Новомосковск, Днепропетровская область) было получено от генерального подрядчика по проектированию и строительству стана Электростальского завода тяжелого машиностроения (ЭЗТМ, г. Электросталь, Московская область). Специалистов, хотя бы отдаленно имевших представление о путях решения этой проблемы, в нашей организации не было, руководить этой разработкой поручили автору этих воспоминаний.

Ознакомившись с информацией о зарубежных и отечественных разработках, было принято решение о посещении Центральной лаборатории автоматизации и механизации (ЦЛАМ) Укрглавтрубостали (г. Днепропетровск), где под руководством А. В. Малинки была разработана и внедрена в линии трубоэлектросварочного стана 51–152 трубопрокатного завода им. В. И. Ленина автоматическая ультразвуковая установка ДСТ-5М. В результате ознакомления с этой разработкой и обсуждения проблемы создания установки для стана 159–529 была достигнута договоренность о содружестве и состоялась передача технических решений.

В разработке аппаратуры и механической части установки ДУК-15ЦЛАМ (рис. 1, 2) принимали активное участие специалисты СКБ УЗД и ВНИИНК инженеры Ю. А. Дружаев, В. И. Журавель, В. И. Минаков, А. А. Чернобельский и др. Электронная стойка представляла собой двухканальное устройство на электронных лампах. Механизм слежения состоял из криволинейной прямоугольного сечения направляющей с беговыми дорожками. По ней перемещался ползун в пределах ±30°, одна сторона которого выполнена в виде направляющих, несущих кронштейн с установленным на нем пневмоцилиндром. На штоке пневмоцилиндра закреплена каретка с искательными головками (ультразвуковыми преобразователями). Каретка обеспечивает точную ориентацию искателей относительно трубы и друг относительно друга. Акустический контакт осуществляется через струю воды, подаваемой через штуцер и щель в корпусе.

В 1965 г. были проведены исследования по отработке методики и выбору режимов контроля на трубах диаметром 273 и 325 мм с толщиной стенки 7 — 8 мм, сваренных радиочастотной сваркой, решены

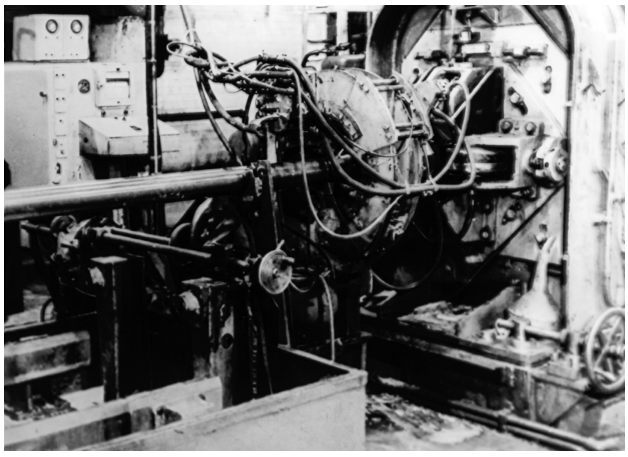


Рис. 3. Общий вид установки УТК-СТ-1 в поточной линии трубосварочного стана 20–102 Северского трубного завода

вопросы эталонирования. В результате магнитографического и металлографического исследований, а также ультразвукового контроля ручным дефектоскопом партии из 117 образцов, забракованных установкой, и 106 годных было установлено, что на забракованных 80 образцах после поломки и изломов визуально наблюдались непровары и несплошности по неметаллическим включениям и расслоениям в зоне термического влияния. На девяти забракованных образцах после поломки дефекты не обнаружены. На основании исследований в мае 1966 г. установка ДУК-15ЦЛАМ была внедрена как прибор технологического контроля, она обеспечивала контроль сварных швов труб в поточной линии стана со скоростью до 1 м/с.

В целях выяснения возможности замены гидроиспытаний труб ультразвуковым контролем с помощью установки ДУК-15ЦЛАМ в 1967 — 1968 гг. были проведены сравнительные испытания труб, при этом было проконтролировано 41 770 труб, годными были признаны 75%, забракованы 25%. Выявленные дефекты различного типа подтвердили, что все трубы с непроварами или разорванные при гидроиспытаниях имеют отметку дефектоскопа. В связи с занятостью специалистов ВНИИНК разработкой следующих установок все дальнейшие исследования и работы по совершенствованию методики контроля установкой ДУК-15ЦЛАМ приняла на себя ЦЛАМ в составе А. В. Малинки, Б. В. Костюкова и др. Опыт проектирования установки ДУК-15ЦЛАМ и большой статистический материал, полученный в результате ее внедрения и эксплуатации в качестве прибора технологического контроля режима сварки, послужили основанием при разработке последующих моделей установок УТК-СТ-1 и «АИСТ-1».

В условиях поточного производства электросварных труб, когда скорость сварки с применением высокочастотного нагрева достигает 80 — 100 м/мин, представляет большой интерес не только выходной (отбраковочный) контроль сварного шва, но и технологический контроль режима сварки. Во ВНИИНК была разработана и изготовлена установка УТК-СТ-1, предназначенная для ультразвукового технологического контроля продольных сварных швов труб в потоке, выдачи сигнала для ручного управления режимом сварки, отметки дефектных участков и автоматической сортировки труб. В основу работы положена четырехщуповая схема акустического тракта с применением эхотеневого импульсного метода контроля, благодаря которому обеспечивается выявление дефектов различной ориентации и полный самоконтроль акустического и приемно-передающего тракта электронной части установки. Акустический контакт между искательными головками и поверхностью трубы обеспечивается за счет подачи струй воды из бака-отстойника, а поверхность трубы очищается специальным устройством. Симметричное положение искательных головок относительно сварного шва поддерживается системой автоматического слежения за швом, слежение осуществляется по «шумам», представляющим собой отраженные сигналы от грата и неоднородных структурных зон. Электронная схема установки выполнена на транзисторах.

Установка смонтирована в поточной линии трубосварочного стана 20–102 Северского трубного завода (г. Полевской, Свердловская область) между калибровочным станом и трубоотрезным станком, на пульте сварщика размещены выносной самописец и табло с индикаторными лампочками (рис. 3). В 1967 г. установка УТК-СТ-1 прошла испытания в производственных условиях. Она выявляла дефекты типа частичного и полного непровара, смещения кромок и трещины. При этом браковались также трубы с дефектами основного металла по расслоениям и неметаллическим включениям и с дефектами структуры сварного шва. Поверхностные раковины и дефекты холодной сварки (слипания), вскрывающиеся в дальнейшем при операции правки труб, установкой не выявлялись.

Установка четко сигнализировала о нарушениях режима сварки, на диаграммной ленте самописца (рис. 4) фиксировались некачественно сваренные концы рулонов (область 24–1) и протяженные непровары (область 6 + 8 шкалы диаграммы). Применение блока статистической оценки качества сварки упростило оператору расшифровку показаний дефектоскопа, однако отыскание причин отклонения режима сварки от оптимального и принятие решения о корректировке того или иного параметра обеспечивал сварщик. По результатам испытаний

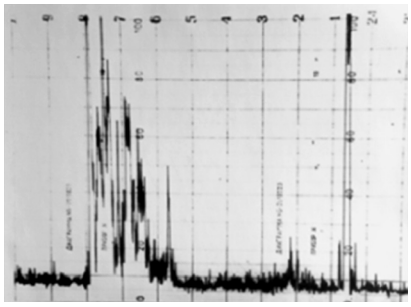


Рис. 4. Характерная запись режима сварки

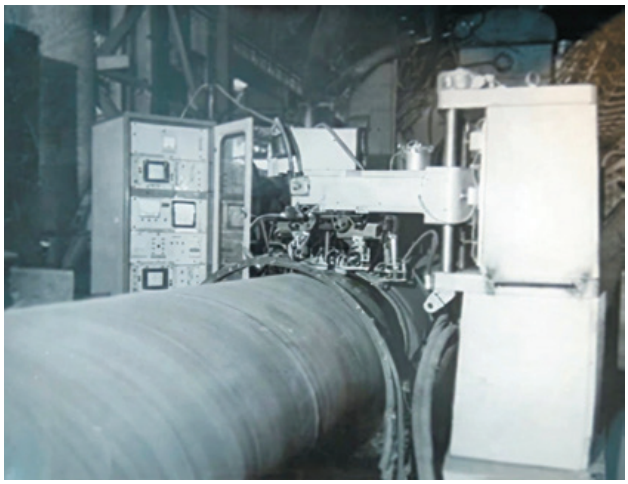


Рис. 5. Установка ДУК-70 в линии стана завода спирально-шовных труб в г. Септември, Болгария

установка была принята заводом для внедрения в качестве прибора технологического контроля режима сварки.

В 1968 г. начальником цеха по производству электросварных труб в поточной линии стана 20–102 на Северском трубном заводе был Николай Александрович Богатов. Там автору пришлось столкнуться с проблемой низкого качества сварки труб и в острых спорах с заводскими технологами выяснять ее причину.

В рамках экспортного заказа совместно с ЭЗТМ специалистами ВНИИНК в 1974–1975 гг. были разработаны и поставлены металлургическим заводам Румынии (г. Яссы) и Болгарии (г. Септември) установки «АИСТ-2» и ДУК-70 (рис. 5) для автоматизированного ультразвукового контроля сварных швов труб в потоке трубоэлектросварочных станов [1]. Установки УД-82УА, ДУК-70М и другие длительное время изготавливались заводом «Электроточприбор» ПО «Волна» (г. Кишинев), всего выпущено более 140 установок, которые были внедрены на российских заводах — Челябинском трубопрокатном, Выксунском металлургическом, Волжском трубном, на украинских — Новомосковском и Харцызском трубных и др. Более 15 лет использовалась на Новомосковском трубном заводе (Украина) разработанная совместно с ЦЛАМ Укрглавтрубостали (канд. техн. наук А. В. Малинка, Б. В. Костюков и др.) установка ДУК-15 ЦЛАМ для технологического контроля сварки труб в поточной линии трубоэлектросварочного стана 159–529.

На Московском трубном заводе установка ультразвукового технологического контроля режима сварки «АИСТ-1» в линии стана 19–102 обеспечивала контроль при температуре сварного шва 900 — 1000 °С.

По итогам работы в очередной пятилетке за успехи в труде и научные достижения Владимир Тимофеевич Бобров в 1971 г. был награжден орденом Трудового Красного Знамени. В число лауреатов 1971 г. за разработку и внедрение машин, механизмов и приборов для автоматизации и интенсификации трубного производства вошел канд. техн. наук Анатолий Васильевич Малинка.

Одним из узких мест оказалось качество исходного проката, в связи с чем при ультразвуковом контроле качества сварного шва с применением автоматизированных систем разработки западногерманской фирмы «Крауткремер» (ФРГ) имели место перебраковка труб и пропуски дефектов.

К анализу сложившейся ситуации были привлечены специалисты ВНИИНК Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (г. Кишинев), Всесоюзного научно-исследовательского и конструкторско-технологического института трубной промышленности (ВНИТИ) Министерства черной металлургии СССР (г. Днепропетровск) и ЦЛАМ Днепропетровского трубопрокатного завода им. В. И. Ленина. В результате тщательной проработки вопроса, многочисленных обсуждений и жарких споров с представителями завода, анализа шлифов вырезанных образцов с дефектами было подтверждено наличие в сварных швах неметаллических включений. Руководством Волжского трубного завода (ВТЗ) в 1972 г. было принято решение направить группу специалистов для обмена опытом на родственные предприятия в Венгрию и Польшу. Группу возглавил тогда главный инженер ВТЗ канд. техн. наук Николай Александрович Богатов. В группу вошли зав. лабораторией НК ВТЗ инженер Виктор Андреевич Щипанов, зав. отделом ВНИИНК канд. техн. наук Владимир Тимофеевич Бобров, зав. отделами ВНИТИ кандидаты техн. наук Захар Осипович Княжинский и Александр Тимофеевич Николаенко и начальник отдела НК ЦЛАМ канд. техн. наук Анатолий Васильевич Малинка.

В феврале 1972 г. группа специалистов выехала поездом из Москвы в Венгрию, г. Дунауйварош (Dunaújváros) на завод «Дунауйвашмю» (рис. 6). И во время официальных бесед, и при посещении цехов и лабораторий завода мы чувствовали добро-



Рис. 6. Делегация специалистов СССР на заводе Дунауйвашмю, г. Дунауйварош, ВНР



Рис. 7. Беседа группы советских специалистов во главе с инженером Н. А. Богатовым (ВТЗ) с польскими коллегами с завода «Гута Феррум» (фото опубликовано в газете Dunaújváros HiRlap, 1972. Febr. 22)

желательное, дружеское отношение венгерских товарищей. Нам показали в работе аналогичные станы по сварке труб большого диаметра, установки для ультразвукового контроля сварных швов труб, разработанные специалистами завода под руководством инженера Йожефа Тара. Мы убедились, что наши венгерские друзья сталкиваются с теми же проблемами, что и волжане. А причина заключалась в том, что исходный прокат, использующийся в производстве сварных труб, содержит значительное количество неметаллических включений, которые при сварке не растворяются в расплавленном металле, а остаются в виде инородных включений, отражающих ультразвук. Это приводит к браковке сваренной трубы, хотя не влияет на ее прочностные свойства. А попытка устранения сигналов от включений путем снижения чувствительности аппаратуры, напротив, приводит к пропуску дефектов. С единым мнением специалистов по неразрушающему контролю о причинах неоднозначных результатов контроля были вынуждены согласиться и технологи ВТЗ.

В соответствии с программой обмена опытом делегация из Венгрии отбыла поездом в Польшу, на завод «Гута Феррум», г. Катовице, где мы общались с руководством завода и польскими специалистами (рис. 7).

Как на ВТЗ и «Дунауйвашмю», специалисты «Гута Феррум» столкнулись с аналогичными проблемами: перебраковка из-за низкого качества исходного проката составляла значительную долю забракованных труб [2]. Плюс ко всему из-за высокой температуры околошовной зоны часто выходили из строя пьезоэлектрические преобразователи той же западногерманской фирмы, которая поставила аппаратуру на ВТЗ. Представители фирмы не принимали претензий.

Возвращались в Москву мы через Варшаву. Как мне помнится, я первым вошел в вагон и остановился... В коридоре стоял Константин Симонов. Проходя мимо него к своему купе, я поклоном поприветствовал знаменитого писателя, он же доброжелательно подал мне руку, как старому знакомому, и, улыбнувшись, поздоровался. Вслед за мной поднялись мои спутники, с которыми он также приветливо поздоровался. Для моего поколения Константин Симонов был и остается символом патриотизма, образцом мужества и личной отваги, властителем дум и образцом для подражания. Неожиданная встреча с ним, как подарок судьбы, осталась в памяти навсегда.

По результатам поездки были сформулированы более жесткие требования к поставщикам исходного листового проката, а также было принято решение о создании отечественного оборудования ультразвукового контроля сварного шва труб, которое было разработано во ВНИИНКе под руководством автора воспоминаний и в течение ряда лет выпускалось серийно (всего было поставлено металлургическим заводам около 150 установок).

25 августа 1965 г. Верховный Совет СССР издал распоряжение № 141р «О строительстве комплекса трубоэлектросварочного цеха для выпуска газопроводных труб диаметром 530 — 1420 мм в г. Волжском». Решение было продиктовано возрастающей потребностью страны в трубах большого диаметра, резко наращивался объем добычи нефти и газа. Причина заключалась в том, что в 1961 г. ФРГ ввела эмбарго на поставку в СССР труб большого диаметра. Строительство трубного завода — это целая эпоха в истории города Волжского, которая стала судьбоносной для тысяч волжан и их семей. В начале 70-х гг. прошлого столетия на Волжском трубном заводе осваивалось производство спиральношовных труб большого диаметра, предназначавшихся для строительства газопроводов. Поставку

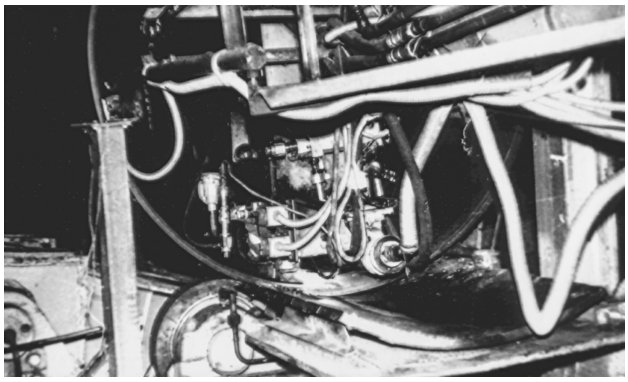


Рис. 8. Механизм ориентации ЭМАП в потоке производства многослойных сварных труб ВМЗ

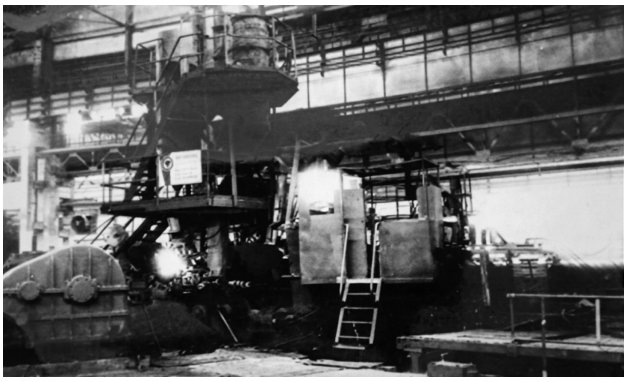


Рис. 9. Установка ДУК-70М в линии стана спиральношовных труб ВТЗ, г. Волжский, Волгоградская область

оборудования для завода обеспечили специалисты из Чехословакии.

Совместно с НПО «ВНИИАвтоматпром» (г. Рустави, Грузия) и ПО «Электростальтяжмашзавод» была разработана подсистема акустической дефектоскопии (АД) качества продукции АСУТП ТЭСА-1420М ВМЗ. В состав подсистемы АД входит установка внутреннего нахлесточного шва обечаек УД-78БМ (рис. 8, 9). Установка состоит из: электронно-акустической части, электромагнитно-акустических преобразователей, средств механизации и локальной автоматизации, обеспечивающих транспортировку, загрузку и ориентацию обечаек и управление акустического блока, и информационно-измерительной системы на базе микроЭВМ. В 1983 г. установка была внедрена в четырех линиях производства электросварных труб ТЭСА-1420 ВМЗ.

В процессе опытной эксплуатации и промышленного контроля были проведены испытания установки на достоверность контроля в сравнении с ручным дефектоскопом с ПЭП, средствами магнитографического и рентгентелевизионного контроля на 49 тыс. обечаек, показавшие, что АД обеспечивает в 5 — 10 раз более высокую выявляемость дефектов сварного шва типа непроваров и трещин. Металлографический анализ подтвердил, что характерные дефекты сварки — непровары, горячие трещины, поры выявляются с помощью установок достаточно надежно. В процессе исследований в линии ТЭСА наиболее эффективно нарушения технологического процесса сварки обнаруживались по данным автоматизированного контроля средствами АД.

Технические решения, реализованные в установке УД-78БМ, защищены авторскими свидетельствами СССР [3 — 5] и патентами США, Великобритании, Франции, ФРГ и Японии.

К сожалению, пришлось отказаться от способа производства многослойных труб, несмотря на высокую оценку качества АД и аппаратуры НК и усилия технологов и авторов способа их производства,

Библиографический список

1. **Бобров В. Т.** Автоматическая дефектоскопия сварных швов труб // Автоматическая сварка. 1967. № 8. С. 62 — 65.
2. **Бобров В. Т.** Исследование вопросов ультразвуковой дефектоскопии электросварных труб волнами Лэмба и разработка средств контроля режима сварки: дис. ... канд. техн. наук. (05.206) / ЦНИИТМАШ. М., 1970. 29 с.
3. **А.с. СССР № 177098.** 42k, 46/06. G 01b. Устройство для автоматической сортировки однотипных деталей по размерам / Ю. А. Дружаев, В. Т. Бобров и А. И. Березин. Заявл. 18.05.1964; опубл. 01.12.1965, Бюл. № 24.
4. **А.с. СССР № 198777.** Кл. 42k, 46/06. Каретка к ультразвуковому дефектоскопу / В. Т. Бобров, Ю. А. Дружаев, А. А. Чернобельский. Заявл. 24.05.1965; опубл. 28.06.1967, Бюл. № 14.
5. **А.с. СССР № 216355.** G 01n. Устройство для ультразвукового контроля сварных швов труб / В. Т. Бобров, С. С. Железнов, Л. В. Казаков. Заявл. 31.03.1966; опубл. 11.04.1968, Бюл. № 14.

ПЕРВЫЙ В СССР ЦЕЛЬНОСВАРНОЙ МОСТ: СТРОИТЕЛЬСТВО, ИСПЫТАНИЯ И ВКЛАД ЛАБОРАТОРИИ В.П. ВОЛОГДИНА

В 1929 г. во Владивостоке совершилось событие, которое по праву можно считать вехой в истории отечественного мостостроения и сварочного производства: здесь был построен и испытан первый в СССР (и второй в мире) цельносварной мост. Сооружение пролетом 25,08 м изготовлено в лаборатории электрической и газовой сварки технического факультета Дальневосточного государственного университета (ДГУ, ныне ДВФУ), которой руководил профессор Виктор Петрович Вологдин – пионер отечественной электросварки, основатель первой в стране сварочной лаборатории, созданной во Владивостоке еще в 1925 г.

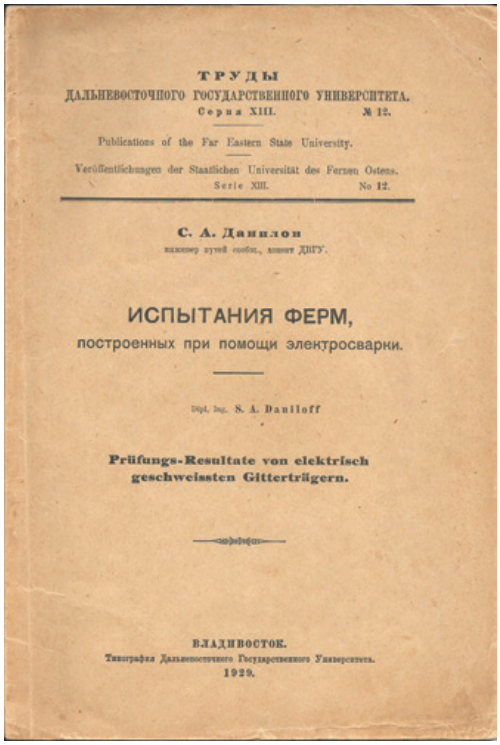
К тому времени лаборатория Вологдина уже имела опыт выполнения ответственных сварных конструкций: паровых и водяных котлов, портовых опор, резервуаров. Однако мост, предназначенный для портового перегрузочного устройства, стал качественно новым шагом. Четыре заводских сварщика собрали его 25-метровый пролет всего за 20 дней, а по сравнению с традиционной клепаной конструкцией удалось сэкономить 25% металла. Как подчеркивал сам Вологдин, это был



В. П. Вологдин



С. А. Данилов


ТРУДЫ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.
Серия XIII. № 12.

Publications of the Far Eastern State University.

Veröffentlichungen der Staatlichen Universität des Fernen Ostens.
Serie XIII. No 12.

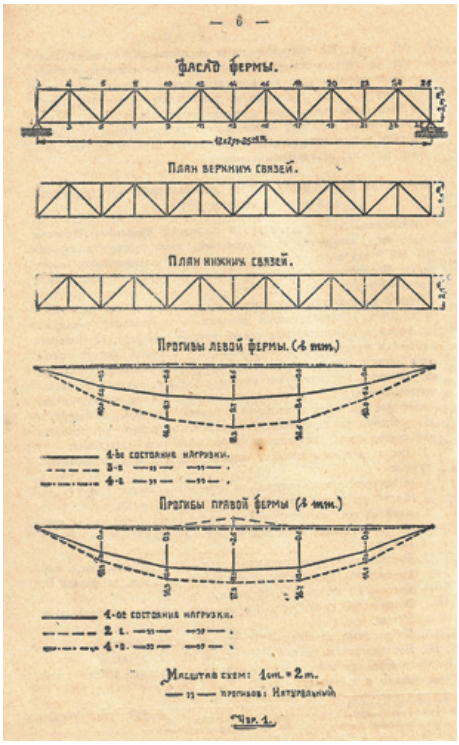
С. А. Данилов
инженер путей сообщ., доцент ДВГУ.

ИСПЫТАНИЯ ФЕРМ,
построенных при помощи электросварки.

Dipl. Ing. S. A. Danilloff

Prüfungs-Resultate von elektrisch geschweissten Gitterträgern.

ВЛАДИВОСТОК.
Типография Дальневосточного Государственного Университета.
1929.



«первый в Европе» мост такого типа, построенный с применением электросварки.

Особое значение придавалось не только постройке, но и тщательным испытаниям сооружения. Измерительный контроль и анализ работы ферм выполнила лаборатория сопротивления материалов ДГУ под руководством доцента Сергея Анатольевича Данилова. Результаты этих исследований легли в основу книги С. А. Данилова «Испытания ферм, построенных при помощи электросварки», изданной во Владивостоке в том же 1929 г., – уникального документа, детально фиксирующего поведение первого советского сварного моста под нагрузкой.

В книге С. А. Данилов подробно останавливается на сопоставлении сварной фермы с клепаными аналогами. Согласно распространенному в те годы мнению, упругий прогиб клепаных ферм часто оказывается заметно меньше теоретического за счет жесткости узлов (в расчетах же они принимаются шарнирными). Для сварных соединений, которые еще жестче клепаных, следовало ожидать еще большего снижения прогиба. Однако натурные измерения дали иную картину: «на деле же получилось почти полное совпадение измеренных прогибов с теоретическими».

Данилов объясняет это тем, что на прогиб клепаной фермы влияют разнонаправленные факторы. С одной стороны, деформации заклепок в узлах дают дополнительное слагаемое прогиба, увеличивая его. С другой — работа проезжей части, жесткость узлов и трение в опорных частях уменьшают прогиб. В зависимости от конструкции и состояния моста эти эффекты могут комбинироваться по-разному, что приводит к значительному разбросу результатов испытаний. Для сварной же фермы, где нет смещений в соединениях, а продольные балки проезжей части отсутствовали, влияние мешающих факторов оказалось минимальным, и реальная работа конструкции близко соответствовала теоретической схеме.

Труд С. А. Данилова стал не только отчетом об уникальном для своего времени опыте, но и важным шагом в развитии методов испытания сварных мостовых конструкций. Сам же мост, построенный во Владивостоке в 1929 г., наглядно продемонстрировал возможности электросварки в ответственном мостостроении, открыв дорогу ее широкому применению в СССР. Сегодня, спустя почти столетие, мы можем оценить смелость и дальновидность действий В. П. Вологдина и С. А. Данилова, заложивших прочные основы отечественной школы сварки.

Книгу «Испытания ферм, построенных при помощи электросварки», автор С. А. Данилов (Владивосток. Типография Дальневосточного государственного университета. 1929 г.) в редакцию представил ***Александр Валентинович Гридасов****, канд. техн. наук., доцент, директор департамента промышленной безопасности (кафедра сварочного производства) Политехнического института Дальневосточного федерального университета*

только реальность

Бюджетный ультразвуковой толщиномер УТ907 с А-сканом и В-сканом



РЕКЛАМА

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

ООО «ИЦ Физприбор»
г. Екатеринбург,
ул. Вилонова, 6А