

# ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

## 2, 2026

апрель – июнь (58)

## НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В РЕСТАВРАЦИИ И ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

Группа российских специалистов по неразрушающему контролю под руководством д-ра физ.-мат. наук, иностранного члена РАН, профессора Романа Григорьевича Маева работает над реставрацией скульптуры фонтана «Четыре бронзовых коня Гелиоса» на площади Пикадилли, в самом сердце Лондона.

*Читайте статью на стр. 44.*

Р. Г. Маев награжден национальной премией в области неразрушающего контроля и технической диагностики 2026.

*Читайте на стр. 4*



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ДЕСЯТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ДЕФЕКОСКОПЫ

на фазированных решетках

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



УСД-60ФР



УСД-60ФР-16/128



УСД-46ФР

реклама



ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# НОВАЯ ГЕНЕРАЦИЯ 2026

## ПРИГЛАШАЕМ К УЧАСТИЮ ВЫПУСКНИКОВ

**4** КУРС  
БАКАЛАВРИАТА

**2** КУРС  
МАГИСТРАТУРЫ

**5** КУРС  
СПЕЦИАЛИТЕТА

### НОМИНАЦИИ

- Выпускные квалификационные работы бакалавров
- Выпускные квалификационные работы магистров и специалистов

### НАПРАВЛЕНИЯ

- Разработка и развитие методов и средств неразрушающего контроля
- Автоматизация и роботизация неразрушающего контроля
- Комплексирование методов неразрушающего контроля



3 СТРАНЫ



10 ПОБЕДИТЕЛЕЙ



56 ГОРОДОВ

Награждение победителей дипломами и призами состоится в Москве  
НА XIV МЕЖДУНАРОДНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ФОРУМЕ

## «ТЕРРИТОРИЯ NDT»

ВОЗРАСТ УЧАСТНИКОВ  
**ДО 30 ЛЕТ**

УЧАСТИЕ В КОНКУРСЕ  
**БЕСПЛАТНОЕ**

Форма заявки и регламент проведения Конкурса размещены на сайте [konkurs.ronktd.ru](http://konkurs.ronktd.ru)  
Вопросы можно задать: [info@ronktd.ru](mailto:info@ronktd.ru) и [konkurs@ronktd.ru](mailto:konkurs@ronktd.ru)



**XIV** МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ  
ИСПЫТАНИЯ · ДИАГНОСТИКА

# 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

## 2027 год



**15+**

КРУГЛЫХ СТОЛОВ  
С УЧАСТИЕМ ЭКСПЕРТОВ



**3000+**

РУКОВОДИТЕЛЕЙ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ



**50+**

КОМПАНИЙ - ЛИДЕРОВ  
В ОБЛАСТИ НК И ТД



ОРГАНИЗАТОР  
ФОРУМА

**RONKTD.RU**  
**EXPO.RONKTD.RU**

ISSN 2225-5427. Территория НДТ. 2026. №2 (апрель - июнь). 1 - 64

# Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

2 (апрель – июнь), 2026

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)

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

Клюев С.В. (Россия, вице-президент  
РОНКТД)

Кожаринов В.В. (Латвия, президент  
LNTB)

Маммадов С. (Азербайджан,  
президент АОНК)

Муравин Б. (Израиль,  
зам. президента INA TDSCM)

Ригишвили 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,

000 «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 тех

нологий и массовых коммуникаций

(Роскомнадзор). Свидетельство ре

гистрации средства массовой инфор

мации ПИ № ФС77-47005

Учредители:

АО Московское научно-производ

ственное объединение «СПЕКТР»

(АО МНПО «СПЕКТР»);

Общероссийская общественная

организация «Российское общество

по неразрушающему контролю и

технической диагностике» (РОНКТД)

Издатель:

000 «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 30 апреля 2026

Подписано в печать 4 июня 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 000 «Издательский дом «Спектр».

Отпечатано в типографии

000 «МЕДИАКОЛОР»

127273, г. Москва,

Сигнальный проезд, д. 19

## ВЫСТАВКИ. СЕМИНАРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ

**Итоги XIII Международного промышленного форума «Территория НДТ. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» и XXIV Всероссийской научно-технической конференции по НК и ТД «Неразрушающий контроль 21 века: синергия технологий и разума»** ..... 2

**II Всероссийская научно-техническая конференция «Сварка и диагностика»** ..... 16

**Акустическая эмиссия: наука, практика и международное сотрудничество на XI Всероссийской конференции** ..... 18

**Михайлов А.В. XXXVII Уральская конференция «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения)»** ..... 22

**Тюменский форум «Территория НК»** ..... 26

**«Гурвич-Клуб» в музее** ..... 28

## МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

**Универсальный автокалибруемый ультразвуковой толщиномер «БУЛАТ 7»** ..... 32

**Пепеляев А.В. Матричные фазированные решетки и ультразвуковой контроль сварных точек** ..... 36

**Семеренко А.В. Идентификация эхосигналов и локализация дефектов при ультразвуковом контроле сложных изделий** ..... 40

**Маев Р.Г., Рахутин Р.Г. На стыке науки и искусства: неразрушающий контроль в реставрации и современной художественной экспертизе** .... 44

## ПОЗДРАВЛЯЕМ

**В.П. Лунину – 75 лет!** ..... 52

## ИСТОРИЯ НК

**Работы ЦНИИТМАШ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС** ..... 54

## ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИЕ ИСТОРИИ

**Ушаков В.М. О пользе радиации** ..... 62

# Итоги XIII Международного промышленного форума «Территория НДТ. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» и XXIV Всероссийской научно-технической конференции по НК и ТД «Неразрушающий контроль 21 века: синергия технологий и разума»



**XIII Международный промышленный форум «Территория НДТ. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика»** прошел в Москве 13 — 15 мая в конгресс-центре «Измайлово Бета».

Открыл мероприятие Владимир Александрович Сясько, д-р техн. наук, профессор, президент Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД): *«С гордостью отмечаю, что конференция вместе с XIII Международным промышленным форумом «Территория НДТ» вновь создает крупнейшую профессиональную площадку для обмена знаниями, инновациями и практическим опытом, объединяя ученых, инженеров, производителей, представителей органов власти и образовательных учреждений из России и стран СНГ. Особое внимание будет уделено дискуссиям, посвященным цифровизации НК, а также расширению сферы применения методов*



*неразрушающего контроля и диагностирования в ключевых областях, что подчеркивает универсальность и социальную значимость неразрушающего контроля как междисциплинарной области знаний».*

С приветственным словом к участникам форума обратились Сергей Владимирович Ключев, канд. техн. наук, генеральный директор ГК «Спектр», вице-президент РОНКТД, Владислав Сергеевич Фролов, начальник управления системы НК СРО «Ассоциация «НАКС».

Также напутствовали участников форума и конференции корифеи отрасли: Яков Гаврилович Смородинский, д-р техн. наук, профессор, директор ООО «НАКС-Урал», вице-президент РОНКТД, Алексей Харитонович Вopilкин, д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент Академии электротехнических наук, генеральный директор ООО «НПЦ «ЭХО+», Андрей Анатольевич Самокрутов, д-р техн.

наук, профессор, член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ, генеральный директор ООО «АКС», д-р техн. наук, член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ и др.

Приветствие в адрес форума поступило от Ксении Александровны Горячевой, депутата ГД Федерального собрания РФ VIII созыва, первого заместителя председателя комитета ГД по науке и высшему образованию: *«Сегодня неразрушающий контроль, техническая диагностика и мониторинг состояния ресурса выходят далеко за рамки инженерных задач. Это важное научное направление, которое определяет уровень технологического суверенитета страны, способствует внедрению цифровых технологий, искусственного интеллекта и новых материалов. Именно благодаря развитию методов неразрушающего контроля становится возможной реализация масштабных инфраструктурных проектов, обеспечение промышленной безопасности и повышение конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке»*. Приветственное слово зачитала Алиса Владимировна Шабеева, исполнительный директор РОНКТД.

Деловая программа форума началась с панельной дискуссии. Открыл ее Владимир Александрович Сясько, д-р техн. наук, профессор, президент РОНКТД, докладом *«Мировые тенденции в области технического диагностирования и мониторинга технического состояния»*.

Также выступили: Алексей Григорьевич Гончар, д-р техн. наук, действительный государственный советник Российской Федерации 3-го класса, действительный член (академик) Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, начальник центра — главный конструктор направления АО «ЭКА», профессор кафедры «Стартовые комплексы» института № 12 ФГАОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», с докладом *«Наземные космические технологии и неразрушающий контроль: горизонты возможностей и перспективы инновационных решений»*.

Роман Григорьевич Маев, д-р физ.-мат. наук, иностранный член РАН, заслуженный профессор, Институт развития современных визуальных диагностических методов при Университете г. Виндзора, передал видеоприветствие.

Завершилось мероприятие торжественным награждением лауреатов Национальной премии в области неразрушающего контроля и технической диагностики, постоянным спонсором которой является компания НПЦ «ЭХО+». Награждение лауреатов приурочено к проведению Всероссийской научно-технической конференции по НК и ТД, премия вручается один раз в три года.

За выдающийся вклад в развитие физической акустики, создание методов ультразвуковой ви-



ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ



зуализации высокого разрешения и внедрение инновационных технологий неразрушающего контроля, оказавших значительное влияние на современную науку, промышленность и медицинскую диагностику награжден Роман Григорьевич Маев (Институт развития современных визуальных диагностических методов при Университете г. Виндзора).

За выдающийся вклад в развитие способов и технологий НК, разработку новых приборов и систем НК и ТД награжден коллектив в составе: Дмитрий Сергеевич Костюков, Арсений Дмитриевич Пинигин (АНО ВО «Университет Иннополис»), Антон Александрович Санников (АО «Газстройпром»), тема работы: «Система искусственного анализа. Автоматизация обработки результатов радиографического контроля кольцевых сварных соединений с применением технологий искусственного интеллекта».

За достижения в области НК и ТД премия присуждена молодому специалисту (до 35 лет) Егору Андреевичу Лепшееву (ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», НИУ «МЭИ»), тема работы: «Моделирование сигналов акустической эмиссии методом слоистых элементов».

В соответствии с Положением о Национальной премии лауреатам были вручены памятные значки, дипломы и денежное вознаграждение от спонсора.





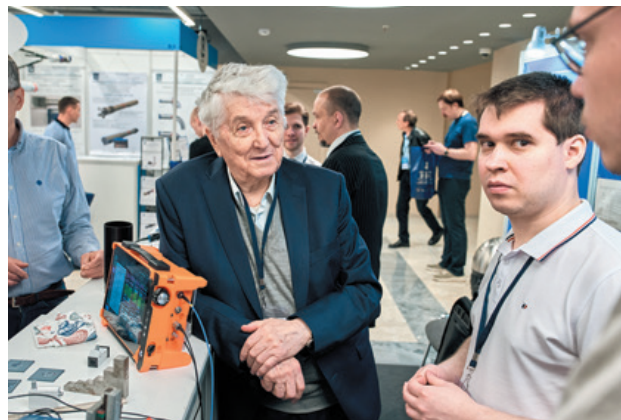
Вручал премии лауреатам вице-президент РОНКТД, председатель экспертного совета, д-р техн. наук, профессор Алексей Харитонович Вopilкин.

### КОНКУРС ВКР «НОВАЯ ГЕНЕРАЦИЯ 2025»

Конкурс выпускных квалификационных работ проводится уже несколько лет. Его целью является выявление и поддержка наиболее талантливой и творчески активной молодежи, стимулирование интереса к научно-исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности.

В этом году председателем жюри стала Ольга Владимировна Муравьева, д-р техн. наук, профессор кафедры «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова», зам. гл. редактора журнала «Интеллектуальные системы в производстве» (Ижевск, Удмуртская республика).

Конкурс набирает популярность — растет количество присылаемых работ, в этом году их поступило 110 против 70 в прошлом году. Расширяется и география конкурса — впервые к рассмотрению были представлены работы студентов из Калининграда и Казани, но традиционно выделяются инженерные центры страны: Самара, Новосибирск, Тюмень, Томск, Санкт-Петербург и Москва.



ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ



«Отличительной особенностью конкурса в этом году стало активное внедрение элементов искусственного интеллекта (ИИ) в технологии НК, описанные в работах. Если будет сохраняться такая тенденция, мы рассмотрим вопрос добавления соответствующей номинации на конкурс», — считает Игорь Юрьевич Кинжагулов, канд. техн. наук, доцент факультета систем управления и робототехники Национального исследовательского университета ИТМО.

В торжественной обстановке состоялось награждение победителей Всероссийского конкурса выпускных квалификационных работ студентов, направленных на решение задач в области неразрушающего контроля и технической диагностики ВКР «Новая Генерация 2025».

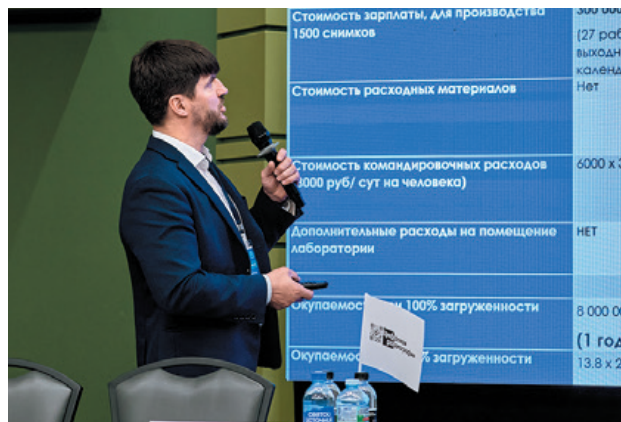
## ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА «НОВАЯ ГЕНЕРАЦИЯ 2025»

### Бакалавры

- 1 место — Валерия Николаевна Богодяж, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»
- 2 место — Павел Сергеевич Корепанов, ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»
- 2 место — Маргарита Александровна Штукарь, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»
- 3 место — Анастасия Сергеевна Рогова, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»
- 3 место — Анастасия Александровна Половинкина, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

### Магистры

- 1 место — Елена Альбертовна Степанова, ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»
- 2 место — Евгения Денисовна Куликова, ФГАОУ ВО МГТУ им. Н. Э. Баумана



2 место — Яна Андреевна Рывкина, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

3 место — Динара Рамилевна Шакирзянова, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

3 место — Мария Сергеевна Степанова, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Решение о победителях и призерах Конкурса выпускных квалификационных работ было принято авторитетной комиссией, состоящей из ведущих ученых в области НК и ТД. Жюри было сложно отобрать победителей при равном количестве баллов в каждой номинации, поэтому было принято решение удвоить количество победителей и призеров.



### III МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИННОВАЦИЙ

Значимым событием, проходящим раз в три года, стал III Международный салон инноваций.

К участию в салоне было допущено 11 проектов. Особое внимание было уделено проектам по разработке цифровых платформ и решений, направленных на обеспечение прослеживаемости контроля, минимизацию влияния человеческого фактора на результаты контроля, анализ разнородных данных неразрушающего контроля.

Мнением о салоне поделился Владимир Анатольевич Быченков, канд. техн. наук, зам. директора по НИОКР Учреждения науки ИКЦ СЭКТ: «Салон инноваций — это хороший способ показать новые достижения в области НК, понять востребованность новых разработок и получить обратную связь от потребителя. Поскольку салон проходит в рамках форума «Территория НДТ» одновременно с конференцией по НК и ТД, большое количество опытных специалистов и ученых, заинтересовавшись нашим дефектоскопом, внимательно изучали его работу, формулировали свои задачи и прорабатывали их с нашими специалистами. Собрать такой стихийный научный консилиум специ-





*алистов из различных городов и предприятий для решения одной отдельной задачи или одного прибора было бы невозможно. Их вопросы помогут усовершенствовать наше оборудование в дальнейшем.*

*Салон инноваций позволил нам познакомиться с новыми потенциальными заказчиками. Например, специалисты одного из предприятий прочитали на сайте форума о нашей разработке и привезли образец прямо к нам на стенд. После экспресс-диагностики мы забрали образцы в свою лабораторию, чтобы оценить возможность использования нашего оборудования для контроля новых изделий заказчика. По результатам данной оценки потребитель сможет принять обоснованное решение о целесообразности внедрения нашего оборудования и технологий на своем предприятии.*



*Благодарим организаторов мероприятия за предоставленные возможности, желаем процветания и ждем новых встреч!»*

Компетентным жюри, в состав которого вошли: В. Е. Прохорович, д-р техн. наук, профессор, председатель правления Учреждения науки ИКЦ СЭКТ; Р. Г. Маев, д-р техн. наук, иностранный член РАН, заслуженный профессор, Университет Виндзора (Онтарио, Канада); А. Х. Вopilкин, д-р техн. наук, профессор, генеральный директор НПЦ «ЭХО+»; А. А. Самокрутов, д-р техн. наук, генеральный директор ООО «АКС»; В. В. Борисенко, генеральный директор НПЦ «Кропус — ПО»; А. О. Чулков, д-р техн. наук, зам. директора по научно-образовательной деятельности Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности Томского политехнического университета; А. С. Зубарев, генеральный директор ООО «ОТГ»; А. С. Фролов, генеральный директор ООО «Биометриклабс», под председательством В. А. Сясько, д-ра техн. наук, профессора, президента РОНКТД, были определены победители.

Победителем стал коллектив Учреждения науки ИКЦ СЭКТ, в составе: В. А. Быченко, И. В. Беркутов, В. Е. Прохорович, Е. И. Дьячковский, Р. А. Его-





ров, И. Е. Алифанова, В. В. Малый, Д. С. Сергеев с работой «Лазерно-ультразвуковой дефектоскоп УДЛ-2М.01».

Второе место заняли разработчики «ОКБ им. А. Люльки», филиал ПАО «ОДК-УМПО», в составе: Н. Н. Баляева, С. М. Гусенко, А. С. Макарычев, А. Г. Терешко, представив работу «Способ вибродиагностики двухвальной турбомшины».

Бронзу взяла компания ООО «Константа», представленная А. В. Сясько с работой «Спектрофотометр Константа СФ».

Все участники получили памятные дипломы, а также сертификаты на бесплатную публикацию материалов от информационного партнера РОНКТД — рекламно-информационного агентства «Стандарты и качество».

Официальным спонсором III Международного салона инноваций выступило Учреждение науки ИКЦ СЭКТ.

### ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ФОРУМА

Деловая программа охватывала основные направления деятельности РОНКТД с уделением особого внимания подготовке специалистов, совершенствованию нормативной базы и другим вопросам.

В рамках деловой программы состоялись **круглые столы**:

- Подготовка специалистов высшей квалификации по научной специальности 2.2.8. «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» (модератор Алексей Владимирович Федоров, д-р техн. наук, СПбГУ ИТМО, профессор факультета систем управления и робототехники);
- Прогрессивные методы, технологии, оборудование и материалы для всех видов контроля качества в сварке, резке, наплавке, пайке и термическом нанесении покрытий. Новое в подготовке кадров, аттестации и сертификации в системе не-





### ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ «ДЕФЕКТОСКОПИСТ 2026»

В рамках форума состоялся финальный этап Всероссийского конкурса по неразрушающему контролю «Дефектоскопист 2026».

Конкурс состоял из теоретической и практической частей и проводился по шести номинациям:

- визуально-измерительный контроль (ВИК);
- ультразвуковой контроль (УК);
- рентгеновский контроль (РК);
- электрический контроль (ЭК);
- магнитный контроль (МК);
- капиллярный контроль (КК).

В региональных этапах конкурса участвовало 426 специалистов из 207 организаций. Из 74 финалистов 18 человек заняли призовые места.

Награждение победителей и призеров конкурса прошло в торжественной обстановке. В приветственном адресе от Марины Сергеевны Масловой, директора департамента труда, трудовых отношений и социального партнерства, отмечено, что «*РОНКТД занимает передовые позиции в формировании современной системы профессиональной квалификации, участвуя в работе Совета по профессиональным квалификациям в области сварки при Национальном совете при Президенте РФ по профессиональным квалификациям*».

В приветственном слове к конкурсантам Алексей Александрович Мостовщиков, член РСПП, президент Международной ассоциации промышленников и предпринимателей «МОСТ», генеральный директор АНО «Агентство Цифрового Развития», отметил: «*Ваша работа вносит бесценный вклад в создание безопасной среды в нашей стране, особенно в разных сферах промышленности и на особо опасных объектах*».

Также выступили Владимир Александрович Сяско, д-р техн. наук, профессор, президент РОНКТД, Андрей Иванович Прилуцкий, канд. техн. наук, генеральный директор СРО Ассоциация «НАКС», Яков Гаврилович Смородинский, д-р техн. наук, профес-

неразрушающего контроля (модератор Юрий Константинович Подкопаев, президент ММАГС);

Заседание ТК 371 модерировал Константин Владимирович Чекирда, председатель ТК 371, зам. директора ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Также в рамках деловой программы прошел III авторский семинар НПЦ «ЭХО+» «Новые технологии ультразвукового контроля с применением систем НПЦ «ЭХО+».

Большой интерес вызвала встреча с интригующей темой «Как сделать бизнес дороже, устойчивее и прибыльнее за счет бренда и технологий», которую провел Ильдар Альбертович Шайхутдинов, эксперт по капитализации бизнеса через интеллектуальную собственность и НИОКР, финансист с 32-летним стажем, Executive MBA, член рабочей группы ТДК «Интеллектуальная собственность» Минэкономразвития, член Совета по вопросам интеллектуальной собственности при председателе Совета Федерации РФ, член генерального совета Деловой России. Ликбез оказался очень полезным директорам крупнейших компаний в сфере НК.

На Молодежной научно-технической конференции результаты своих исследований представили молодые специалисты, аспиранты и студенты. Профессиональные вопросы старших коллег сохранили атмосферу научного дискурса.



сор, вице-президент РОНКТД, зав. отделом неразрушающего контроля Института физики металлов им. М. Н. Михеева Уральского отделения РАН.

Денис Михайлович Шахматов, канд. техн. наук, член правления РОНКТД, генеральный директор ООО НПП «Сварка-74», отметил: *«Участники конкурса «Дефектоскопист» стали лучше подготовлены, набирают большее количество баллов и в целом быстрее справляются с заданиями. Профессионализм растет, что полностью отвечает задачам конкурса профессионального мастерства».*

### ПОБЕДИТЕЛЯМИ И ПРИЗЕРАМИ СТАЛИ

#### в номинации ВИК:

- 1 место — Олег Дмитриевич Макарчик, ОАО «Гродногазстройизоляция»
- 2 место — Дмитрий Геннадьевич Леонтьев, АО «Газпром газораспределение Вологда»
- 3 место — Александр Евгеньевич Вологжанин, ООО «РН-СтройКонтроль»

#### в номинации УК:

- 1 место — Денис Николаевич Лукашевич, УП «Витебскоблгаз»
- 2 место — Артем Николаевич Макарьев, ООО «Сибэнергомаш-БКЗ»
- 3 место — Сергей Андреевич Швыдкий, ООО «СТАЛЬКОНТРОЛЬ»

#### в номинации РК:

- 1 место — Сергей Владимирович Одегов, ООО «Газпром трансгаз Югорск»
- 2 место — Алексей Александрович Назаров, РУП «Могилевоблгаз»
- 3 место — Александр Владимирович Шефер, АО «СтройТрансНефтеГаз» филиал АО «СТНГ», г. Томск



#### в номинации ЭК:

- 1 место — Арсений Аркадьевич Костюченко, ООО «Газпром Трансгаз Санкт-Петербург» ИТЦ
- 2 место — Рамиль Каримович Гадилаев, ООО «Газпром ПХГ» ИТЦ

#### в номинации ПВК:

- 1 место — Фадис Асхатович Алибаев, ИТЦ ООО «НИИ Транснефть»
- 2 место — Виталий Владимирович Никитин, ООО «Транснефть-Балтика»

#### в номинации МК:

- 1 место — Марат Ренатович Султанов, филиал ПАО АНК «Башнефть «Уфанефтехим»
- 2 место — Александр Юрьевич Омелькин, АО «Силовые машины» ЛМЗ
- 3 место — Михаил Витальевич Репин, ПАО «Владивостокский Морской Торговый Порт»

Победители и призеры конкурса получили памятные подарки и ценные призы от спонсоров, все участники награждены дипломами.



### УЧАСТНИКИ ФОРУМА

В выставке перспективного оборудования и технологий, а также в мероприятиях деловой программы XIII Международного промышленного форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» приняли участие более 60 компаний: разработчики и производители оборудования неразрушающего контроля и технической диагностики, сервисные компании, учебные

и сертификационные центры, специализированные издания, национальные общества.

Среди участников форума такие фирмы, как: «Константа», НПЦ «ЭХО+», НИИИН МНПО «Спектр», АКС, НПО «Алькор», «Красцветмет», АСТ «Сварпром», ПВП СНК, НКБ ТЕХ, ЦПС «Сварка и контроль», «Октрон», «Синтез НДТ», «Техкон», «Юнитест», «Элитест», «Спектрофлэш», «Тессоникс», «Техно — НДТ», «Синтез НПФ», ИФТП,





«ИНТЕРЮНИС-ИТ», «ГТЛаб», «Литас», Ассоциация ВАСТ, Doppler, «Стройприбор», Томский политехнический университет и многие другие.

Свои программы презентовали аттестационные центры контроля сварки и НК из разных регионов России, ориентированные на работу в разных отраслях промышленности.

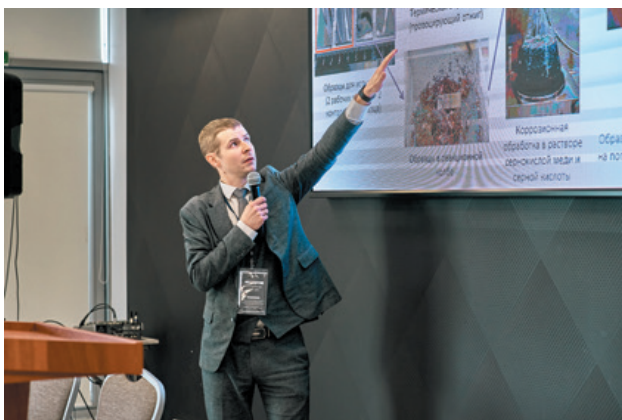
Одновременно с форумом состоялась **XXIV Всероссийская научно-техническая конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике «Неразрушающий контроль 21-го века: синергия технологий и разума».**

Программа конференции была очень насыщенной. За три года в сфере НК произошли важные изменения, которые были отражены в докладах ученых и ведущих специалистов отрасли.

Секции были разбиты по видам контроля и следующим направлениям:

- Радиационный контроль (модератор Дмитрий Андреевич Седнев, канд. техн. наук, вице-президент РОНКТД);
- Контроль механических свойств материалов (модератор Алексей Владимирович Федоров, д-р техн. наук, СПбГУ ИТМО, профессор факультета систем управления и робототехники);
- Магнитный контроль (модератор Алексей Вадимович Михайлов, канд. техн. наук, Институт физики металлов имени М. Н. Михеева Уральского отделения РАН, старший научный сотрудник);
- Вихретоковый контроль (модератор Павел Валентинович Соломенчук, канд. техн. наук, «Константа», ведущий специалист отдела разработок);
- Тепловой контроль (модератор Арсений Олегович Чулков, д-р техн. наук, Томский политехнический университет заместитель директора по научно-образовательной деятельности, Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности);





- Ультразвуковой контроль (модератор Дмитрий Сергеевич Тихонов, д-р техн. наук, «НПЦ «ЭХО+», заместитель генерального директора);
- Оптический контроль (модератор Александр Сергеевич Мачихин, д-р техн. наук, Национальный исследовательский университет «МЭИ», зав. лабораторией акустооптической спектроскопии ИТЦ УП РАН, профессор кафедры диагностических информационных технологий);
- Акустико-эмиссионный контроль и вибродиагностика (модератор Сергей Владимирович Елизаров, «ИНТЕРЮНИС-ИТ», генеральный директор);
- Моделирование и обработка сигналов. Искусственный интеллект и машинное обучение (модератор Андрей Евгеньевич Базулин, канд. техн. наук, «НПЦ «ЭХО+», главный конструктор);
- Неразрушающий контроль для экспертизы товаров и предметов, представляющих культурную ценность (модератор Раиса Абдулгафаровна Платова, канд. техн. наук, профессор, РЭУ им. Г. В. Плеханова, доцент кафедры индустрии качества);
- Стандартизация и метрологическое обеспечение (модератор Варвара Владимировна Алехнович, канд. техн. наук, ТК371, ответственный секретарь);
- Стационарный и мобильный мониторинг технического состояния инфраструктурных объектов и распределенных производственных систем (модератор Олег Александрович Рыбин, д-р техн. наук, «Константа», руководитель направления);
- Подготовка и аттестация специалистов (модератор Денис Михайлович Шахматов, канд. техн. наук, НПЦ «Сварка-74», генеральный директор);
- Молодежную секцию провел Игорь Юрьевич Кинжагулов, канд. техн. наук доцент, Национальный исследовательский университет ИТМО, доцент факультета систем управления и робототехники.





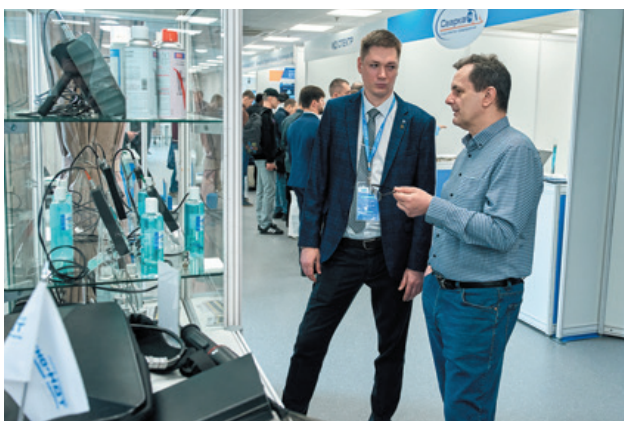
Тезисы докладов опубликованы в сборнике «XXIV Всероссийская научно-техническая конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике «Неразрушающий контроль 21 века: синергия технологий и разума».

Значимую поддержку в организации форума и конференции оказал официальный спонсор мероприятия ООО «Константа». Спонсором Премии РОНКТД и Всероссийской научно-технической конференции выступило ООО «НПЦ «ЭХО+», а Салона инноваций — Учреждение науки ИКЦ СЭКТ. Спонсорами номинаций Всероссийского конкурса по неразрушающему контролю «Дефектоскопист 2026» были ООО «Константа», ООО «Константа-М», ООО «АКС», ООО «Центр Цифра».

*Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике благодарит участников и посетителей форума, модераторов круглых столов, партнеров и спонсоров.*

*Желаем всем новых профессиональных вершин, до встречи в следующем году.*

*Подробнее о деловой программе конференции и форума читайте в №3 (июль-сентябрь), 2026 «Территория NDT».*



## II ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СВАРКА И ДИАГНОСТИКА»

В период с 22 по 24 апреля 2026 г. в МГТУ им. Н.Э.Баумана состоялась II Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Сварка и диагностика» имени академика РАН Н.П.Алёшина. Уже по своему масштабу и составу участников это мероприятие стало заметным событием в научно-технической жизни страны, объединив представителей науки, образования и промышленности вокруг актуальных вопросов развития сварочных технологий и методов неразрушающего контроля и диагностики.

Конференция проходила в очном формате в новом конгресс-центре Бауманского университета. Церемония открытия началась с приветственных слов организаторов и почетных гостей. Перед участниками выступили ректор МГТУ им. Н.Э.Баумана М.В.Гордин, президент университета А.А.Александров, ректор СПбПУ Петра Великого академик

РАН А.И.Рудской, научный руководитель ВолгГТУ академик РАН В.И.Лысак, начальник департамента ПАО «Газпром» С.В.Скрынников, а также заведующий кафедрой МТ-7 «Сварка, диагностика и специальная робототехника» Н.В.Коберник. В своих выступлениях они подчеркивали значимость конференции для развития сварочной отрасли. Особое внимание в выступлениях уделялось фигуре академика Н.П.Алёшина — ученого, чье имя носит конференция. Его вклад в развитие отечественной школы сварки неоднократно отмечался в речах, задавая тон всему мероприятию.

После официального открытия началось пленарное заседание, в рамках которого выступили ведущие специалисты отрасли. Доклады были посвящены исключительно актуальным проблемам сварки и диагностики: рассматривались инновационные технологии сварочных и родственных



процессов, вопросы создания и совершенствования сварочных материалов, а также развитие технологического оборудования. Участники делились как результатами научных исследований, так и практическим опытом внедрения современных решений в производство.

Работа конференции продолжилась 23 и 24 апреля. В эти дни участники были распределены по трем тематическим секциям. Первая секция была посвящена оборудованию, технологиям и материалам для сварки; в ее рамках также работала отдельная подсекция для студентов, аспирантов и молодых преподавателей. Вторая секция охватывала вопросы диагностики и контроля качества изделий, а третья — расчетные методы в задачах сварки и контроля.

Заключительный день подвел итоги всей конференции. Интерес к мероприятию в этом году заметно вырос. Более 260 заявок, свыше 100 докладов, представители пяти институтов РАН, десятков университетов и промышленных компаний — все это говорит о том, что конференция постепенно становится важным событием для отрасли.

В ходе работы секций докладчики делились результатами исследований и последними разработками в области сварки, обсуждали практические задачи и перспективы развития отрасли. Помимо научной программы, участники смогли познакомиться с современным сварочным оборудованием и средствами неразрушающего контроля, представленными в демонстрационном формате, а также изучить специализированные научные издания.

В целом конференция прошла на высоком научно-техническом уровне и показала, насколько востребована площадка для профессионального диалога между наукой и промышленностью. Мероприятие не только подтвердило свою значимость, но и продемонстрировало устойчивую тенденцию к развитию, постепенно формируя традицию регулярных встреч специалистов в области сварки.

*Кафедра МТ7 «Сварка, диагностика и специальная робототехника»  
МГТУ им. Н. Э. Баумана*



ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

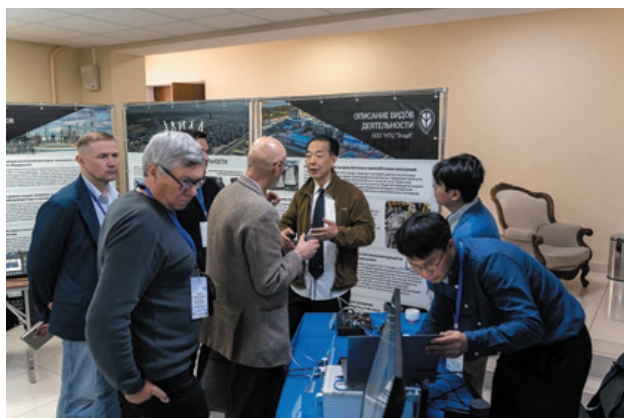
# АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ: НАУКА, ПРАКТИКА И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО НА XI ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ



*23 апреля 2026 года в Москве завершилась XI Всероссийская конференция по акустической эмиссии с международным участием. В течение четырех дней эксперты из России, Китая и Узбекистана обменивались опытом, обсуждали новые подходы и определяли конкретные шаги для развития метода.*

ООО «НТЦ «ЭгидА» не только взяло на себя решение всех вопросов по подготовке материалов для публикаций в научных изданиях и приглашение зарубежных делегаций, но и само выступило с докладами о внедрении акустико-эмиссионного

контроля на опасных производственных объектах и особенностях применения метода при проведении технических испытаний. Представители НТЦ также модерировали круглые столы и инициировали ряд решений, вошедших в итоговую резолюцию. Отдельно стоит отметить, что к началу конференции был издан сборник трудов, индексируемый РИНЦ, а также некоторые материалы были включены в специальный выпуск журнала «Контроль. Диагностика» (ВАК), что позволило авторам не только представить, но и закрепить свои научные результаты в рецензируемых изданиях.





*Заместитель генерального директора ООО «Научно-технический центр «ЭгидА» Кирилл Владимирович Харебов*



*Генеральный директор ООО «Научно-технический центр «ЭгидА» Андрей Николаевич Мисейко*

В мероприятии приняли участие специалисты из разных регионов и отраслей — представители Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, ПАО «Роснефть», ПАО «Татнефть», вузов и научно-производственных объединений. Особый интерес вызвали выступления зарубежных гостей: делегации из Китая (Qingcheng AE Institute и Харбинский университет науки и технологий) и Узбекистана (АО «Махам Чирчиқ») поделились своим опытом применения АЭ. Важным моментом было участие в конференции Шифэна Лю — президента Qingcheng AE Institute (Китай), который является председателем Международного общества акустической эмиссии (International Society on Acoustic Emission — ISAE).

Формат мероприятия вышел за рамки традиционных научных чтений. Каждый день завершался круглым столом, где участники обсуждали самые интересные выступления, спорили о нюансах метода и делились кейсами из практики.

Иностранные производители из Китая представили преобразователи акустической эмиссии и системы обработки данных на основе искусственного интеллекта ИИ. Свои разработки также продемонстрировали российские компании — ООО «Глобал-Тест», ООО «АКС» и ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ». Многие гости не просто рассматривали стенды, а сразу задавали вопросы инженерам: как адаптировать эти решения под российские стандарты и специфику объектов.

### Что решено на конференции

Среди ключевых тем:

- предложено создать нормативно-технический документ, регламентирующий обязательное сопровождение методом акустической эмиссии гидравлических испытаний технологических трубопроводов, соответствующих следующим критериям: большая протяженность, большие



*Начальник отдела котлонадзора Управления государственного строительного надзора Константин Николаевич Козлов*





Зам. генерального директора по развитию А. А. Сазонов  
ЗАО «ГИАП-ДИСТцентр», учредитель ООО «Научно-технический центр «ЭгидА» В. Г. Харебов



Директор НИИ прогрессивных технологий, Тольяттинский государственный университет, Д. Л. Мерсон



Представители китайской компании Shifeng Liu,  
Qingcheng AE Institute (Guangzhou) Co., Ltd



нагрузки на трубопроводную систему при ее заполнении водой, высокое (свыше 20 МПа) давление, представляющее угрозу персоналу при разгерметизации трубопроводной системы;

- совместные работы по созданию акустико-эмиссионных портретов дефектов (первые результаты к 2028 г.);
- разработка новых нормативных документов;
- международное взаимодействие по вопросам неразрушающего контроля;
- создание учебных материалов.

Хотя программа охватывала широкий спектр тем, несколько вопросов звучали особенно часто:

- подготовка кадров и освоение метода специалистами в условиях появления новых технологий;



Участники конференции. Общее фото



И. А. Растегаев, Тольяттинский государственный университет

- развитие характеристик преобразователей акустической эмиссии на ближайшую перспективу;
- интеграция АЭ-систем в комплексные платформы мониторинга и предиктивной диагностики.

### Взгляд в будущее

Одним из важных моментов стало объявление о планах проведения XII Всероссийской конференции по акустической эмиссии в 2028 году. Организатор — ООО «НТЦ «Эгида» — открыт для предложений по темам и форматам, чтобы сделать следующее событие еще более практичным и полезным для отрасли.



«Сегодня акустическая эмиссия — это не просто метод, а целая экосистема — от фундаментальных исследований до промышленных внедрений, — отметил один из участников. — Такие встречи помогают синхронизировать усилия всех сторон: науки, бизнеса и регуляторов».

Конференция показала, что сообщество специалистов по АЭ сохраняет единство целей, а главное — готово работать над решениями, которые сделают технологии контроля надежнее, доступнее и эффективнее.

*Материал предоставлен организаторами конференции*

# XXXVII УРАЛЬСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ (ЯНУСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ)»



**МИХАЙЛОВ Алексей Вадимович**

Ученый секретарь конференции, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных методов контроля ИФМ УрО РАН, Екатеринбург

XXXVII Уральская конференция «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения)» была успешно проведена 18–19 марта 2026 г. в Международном выставочном центре «Екатеринбург-Экспо». Организаторами и партнерами конференции традиционно выступили Институт физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН (ИФМ УрО РАН), Институт машиноведения им. Э. С. Горкунова УрО РАН (ИМАШ УрО РАН), Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), Уральское отделение РАН, а также секция «Неразрушающие физические методы контроля» Научного совета РАН по физике конденсированных сред. Информационную поддержку обеспечили журналы «Дефектоскопия/Russian Journal of Nondestructive Testing», «Сварка и диагностика», «Территория NDT». Председателем оргкомитета конференции являлся профессор, доктор технических наук Я. Г. Смородинский (ИФМ УрО РАН, Екатеринбург).

Научная программа конференции включала следующие разделы:

1. Физические основы неразрушающего контроля и диагностики.
2. Методы и средства измерения физических полей. Новые средства и системы контроля.
3. Контроль труб и диагностика трубопроводов.
4. Контроль сварных соединений.
5. Методы и средства контроля напряженно-деформированного состояния изделий и объектов.
6. Опыт практического применения физических методов и средств контроля.
7. Стандартизация и метрологическое обеспечение средств НК.
8. Квалификация и подготовка персонала в области НК.

В конференции приняли участие ведущие специалисты в области неразрушающего контроля, технической диагностики и метрологии из 11 городов России и Беларуси: Екатеринбург, Москвы, Санкт-Петербурга, Минска, Ижевска, Новосибирска, Тюмени, Казани, Уфы, Луганска и Березовского.

Заседания основной и молодежной секций проходили очно 18 и 19 марта соответственно. Стендовые доклады были представлены в виде онлайн-видеодокладов, размещенных на стендах на сайте конференции. В заседаниях участвовало более 100 человек, среди которых были ведущие ученые и специалисты, а также руководители предприятий и профильных подразделений вузов. К сайту конференции, на котором была размещена организационная информация и сборник тезисов докладов всех участников, а также проходила секция стендовых докладов, за время проведения конференции было зарегистрировано более 300 обращений.

На заседании первого дня конференции с докладами выступили Владимир Николаевич Костин (ИФМ УрО РАН), представивший сообщение о работе журнала «Дефектоскопия», представитель ООО «Неразрушающий контроль» Анна Александровна Чебыкина, рассказавшая о новых прибо-



Сморodinский Я.Г.



Костин В.Н.



Михайлов А.В.



Сясько В.А.

рах неразрушающего контроля, а также Владимир Александрович Сясько (президент РОНКТД), выступивший с докладом, посвященным мониторингу технического состояния и оценке ресурса криогенного оборудования.

Ольга Владимировна Муравьева (Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, Ижевск) представила результаты исследований в области интегральной акустической толщинометрии цилиндров глубинно-штанговых насосов. Алексей Леонидович Бобров и Сергей Алексеевич Бехер (Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск) осветили вопросы применения имитаторов акустической эмиссии и условий обнаружения развивающихся трещин ультразвуковыми методами.

Владислав Викторович Лопатин (ООО «НПЦ «ВТД», г. Березовский) поделился опытом внутритрубного диагностирования магистральных газопроводов с использованием электромагнитно-акустических преобразователей и выявления дефектов сварных швов. Кирилл Игоревич Доро-

нин (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург) представил доклад об определении функции упрочнения стали при моделировании контактно-ударного взаимодействия. Вопросы метрологического обеспечения неразрушающего контроля были отражены в докладах Илоны Николаевны Матвеевой и Марии Вячеславовны Шипицыной (УНИИМ — филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», Екатеринбург), посвященных применению первичных референтных методик измерений механических характеристик сталей при испытании на растяжение и методу гидростатического взвешивания для разработки стандартных образцов покрытий.

Руслан Германович Батулин (Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань) представил результаты анализа износа роторных клапанов криоохладителей методами неразрушающего контроля. Денис Валерьевич Гордеев (ООО «Центр контроля и сварки», Тюмень) осветил вопросы аттестации специалистов неразрушающего контроля на опасных производственных объектах.



Доклады Камиля Рахимчановича Муратова и Романа Александровича Соколова (Тюменский индустриальный университет, Тюмень) были посвящены влиянию жесткости крепления каната на спектр его поперечных колебаний, а также влиянию вихревых токов на гармонический спектр, получаемый по петле магнитного гистерезиса, при различных частотах перемагничивания.

С серией докладов выступили научные сотрудники Института физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН (Екатеринбург): Сергей Евгеньевич Черных, Леонид Вадимович Михайлов, Михаил Константинович Корх, Юрий Леонидович Гобов, Данила Григорьевич Ксенофонтов и Алексей Николаевич Сташков. В своих выступлениях они осветили вопросы: ультразвукового контроля изделий из корундовой керамики, трехмерного восстановления геометрии поверхностных коррозионных дефектов, оценки содержания ферромагнитных фаз в наплавленных аустенитных сталях, разработки намагничивающих систем внутритрубных дефектоскопов, градуировки приставных преобразователей для локальных измерений петли магнитного гистерезиса, а также оценки остаточных напряжений в термообработанных и пластически деформированных сталях. По завершении работы основной секции были подведены ее итоги.

Во второй день работы конференции, 19 марта, работала молодежная секция, на которой были заслушаны 14 устных докладов аспирантов, молодых специалистов и ученых. Первой выступила Елена Альбертовна Степанова (Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, Ижевск), которая представила результаты исследования влияния этапов изготовления на распределение остаточных напряжений в изделиях из нержавеющей стали. В докладе Егора Анатольевича Бельтюкова (УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург) рассмотрено применение магнитного метода для выявления трещин КРН при диагностике магистральных газопроводов с уделением внимания ограничениям и погрешностям метода.

Вячеслав Игоревич Мальцев (ООО «КОНСТАНТА УЗК», Санкт-Петербург) рассказал о разработке высокотемпературного пьезоэлектрического преобразователя и его применении в системах ультразвукового контроля. Захар Алексеевич Прокопчук (ООО «ГАЦ РБ», Уфа) рассмотрел особенности анализа результатов ультразвукового контроля с применением фазированных антенных решеток при наличии ложных сигналов и переотражений.

Группа докладов сотрудников Института физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН была посвящена различным аспектам неразрушающего контроля. Владимир Николаевич Перов рассказал о влиянии деформации и отжига на магнитные и магнитоакустические параметры сплавов никель-железо. Александр Викторович Кочнев представил сравнение механических и магнитных свойств образцов из стали 12Х18Н10Т, изготовленной различными методами. В докладе Никиты Витальевича Гордеева шла речь о магнитных свойствах и фазовом магнитном анализе образцов из коррозионно-стойкой стали 17–4 РН, изготовленной с помощью селективного лазерного сплавления. Александр Игоревич Бояринцев продемонстрировал конструкцию нейтронного дозиметра для автоматизированной системы индивидуального дозиметрического контроля «КОРОС-333», а Андрей Денисович Петракович и Анастасия Владимировна Батуева рассказали о формировании тонких радиационно-чувствительных слоев на поверхности корунда при  $\text{CO}_2$ -лазерной обработке в различных газовых средах и исследовании влияния величины зазора на результаты измерений петли магнитного гистерезиса в составной магнитной цепи.

Завершили работу молодежной секции доклады представителей ИМАШ УрО РАН. Матвей Вячеславович Лапин осветил вопросы определения фазового состава биметаллического соединения углеродистая сталь — аустенитная нержавеющая сталь с использованием магнитных методов, Никита Александрович Друкаренко — развития метода динамической спекл-интерферометрии для исследования процессов усталостного разрушения мате-



риалов, Полина Андреевна Скорынина — неразрушающего контроля микротвердости подвергнутой фрикционной обработке метастабильной аустенитной стали AISI 321, а Константин Вячеславович Наумов — спекл-диагностики многоциклового усталости композита полимер-металл.

Традиционно в рамках двухдневной работы конференции одновременно с устными докладами проходила стендовая сессия. Стендовые доклады были представлены в формате видеопрезентаций — предварительно записанных выступлений, размещенных на официальном интернет-сайте конфе-

ренции. Общее количество стендовых докладов составило 15. Представленные материалы охватили широкий спектр направлений в области неразрушающего контроля.

В мероприятии приняли участие не только ведущие специалисты в области неразрушающего контроля, но и аспиранты отечественных высших учебных заведений, а также молодые ученые, представляющие академические научные учреждения. Доклады молодежной секции продемонстрировали высокий уровень подготовки молодых специалистов и аспирантов, их активное участие в развитии методик неразрушающего контроля, а также практическое применение современных физических и инженерных методов для решения актуальных задач промышленной диагностики. В числе слушателей также присутствовали представители машиностроительных предприятий Российской Федерации.

Ознакомиться подробнее с научной программой, тезисами и докладами XXXVI Уральской конференции «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения)» можно на сайте конференции: [conf.defectoskopiya.ru](http://conf.defectoskopiya.ru).

Автоматическое опознавание преобразователя

Контроль через защитное покрытие

Автоматическая коррекция «нуля» преобразователя

Ударопрочный эргономичный корпус IP64

Цветной TFT дисплей с диагональю 2,8"

Встроенный Li-Pol аккумулятор до 12 часов непрерывной работы



## БУЛАТ 7

Универсальный автокалибруемый ультразвуковой толщиномер



ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

**constanta.ru**



видео  
о наших  
приборах  
на Яндекс Дзен

## ТЮМЕНСКИЙ ФОРУМ «ТЕРРИТОРИЯ НК»

7 апреля 2026 года в Тюменском технопарке состоялся отборочный этап конкурса «Дефектоскопист 2026» в рамках форума «Территория НК». Организатором выступило Тюменское областное региональное отделение РОНКТД. Мероприятие собрало специалистов и представителей ведущих компаний в области неразрушающего контроля (НК), объединив профессионалов и лидеров отрасли.

### УЧАСТНИКИ

Отборочный этап собрал 30 участников из 13 компаний в трех номинациях. Официальным спонсором выступила компания «Единый оператор испытаний», эксперт в области управления качеством, спонсором номинаций — ООО «Неразрушающий контроль», осуществляющий комплексное решение задач дефектоскопии.

#### В номинации «Визуальный и измерительный контроль» призовые места заняли:

- 1 место — Артур Андреевич Цвингер, АО «СТНГ»
- 2 место — Максим Васильевич Иванов, ООО «Единый оператор испытаний»
- 3 место — Алексей Владимирович Брауэр, ООО «Газпромнефть-Заполярье»

#### В номинации «Радиографический контроль» призовые места заняли:

- 1 место — Александр Владимирович Шефер, АО «СТНГ»
- 2 место — Сергей Александрович Туникин, ООО «Газпромнефть-Заполярье»
- 3 место — Артем Сергеевич Бытов, ООО «ЦПКД»

#### В номинации «Ультразвуковой контроль» призовые места заняли:

- 1 место — Анатолий Петрович Карпов, ООО «Единый оператор испытаний»
- 2 место — Артем Алексеевич Фокша, АО «СТНГ»
- 3 место — Кирилл Сергеевич Бирверт, ООО «РИ-ИНВЕСТ» (Филиал Тюменский НПЗ)

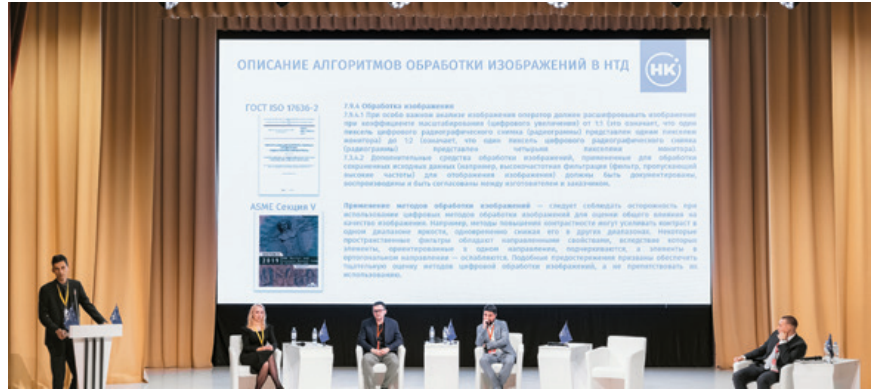
### ВЫСТАВКА И ДИСКУССИОННАЯ ПЛОЩАДКА

Во время отборочного этапа проходила выставка, на которой было представлено актуальное оборудование в области неразрушающего контроля и сварочного производства.

Также прошли две дискуссионные секции.

- **Актуальные потребности кадрового состава в области неразрушающего контроля. Доклады:**
  1. Александр Анатольевич Олексиенко «Развитие компетенций инспекторского состава», ООО «Единый Оператор Испытаний»;





2. Евгений Александрович Губин и Андрей Анатольевич Молодых «Процесс и особенности обучения и аттестации в системе», ПАО «Транснефть».

• **Проблемы обеспечения радиографического контроля. Доклады:**

1. Василий Васильевич Коновалов «Радиографический контроль в условиях импортозамещения»;
2. Анна Александровна Чебыкина «Единое цифровое пространство на производственных предприятиях»;
3. Сергей Викторович Щинников «Расшифровка цифровых радиографических снимков»;
4. Алексей Петрович Ужегов «Инструменты и функции в цифровой радиографии для интерпретации дефектов».



**НАГРАЖДЕНИЕ**

В торжественной церемонии вручения кубков и призов победителям мероприятия приняли участие руководитель программ развития компетенций ООО «Единый оператор испытаний» Александр Анатольевич Олексиеенко и коммерческий директор ООО «Неразрушающий контроль» Анна Александровна Чебыкина.

*Предоставлено организаторами*



ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

## «ГУРВИЧ-КЛУБ» В МУЗЕЕ



**ЦОМУК Сергей Роальдович**

Председатель совета «Гурвич-клуба»,  
Санкт-Петербург

Очередное заседание Петербургского научно-практического семинара по неразрушающему контролю («Гурвич-клуба») было проведено 19 марта и организовано на новой и весьма интересной площадке. Клуб добрался до...музея, а именно — до одного из старейших в мире научно-технических музеев — Центрального музея железнодорожного транспорта (ЦМЖД) РФ.

Музей был основан в 1813 г. при первом транспортном вузе России — Институте корпуса инженеров путей сообщения — и разместился в бывшем дворце Н. Б. Юсупова. Начало коллекции музея положили модели, выполненные под руководством Августина де Бетанкура, основателя и первого инспектора (ректора) Института корпуса инженеров путей сообщения, впоследствии главного директора путей сообщения (1819 — 1822), одного из основоположников инженерного дела в России.

В настоящее время в фондах музея хранится более 70 тыс. предметов, документов, музей имеет несколько площадок. В частности, в 2019 г. состоялось открытие новой фондовой площадки ЦМЖТ — Музея мостов, который является единственным в мире системным собранием моделей мостов (более 100 уникальных моделей мостов XVIII — XXI вв.).

Именно в основном зале Музея мостов и было проведено заседание «Гурвич-клуба», собравшее более 40 специалистов из Санкт-Петербурга, Москвы, Твери, Новочеркаска и посвященное весьма актуальному вопросу — верификации методик неразрушающего контроля.

С приветственным словом к участникам семинара обратился директор музея В. И. Мителенко, который рассказал не только об этом уникальном музее, но и о своем общении в период работы на руководящей должности на Октябрьской железной дороге со специалистами по рельсовой дефектоскопии, в том числе о многочисленных встречах с А. К. Гурвичем.

Первый доклад программы семинара «Основные положения и опыт применения ГОСТ 33514—2015 «Продукция железнодорожного назначения. Правила верификации методик неразрушающего контроля» сделала В. Н. Коншина (ПГУПС). Как один из авторов данного ГОСТа Вера Николаевна подробно рассказала о структуре стандарта, разнице в понятиях «верификация» и «валидация», порядке проведения процедуры верификации, особо остановившись на разработке программы верификации и оценке показателей достоверности, необходимом количестве тест-образцов. Вторая часть доклада была посвящена опыту ве-



*Приветственное слово В. И. Мителенко*



*Докладывает В. Н. Коншина*

рификации трех методик НК — двух по ультразвуковому и одной по капиллярному виду контроля. Эта часть доклада вызвала большое число вопросов собравшихся и оживленную дискуссию, в частности по арбитражным методам контроля, протоколам контроля и особенно по паспортизации тест-образцов.

Со вторым докладом выступил М. В. Григорьев (МГТУ им. Н. Э. Баумана), который тщательно и системно проанализировал два стандарта по верификации методик и средств НК: первый — действующий в ГК «Росатом» [1], второй — в ПАО «Газпром» [2]. Сравнение документов проводилось по ряду направлений, например: основные положения процедур испытаний, требования к содержанию программ и методик испытаний, требования к испытательным образцам. Последние, как и в случае первого доклада, вызвали споры и комментарии собравшихся. Докладчик обратил особое внимание на использование в процедурах верификации образцов с реальными и реалистичными дефектами, отметив, что под реалистичными следует понимать дефекты, искусственно введенные в испытательный образец, которые имитируют технологические или эксплуатационные дефекты и для которых «ответная реакция при НК аналогична или идентична ответной реакции от реальных дефектов для рассматриваемых методов НК».

Обширный комментарий здесь дал Н. П. Разыграев (ЦНИИТМАШ), рассказавший о большой работе ЦНИИТМАШ по разработке и изготовлению комплекта из более чем 80 образцов с реалистичными дефектами, который предназначен для аттестации методик и оборудования НК на АЭС. Подробнее об этой работе можно прочитать в статье [3].

Последняя часть доклада М. В. Григорьева касалась отдельных положений введенного в действие в ноябре прошлого года ГОСТ Р 72368—2025 «Контроль неразрушающий. Разработка и аттестация методик неразрушающего контроля. Общие требования», ряд формулировок которого вызывал и вызывает вопросы специалистов. Возникшая дискуссия эти вопросы не сняла.

В конце заседания участники эмоционально обсудили заслушанный материал. Возникшие горячие споры ведущий смог прервать только сообщением, что для желающих начинается экскурсия по залам музея.

В экскурсии, прекрасно организованной и проведенной работниками Музея мостов, приняло участие более 20 членов клуба, которые в течение часа познакомились с уникальными экспонатами, включая небольшую выставку приборов, фотографий и документов по НК.



Докладывает М. В. Григорьев



Сообщение делает Н. П. Разыграев



Итоговая дискуссия



На экскурсии по музею

В результате первый опыт проведения заседания в ЦМЖТ признан успешным, чему весьма способствовали особая атмосфера музея и гостеприимство хозяев.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 50.04.07—2022. Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме испытаний. Аттестационные испытания систем неразрушающего контроля. М.: Рос. ин-т стандартизации, 2022. 39 с.
2. СТО Газпром 2–3.5–046–2006. Порядок экспертизы технических условий на оборудование и материалы, аттестации технологий и оценки готовности организаций к выполнению работ по диагностике и ремонту объектов транспорта газа ОАО «Газпром». М., 2006. 35 с.
3. Разыграев А. Н., Разыграев Н. П., Орлов В. В. и др. Изготовление испытательных и настроечных образцов, аттестация систем и методик неразрушающего контроля оборудования и трубопроводов АЭС // Сварочное производство. 2024. № 4. С. 45–51.



Спектр  
Издательский дом

Д. А. Слесарев



## ОБНАРУЖЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

ISBN 978-5-4442-0190-9. Формат - 60x90 1/16 твердый переплет, 128 страниц, год издания - 2024.

Рассматриваются общие понятия теории сигналов, приводятся модели сигналов, встречающиеся в задачах неразрушающего контроля, излагаются методы обработки сигналов с учетом их математических моделей, рассматриваются задачи обнаружения полезного сигнала на фоне помех и оценки параметров сигнала. Представлены методы оптимальной фильтрации, спектральной обработки, время-частотные представления и вейвлет-преобразование. Приводится решение некоторых типовых задач по обработке сигналов.

Предназначено для студентов старших курсов и аспирантов специальностей «Приборостроение», «Информатика и вычислительная техника». Может быть полезно при выполнении курсовых и дипломных работ.

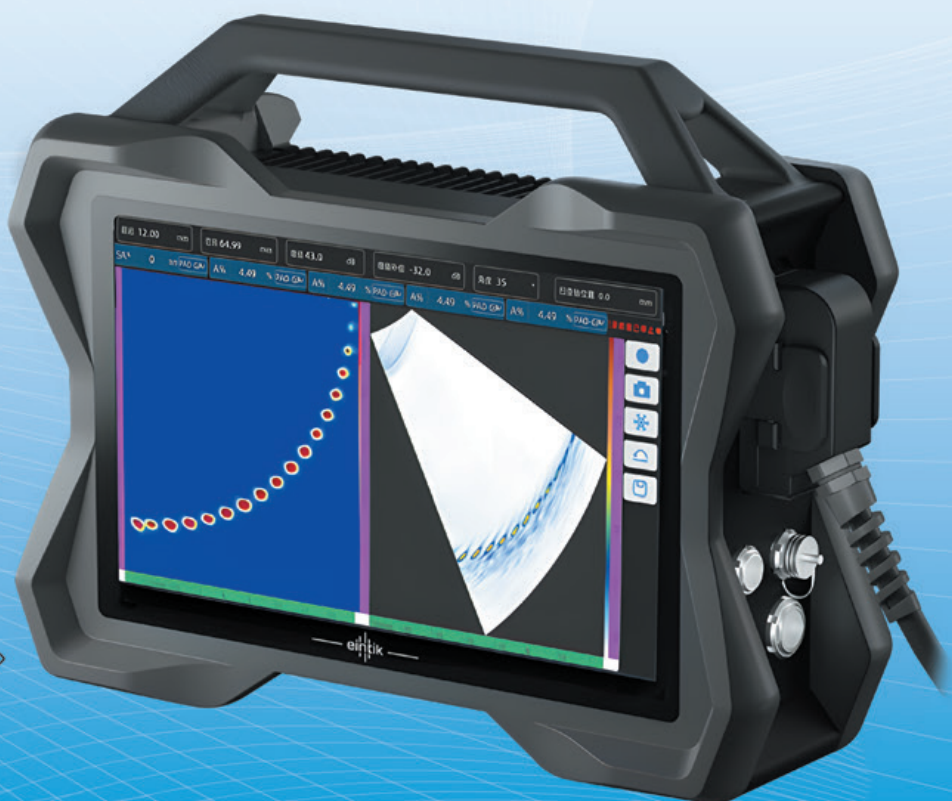


реклама

# 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 метод 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

# УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АВТОКАЛИБРУЕМЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОЛЩИНОМЕР «БУЛАТ 7»

Контроль толщины стенок изделий из металлических и пластиковых материалов — одна из базовых задач неразрушающего контроля и технической диагностики. Именно по остаточной толщине стенки судят о степени коррозии и эрозионном износе, оценивают ресурс трубопроводов, резервуаров, металлоконструкций, элементов энергетического и транспортного оборудования.

На практике важно не только получать достоверный результат измерения, но и выполнять измерения быстро в цеховых и полевых условиях, при ограниченном доступе и без трудоемкой подготовки поверхности. При этом условия реального применения часто далеки от лабораторных. Поверхность объекта контроля может иметь:

- выраженную коррозию и язвы;
- высокий показатель шероховатости;
- покрытие краской, изоляцией или защитными составами;
- криволинейную форму (трубы малого диаметра);
- нагрев в процессе работы оборудования.

Каждый из этих факторов усложняет измерение и повышает требования к прибору. В таких ситуациях важно, чтобы толщиномер имел ряд функций, повышающих достоверность контроля: режимы измерений под покрытием, сканирование с фиксацией минимального значения, режим задания допустимых пределов толщины с функцией сигнализации при выходе за эти пределы, возможность автоматической регулировки усиления, а также двухстороннего обмена данными по беспроводному каналу связи.

Толщиномер ультразвуковой «БУЛАТ 7» автоматически выполняет коррекцию нуля после включения и в процессе измерений, обеспечивает широкий диапазон измерений, в том числе **под защитными покрытиями толщиной до 1 мм**, может эксплуатироваться на **нагретых объектах с температурой поверхности до +135 °С**, реализует функции сканирования со статистической обработкой результатов, режимы задания пределов и фиксации минимальной толщины. Перечисленные функции делают малогабарит-



ный прибор эффективным инструментом для применения в цеховых и полевых условиях.

## Отличительные особенности

### 1. Два режима измерения толщины, в том числе под защитным покрытием

Режим «ЗОНД-ЭХО» — основной режим, в котором измеряется время от момента формирования зондирующего импульса до регистрации отраженного эхосигнала. Он применяется в большинстве задач, когда выполняется измерение толщины стенок изделий без покрытия (после зачистки поверхности).

Режим «ЭХО-ЭХО» — измеряется интервал времени между двумя эхосигналами (отражениями). Главное преимущество этого режима — возможность измерения толщины стенки металлических изделий под защитными неметаллическими покрытиями (краска, изоляционные и защитные составы) без их удаления.

### 2. Автоматическое определение преобразователя и автоматическая коррекция нуля преобразователя

Толщиномеры «БУЛАТ 7» комплектуются ультразвуковыми преобразователями А5 и А10:



- А5 (рабочая частота 5 МГц) предназначен для решения широкого круга задач: при работе с сильно корродированными поверхностями, высокой шероховатости, высокой температуре поверхности объекта контроля;
- А10 (рабочая частота 10 МГц) удобен при контроле тонкостенных изделий и труб малого диаметра.

При подключении тип преобразователя определяется автоматически, так же автоматически выполняется коррекция нуля без необходимости установки на калибровочный образец (калибровочный образец отсутствует).

### 3. Контроль нагретых объектов

Толщиномер «БУЛАТ 7» обеспечивает возможность измерения толщины стенки объектов, нагретых до +135 °С, с использованием ПЭП А5 с автоматической компенсацией влияния изменения скорости ультразвука в призмах преобразователя и материале объекта контроля.

### Технические характеристики толщиномера «БУЛАТ 7»

Встроенная энергонезависимая память:

количество групп .....	512
количество измерений в группе .....	256

Габаритные размеры блока обработки информации (В×Ш×Д), мм, не более .....

25×65×140

Масса, г, не более .....

170

Условия эксплуатации:

температура окружающего воздуха, °С .....	От —20 до +50
относительная влажность при температуре +25 °С, %, не более .....	98
атмосферное давление, кПа .....	От 86 до 106

Питание .....

Встроенный Li-Pol-аккумулятор

Время непрерывной работы от полностью заряженного аккумулятора, ч, не менее .....

12

### Метрологические характеристики толщиномера «БУЛАТ 7»

Диапазон измеряемых толщин стенки (по стали):

режим измерений «ЗОНД—ЭХО», мм:

А5 .....	От 1,0 до 300,0
А10 .....	От 0,6 до 25,0

режим измерений «ЭХО-ЭХО», мм:

А5 .....	От 1,0 до 20,0
А10 .....	От 0,6 до 6,0

Максимальная толщина покрытия при измерении-толщины стенки в режиме «ЭХО—ЭХО», мм:

А5 .....	1,0
А10 .....	0,25

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений толщины стенки (по стали) для плоских объектов контроля с шероховатостью поверхности  $Rz \leq 10$  мкм, мм, в поддиапазоне измерений:

от 0,6 до 10,0 мм включительно .....	$\pm 0,10$
свыше 10,0 до 100,0 мм включительно .....	$\pm (0,01h + 0,05)$
свыше 100,0 до 300,0 мм включительно .....	$\pm (0,01h + 0,10)$

Габаритные размеры ПЭП без соединительного кабеля, мм, не более:

А5, А10 .....	$\varnothing 25 \times 35$
---------------	----------------------------

Размер рабочей поверхности ПЭП, мм:

А5 .....	$\varnothing 13$
А10 .....	$\varnothing 8$

Масса ПЭП с соединительным кабелем, г, не более .....

.....	70
-------	----

Толщиномер «БУЛАТ 7» реализует ряд режимов измерения, повышает достоверность при обеспечении удобства контроля.



### 1. Режим «Фиксация минимального значения»

В режиме MIN на дисплее отображается минимальное измеренное значение за все время акустического контакта. Этот режим удобен при контроле труб, когда важно найти минимальную остаточную толщину стенки.



### 3. Режим «СКАН»

Режим сканирования предназначен для быстрого поиска утонений и дефектных зон. При сканировании прибор выполняет измерения с повышенной скоростью и отображает статистические параметры: минимальное, максимальное, среднее значение толщины, СКО и количество измерений.



### 2. Режим «ДОПУСК»

В этом режиме пользователь может задать верхний и нижний пределы толщины, а при выходе результата за пределы допусков прибор формирует визуальный и звуковой сигналы оповещения. Это повышает производительность контроля при больших объемах измерений, снижая риск пропуска критических зон.



### 4. Режим «Ручная регулировка усиления [при необходимости]»

В сложных условиях контроля (наличие сильной коррозии), при работе с изделиями из чугуна, пластика и другими материалами с высоким затуханием и рассеиванием полезна функция ручной регулировки усиления, позволяющая добиться устойчивых показаний.

ООО «КОНСТАНТА»,  
Санкт-Петербург

## 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](http://www.tndt.idspektr.ru)



СВЕЖИЙ НОМЕР журнала  
[http://tndt.idspektr.ru/  
index.php/current-issue](http://tndt.idspektr.ru/index.php/current-issue)

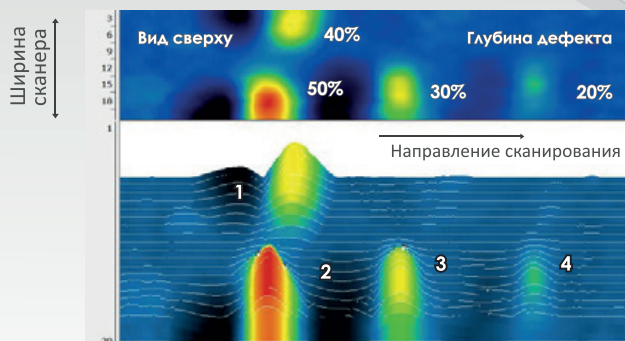
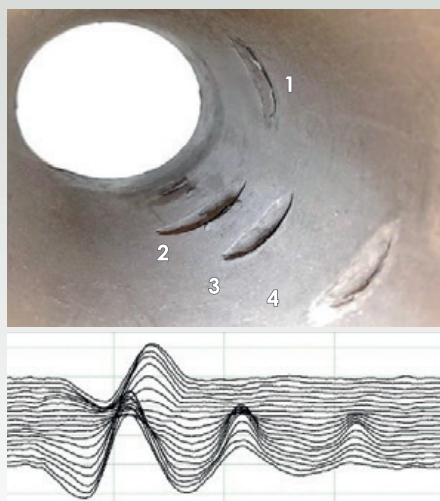


АРХИВЫ номеров  
[http://tndt.idspektr.ru/  
index.php/archive](http://tndt.idspektr.ru/index.php/archive)



## 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 наводороживания 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)



# МАТРИЧНЫЕ ФАЗИРОВАННЫЕ РЕШЕТКИ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ ТОЧЕК



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

## Матричные преобразователи — фазированные решетки

В предыдущих статьях [1, 2] было рассказано о специализированных преобразователях — фазированных решетках (ПФР) линейного типа [3]. Их элементы могут не находиться в одной плоскости, но расположены по одной линии, например по дуге окружности, как у радиусных ПФР. Теперь рассмотрим более сложные конфигурации из тех, которые чаще всего применяют в ультразвуковом контроле (УЗК) [3].

Одними из таковых являются двумерные матричные ПФР, которые часто обозначают индексом М или 2D. Если число элементов по разным сторонам массива отличается в несколько раз, например 24 и 4, то для него иногда используют индекс 1.5D (рис. 1).

Матричные ПФР по сравнению с линейными имеют одно важное преимущество — они реализуют

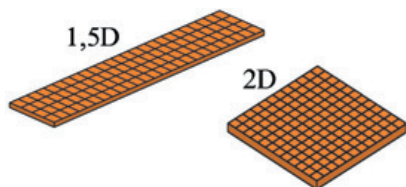


Рис. 1. Матричные ПФР

ют не двумерное, а трехмерное электронное сканирование. Для массивов 1.5D такое управление ограничено. Например, оно позволяет отклонять луч приблизительно в диапазоне  $\pm 10^\circ$  в дополнительной плоскости [4], но для некоторых применений этого может быть достаточно.

Чтобы использовать свойства матричных ПФР в полной мере, необходим дефектоскоп с достаточным числом независимых каналов излучения и приема (генераторов и приемников), которые могут работать одновременно с массивом элементов без мультиплексирования — переключения одного генератора и приемника на несколько элементов.

В кратких технических характеристиках многоканальных дефектоскопов число независимых каналов N1 и общее число каналов с мультиплексированием N2 часто указывают в виде N1: N2. Так, для универсального портативного оборудования число каналов обычно не превышает 64:128. Для работы с матричными ПФР необходим дефектоскоп, имеющий, как правило, не менее 32 независимых каналов. Кроме того, дефектоскоп должен поддерживать соответствующие законы фокусировки и типы электронного сканирования, расчет и выполнение которых являются более сложными, чем для линейных ПФР.

Матричные ПФР используют, например, для УЗК сварных швов, а также объектов типа прутков, валов и болтов при прозвучивании с торцовых зон. Но здесь рассмотрим их применение для контроля сварных точек. Это важное направление УЗК, по которому размещают не так много информации.

## Особенности УЗК сварных точек

Контактная точечная электросварка широко применяется в автомобиле- и авиастроении, при создании космической техники и в некоторых других отраслях. УЗК сварных точек имеет свою специфику. Кроме выявления несплошностей, для достоверной оценки качества соединения необходимо определить размер литого ядра и некоторые другие характеристики.

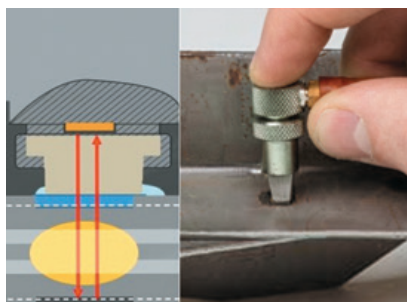


Рис. 2. Традиционный УЗК сварных точек

Одним из характерных дефектов сварных точек является слипание, когда соединяемые детали находятся в плотном контакте друг с другом без прослойки воздуха, но литая структура с перемешиванием материала между ними не образуется. Прочность подобных соединений является крайне низкой. Такой дефект нельзя выявить по отраженному от него сигналу, поскольку он отсутствует. Поэтому при УЗК сварных точек нужно в том числе установить границы основного материала и литой структуры, что можно сделать по критерию более высокого ослабления ультразвуковых сигналов в последней.

В то же время при конвейерном крупносерийном производстве контроль должен быть максимально производительным, когда на одну сварную точку желательно тратить не более нескольких секунд. Для этого даже в рамках ручного УЗК нужно автоматизировать следующие процессы:

- установление надежности акустического контакта;
- определение заданных характеристик сварной точки;
- оценку качества сварного соединения;
- внесение результатов контроля каждой сварной точки в электронную базу данных.

### Традиционный УЗК сварных точек

УЗК сварных точек кузовных деталей автомобилей и других подобных объектов обычно выполняют прямыми совмещенными преобразователями с рабочей частотой, как правило, 15 или 20 МГц и сменными акустическими задержками, диаметр которых подбирают в зависимости от диаметра сварных точек (рис. 2). Как вариант, возможно применение акустической задержки в виде цилиндра, заполненного жидкостью, с эластичной мембраной в зоне акустического контакта, которая способна принимать форму отпечатка сварной точки.

Но эти традиционные средства имеют ряд недостатков. Например, они не позволяют достаточно точно определить размеры литого ядра сварной точки, от которого зависит прочность соединения. Можно пытаться достичь этого путем ручного ска-

нирования каждой сварной точки, но такой способ не обеспечит требуемой надежности и производительности контроля.

Одним из лидеров в производстве средств УЗК сварных точек являлась компания Panametrics, вошедшая затем в Olympus, Evident и Wabtec, предлагающая не менее 20 моделей специализированных преобразователей, каждый из которых можно применять с различными типами акустических задержек [5].

Для упрощения анализа результатов в дефектоскопах серии Epoch предусмотрена опция сохранения так называемых шаблонов. Это А-сканы годных и негодных сварных точек с различными типами дефектов, которые могут отображаться на дисплее одновременно с текущим А-сканом для их сравнения. Кроме того, для хранения данных в этих дефектоскопах удобно применять двумерные массивы в виде таблиц, в которых, например, строка соответствует контролируемой детали, а столбец — сварной точке [6].

Как интересный пример средств для автоматической оценки качества сварных точек, в том числе и с учетом графиков ослабления сигналов, можно вспомнить дефектоскоп Epoch 4Plus с программной опцией «Ассистент точечной сварки» [7]. Он выпускался в 2000-х годах, но в дальнейшем производитель не стал развивать данное направление.

### УЗК сварных точек матричными ПФР

ООО «ТЕХКОН» уделяет большое внимание УЗК сварных точек. Такое оборудование с комплексом мер технической поддержки мы уже много лет поставляем российским и зарубежным компаниям, которые применяют данный вид сварки.

Понимая недостатки традиционных средств контроля и идя навстречу требованиям заказчиков, специалисты «ТЕХКОНа» с 2008 г. начали эксперименты по использованию в данных целях ПФР [8]. Ситуацию осложняло то, что изначально доступными были только ПФР линейного типа, а они по своим характеристикам не вполне подходили для решения поставленных задач. Требовались именно матричные ПФР небольших размеров, которые способны выполнить трехмерное электронное сканирование сварной точки с высоким разрешением.

Плодотворным оказалось сотрудничество с компанией Eintik. Она наладила выпуск универсального многоканального дефектоскопа PHASEYE, который может комплектоваться в том числе специализированным программным обеспечением (ПО) и матричными ПФР для контроля сварных точек [9].

Базовой моделью ПФР для данной цели является 15M52. Этот преобразователь имеет двумерную матрицу из 52 элементов, диаметр 12 мм, рабочую частоту 15 МГц, а также сменные акустические



Рис. 3. Дефектоскоп PHASEYE в комплектации для УЗК сварных точек

задержки различного диаметра. Дефектоскоп PHASEYE в режиме контроля сварных точек с матричным ПФР 15M52 и настроечным образцом показан на рис. 3.

### Автоматизация анализа результатов

Матричный ПФР и специализированное ПО дефектоскопа PHASEYE позволяют провести электронное сканирование сварной точки с высоким разрешением и получить ее С-скан, по которому автоматически определяются диаметр литого ядра, толщина сварного соединения, глубина отпечатка, а также наличие дефектов типа нарушений сплошности, например несплавлений (рис. 4, 5).

При этом очень важно, что на основании полученных данных и установленных критериев автоматически выполняется оценка качества сварной точки по системе «годен — негоден» (pass — fail). По результатам контроля формируется таблица, в которой для каждой сварной точки указываются ее маркировка, оценка качества, С-скан, измеренные характеристики и другая информация (рис. 6). Шаблон такой таблицы с маркировкой точек создается отдельно для каждой контролируемой детали.

Для еще большей надежности и наглядности контроля ПО дефектоскопа позволяет использовать 3D-модели контролируемых деталей. На них отображаются все сварные точки, выделяется текущая контролируемая или анализируемая точка

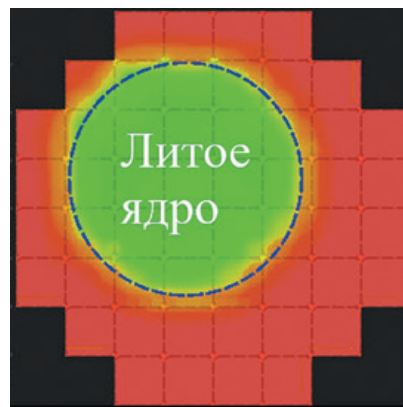


Рис. 4. С-скан сварной точки без дефектов

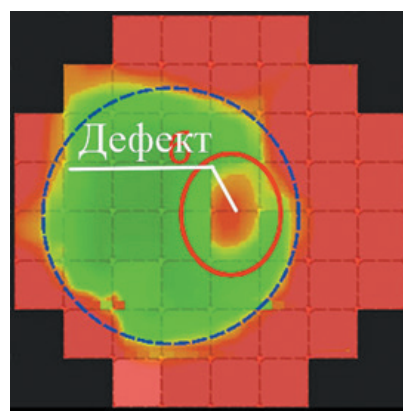


Рис. 5. С-скан сварной точки с дефектом

(с привязкой к таблице результатов), отмечаются годные и негодные точки, а также показан маршрут, по которому проводят контроль (рис. 7).

При необходимости все полученные данные с помощью беспроводных технологий передаются с дефектоскопа на внешний компьютер, что позволяет оперативно формировать общую базу данных с результатами контроля качества.

### Заключение

УЗК сварных точек с помощью матричных ПФР в режиме трехмерного электронного сканирования с высоким разрешением повышает надежность, информативность и производительность контроля.

Рис. 6. Таблица с результатами УЗК сварных точек

Name	Result	C scan	Diameter	Indentation	Stack
weld2	fail		6.5	23.1%	1.15
weld3	fail		6.5	20.0%	1.18
weld4	pass		6.6	18.2%	1.20

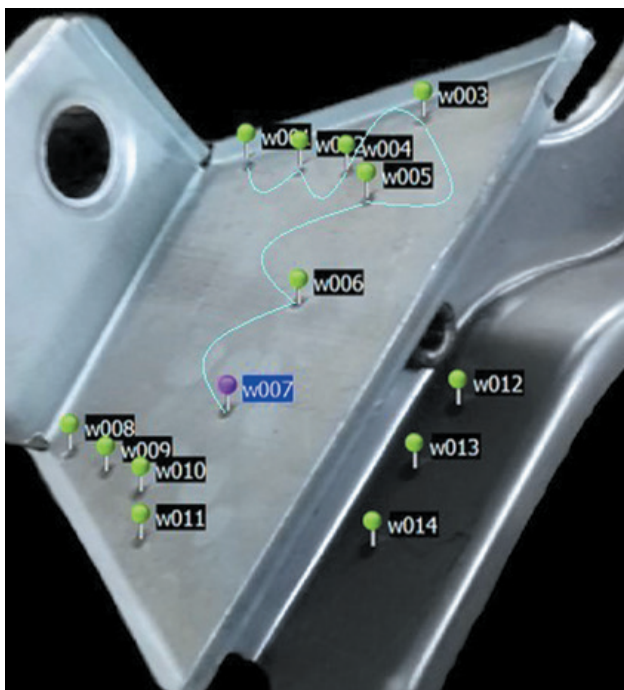


Рис. 7. 3D-модель детали с результатами УЗК сварных точек

Проблемой многих систем УЗК с ПФР является то, что они быстро собирают большие массивы данных, но обработка этих данных операторами часто занимает много времени и не исключает субъективные ошибки. Поэтому один из путей развития УЗК — автоматизация анализа результатов контроля, в том числе с помощью нейросетей и систем искусственного интеллекта. В медицине для подобных исследований это уже становится нормой.

Приведенный пример УЗК сварных точек с автоматической обработкой результатов, оценкой ка-

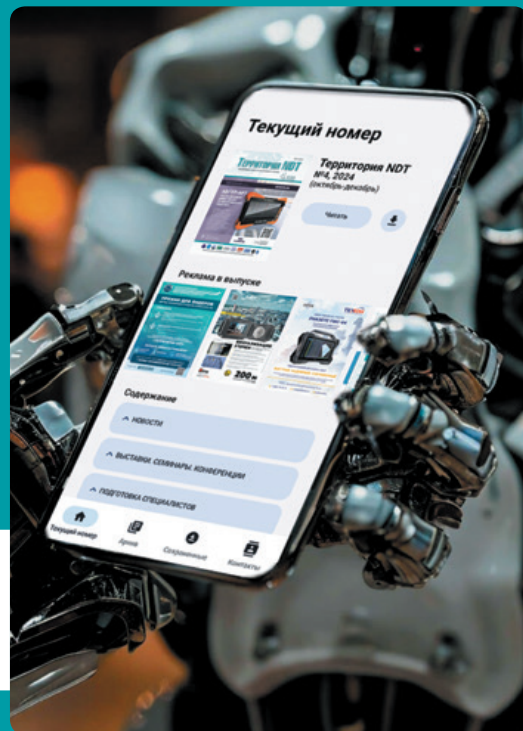
чества, формированием базы данных и использованием 3D-моделей объектов контроля — тоже шаг в данном направлении.

Другие области применения матричных ПФР будут рассмотрены в следующих статьях.

### Библиографический список

1. Пепеляев А.В. Ультразвуковые фазированные решетки специального назначения // Территория NDT. 2025. № 3. С. 58 — 61.
2. Пепеляев А.В. Ультразвуковые фазированные решетки специального назначения. Часть 2 // Территория NDT. 2026. № 1. С. 38 — 41.
3. Ультразвуковые фазированные решетки. Каталог // Сайт ООО «ТЕХКОН». URL: <https://techkontrol.ru/preobrazovateli-i-komplektuyushchie/ultrazvukovye-fazirovannye-reshetki/>
4. Техническое руководство по ультразвуковому контролю с применением фазированных решеток. Полезные формулы, диаграммы и примеры / R/D Tech Corp., 2005.
5. Spotweld Transducers for Ultrasonic Testing / Olympus NDT.
6. Epoch 650. Ультразвуковой дефектоскоп. Руководство по эксплуатации / Olympus NDT.
7. Epoch 4Plus. Инструкция по эксплуатации / Olympus NDT.
8. Семеренко А. В., Пепеляев А. В. Использование фазированных решеток для ультразвукового контроля точечной сварки // Сварка и диагностика. 2009. № 6. С. 49 — 52.
9. Дефектоскопы с фазированными решетками. Каталог // Сайт ООО «ТЕХКОН». URL: <https://techkontrol.ru/defektoskopy/defektoskopy-na-fazirovannykh-reshetkakh/>

## ПРИЛОЖЕНИЕ «Территория NDT» ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ



# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭХОСИГНАЛОВ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ



**СЕМЕРЕНКО Алексей Владимирович**

Руководитель отдела средств НК, ООО «ПАНАТЕСТ»,  
Москва

Настоящая статья знакомит с методами контроля таврового соединения с помощью классического ультразвукового дефектоскопа (УЗД) с использованием программного обеспечения (ПО) Интерскан.

Соединение может быть выполнено дуговой, электрошлаковой, газовой, газопрессовой, электронно-лучевой, лазерной и стыковой сваркой оплавлением или их комбинациями в сварных изделиях из металлов и сплавов для выявления следующих несплошностей: трещин, непроваров, пор, неметаллических и металлических включений.

Тавровое сварное соединение состоит из двух пластин, приваренных друг к другу под углом 90° в форме буквы Т. Широко используемые в производстве продукции Т-образные соединения могут иметь одно- или двухсторонние сварные швы. Швы могут быть частично или полностью проплавленными.

Из-за сложной геометрии Т-соединения при контроле только с помощью А-скана возможно возникновение проблем с интерпретацией эхосигналов. Из-за небольшой неточности расположения

ПЭП или угла отражения УЗ можно спутать сигнал, полученный с учетом особенностей геометрии объекта контроля (ОК), с сигналом от дефекта в сварном шве. Подобные ситуации могут привести к неправильным выводам и ненужному ремонту.

Используя Интерскан (ИС) и классический УЗД, контролер может точно определить местоположение отражателя и быть более уверенным в результатах контроля. Возможность сделать снимок экрана позволяет создавать более подробные отчеты, предоставляя четкие изображения расположения дефектов в зоне сварки.

Эта уникальная особенность делает ИС идеальным инструментом для контроля Т-образных соединений.

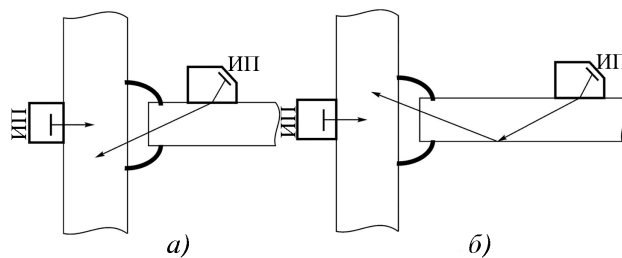


Рис. 1. Схемы прозвучивания таврового соединения прямым (а) и однократно-отраженным (б) лучами прямым и наклонным совмещенными ПЭП

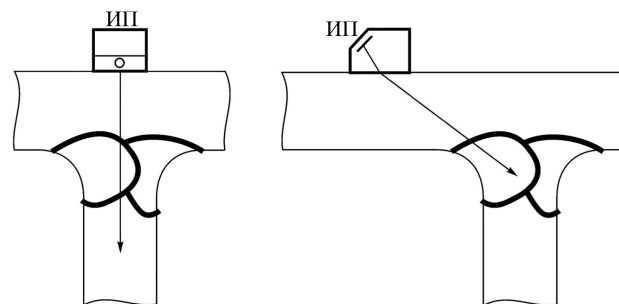


Рис. 2. Схемы прозвучивания таврового соединения прямым лучом наклонным совмещенным ПЭП

Основные способы контроля, схемы прозвучивания и способы сканирования Т-соединений изложены в ГОСТ Р 55724—2013 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые» (рис. 1, 2).

Допускается применение других схем прозвучивания, приведенных в технологической документации на контроль.

### Непровар

Непровар возникает в ситуациях, когда основной металл не плавится во время сварки, что приводит к отсутствию соединения. Для Т-соединений при сварке двух пластин возможно существование области, предусмотренной технологией, с отсутствием проплавления (технологический непровар). При сварке с полным проплавлением эта область должна быть проплавлена полностью. В первом случае она контролируется на предмет наличия или отсутствия непровара. Во втором случае измеряется ее протяженность: устанавливаются начало и конец. Оптимальным способом обнаружения таких дефектов является использование прямого преобразователя с нижней поверхности соединения горизонтальной пластины (рис. 3). Однако это не всегда выполнимо.



а)



б)

Рис. 3. Контроль непровара прямым ПЭП:  
а — ИС; б — фото дефекта

### Ламинарный разрыв

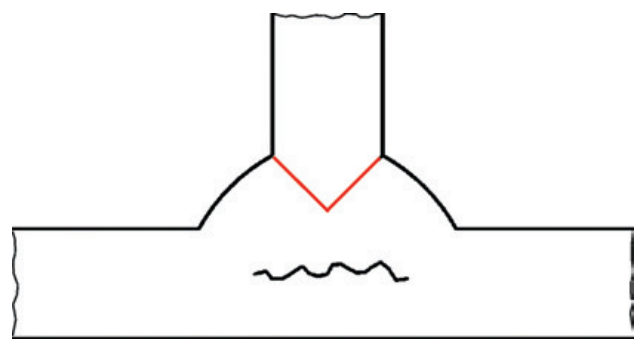
Ламинарный разрыв происходит при усадке металла сварного шва в сочетании с низкой пластичностью основного металла. Это приводит к очень высокой концентрации напряжений в основном металле в зонах, расположенных за пределами зоны термического влияния (ЗТВ) или вблизи нее. Разрыв, как правило, происходит параллельно поверхности оплавления сварного шва.

К сожалению, Т-образные соединения подвержены этому типу дефектов из-за высокой деформации по всей толщине металла.

Ламинарный разрыв можно легко обнаружить при контроле с нижней горизонтальной пластины вследствие его предсказуемой ориентации (рис. 4).



а)

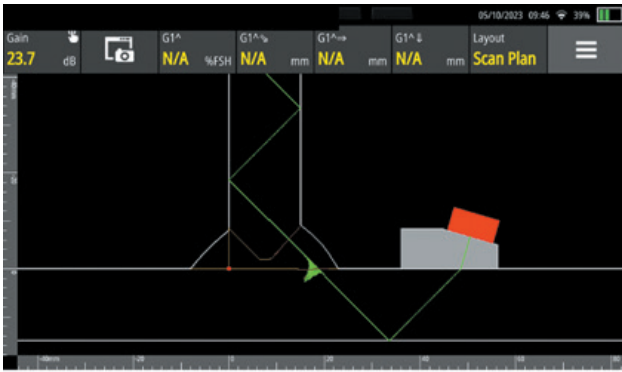


б)

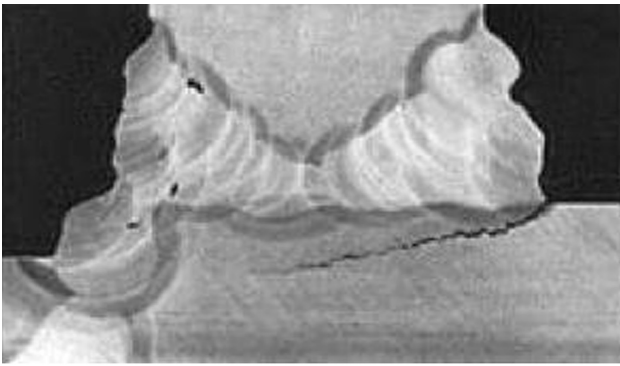
Рис. 4. Обнаружение разрыва на ИС (а) и диаграмма, показывающая местоположение разрыва в Т-соединении (б)

### Трещина

Причина образования трещины — сочетание металлургических и механических воздействий на ОК. Обычно она возникает из-за ранее существовавших напряжений, вызванных тепловым расширением, усадкой при охлаждении, или тем и другим одновременно. Например, алюминиевые сплавы имеют высокий коэффициент теплового расширения и усадки при затвердевании.



а)



б)

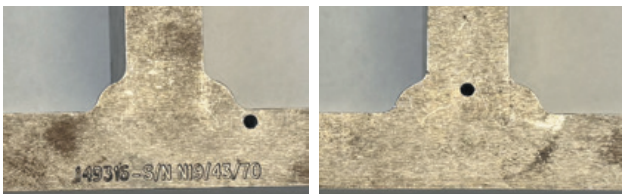
Рис. 5. Обнаружение трещины в Т-соединении: а — ИС; б — фото дефекта

В Т-соединении со сварными швами с обеих сторон вторая сторона подвержена более сильным механическим напряжениям. Следовательно, она будет более предрасположена к образованию трещин, как показано на рис. 5. Ориентацию трещин предсказать трудно.

### Работа с образцом Т-соединения

Рассмотрим примеры использования ИС на демонстрационном образце Т-соединения. Образец выполнен из низкоуглеродистой стали, имеет два глухих цилиндрических боковых отверстия Ø2,5 мм, толщина пластин 15 мм (рис. 6).

Оборудование, используемое для проведения контроля: УЗД «Харфанг Вейф», наклонный ПЭП 4 МГц, 60°.



а)

б)

Рис. 6. Демонстрационный стальной образец Т-соединения с искусственными отражателями: а — БЦО1; б — БЦО2

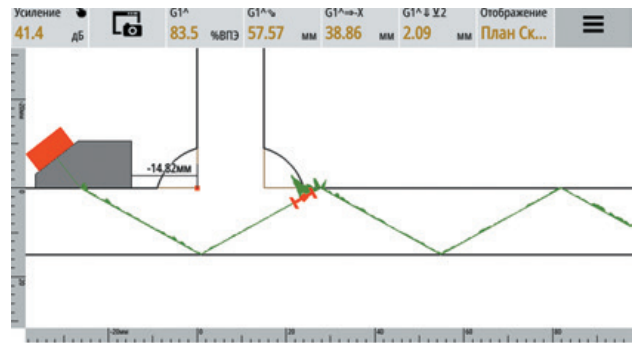
## 1. Выявление БЦО1

Сначала моделируется процесс контроля в ИС и определяются возможные положения ПЭП при угле ввода 60°. Ниже рассмотрены два наиболее характерных варианта.

Отражатель можно выявить однократно отраженными лучами с левой (рис. 7, а, расстояние до вертикальной пластины 14,82 мм) и с правой (рис. 7, б, расстояние до вертикальной пластины 47,71 мм) сторон соединения.

Проведение контроля по варианту рис. 7, а включает в себя следующие этапы:

- 1) установку ПЭП на горизонтальную пластину слева от шва, как показано на рис. 8;
- 2) сканирование ПЭП по поверхности с выявлением максимального сигнала от БЦО1 однократно отраженным лучом;
- 3) замер линейкой расстояния от ПЭП до точки отсчета (до вертикальной пластины) на ОК. Оно равно 14,82 мм;
- 4) «перетаскивание» пальцем ПЭП на сенсорном дисплее прибора на это же расстояние;
- 5) получение ИС с локализацией отражателя на ОК. Аналогично проводится контроль по варианту рис. 7, б.



а)



б)

Рис. 7. Выявление БЦО1:

а — однократно отраженным лучом с левой стороны соединения; б — однократно отраженным лучом с правой стороны соединения

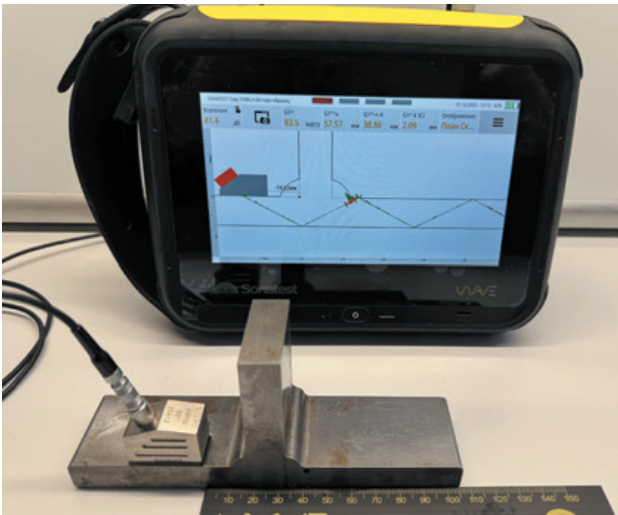


Рис. 8. Контроль по варианту рис. 7, а

## 2. Выявление БЦО2

Как и в первом случае, моделируется процесс контроля в ИС и определяются возможные положения ПЭП при угле ввода 60°.

Ниже рассмотрены два наиболее характерных варианта. Отражатель можно выявить однократно отраженными лучами с горизонтальной (рис. 9, а) и вертикальной (рис. 9, б) пластин.

Проведение контроля по варианту рис. 9, а включает в себя следующие этапы:

- 1) установку ПЭП на горизонтальную пластину слева (или справа) от шва;
- 2) сканирование ПЭП по поверхности с выявлением максимального сигнала от БЦО2 однократно отраженным лучом;
- 3) замер расстояния от ПЭП до точки отсчета (до вертикальной пластины) на ОК. Оно равно 42,81 мм;
- 4) «перетаскивание» пальцем ПЭП на сенсорном дисплее прибора на 42,81 мм;
- 5) получение ИС с локализацией отражателя на ОК.

Следует обратить внимание на очень важный момент в примере № 2.

На ИС (см. рис. 9, б) видны два эхосигнала на однократно отраженном луче. Первый отражается от БЦО2, а второй — от поверхности сварного шва. Таким образом, ИС помогает правильно идентифицировать эхосигналы!

В дефектоскопе имеется возможность вывести на дисплей одновременно А-скан и ИС (рис. 10).

## Заключение

Предлагаемая технология повышает уверенность дефектоскопистов и заказчиков в результатах контроля, предоставляя помощь:

- в правильной идентификации и интерпретации эхосигналов;



а)



б)

Рис. 9. Выявление БЦО2 однократно отраженным лучом с вертикальной (а) и горизонтальной (б) пластин

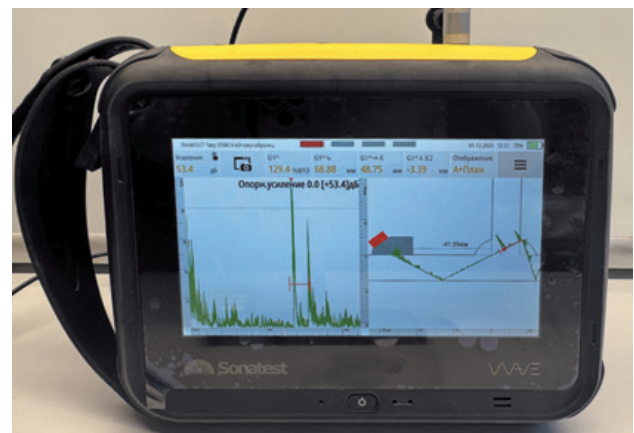


Рис. 10. Одновременный вывод на дисплей А-скана и ИС. Выявление БЦО2

- в разработке технологических карт на контроль;
- в разработке методик контроля;
- в определении технических возможностей проведения контроля на стадии проектирования ОК;
- в оценке пригодности конструкции к контролю;
- в повышении достоверности контроля;
- в проведении эффективного обучения по НК.

# НА СТЫКЕ НАУКИ И ИСКУССТВА: НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В РЕСТАВРАЦИИ И СОВРЕМЕННОЙ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ



**МАЕВ**  
**Роман Григорьевич**  
Вице президент РОНКТД,  
иностраннный член  
Российской академии наук



**РАХУТИН**  
**Руслан Григорьевич**  
Член РОНКТД

## Введение

Произведения искусства — это не только объекты эстетического восприятия, но и сложные материальные системы, несущие в себе историческую, культурную и технологическую информацию. Картины, скульптуры, иконы, предметы декоративно прикладного искусства со временем подвергаются старению, повреждениям и реставрационным вмешательствам. Одновременно с этим рынок искусства сталкивается с проблемой подделок и фальсификаций, нередко выполненных на высоком техническом уровне.

В этих условиях особую роль играет неразрушающий контроль (НК) — совокупность методов исследования, позволяющих получать информацию о состоянии, структуре и составе объекта без нанесения ему вреда. На стыке естественных наук, инженерии и искусствоведения НК становится ключевым инструментом современной реставрации и художественной экспертизы.

По данным ФБР, объем нелегального рынка предметов искусства достигает 6 млрд дол. в год, уступая лишь нелегальному рынку оружия и наркотиков. А какова современная ситуация на рынке подделок? Времена, когда было достаточно знать манеру и стиль художника, чтобы уверенно отличить подделку от оригинала, давно прошли. Поддельщики все более тщательно подходят к подбору методик, материалов, инструментов, пытаются — и порой очень успешно — копировать работы знаменитых художников. Достаточно вспомнить истории таких «знаменитых поддельщиков», как Эльмир де Хори или Эрик Хебборн — до сих пор неизвестно, сколько подделок, сделанных ими, все еще находятся в частных коллекциях и известных музеях по всему миру.

Качество подделок растет, и порой специалисту-искусствоведу бывает трудно обойтись без дополнительных данных — физико-химического анализа грунта и красок, детального анализа пигментов или связующих, использованных в палитре красок, выявляя природу грунтовки, структуру и плотность холста, соответствия палитры красок периоду работы данного художника, и т.п.

Другим убедительным примером эффективности НК является востребованность его в случае разрешения различных проблем реставрации. Часто бывает так, что самое начало процесса разрушения картины не видно невооруженным глазом, расслоения не выходят на поверхность, и в итоге слишком поздно становится ясно, что картина нуждалась в реставрации — когда разрушения почти необратимы.

К основным видам повреждений относятся:

- деградация лакового слоя и, как следствие, потемнение и изменение цвета;
- различные виды кракелюра;
- расслоение слоев;
- биодegradация и биопоражения.

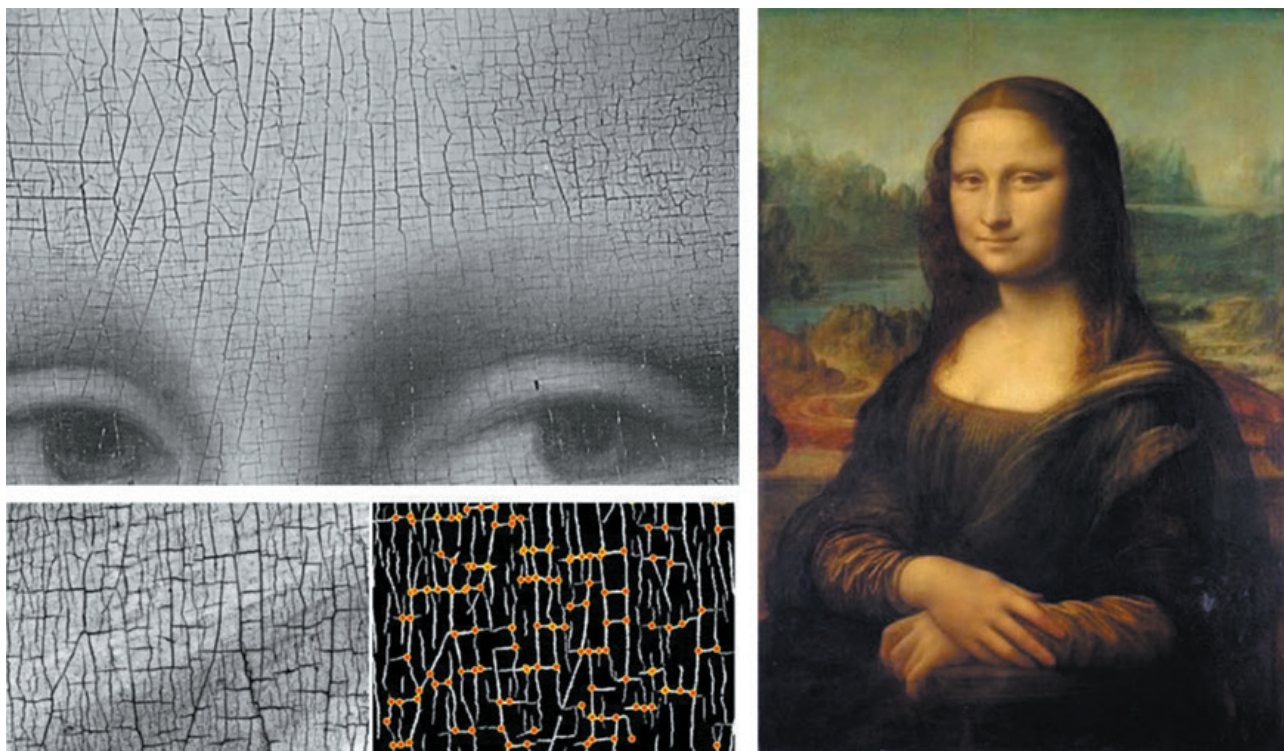


Рис. 1. Кракелюр (сеть мелких трещин на поверхности картины) является уникальным «отпечатком» картины, который практически невозможно воспроизвести. Мы предложили использовать «отпечаток» картины или ее фрагмента, для того чтобы позволить защитить картину от подделки и подмены оригинала искусно выполненной копией

Во многих случаях подобные повреждения становятся заметными лишь на поздних стадиях, когда реставрация существенно осложняется.

А ведь для того чтобы этого избежать, попросту необходимо вовремя провести детальный научный анализ картины, выявить новые дефекты и поставить задачу реставраторам. Поэтому применение неразрушающих подповерхностных методов диагностики имеет крайне важное значение и должно стать регулярной практикой в работе музеев, галерей и античных коллекций.

### Задачи НК при работе с культурными ценностями

Для реставратора неразрушающий контроль очень часто является важным инструментом принятия решений в своей работе. До начала работ НК позволяет:

- объективно оценить текущее состояние объекта;
- выявить скрытые повреждения;
- определить последствия предыдущих реставраций.

В процессе реставрации методы НК применяются для мониторинга состояния объекта, а после завершения — для документирования проведенных вмешательств. Такой подход соответствует современным принципам минимального и обратимого воздействия.

Как отмечалось, одним из наиболее востребованных направлений применения НК является борьба с фальсификациями. Подделки могут быть выполнены с использованием старых основ, искусственно состаренных материалов и имитации авторской техники.

Методы НК позволяют выявлять:

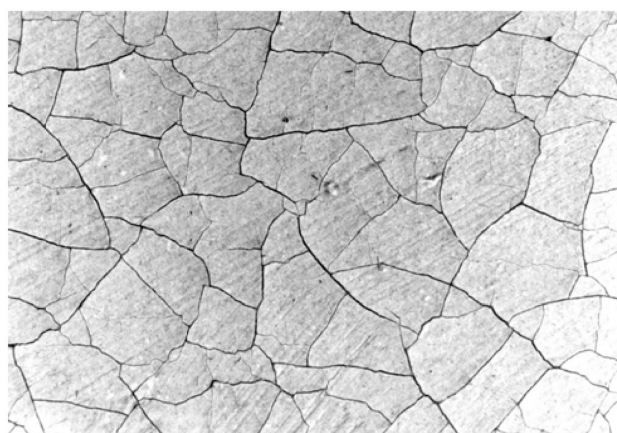
- несоответствие пигментов и связующих заявленному периоду;
- современные материалы в «старых» произведениях;
- аномалии в структуре слоев и технологии исполнения;
- механические следы искусственного старения.

Важно отметить, что неразрушающий контроль не заменяет искусствоведческую экспертизу, а дополняет ее, формируя объективную научную основу для выводов о подлинности.

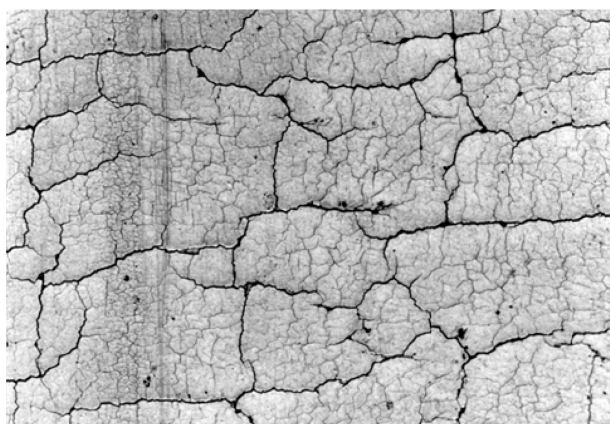
Современная экспертиза в этой области может быть эффективной только в результате сотрудничества искусствоведов, реставраторов, физиков и химиков. Ну а бурное развитие в последние годы цифровых технологий, машинного обучения, искусственного интеллекта, а также многочисленных «умных» портативных приборов существенно расширило и усилило возможности НК, сделав его не только более значимым, но и более доступным.



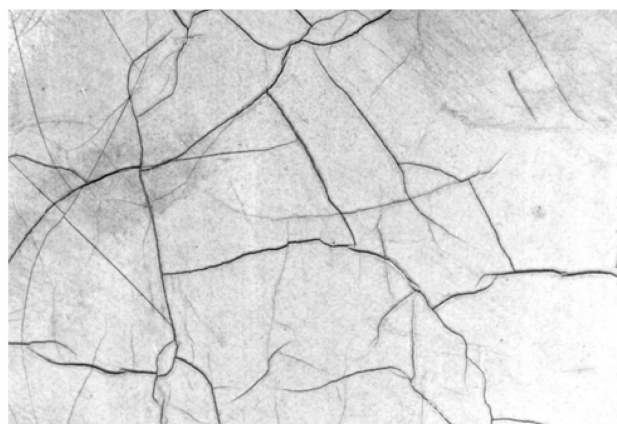
Фламандский кракелюр XV — XVI вв.



Голландский кракелюр XVII в.



Итальянский кракелюр XIV — XV вв.



Французский кракелюр XVIII в.

Рис. 2. Типы кракелюра. Каждая эпоха и даже страна происхождения картины, в особенности периода с XIV до XIX вв., имеют свой уникальный тип кракелюра. Это помогает идентифицировать возраст и происхождение картины

Перспективными направлениями в этой области являются:

- интеграция данных различных методов в единую цифровую модель объекта;
- применение искусственного интеллекта для анализа изображений и спектров;
- развитие мобильных лабораторий для музейной практики.

### Задачи неразрушающего контроля в работе с произведениями искусства

В промышленности методы НК традиционно применяются для выявления дефектов материалов и конструкций. В сфере искусства их задачи и акценты иные:

- сохранение уникального объекта без отбора проб;
- изучение внутренней структуры и скрытых слоев;
- выявление поздних записей, реставраций и изменений;
- определение подлинности материалов и технологий.

В отличие от лабораторных разрушающих анализов, неразрушающий контроль позволяет проводить исследования *in situ* — непосредственно в музеях, галереях и частных коллекциях.

### Классификация методов НК при работе с культурными ценностями

#### Визуальный осмотр

Визуальный осмотр является базовым и важнейшим этапом исследования. Он представляет собой наблюдение невооруженным глазом, включая возможность применения оптической микроскопии, ультрафиолетовых и инфракрасных источников. В частности, ближняя ультрафиолетовая флуоресценция («черный свет») позволяет выявлять реставрационные вмешательства и особенности структуры кракелюра (рис. 1, 2).

#### Ближняя инфракрасная рефлектография

Метод ближней инфракрасной визуализации позволяет обнаруживать скрытые подрисовки и авторские эскизы, поскольку многие пигменты про-

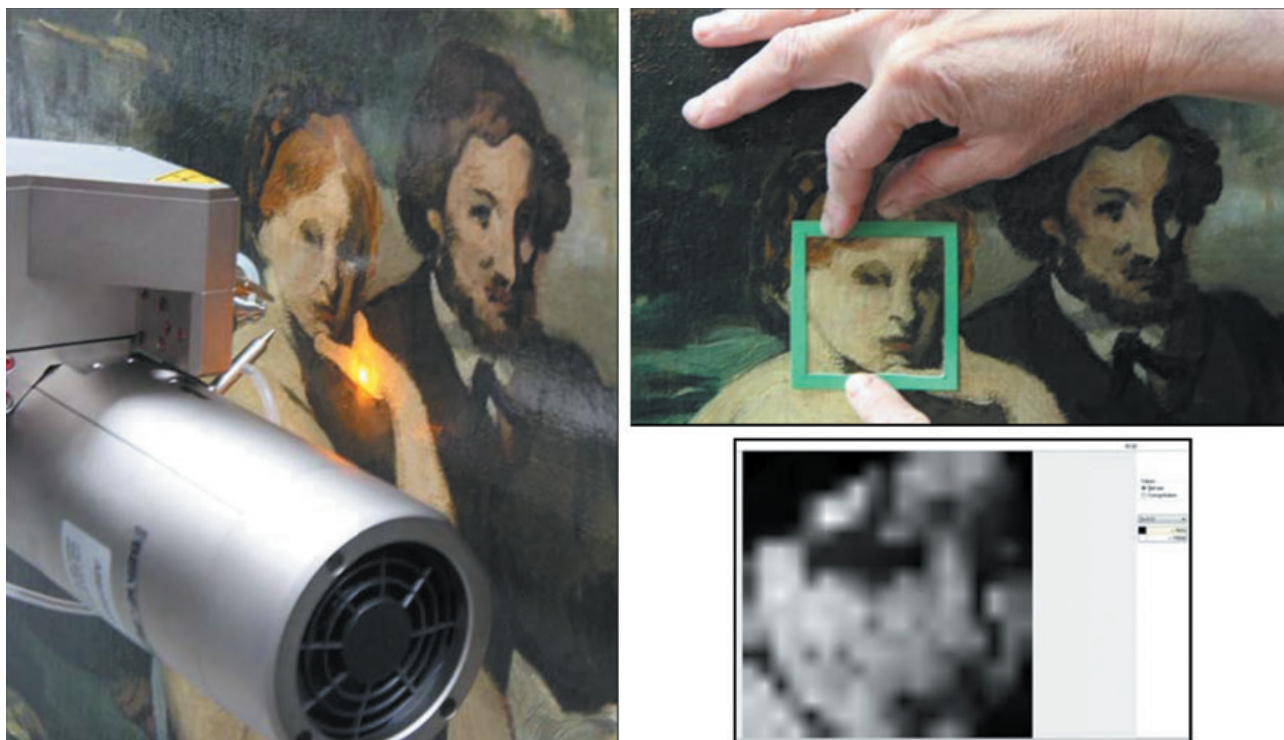


Рис. 3. Использование метода рентгенофлуоресцентного анализа для выявления распределения цинка внутри калибровочной рамки. Рентгенофлуоресцентный анализ представляет собой уникальный поисковик-идентификатор индивидуальных особенностей отсканированных картин. В данном случае идентификаторами являются как изображение распределения элементов, так и сами элементы с их дискретным распределением и концентрациями.

зрачны в диапазоне 0,7–2,5 мкм. Этот метод широко применяется для аутентификации живописи.

#### Термография

Активная инфракрасная термография использует тепловой импульс для выявления подповерхностных дефектов. Метод эффективен для обнаружения пустот, отслоений и восстановленных областей. Сегодня активно практикуются такие методы, как импульсная, lock-in и фазовая термография.

#### Сканирующая акустическая микроскопия

Сканирующая акустическая микроскопия обеспечивает высокое пространственное разрешение и позволяет выявлять внутренние дефекты и неоднородности слоев. Метод особенно перспективен для исследования многослойных структур.

Бесконтактный ультразвук является щадящим методом и также подходит для исследования живописи, в особенности живописи на деревянных основах. Он позволяет локализовать расслоения и трещины без контакта с поверхностью.

#### Рамановская спектроскопия

Рамановская спектроскопия используется для идентификации пигментов, связующих и продуктов старения. Это высокочувствительный метод,

позволяющий выявлять анахронизмы материалов и обнаруживать подделки.

### Примеры практического использования методов неразрушающего контроля

#### Рентгенографические методы

Рентгенография и рентгенофлуоресцентный анализ (XRF) относятся к наиболее распространенным методам исследования произведений искусства.

Рентгенография позволяет:

- выявлять скрытые композиции и авторские правки (пентименто);
- обнаруживать трещины, пустоты, гвозди, штифты и армирование;
- анализировать плотность и распределение материалов.

Рентгенофлуоресцентный анализ применяется для определения широкого спектра элементов таблицы Менделеева и их присутствия в составе пигментов и сплавов без прямого контакта с объектом, что особенно важно при проверке соответствия материалов предполагаемой исторической эпохе (рис. 3).

#### Ультрафиолетовый анализ

Ультрафиолетовый анализ как метод часто используется в качестве экспресс-анализа, при этом используется спектральная область ультрафиоле-

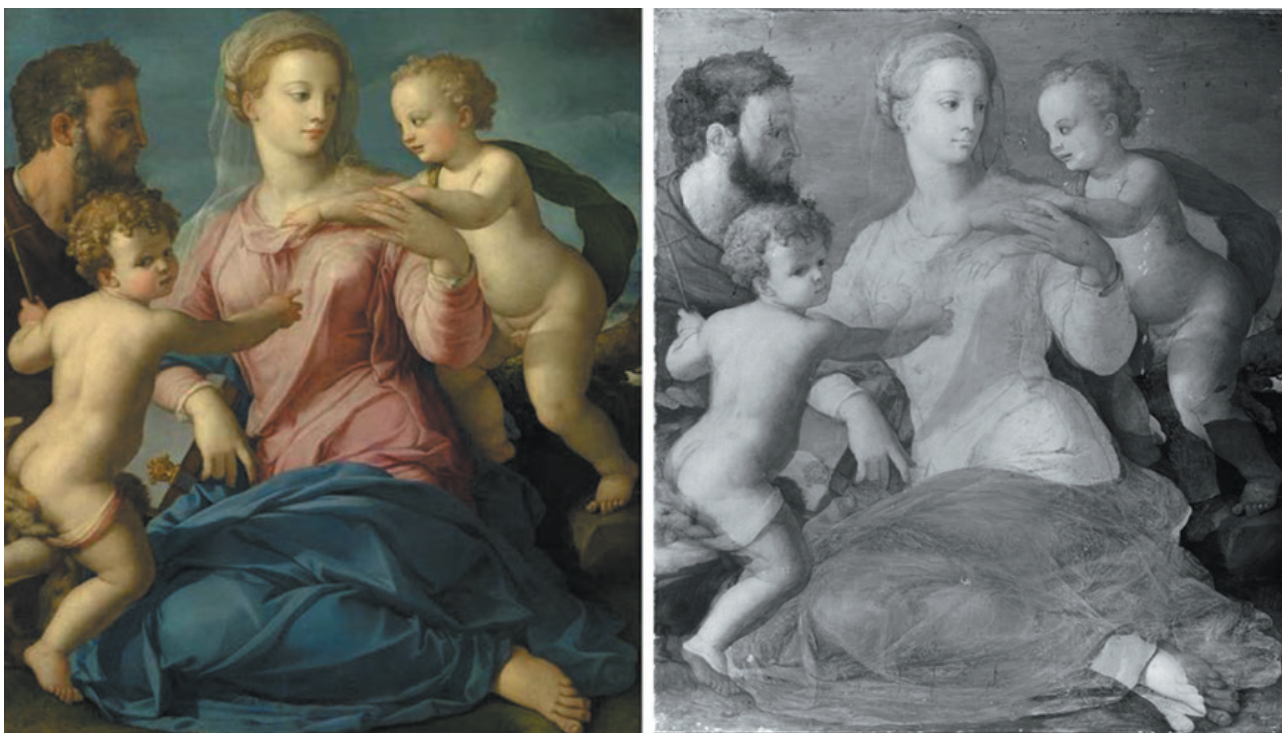


Рис. 4. Картина А. Бронзино «Святое семейство с Иоанном Крестителем» и та же картина в ИК-диапазоне

та с большей длиной волны. Такой «мягкий» тип ультрафиолетовых лучей не наносит сколько-нибудь существенного вреда материалам и может быть использован для исследований. Ультрафиолетовое излучение невидимо для человеческого глаза, однако попадая на поверхность краски и в особенности лака, ультрафиолет заставляет

молекулы излучать избыток падающей энергии, полученной от падающих лучей и, как результат, лак начинает светиться сам, и это называется флуоресценцией.

При старении лаков и красок на картинах конфигурация молекул меняется, и переизлучение меняет длину волны, т.е. цвет излучения становится

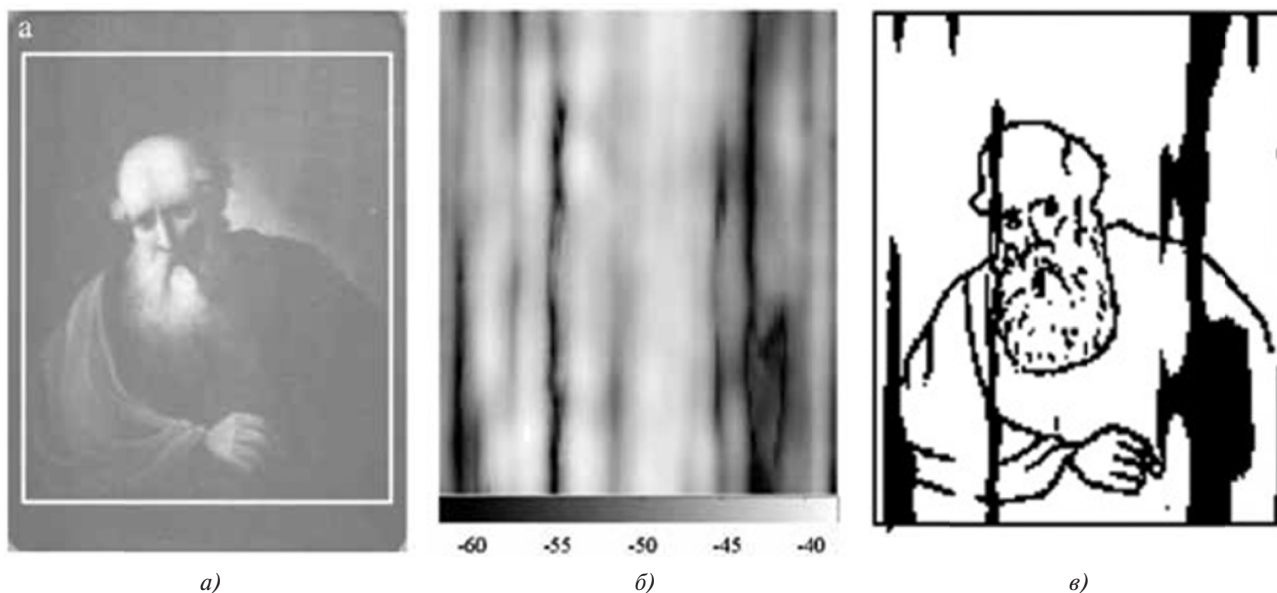


Рис. 5. Портрет неизвестного художника, XIV век, Антверпен:

а — общий вид исследованной картины; б — акустическое изображение исследованной картины; в — обработанное акустическое изображение с наложенной бинарной копией рисунка (расслоения материала видны как темные области)



*Рис. 6. Роман Григорьевич Маев, Раймонд Давидович Беленков и Дамир Зиганишин работают над реставрацией скульптур фонтана «Четыре бронзовых коня Гелиоса», Пикадилли, Лондон*

другим. Это является очень полезным для исследователя свойством материала при определении его возраста. Проще говоря, если относительно свежий лак выглядит темным в ультрафиолетовых лучах, то постаревший лак становится зеленоватым. И действительно, старый лак в ультрафиолете имеет настолько плотное зеленое свечение, что под ним становится трудно различить саму картину.

#### **Инфракрасные и оптические методы**

Инфракрасная рефлектография (IRR) также широко используется при исследовании живописи. Она позволяет визуализировать подмалевки, угольные или графитовые рисунки под красочным слоем, а также выявлять поздние записи.

Оптическая микроскопия, ультрафиолетовая флуоресценция и мультиспектральная съемка дают возможность:

- обнаруживать зоны реставрации;
- анализировать состояние лака и красочного слоя;
- фиксировать микротрещины и поверхностные дефекты.

Например, чтобы узнать, как создавалась картина, нужно увидеть, что скрывается под поверхностным слоем. Разумеется, зрение человека для

этого не подходит, поскольку люди не обладают способностью видеть сквозь непрозрачные материалы. Однако таким свойством обладает так называемый инфракрасный свет (ИК). Поэтому он традиционно используется для решения подобных задач, когда необходимо увидеть, что находится под поверхностью, оставаясь скрытым для глаз обычных наблюдателей. А скрыто там порой много интересного. То, что можно увидеть под слоями, очень часто связано с историей картины, например черновые наброски художника. По ним можно судить об изначальной композиции, т.е. до того, как автор по каким-то причинам решил ее изменить, а в ряде случаев и докопаться до этих причин, даже если это случилось много веков назад.

Замечательным примером таких изменений является картина Аньоло Бронзино «Святое семейство с Иоанном Крестителем», выставленная в ГМИИ им. А. С. Пушкина в Москве (рис. 4). В ходе исследования наши специалисты обнаружили, что положения рук, ног, контуры тел — все это имело несколько другие положения и даже форму в то время, когда художник начинал свое творение.

#### **Ультразвуковой контроль**

Ультразвуковые методы применяются преимущественно для исследования скульптуры, архитектурных элементов и многослойных объектов (рис. 5). С их помощью выявляют:

- внутренние трещины, пустоты и расслоения;
- зоны потери адгезии;
- неоднородности материала.

При реставрации камня, дерева и металла ультразвук позволяет оценить степень деградации самого красочного слоя и грунта, но также и материала основы и выбрать оптимальную стратегию консервации.

Вся эта очень важная и при этом нерадикационная и количественная информация может быть эффективно использована при регулярной диагностике «здоровья» картины и позволяет выявлять деградацию на ранних стадиях и вовремя предотвращать необратимые разрушения.

Ультразвук также показал серьезный потенциал при анализе скульптур, фресок и иных объектов сложной формы из различных материалов.

#### **Тепловизионные и радиоволновые методы**

Инфракрасная термография показала себя в качестве высокочувствительного метода для диагностики скрытых дефектов, выявляя с их помощью анализа тепловых аномалий. Метод эффективен при исследовании настенных фресок и росписей, а также крупных полотен.



Рис. 7. Этапы реставрации различных частей скульптур фонтана «Четыре бронзовых коня Гелиоса»

Радиоволновые и терагерцовые методы хотя и менее распространены, демонстрируют перспективы в изучении многослойных структур нерадиационной диагностикой.

#### Холодное напыление в реставрации

Одним из современных перспективных технологических направлений является холодное газодинамическое напыление (Cold Spray). Этот метод все чаще упоминается в публикациях и докладах о результатах реставрации скульптурных произведений. В отличие от традиционных методов наплавки и термического напыления, холодное напыление представляет собой исключительно щадящую технологию и осуществляется при температурах значительно ниже температуры плавления наносимого материала.

Принцип метода основан на ускорении порошковых частиц металла или сплава до сверхзвуковых скоростей в потоке сжатого газа. При ударе о поверхность частицы пластически деформируются и формируют плотное покрытие без термического воздействия на основу.

Холодное напыление перспективно при восстановлении скульптур, выполненных из разных видов металла, архитектурных элементов и декоративных деталей, пострадавших от коррозии, эрозии или механических утрат. При правильном подборе порошкового материала возможно достижение высокой степени визуального и структурного соответствия оригиналу.

Неразрушающий контроль является неотъемлемой частью такого процесса реставрации скульптур и играет важную роль на всех этапах

применения холодного напыления. Более того, еще до нанесения покрытия методы НК позволяют оценить степень деградации объекта и выявить наличие скрытых дефектов. В процессе и после реставрации НК используется для контроля адгезии, толщины и целостности восстановленного слоя, а также для документирования вмешательства в соответствии с музейными стандартами.

Одним из убедительных примеров использования методов холодного напыления в реставрации скульптур является реставрация скульптур фонтана «Четыре бронзовых коня Гелиоса», расположенного рядом с бульваром Пикадилли в Лондоне (рис. 6, 7).

#### Практические работы в области применения методов неразрушающего контроля в реставрации и экспертизе культурного наследия

Компания «Тессоникс» во главе с академиком РАН, доктором физико-математических наук, профессором Романом Григорьевичем Маевым более 20 лет занимается технической экспертизой культурного наследия, используя методы неразрушающего контроля (рис. 8). Результаты их работы впечатляют.

Например, по заданию Министерства культуры РФ компания «Тессоникс» работала в музее изобразительных искусств им. А. С. Пушкина. Тогда директором музея была Ирина Александровна Антонова, возглавлявшая этот музей с момента окончания Великой Отечественной войны. Сотрудникам «Тессоникс» удалось провести ряд интересных



Рис. 8. Исследование в церкви Святой Марии в Норт-Элмхэме (Англия). Объектом изучения являлась старая алтарная преграда (руд-скрин) — панели с отсутствующими на них изображениями. На левой фотографии четко видны проявившиеся изображения

исследований работ великих мастеров, таких как Караваджо, Тинторетто, Рубенс, Рембрандт. Самые значительные результаты были опубликованы и доложены на различных научных форумах. И заказчик Министерство культуры, и специалисты музея убедились, что методы НК являются важным инструментом для получения уникальной информации о картинах.

А в Лондоне, работая с одной из известных коллекций, специалисты «Тессоникс» обнаружили подпись Тициана на картине, которая до того момента считалась копией или картиной кого-то из его последователей.

В Англии же компания вела исследовательский проект в костеле. Историки университета Кембриджа обратились с просьбой провести исследования в одном из старинных костелов на восточном побережье Британии. Этот костел был разорен в середине XV в. при крайне болезненном для жителей Альбиона переходе от католицизма к протестантизму. Мало что осталось от богатого убранства собора. Однако сохранилась легенда об изображениях ликов святых, когда-то находившихся в соборе. Но доски, на которых были запечатлены эти лики, бесследно исчезли, и найти их не удавалось. За год до приглашения фирмы «Тессоникс» в Кембридж один из профессоров-историков университета наткнулся на записи о том, что незадолго до захвата костела протестантами прихожане-католики замазали лики краской и сделали из этих досок скамейки.

С тех пор прошло более 400 лет, и все это время люди сидели на скамейках, не подозревая, что сидят на ликах святых! Специалисты «Тессоникса» выехали в костел со специальным оборудова-

нием. Безрезультатно прошел первый день, прошел и второй. И уже было принято решение завершать работу, но в последний момент один из специалистов предложил попробовать соединить две методики и использовать одновременно два смежных диапазона частот.

И тут произошло чудо! Из глубины доски стал появляться образ святого, как будто он исходил изнутри, будто из глубины моря что-то всплывало на поверхность. Из 16 «подозреваемых» досок были найдены 12 с ликами святых. Они были потрясающей красоты. Доски были переданы для реставрации в Музей Кембриджского университета. Об этом исследовании вышла статья в газете «Гардиан» (The Guardian), а также были публикации в нескольких журналах, в том числе и в журнале «Территория NDT» (2021, № 2. С. 18 — 25)

### Заключение

Неразрушающий контроль занимает ключевое место на стыке науки и искусства. Он позволяет не только сохранять культурное наследие, но и глубже понимать технологии прошлого, выявлять скрытую историю произведений и противостоять художественным фальсификациям. Ну и, конечно, для специалистов в области НК это совершенно замечательная область применения их знаний и опыта, полная приключений и важных, а порой и сенсационных открытий!

В условиях роста ценности оригинальных произведений искусства и усложнения подделок роль НК будет только возрастать, превращая его в неотъемлемую часть современной реставрации и художественной экспертизы.

# ПОЗДРАВЛЯЕМ

## ВАЛЕРИЮ ПАВЛОВИЧУ ЛУНИНУ — 75 ЛЕТ!



Валерий Павлович Лунин родился в 1951 году под Семипалатинском (Казахстан). В 1968 г. он поступил в МЭИ на факультет автоматики и вычислительной техники на специальность «Инженерная электрофизика. Приборы и методы контроля и диагностики».

В 1974 г. В. П. Лунин окончил с отличием МЭИ и был распределен на кафедру общей электротехники в научную группу В. В. Коген-Далина.

В 1977 г. В. П. Лунин поступил в аспирантуру МЭИ и в 1980 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, а в 2011 г. — докторскую диссертацию. В 1988 г. В. П. Лунину присвоено ученое звание доцента. Его научно-педагогический стаж составляет около полувека.

В течение 18 лет (с 2001 по 2019 гг.) В. П. Лунин был заведующим кафедрой электротехники и интроскопии. С 2006 по 2019 гг. (13 лет) Валерий Павлович был директором Института автоматики и вычислительной техники. С 2019 г. по настоящее время В. П. Лунин является профессором, заместителем заведующего кафедрой диагностических информационных технологий по науке, заместителем председателя ученого совета Института информационных и вычислительных технологий.

В. П. Лунин специалист по фундаментальным и прикладным исследованиям в области неразрушающего контроля и диагностики, связанных с разработкой математических методов моделирования физических процессов диагностики, компьютерного проектирования преобразователей, математической реконструкции дефектов и оценки электрофизических свойств контролируемых изделий по экспериментальным данным. За последние годы Валерий Павлович был научным руководителем около тридцати НИР и НИОКР с предприятиями Госкорпорации «РосАтом», ГК «Транснефть», ООО «АКС», ООО «ПанаТест», ООО «АКСИС», НПЦ «ЭХО+» и ряда других, он автор монографии «Проектирование программно-алгоритмических средств для систем электромагнитного контроля энергетического оборудования», а также более трехсот научных публикаций, в том числе статей в журналах SCOPUS, WoS, ВАК, более десятка патентов и программных продуктов.

С 1998 г. В. П. Лунин представлял Россию в совете директоров Всемирной федерации научно-образовательных организаций неразрушающих испытаний с центром в Техническом университете штата Айова (США).

В. П. Лунин председатель диссертационного совета МЭИ.101 по научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)».

Валерий Павлович является членом НТС по материаловедению и неразрушающему контролю металла ОАО «Концерн РосЭнергоАтом» (РосАтом), а также НТС Единой энергетической системы.

В течение своей педагогической деятельности Валерий Павлович разработал четыре специальных курса (лекции, практические и лабораторные занятия) для студентов направления подготовки «Приборостроение» по профилю «Приборы и методы контроля качества и диагностики».

Валерий Павлович автор ряда учебных планов и содержания основных образовательных программ направления подготовки «Приборостроение». Он опубликовал более десятка учебных и учебно-методических пособий, а также электронных учебно-методических комплексов.

В. П. Лунин является редактором и одним из авторов популярного в России учебника и практикума по электротехнике «Электротехника и электроника» в трех томах.

Валерий Павлович подготовил несколько кандидатов наук, выпустил больше сотни бакалавров и магистров.

В 2021 г. за успешную научную и образовательную деятельность В. П. Лунин награжден знаком «Почетный работник сферы высшего образования Российской Федерации». Также Валерий Павлович награжден медалью «Заслуженный работник ЕЭС России», медалью им. С. П. Королева «За заслуги перед космонавтикой», почетной грамотой префекта ЮВАО Москвы, почетными знаками МЭИ, а также «Ветеран труда МЭИ».

**От имени Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллективов редакций журналов «Территория NDT» и «Контроль. Диагностика», МЭИ, а также коллег и друзей сердечно поздравляем Валерия Павловича с юбилеем, желаем неразрушаемого здоровья, благополучия и новых творческих достижений.**



только реальность

**ПРОИЗВОДСТВО  
СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ**  
ООО «ИЦ Физприбор»  
+7 (343) 355-00-53  
[www.fpribor.ru](http://www.fpribor.ru)

# РАБОТЫ ЦНИИТМАШ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС



И упала с неба большая звезда, горящая подобно факелу, и пала на третью часть рек и на источник вод. Имя сей звезде «полюнь». И третья часть вод сделалась полюнью, и многие из людей умерли от вод, потому что они стали горьки...

*Новый завет. Откр. 8:10 – 11*

Двадцать шестого апреля тысяча девятьсот восемьдесят шестого года мы пережили еще одну войну. Она не кончилась...

*Светлана Алексиевич.  
Чернобыльская молитва*

Первичная организация «ЦНИИТМАШ—Чернобыль» была создана в 1988 — 1989 гг. участниками ликвидации последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) при поддержке организаций «Союз Чернобыль» и «Союз Чернобыль—Энергомаш». В ее состав вошли 22 сотрудника ЦНИИТМАШ — участники ЛПА.

В 1986 г. НПО «ЦНИИТМАШ» являлся головной материаловедческой организацией Министерства энергетического машиностроения СССР. К этому времени специалисты объединения более 15 лет вели научно-технические работы по созданию материалов для корпусов реакторов, парогенераторов и трубопроводов, разрабатывали новые технологии сварки, термической обработки, обработки давлением, новые технологии неразрушающего контроля для атомных станций типа ВВЭР и РБМК и других объектов из металлов и сплавов. Многие разработки ЦНИИТМАШ использовались при изготовлении оборудования и трубопроводов АЭС на заводах энергетического машиностроения (выплавка металла, обработка давлением, холодная обработка, резание, сварка, термическая обработка и неразрушающий контроль), при монтаже АЭС, а также при эксплуатационном контроле и проведении ремонтных работ (основные и сварочные материалы, технологии сварки, термической обработки и неразрушающего контроля).

В 1986 г. после аварии на ЧАЭС в ЦНИИТМАШ была сформирована оперативная группа специалистов объединения под руководством за-

С 1975 по 1991 гг. я посетил практически все АЭС Советского Союза и в июне—июле 1985-го работал на ЧАЭС совместно со специалистами лаборатории металлов. Мы оказывали помощь сотрудникам АЭС во внедрении наших разработок по ультразвуковому контролю барабанов-сепараторов, коллекторов, трубопроводов КМПЦ Ду 800 и др.

В один из рабочих дней мы с коллегой закончили работу до обеда и прошли пешком через лес, отделивающий город от АЭС, до гостиницы. Самые лучшие впечатления от той прогулки сохранились до сих пор. Было тепло, светило солнце, в лесу (который на следующий год станет рыжим из-за сжигающей все живое радиации) было множество ягод и грибов, не было никакого промышленного и бытового мусора.

**ДО «ВОЙНЫ». РАССКАЗЫВАЕТ Н. П. РАЗЫГРАЕВ**

местителя генерального директора, профессора, доктора технических наук А. С. Зубченко. Благодаря научно-техническому заделу, накопленному опыту по самым разным направлениям в атомном энергомашиностроении и в процессе работ на всех АЭС с установками типа ВВЭР и РБМК в СССР, Чехословакии, Болгарии, Финляндии наши специалисты очень тесно взаимодействовали со специальной группой Министерства энергетического машиностроения СССР в работах по обследованию, неразрушающему контролю, ремонту, разработке и согласованию технических решений на оборудование и трубопроводы 1-го и 2-го блоков ЧАЭС (1986), а в 1987 г. — 3-го блока.

шеств, была остановлена эксплуатация 1–3-го блоков. Обстановка в стране и в мире была очень сложная. Высшее руководство СССР стремилось использовать все силы страны для уменьшения негативных последствий взрыва. На разных уровнях образовались органы по организации и проведению работ по ликвидации очага аварии и ее последствий.

Уже в конце июня 1986 г. правительством СССР было принято решение о проведении работ для обеспечения в кратчайший срок пуска в эксплуатацию блоков 1 и 2. Минэнергомаш и ЦНИИТМАШ в рамках своей компетенции были назначены исполнителями этих работ.

Сам город ухожен и засажен деревьями, кустарниками и цветами — множеством цветов. Возле гостиницы можно купаться в реке, загорать на песке на отлогом берегу и наблюдать за теплоходами. На местном базарчике по мизерным ценам можно купить ягоды и овощи.

Городок мне очень понравился. Наверно, не даром еще в средние века наши предки выбрали эту местность, называемую Полесьем, для своего проживания. Реки Припять, Десна и Днепр, богатые рыбой, являлись также прекрасным путем сообщения. Леса и болота с различной живностью и растительностью обеспечивали пропитание и защиту от врагов. Следует отметить и топонимику: «Чернобыль» — это все-таки по-русски «черная быль», или «страшная быль». (Иностранцы не знают истинного смысла этого названия, для них это просто название АЭС.)

...И вот 26 апреля 1986 г. произошла невиданная ранее в истории промышленная (или, как теперь говорят в современных сводках, техногенная) катастрофа. Как оказалось, в результате разрушения реактора блока 4 в атмосферу было выброшено в 300 раз больше радиоактивных веществ, чем при взрыве атомной бомбы в Хиросиме. Один из моих коллег в эту ночь ловил рыбу в пруду-охладителе (что не одобрялось, но и не запрещалось, поскольку при нормальной эксплуатации АЭС была полная уверенность в радиационной безопасности воды и живности, водившейся в ней). После рыбалки он зашел в вагончик, где всегда оставлял снасти. Посмотрев на дозиметр для контроля радиационной обстановки, не заметил ничего подозрительного и только спустя некоторое время понял, что диапазон измерений прибора не мог зарегистрировать показания столь высокого уровня радиационного фона.

### РАССКАЗЫВАЕТ Н. П. РАЗЫГРАЕВ



«Рыжий лес», Чернобыль, 1986 г.

После катастрофы на ЧАЭС немедленно начались работы по предотвращению развития аварии и распространения радиоактивных ве-

Участие специалистов ЦНИИТМАШ заключалось в напряженных работах на блоке, исследованиях в лаборатории металлов, анализах многочисленных результатов контроля. Потребовалось поднять и вновь просмотреть конструкторскую и технологическую документацию на сварку и неразрушающий контроль, выявить специализированные нюансы норм оценки качества сварных соединений и антикоррозионной наплавки биметаллических сосудов и трубопроводов. Полученные результаты и технические решения позволили минимизировать или вообще исключить необходимость ремонтных работ.

Уже тогда был нащупан верный путь к решению проблемы выявления трещин в сварных швах аустенитных трубопроводов Ду 300. Позже, в 1997 г. этот подход был реализован в виде эффективной специализированной методики ЦНИИТМАШ и исполь-

зован на Курской, Смоленской и Чернобыльской АЭС в 1997–1999 гг. для сплошного контроля всех сварных швов трубопроводов Ду 300.

К 15 августа 1986 г. на блоках 1 и 2 на высоком научно-техническом уровне специалистами ЦНИИТМАШ были выполнены все регламентные работы, и в ноябре — декабре были запущены в эксплуатацию 1-й и 2-й блоки АЭС.



Специалисты ЦНИИТМАШ в реакторном отделении у барабана-сепаратора (слева направо): Н. П. Разыграев, А. С. Зубченко, В. Д. Ходаков и А. В. Овчинников

Правительством СССР была поставлена задача в 1987 г. запустить в эксплуатацию 3-й блок АЭС. Особая сложность состояла в том, что этот блок находился в опасной близости с 4-м: реакторные отделения соприкасались, а машинный зал блоков был единым.

К маю 1987 г. элементы 3-го и 4-го блоков еще не были полностью разъединены и перекрыты. В связи с этим радиационный фон в рабочих помещениях реакторного отделения и машинного (турбинного) отделения 3-го блока превышал уровни аналогичных отделений блоков 1 и 2 в 1986 г. Это подразумевало повышенные радиационные нагрузки на собственный персонал АЭС и привлеченный персонал подрядных организаций, участвующих



Специалисты ЦНИИТМАШ в лаборатории металлов ЧАЭС (слева направо), в нижнем ряду: В. Радько (Львов ОРГРЭС), В. Е. Белый, В. Д. Ходаков (ЦНИИТМАШ); в верхнем ряду: И. В. Буряк, В. С. Кузнецов (ВНИИАЭС), Н. П. Разыграев (ЦНИИТМАШ), июнь 1987 г.



**В 1986 г. для выполнения работ в составе комплексной оперативной группы на ЧАЭС выезжали 11 специалистов ЦНИИТМАШ:**

- **Виктор Ильич Герасимов**, специалист по коррозии металла, 14 — 19 июля проводил обследование состояния трубопроводов водоуравнительных труб барабанов-сепараторов и других узлов.
- **Леонид Петрович Трусов**, заведующий отделом, канд. техн. наук, в июле принимал участие в совещании на ЧАЭС по подготовке программы участия специалистов НПО «ЦНИИТМАШ» в работах по восстановлению и пуску 1-го и 2-го блоков ЧАЭС.
- **Валерий Иванович Иванов**, заведующий отделом, канд. техн. наук, в июле принимал участие в совещании на ЧАЭС по подготовке программы участия специалистов НПО «ЦНИИТМАШ» в работах по восстановлению и пуску 1-го и 2-го блоков ЧАЭС.
- **Николай Павлович Разыграев**, канд. техн. наук, специалист по неразрушающему контролю, 5 — 17 августа проводил обследование сварных соединений барабанов-сепараторов, трубопроводов КМПЦ Ду 800, водоуравнительных трубопроводов, составлял заключения по полученным результатам и готовил технические решения.
- **Юрий Михайлович Никитин**, канд. техн. наук, специалист по сварке, 5 — 15 августа проводил обследование сварных соединений барабанов-сепараторов, трубопроводов КМПЦ Ду 800 для подготовки технологии ремонта и принятия соответствующих технических решений.
- **Вадим Анатольевич Бодянский**, конструктор-технолог, дважды в 1986 г., 18 — 25 августа и 10 — 24 октября, участвовал в ремонтных работах на СПП-500.
- **Андрей Иванович Тарновский**, канд. техн. наук, специалист по сварке, с 29 августа по 3 сентября проводил обследование водоуравнительных трубопроводов с составлением заключения по технологии их ремонта.
- **Ирина Лазаревна Харина**, канд. техн. наук, специалист по коррозии металла, участвовала в обследовании коррозионных повреждений водоуравнительных трубопроводов, составлении заключения и подготовке технических решений.
- **Андрей Александрович Щербаков**, специалист по неразрушающему контролю, 12 — 18 сентября проводил дефектоскопический контроль роторов 2-го блока, составлял заключения о их состоянии.
- **Александр Витальевич Быков**, канд. техн. наук, специалист по сварке, 16 — 24 октября проводил работы по обследованию и ремонтной сварке на деаэраторе 2-го блока.
- **Валерий Васильевич Бабков**, специалист по материаловедению, в октябре проводил работы по обследованию и подготовке технических решений на ремонт и эксплуатацию деаэратора 2-го блока.

5 августа 1986 г. поездом мы прибыли в Киев, где я много раз бывал ранее (впервые в мае 1974 г. на Всесоюзной конференции по неразрушающему контролю, с докладом о принципиально новых работах ЦНИИТМАШ по использованию головных волн в ультразвуковой дефектоскопии).

РАССКАЗЫВАЕТ Н. П. РАЗЫГРАЕВ

Необычно полупустым для августа встретил нас Киев. Детей, которые создают специфический городской шум и суету, в метро и на улицах мы не увидели. Выше Крещатика располагался штаб (филиал) ЛПА, где нас уже ждали и после небольшой беседы отвезли в порт на специальный рейс теплохода «Ракета» до Чернобыля. Была сделана только одна остановка на границе 30-километровой зоны: к нам подошел катер охраны для проверки соответствия назначения теплохода.

В Чернобыле, в пункте регистрации мы отметили командировки о прибытии, получили специальную одежду для перемещения внутри 30-километровой зоны. Мы познакомились с И. Н. Острецовым и другими специалистами группы Минэнергомаш. Нам предстояло работать совместно со специалистами Ижорского завода, таганрогского завода «Красный котельщик» и др.

Наши коллеги рекомендовали нам ходить только по асфальтированным дорожкам — их периодически мыли водой, а рядом была растительность, «грязная» трава, на которую не рекомендовалось ступать. Мы с Ю. М. Никитиным присели отдохнуть на скамейку. Через некоторое время к нам подсели два парня. Они оказались дозиметристами. Поговорили о радиационном фоне в городе, узнали их рекомендации. В это время к нам подобралась кошка. Ребята не советовали ее гладить и, включив прибор, который у них был с собой, продемонстрировали степень заражения шерсти кошки в сравнении с асфальтом и травой.

Утром следующего дня мы получили постоянные пропуска в 30-километровую зону и на АЭС и прибыли в лабораторию металлов АЭС. На совещании у главного инженера была конкретизирована задача нашей группы, обсуждены методики исследований и работ, разделены полномочия, определены объемы работ на ближайший период. Оказалось, что многие работы уже выполнены, и требовалось незамедлительно оценить результаты УЗК сварных соединений барабанов-сепараторов и нескольких сварных соединений КМПЦ Ду 800 1-го блока. Совместно со специалистами ЧАЭС, Ижорского завода и завода «Красный котельщик» мы провели экспертные исследования сварных соединений с выявленными ранее отражателями, приступили к обработке этих результатов, подготовке заключений и разработке необходимых технических решений.

Утром по дороге к автобусу на АЭС мы почувствовали некий дискомфорт — не слышно и не видно ни одной птицы. Уже распространялся черный юмор из Н. В. Гоголя: «Редкая птица долетит до середины Днепра». От Чернобыля мы доехали до пересадочного узла у деревни Копачи, где пересели на «грязные» автобусы, которые привезли нас к главной проходной АЭС. По дороге я увидел страшную картину: лес был безжизненного желто-коричневого цвета.

На улице жарко, в кабинетах АЭС тоже жарко: окна наглухо закрыты от проникновения «грязного» воздуха с улицы и почти полностью заделаны свинцовыми листами от проникновения радиации и радиационного поражения. От жары спасаемся многократным посещением душа. В это время идут работы по глушению реактора аварийного 4-го блока и подготовке к сооружению саркофага. Для обеспечения провозки металлоконструкций саркофага (они укрупняются в более чистой по радиации зоне) расширяются дороги и удаляются многолетние тополя по бокам от дороги. Вечером по дороге в город на некотором расстоянии наблюдаем громадину радиолокационной станции, а на подъезде к Копачам гнездо единственной птицы — здесь живет аист. (В следующем году его уже не будет.) На некотором расстоянии от дорог видны брошенные автомобили (радиационно грязные) и дома опустевших деревень.

В Чернобыле вечером тишина, идем строго по тротуару, на лице респиратор, защищающий дыхание от радиоактивной пыли в воздухе. Проходим мимо частных домов с садами и заросшими огородами — людей нет, некоторые окна разбиты и разломаны. На улице мощная груша с громадными плодами, при ударе которых о землю в тишине раздается громкий хлопок. Яблоки и груши никто не срывает — все «грязное». На балконах сушится одежда — люди уезжали быстро и оставляли все как есть. (На следующий год я буду жить в одном из этих домов.)



в регламентных и дополнительных работах по восстановлению и пуску 3-го блока. При проведении работ ставилась задача обеспечить минимальное время присутствия персонала в радиационной зоне и применение средств контроля и ремонта с высокой производительностью. Объемы работ по неразрушающему контролю на блоке 3 в реакторном и машинном отделении, с учетом того, что его оборудование и трубопроводы находились в непосредственной близости с разрушенным реактором и его элементами, а также с учетом результатов работ на блоках 1 и 2 в 1986 г., были увеличены.

В 1987 г. специалисты НПО «ЦНИИТМАШ» продолжили работы вахтовым методом на ЧАЭС, в том числе на 3-м блоке, по обследованию, неразрушающему контролю и анализу работоспособности оборудования и трубопроводов, их подготовке к ремонтным работам и собственно ремонту оборудования и трубопроводов.

Для лучшей координации совместных со специалистами ЧАЭС и других организаций работ, выполнения и оперативного решения вопросов 15–29 июня 1987 г. А. С. Зубченко возглавил комплексную группу непосредственно на ЧАЭС для проведения большого объема работ на трубопроводах КМПЦ Ду 800, барабанах-сепараторах, коллекторах и трубопроводах блока 3. В этот период А. С. Зубченко также принимал участие в работе межведомственной комиссии, которая координировала работы по ликвидации последствий аварии и восстановлению ЧАЭС.

Совместно с ВНИИАЭС, ЛьвовОРГРЭС, Ижорским заводом, заводом «Красный котельщик» и ЧАЭС комплексной группе ЦНИИТМАШ было поручено выполнить полное обследование барабанов-сепараторов, коллекторов, сварных соединений трубопроводов и арматуры КМПЦ Ду 800 и водоуравнительных трубопроводов. Наши

Обстановка вокруг АЭС к маю 1987 г. претерпела многие изменения. Людей на улицах Киева стало больше, много детей. (В декабре 1986 г. был построен саркофаг над разрушенным 4-м блоком, и постоянный выброс радиоактивных веществ в атмосферу был прекращен.) Жизнь, казалось, входит в обычное русло. Дороги на АЭС были расширены и укреплены, что обеспечивало безопасность перемещений грузовых автомобилей, автобусов и легковушек. Вдоль дорог уже не видно было брошенных автомобилей, но деревни, как и год назад, пусты. Птиц по-прежнему нет. Аист в Копачи уже не прилетал — может быть, погиб от радиации? Желтого леса нет, на его месте громадное песчаное поле вплоть до шоссе Чернобыль–Припять.

#### РАССКАЗЫВАЕТ Н. П. РАЗЫГРАЕВ

#### В 1987 г. вахтовиками на ЧАЭС от ЦНИИТМАШ работали:

- **Владимир Евгеньевич Белый**, канд. техн. наук, специалист по неразрушающему контролю, в мае и июне — июле проводил дефектоскопию сварных соединений КМПЦ Ду 800, барабанов-сепараторов и составлял заключения.
- **Александр Витальевич Быков**, канд. техн. наук, специалист по сварке, в феврале и ноябре принимал участие в ремонте и замене задвижек Ду 800.
- **Геннадий Самойлович Васильченко**, д-р техн. наук, специалист по прочности конструкций, в мае подготавливал методики расчетов на прочность и участвовал в обследовании оборудования.
- **Александр Борисович Геллер**, специалист по сварке, в июне и июле принимал участие в подготовке, обеспечении и проведении сварочных ремонтных работ на КМПЦ Ду 800.
- **Анатолий Викторович Кудрявцев**, специалист по неразрушающему контролю, в июне проводил дефектоскопию сварных соединений КМПЦ Ду 800.
- **Александр Викторович Овчинников**, канд. техн. наук, специалист по прочности конструкций,

в июне проводил обследование КМПЦ и разрабатывал методики расчетов на прочность.

- **Александр Степанович Зубченко**, заместитель генерального директора, профессор, д-р техн. наук, руководил работами на ЧАЭС от ЦНИИТМАШ.
- **Николай Павлович Разыграев**, канд. техн. наук, специалист по неразрушающему контролю, трижды в 1987 г. был командирован на ЧАЭС для обследования и проведения дефектоскопии барабанов-сепараторов, водоуравнительных труб, трубопроводов КМПЦ Ду 800.
- **Вячеслав Дмитриевич Ходаков**, канд. техн. наук, специалист по сварке, в мае, июне и августе — сентябре проводил осмотр, подготовку и контроль ремонтных работ сварных швов трубопроводов КМПЦ Ду 800.
- **Игорь Федорович Щедрин**, специалист по неразрушающему контролю, в августе — сентябре проводил дефектоскопию сварных соединений КМПЦ Ду 800.
- **Юрий Александрович Сюткин**, специалист по сварке, принимал участие в ремонте и замене задвижек Ду 800 и сварных соединений трубопроводов Ду 800.

специалисты выезжали на АЭС бригадами в течение мая — декабря 1987 г.

Почему в Чернобыле потребовалась столь мощная научно-техническая команда ЦНИИТМАШ? Первая командировка в мае 1987 г. показала, что в отдельных сварных соединениях оборудования ультразвуковой контроль фиксирует множественные дефекты. Некоторые из них имеют характеристики, превышающие требования нормативной документации — правил контроля. В связи с необходимостью выполнения работ по реакторному отделению в кратчайшие сроки руководство АЭС обратилось в ЦНИИТМАШ с просьбой прислать комплексную бригаду и подготовить решения по всем сварным соединениям с фиксируемыми УЗК несплошностями в кратчайшие сроки.



За участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. коллектив НПО «ЦНИИТМАШ» был награжден памятной медалью. Такой же медалью был награжден каждый из специалистов, выполнявших работы непосредственно на АЭС. Все были отмечены благодарностью Правительства Советского Союза, подписанной заместителем председателя Совета Министров Б. Е. Щербиной, который некоторое время был председателем Правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Для решения задачи были дополнительно привлечены контролеры ЦНИИТМАШ, ЛьвовОРГРЭС, ЧАЭС, Ижорского завода, ВНИИАЭС. Дополнительно ЦНИИТМАШ изготовил и передал на ЧАЭС специализированную аппаратуру «Сверчок», которая создавала возможности для существенно (вдвое) повышения производительности УЗК. Основной объем выявленных несплошностей наблюдался в сварных соединениях трубопроводов КМПЦ Ду 800, и большинство из них располагалось в районе линии сплавления перлитного металла и антикоррозионной наплавки.

Для исследования несплошностей в сварных соединениях биметаллических трубопроводов Ду 800, барабанах-сепараторах и коллекторах ЦНИИТМАШ разработал новые специализированные методики, которые в дальнейшем станут классическими и войдут в Правила и нормы по ультра-

звуковому контролю: ПНАЭГ-7—30—91 (методы «корневой тандем» и УЗК головными волнами), ПНАЭГ-7—31—91 (УЗ-толщинометрия биметалла и наплавки).

С помощью этих и стандартных методик и аппаратуры «Сверчок» специалистам удалось в короткий срок выполнить контроль всех оставшихся сварных соединений. Все несплошности были исследованы и разделены на группы: безусловно допустимые; одиночные технологические несплошности в зоне сплавления наплавки с перлитным металлом; протяженные несплошности, не имеющие признаков трещинообразного дефекта; протяженные несплошности, имеющие признаки трещинообразного дефекта; высокие трещинообразные дефекты. Для первых трех и пятого типов несплошностей доста-



В последующие годы (1988—1990) специалисты НПО «ЦНИИТМАШ» продолжали оказывать помощь в проведении работ на действующем оборудовании Чернобыльской АЭС.

1996 г. в связи с десятой годовщиной со дня катастрофы на Чернобыльской АЭС Указом Президента Российской Федерации № 5103 «За мужество и самоотверженность, проявленные при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС» сотрудники ЦНИИТМАШ были награждены:

- **орденом Мужества:**  
В. Е. Белый, Н. П. Разыграев и И. Л. Харина;
- **медалью «За спасение погибавших»:**  
В. В. Бобков, В. А. Бодянский, А. В. Быков, Г. С. Васильченко, А. Б. Геллер, В. И. Герасимов, А. С. Зубченко, А. В. Кудрявцев, Ю. М. Никитин, А. В. Овчинников, С. М. Петушков, А. И. Тарновский, В. Д. Ходаков, И. Ф. Щедрин, А. А. Щербаков.

точно решения контролеров. Для четвертого типа несплошностей, а их оказалось существенно больше, чем пятого, необходимо было готовить специальное техническое решение по допуску сварного соединения с дефектом в эксплуатацию.

Г. С. Васильченко, А. В. Овчинников, А. С. Зубченко непосредственно на ЧАЭС разработали специальную методику расчета работоспособности сварных соединений с дефектами. В результате выполненной работы на ЧАЭС и в ЦНИИТМАШ были проведены расчеты для нескольких сварных соединений барабанов-сепараторов и трубопрово-



Чернобыльцы ЦНИИТМАШ после награждения 26 апреля 2011 г. (25 лет после аварии) в парадном зале ЦНИИТМАШ

дов Ду 800. На основании результатов УЗК и расчетов были приняты технические решения по ремонту отдельных сварных соединений с дефектами, что и было сделано в августе — октябре 1987 г. при активном участии бригады ЦНИИТМАШ под руководством В. Д. Ходакова и специалиста ВНИИА-ЭС И. В. Буряка.

Такая продуктивная работа комплексной бригады была обеспечена благодаря руководству А. С. Зубченко, который своей работоспособностью и высокой ответственностью показывал пример отношения к выполнению поставленных задач. Так, при выполнении УЗК трубопроводов и коллекторов не хватало контролеров, и тогда Александр Степанович срочно освоил методику УЗК сварных швов головными волнами и наравне с контролерами выполнял УЗК сварных соединений коллекторов.

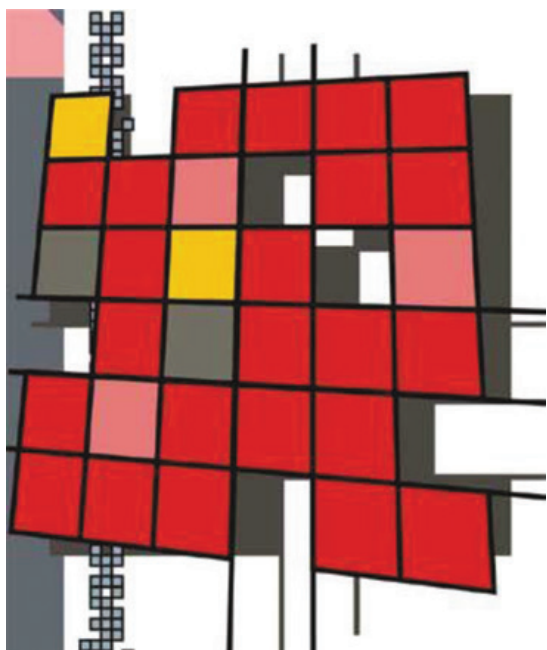
Поставленная перед ЦНИИТМАШ задача по контролю оборудования и трубопроводов реакторного отделения 3-го блока была выполнена в установленные сроки. Были определены дефектные сварные соединения и приняты технические

решения по допуску в эксплуатацию сварных соединений с несплошностями. Были приняты решения о сроках подготовки и проведения ремонтных работ.

Всех сотрудников ЦНИИТМАШ — участников ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС в разное время отмечали отраслевыми наградами Госкорпорации «Росатом», медалями в ознаменование 20-, 25- и 30-летия аварии. Некоторые из них продолжают и сегодня трудиться в ЦНИИТМАШ, передают свой опыт молодым сотрудникам.

*Из книги «Государственный научный центр Российской Федерации АО «НПО «ЦНИИТМАШ». Мировой уровень знаний, опыта и достижений» (под ред. д-ра техн. наук В. В. Орлова и д-ра техн. наук К. Л. Косырева. Москва, ГНЦ РФ АО НПО «ЦНИИТМАШ», 2019, с. 37–43).*

**Материал в редакцию представил канд. техн. наук Николай Павлович РАЗЫГРАЕВ**



**10-я Международная  
научно-техническая конференция**

# **«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ»**

**Республика Беларусь, г. Могилев  
24–25 сентября 2026**

## **ОРГАНИЗАТОРЫ**

- Научный совет Международной ассоциации академий наук по неразрушающему контролю и технической диагностике
- Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике
- Институт прикладной физики НАН Беларуси
- Белорусско-Российский университет

## **ОСНОВНАЯ ТЕМАТИКА**

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

## **КРУГЛЫЕ СТОЛЫ**

- Передовые технологии неразрушающего контроля и диагностики: нормативная база, приборное обеспечение, проблемы и перспективы
- Подготовка кадров и сертификация персонала в области НК и ТД

**Информация о конференции будет размещена  
в разделе «Наука» на сайте: [www.bru.by](http://www.bru.by)**

## **Адрес оргкомитета, контактные телефоны, электронная почта:**

- **БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
212000, Республика Беларусь, г. Могилев, пр-т Мира, д. 43, оргкомитет конференции
- **СЕРГЕЕВ Сергей Сергеевич**  
[+375] 297 433868 • [sss.bru@tut.by](mailto:sss.bru@tut.by)
- **БРИСКИНА Ирина Владимировна**  
[+375] 222 713347 • FAX: [+375] 222 71359 • [onti336-341@yandex.ru](mailto:onti336-341@yandex.ru)

# О ПОЛЬЗЕ РАДИАЦИИ



## УШАКОВ Валентин Михайлович

Д-р техн. наук, научный руководитель,  
Институт неразрушающих методов исследования  
металлов АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва

Радиация имеет пользу в медицине, промышленности, сельском хозяйстве. Малые дозы могут положительно влиять на продолжительность жизни. Ключевой принцип: яд в малых дозах — лекарство.

*Википедия*

Мне представляется, что вопрос о пользе радиации является риторическим. С одной стороны, уж лучше не попадать под нее. Однако радиацию используют в медицинских целях — обсуждение ее пользы неуместно. Ясно, что все, что приводит к продлению жизни или, скажем, ее поддержанию, полезно.

Но совсем другое дело — промышленное использование радиации. И для работы с «мирным атомом» специалистов готовят в профилированных вузах. Я же, будучи студентом совсем не атомного вуза, не предполагал, что свяжу жизнь, пусть косвенно, с этим самым «мирным атомом». В июне 1972 г., после окончания 4-го курса, меня направили на технологическую практику в Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения (ЦНИИТМАШ). С сентября до конца 1973 г. длилась преддипломная практика в том же ЦНИИТМАШе. А 19 марта 1974 г. я был принят на работу инженером в ту же организацию и проработал в ней (страшно подумывать!) 52 года. Тогда мне и в голову не приходили

мысли о пользе и вреде радиации — тревожили другие проблемы. В первые месяцы я присматривался, прислушивался и оценивал свои способности к научно-исследовательской работе, которая предполагала командировки на заводы, что было мне и полезно, и интересно. Шеф (впоследствии руководитель подготовки моей кандидатской диссертации) Виктор Григорьевич Щербинский уверял, что возглавляемая им лаборатория работает с машиностроительными заводами, и командировок на атомные станции практически не бывает. Я почувствовал внутреннее облегчение, но где-то внутри все же жил предрассудок, что атомные станции страшны именно радиацией. Как говорится, легче расщепить атом, чем изжить в человеке предрассудки.



*В. Г. Щербинский (справа) и В. Е. Белый на испытании разработанной системы*

И что же... Вскоре меня и коллегу Владимира Евгеньевича Белого направили в командировку именно на АЭС — Кольскую. Первое знакомство с АЭС не было отмечено особыми событиями. В последующие годы мне неоднократно доводилось бывать на Кольской и других АЭС Советского Союза.

А объяснялись эти командировки тем, что в середине 70-х гг. прошлого столетия по договору с Кольской АЭС в нашей лаборатории была разработана система акустического контроля металла корпуса реактора по его внутренней поверхности. Главный узел системы — акустический блок с «разнесенным электродом» был изобретением В. Г. Щербинского.



Кольская АЭС

Итак, мы на АЭС. Мне и коллеге оформили пропуск. В кабине с блокирующимися дверями каждый набирает индивидуальный шифр. Набран правильно — открывается дверь.

Идеальная чистота, будь то реакторное или турбинное отделение. Кстати, в турбинном отделении уровень радиации не выше естественного фона, который равен примерно 20 мкР/ч. Сотрудники во всем белом — халатах, брюках и шапочках. Ходят важные, сосредоточенные. На них (сотрудниках) высокая ответственность. Такие вот первые ощущения от посещения АЭС.

Мне запомнилась мощнейшая вентиляция рабочих помещений внутри станции, такая, что буквально сдувает и тащит куда-то в угол. Воздух всасывается снаружи через фильтры и выдувается через огромные фильтры наружу. Ни единой пылинки, но сквозняк — источник насморка и простудных заболеваний в целом — смазывал в общем-то приятные ощущения от пребывания в рабочих залах АЭС.

Наш путь лежал в реакторное отделение. Прошли рамки, оказались перед длинными невысокими скамеечками. Разулись, обувь в руки, перекинули ноги на другую сторону — это уже «активная зона». Обулись в белые тапочки (да, да! именно в белые — атомщики умеют шутить), прошли в раздевалку, затем в душевую. После тщательного мытья облачились в белую куртку, брюки и шапочку.

Помню, в конце 1970-х гг. реакторную установку ВВЭР-440 (водо-водяной реактор мощностью 440 МВт) остановили на планово-предупредительный ремонт (ППР).

И вот мы в административном помещении недалеко от реактора. В нем много специалистов: конструкторов, сварщиков, прочнистов (инженеров по прочности металла). Мы заняты делом в соответствии с командировочным заданием. Другие командированные и сотрудники станции

обсуждают намеченный спуск внутрь реактора для оценки качества его поверхности. (Помимо диагностики качества внутренней поверхности решались и другие задачи.) Для этого используется свинцовая толстостенная кабина. В корпусе кабины два окошка из освинцованного стекла. Свинец и стекло — надежная защита от радиации. Чем выше плотность материала кабины, тем меньше уровень радиации внутри ее. Внутрикорпусные устройства предварительно извлечены из реактора краном. Уровень радиации везде тщательно контролируется. При превышении определенной дозы облучения сотрудники не допускаются к работам.

В кабине (строго по регламенту только специалисты соответствующего профиля) осталось два свободных места. Мой напарник изъявил желание и мне предложил спуститься в реактор для его осмотра изнутри. Мне стало зябко, и не только от сквозняка. Реактор, пусть и остановленный, заморозил во мне все желания.

Я сказал Владимиру Евгеньевичу:

— В группе в основном конструкторы. Им интересно их детище. А мы-то что забыли в реакторе? Кроме того, диагностика корпуса реактора входит в обязанности сотрудников лаборатории металлов станции. Коллега проявил благоразумие, столь свойственное ему. Экскурсия внутрь реактора не состоялась.

Нашу акустическую установку использовали для контроля сварных соединений металла корпуса реактора. Акустический блок с помощью механизмов устанавливался на внутреннюю поверхность корпуса. Блок медленно перемещался вдоль сварного шва и озвучивал его. Владимир Евгеньевич и я лишь смотрели на экран дефектоскопа. Эхосигналов от несплошностей не наблюдалось. Дефекты в сварных соединениях отсутствовали.

Было еще несколько командировок на Кольскую АЭС. В одной из них случился конфуз. Однажды я никак не мог выйти из активной зоны. А дело было в следующем. Выход из активной зоны тщательно продуман. Раздеваешься, идешь в душевую. Смываешь пыль, которая может быть радиоактивной. Проходишь через раму-определитель радиоактивности. Загорается зеленая лампочка — одеваешься и выходишь из активной зоны. Загорается красная — возвращаешься в душевую, тщательно моешься еще раз. Повторно подвергаешься контролю, загорается зеленый свет — проходишь дальше. Обычно я успешно преодолевал контроль на радиоактивность с первого раза. А в этот раз многократное мое посещение душа не могло погасить красную лампочку. Охранники встревожились и вызвали специалиста по радиационной безопасности, который отсканировал

прибором поверхность моего тела. Все в норме! Что-то случилось с рамкой. Работники АЭС увлеклись обсуждением. А я, пользуясь заминкой, улизнул и пошел одеваться.

Шли годы. Ощутимых изменений в моем организме не наблюдалось. Инцидент на Кольской АЭС был забыт. Однако в какой-то момент мне стало не хватать воздуха. В тесном, душном помещении я задыхался. Ночью приходилось спать с открытой форточкой. Иначе не мог заснуть. Мой базовый принцип: во всяком отрицательном явлении ищи позитив. И он нашелся! Меня не беспокоили бронхит, пневмония в легкой или тяжелой форме (воспаление легких). И даже при не столь серьезные заболевания, например при ОРВИ, у меня не было одышки или кашля. Насморк, заложенность носа и боль в горле, но не более. Меня тянуло разобраться, выяснить причину столь необычного течения у меня острых респираторных заболеваний.

Мне вспомнилась командировка в конце 1970-х на Кольскую АЭС. Ведь я тогда глотнул, в смысле надыхался слаборадиоактивной пылью! Она осела в легких и приняла на себя функцию защиты от вирусов, микробов и прочих невидимых вредителей.

Моя гипотеза подтвердилась сведениями из Википедии: «радиация в умеренных дозах уменьшает вероятность рака легких, поджелудочной железы, некоторых кишечных опухолей. Исследования CNL показывают, что низкие дозы излучения могут стимулировать активацию механизмов восстановления, которые оказывают долговременное воздействие, помогают защитить людей от болезней».

Сомнительно, что касается рака легких: ведь многолетнее облучение стронцием при курении приводит к раку легких — это факт. Но одноразовое слабое облучение укрепляет легкие. Это тоже факт, в котором я убедился на собственном опыте. Радиоактивность может быть ядом или лекарством в зависимости от дозы. А где граница между болезнью и здоровьем? Для каждого из нас эта граница своя, т.е. смещается в ту или иную сторону. Из сказанного можно сделать провокационный вывод: курение в малых дозах полезно. Но что такое «малые дозы»? Знать бы каждому курильщику значение своей «малой дозы». Мне кажется, не курить вовсе — надежнее.

Мною получена одноразовая порция радиации. Работники АЭС получают дозу ежедневно, но суммарное значение накопленной радиации не должно превышать трех бэр (раньше было 5 бэр).

Какую-то дозу излучения получают пациенты при прохождении КТ (компьютерной томографии). В системе КТ в качестве источника излучения используется рентгеновский аппарат. Доза облучения

*Для справки для непосвященных. 1 бэр — биологический эквивалент рентгена. При определении понятия «один рентген» исходят из ионизации (получения положительных и отрицательных ионов) воздуха единичного объема. Такую дозу применительно к человеку называют биологическим эквивалентом рентгена (бэр). В системе СИ (Международная система единиц) вместо рентгена (R) применяют зиверт (зв) — единица измерения дозы излучения: 1 зв = 100 R.*

достигает 2,0 — 2,5 R (или бэр). В заключении по результатам КТ врач обязан указывать дозу облучения пациента.

Вспоминается апрель 1986 г., 26 числа произошла катастрофа мирового масштаба: взрыв энергоблока на Чернобыльской АЭС. Об этом мы узнали в понедельник 29 апреля. Формировалась бригада из специалистов-добровольцев ЦНИИТМАШ для участия в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. А мне уже была оформлена командировка на Кольскую АЭС, когда же я вернулся из командировки, наша бригада уже прибыла на место аварии. Мне не захотелось ехать вдогонку. По счастливой случайности мне не суждено было стать участником ликвидации аварии. Из семи человек аварийной бригады на данный момент живы трое. Трудно сказать, влияние ли это радиации, ведь прошло 40 лет. Мне повезло, в какой части бригады оказался бы я: среди мертвых или живых? Но вот что интересно. В первые минуты аварии приборы дозиметрии зашкаливали, что приводило к ложному выводу о неисправности приборов. Уровень радиации составлял несколько тысяч рентген. Смертельно опасный уровень 100 R. При 600 — 1000 R человек умирает в течение суток. Работники энергоблока, получив не совместимую с жизнью дозу, умирали быстро. Загар, вызванный радиацией, был признаком высокой радиации. Многих похоронили на обычных кладбищах. Ходили слухи, что могилы чернобыльцев светились по ночам. Спыхватились — разработали специальные методы захоронения и выделили кладбища. Правда, не знаю, насколько достоверны эти сведения.

11 марта 2011 г. произошла подобная катастрофа в Японии на АЭС «Фукусима-Дайити». Попала ли радиация в Мировой океан? Мне неизвестно. Как определить? Мне представляется, что если пойманная в океане рыба вблизи АЭС светится ночью ..., значит, ее надо захоронить в специально отведенном для этого месте.

Можно продолжать шутить на тему атома и излучения, но надо помнить, что атом шутить не любит...