

# ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# 1, 2023

январь – март (45)

23-25 ОКТЯБРЯ 2023 ГОДА

Х МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ  
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ  
ИСПЫТАНИЯ ДИАГНОСТИКА



МОСКВА, ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

XXIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ  
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

## Х ЮБИЛЕЙНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

КРУПНЕЙШАЯ ОТРОСЛЕВАЯ ПЛОЩАДКА В РОССИИ И СНГ



15+

КРУГЛЫХ СТОЛОВ  
С УЧАСТИЕМ ЭКСПЕРТОВ



3200+

РУКОВОДИТЕЛЕЙ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ



50+

КОМПАНИЙ-ЛИДЕРОВ  
В ОБЛАСТИ НК И ТД

В РАМКАХ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ НЕДЕЛИ



32 000 +  
М<sup>2</sup> ВЫСТАВОЧНОЙ ПЛОЩАДИ

29 000 +  
ПОСЕТИТЕЛЕЙ

500 +  
КОМПАНИЙ УЧАСТНИЦ



VK.COM/RONKTD  
+7 (499) 245-56-56

EXPO. RONKTD.RU  
CONF. RONKTD.RU



РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

SAVE  
THE  
NEW  
DATE



**13<sup>th</sup> ECNDT**  
3-7 JULY 2023 | LISBON

EUROPEAN CONFERENCE ON NON-DESTRUCTIVE TESTING

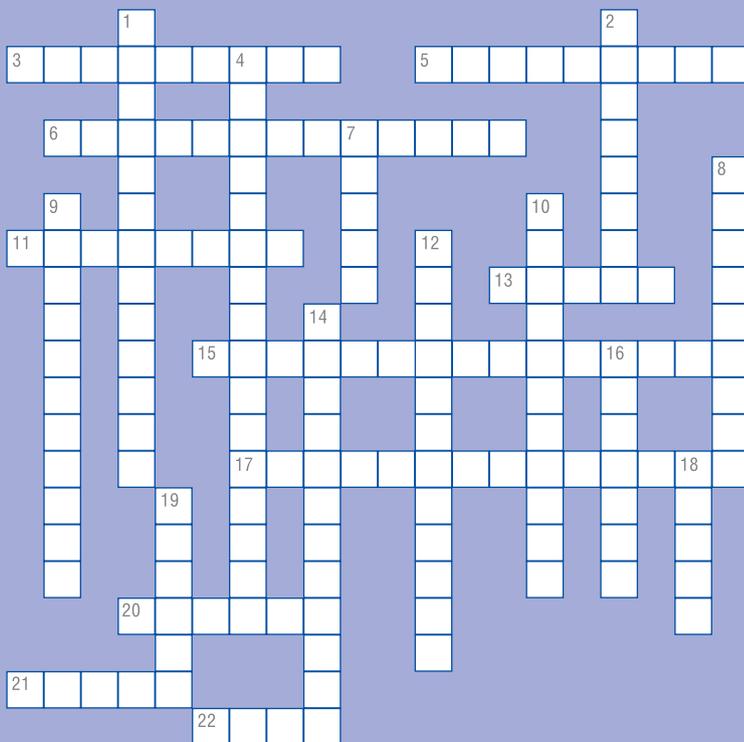
[WWW.ECNDT2023.ORG](http://WWW.ECNDT2023.ORG)

**CONTACT INFORMATION**

AIM GROUP INTERNATIONAL – LISBON OFFICE  
EMAIL [ecndt2023@aimgroup.eu](mailto:ecndt2023@aimgroup.eu)  
TEL +351 21 324 50 62



# Материаловедение

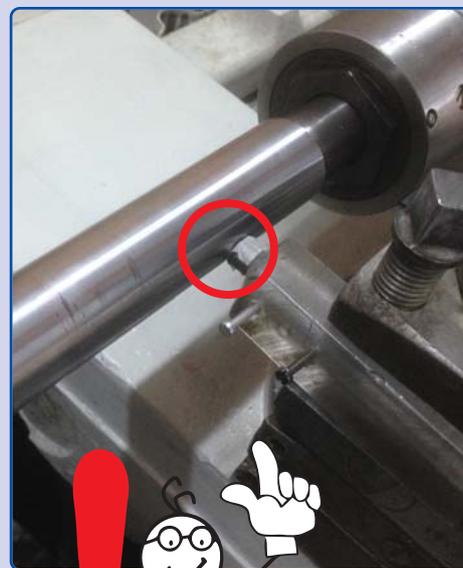


## По горизонтали

**3.** Сплав алюминия (основа) с медью, магнием и марганцем. **5.** Равнозначность свойств материала (среды) по всем направлениям. **6.** Способность металла сопротивляться окислению при высоких температурах. **11.** Пластмасса, состоящая из рубленого волокна, пропитанного термореактивной синтетической смолой. **13.** Получение изделий непосредственно из жидких металлов и сплавов. **15.** Введение в расплавленные металлы и сплавы модификаторов с целью резкого изменения (например, измельчения) структуры и улучшения свойств. **17.** Химико-термическая обработка металла (изделия), заключающаяся в удалении избыточного азота из поверхностных слоев. **20.** Каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией. **21.** Кристалл неправильной формы. **22.** Полупродукт металлургического производства, представляющий собой стальную заготовку квадратного сечения со стороны более 140 мм, предназначен для производства сортового проката.

## По вертикали

**1.** Молекула с высокой молекулярной массой, структура которой представляет собой многократные повторения звеньев, образованных из молекул малой молекулярной массы. **2.** Способность металла пластически деформироваться при ковке и загибке без появления надрывов на углах и гранях пробы. **4.** Наука о взаимосвязи электронного строения, структуры материалов с их составом, физическими, химическими, технологическими и эксплуатационными свойствами. **7.** Твердая губчатая масса железа (с низким содержанием углерода, серы, фосфора и кремния) со шлаковыми включениями, заполняющими поры и полости. **8.** Один из способов оксидирования; проводится с целью получения темно-синей оксидной пленки на сплавах железа (изделиях) путем выдержки их в перегретом водяном паре. **9.** Химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя металла (изделия) бором. **10.** Различие свойств металлов и сплавов в разных кристаллографических направлениях. **12.** Величина, количественно характеризующая содержание данного компонента в сплаве (физико-химической системе). **14.** Явление возникновения в веществе намагниченности в направлении, противоположном внешнему магнитному полю. **16.** Естественный или искусственный материал преимущественно высокой твердости для обработки металлов резанием или их очистки. **18.** Поверхность, образующаяся при разрушении образца или изделия. **19.** Ковкий серебристо-белый металл с высокой химической реакционной способностью, с атомным номером 26.



Отработка методики полуавтоматизированного вихретокового контроля ответственных и тяжелонагруженных деталей авиационной техники (лопатки, зубчатые колеса, валы, диски, точные сопрягаемые детали плунжерных пар и др.) на шлифовочные прижоги и поверхностные трещины специалистами ООО «ПАНАТЕСТ».



Составил: А.В. Семеренко, ООО «ПАНАТЕСТ»

Кроссворды по теме НК он-лайн см. [http://www.sonatest.ru/defektoskop\\_11.html](http://www.sonatest.ru/defektoskop_11.html)



Выше головы не прыгнешь...  
**Взлетаем!**

**S400**



Работа  
в группе



Огибание  
препятствий



LiDAR



Тепловизор 1K  
1280×1024



Грузоподъёмность  
3 кг



Время полёта  
до 63 минут



+7 (495) 775-75-25  
[pergam.ru/S400](http://pergam.ru/S400)

# Территория NDT

## СОДЕРЖАНИЕ

1 (январь – март), 2023

**Главный редактор**  
**Клюев В.В.**  
(Россия, академик РАН)

**Заместитель главного редактора:**  
**Клейзер П.Е.** (Россия)

### Редакционный совет:

**Азизова Е.А.**  
(Узбекистан,  
заместитель председателя УзОНК)

**Аугутис В.** (Литва)

**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 TD&CM)

**Ригишвили Т.Р.**  
(Грузия, президент GEONDT)

**Скордев А.Д.**  
(Болгария,  
почетный председатель BGSNDT)

### Редакция:

Агапова А.А.  
Клейзер Н.В.  
Сидоренко С.В.

### Адрес редакции:

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

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

### Учредители:

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

### Издатель:

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

Корректор Смольянина Н.И.  
Компьютерное макетирование  
Смольянина Н.И.  
Сдано в набор 9 января 2023  
Подписано в печать 6 февраля 2023  
Формат 60x88 1/8.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.  
Распространяется бесплатно

Редакция не несет ответственность  
за достоверность информации,  
опубликованной в рекламных  
материалах. Статьи публикуемые  
в журнале, не рецензируются.  
Мнение авторов может не совпадать  
с мнением редакции.

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

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

## СТРАНИЧКА РУКОВОДИТЕЛЯ

**Обращение** президента РОНКТД В.А. Сясько ..... 2

## НОВОСТИ

**Сингапурская** международная конференция  
по неразрушающему контролю SINCE – 2022 ..... 6  
**РОНКТД и ДВФУ** договорились о создании учебно-испытательной лаборатории  
неразрушающего контроля в рамках сотрудничества ..... 7  
**II Конгресс** молодых ученых ..... 8

## ИНТЕРВЬЮ НОМЕРА

**Национальное агентство** контроля сварки. Компетентность и 30-летний опыт ..... 10

## ВЫСТАВКИ. СЕМИНАРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ

**Деловая программа форума** «Территория NDT – 2022».  
Отчеты по круглым столам ..... 16  
**Базулин А.Е.** Национальная премия в области неразрушающего контроля  
и технической диагностики в 2023 году ..... 38  
**Всероссийский конкурс** выпускных квалификационных работ  
«Новая генерация – 2023» ..... 40  
**Научно-практический форум** «Большой Тест-Драйв» GLOBAL FORUM 2022 ..... 42

## ПОЗДРАВЛЯЕМ

**В.Н. Костину** – 65 лет! ..... 44  
**Горчатов О.В., Комаров А.Г., Толкачев В.Н.** 50 лет лаборатории неразрушающего контроля  
АО «ВНИКТИнефтехимоборудование» ..... 46  
**Сейдуров М.Н.** 60 лет кафедре сварочного производства Алтайского государственного  
технического университета имени И.И. Ползунова ..... 52

## МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

**Пепеляев А.В.** Ультразвуковой контроль изделий из золота ..... 56

## ИСТОРИЯ НК

**Разыграев Н.П.** 50 лет – головные волны в ультразвуковой дефектоскопии металлов  
(Часть 1) ..... 62

# ОБРАЩЕНИЕ ПРЕЗИДЕНТА РОНКТД ВЛАДИМИРА АЛЕКСАНДРОВИЧА СЯСЬКО



## Уважаемые коллеги!

Прежде всего, разрешите поздравить с наступлением Нового 2023 года всех читателей международного журнала «Территория NDT» из России, Украины, Казахстана, Азербайджана, Беларуси, Грузии, Латвии, Литвы, Молдовы, Узбекистана, Болгарии, Израиля, где журнал распространяется через национальные общества неразрушающего контроля, а также специалистов из других стран, с которыми мы общаемся на страницах журнала в Интернете или на выставках, конференциях, семинарах.

В этом году нас ожидает много различных международных и национальных мероприятий, на которых мы сможем встретиться с нашими коллегами из ближнего и дальнего зарубежья, обменяться последними достижениями в науке и технике, пообщаться и обсудить перспективы развития отрасли. В феврале в Мельбурне стартует Азиатско-Тихоокеанская конференция APCNDT-2023, в июне – Европейская конференция ECNDT-2023 в Лиссабоне. Впервые эти две конференции проводятся в одном году. Но это только начало, в 2024 году в Корею

пройдет всемирная конференция WCNDT-2024. И везде нас ждет живое общение!

Традиционно значимым для всех нас событием является проводимая раз в три года Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике, которая состоится в Москве с 23 по 25 октября в ЦВК «Экспоцентр» параллельно с юбилейным X Международным промышленным форумом «Территория NDT». В эти же дни запланирована Отчетно-выборная конференция РОНКТД. Эти мероприятия объединяет не только единство дат и места проведения, но и единство цели – они посвящены развитию научных и методических основ неразрушающего контроля (НК), мониторинга состояния (МС) и технической диагностики (ТД), совершенствованию отечественных аппаратных средств и методик их применения, вопросам подготовки и аттестации персонала.

XXIII Всероссийская конференция по НК и ТД с международным участием охватит традиционно рассматриваемые методы НК и рассмотрит вопросы МС и ДТ в свете основных трендов развития науки и техники: разработки и валидации адекватных моделей процессов получения первичной информации о параметрах объектов контроля, обработки сигналов и выделения первичных информативных параметров, повышения достоверности результатов и перехода от НК к МС на всех этапах жизненного цикла сложных инфраструктурных объектов, а также их технического диагностирования при риск-ориентированном подходе. Будет проведен ряд панельных сессий, посвященных методическим вопросам цифровизации НК (то, что мы уже традиционно обозначаем как NDE 4.0), роли личности в автоматизированном НК, неинвазивному исследованию объектов культурного наследия и подготовки специалистов высшей категории. Основываясь на опыте наших зарубежных коллег, мы впервые организуем секцию «Коммерческие презентации новых методик и средств высокотехнологичного НК». И как всегда, ряд задушек станет приятным сюрпризом для участников конференции.

По результатам научного рецензирования будет опубликован сборник докладов на английском языке в издании, включенном в единую библиографическую и реферативную базу данных рецензируемой научной литературы SCOPUS.

Уже начата подготовка к проведению Отчетно-выборной конференции РОНКТД, на которой будет представлен отчет президента о результатах работы за весьма насыщенный событиями период с 2020 по 2023 гг. и состоятся выборы нового состава правления и президента.

В течение отчетного периода произошла коренная реорганизация принципов функционирования систем НК РОНКТД как совместный проект с нашими коллегами из Национального агентства контроля сварки, возглавляемого академиком РАН Н.П. Алешиным, утвержден новый устав общества, сохранен и подтвержден статус РОНКТД как полноправного члена EFNDT, APFNDT, ICNDT. Развиваются связи с коллегами из национальных обществ всех континентов, где с уважением относятся к богатой истории и достижениям выдающихся российских ученых и специалистов, организовавших известные научно-технические школы: ныне здравствующих академиком РАН В.В. Ключева и Н.П. Алешина и уже, к сожалению, ушедших от нас академика РАН Э.С. Горкунова, членов-корреспондентов М.Н. Михеева и В.Е. Щербинина, многих других ученых и специалистов-практиков.

Мы заявили и придерживаемся стратегии развития общества, формируем его как коллектив единомышленников, приверженных общим ценностям, направленным на обеспечение безопасного и комфортного существования всех нас и наших близких в быстроизменяющемся высокотехнологичном мире. Я, как президент РОНКТД, хочу выразить большую признательность руководителям и членам региональных отделений за работу, которую они проводят на местах, не всегда заметную, но очень важную: выполняют промышленную экспертизу, обучают и аттестуют персонал, разрабатывают новые приборы, критикуют нас, формулируют новые идеи развития и привлекают молодежь в наши ряды. В период подготовки к отчетно-выборной конференции пройдут региональные конференции, на которых будут выбраны достойные кандидаты для участия в предстоящих выборах состава правления и президента РОНКТД на новый трехлетний период. Хочется видеть в составе руководящих органов больше представителей российских регионов, где куется экономический потенциал нашей страны.

Юбилейный Международный промышленный форум «Территория NDT» пройдет в 10-й раз. Как всегда, форум выступит экспертной площадкой для диалога и нахождения решений среди производителей и поставщиков НК и промышленных предприятий, малых и средних компаний, научных институтов и учебных центров.

Высокий экспертный уровень форума, профессиональный состав посетителей и значимость неразрушающего контроля для промышленности в целом способствует тому, что форум с 2020 г. проходит в рамках Российской промышленной недели совместно с Международной специализированной выставкой оборудования, технологии и материалов для процессов сварки и резки Rusweld, Международной политехнической выставкой оборудования и технологий обработки конструкционных материалов «Технофорум». На площади 30 000 м<sup>2</sup> более 500 экспонентов представят свои достижения и передовое оборудование.

В Форуме-2023 примут участие ведущие российские и зарубежные компании, среди которых разработчики и поставщики оборудования, лаборатории НК, сервисные компании, научно-исследовательские институты, технические вузы, сертификационные центры, специализированные издания. Свое участие уже подтвердили постоянные экспоненты форума: НИИИИ МНПО «Спектр», «Константа», НПЦ «Эхо +», «АКС», НПО «Алькор», «ИНТЕРЮНИС-ИТ», «Мелитэк», «Тессоникс», Томский политехнический университет и др.

Ключевая особенность деловой программы форума – акцент на практическом применении разработок и новейших технологий в промышленности, поэтому программный комитет отбирает направления и темы с высокой практической значимостью. Тематика круглых столов традиционно охватывает ведущие отраслевые направления неразрушающего контроля в авиации, электроэнергетике, металлургии, машиностроении, строительстве, нефтегазовой, железнодорожной, атомной и космической отраслях, а также межотраслевые и смежные вопросы. В рамках форума пройдут заседания Технического комитета 371. Многообразие и синергия тематик, экспозиций и круглых столов существенно увеличивают возможности расширения круга потенциальных заказчиков и полезных контактов для всех участников форума.

Форум всегда отличал высокопрофессиональный состав посетителей: руководители компаний, начальники лабораторий, ведущие специалисты, инженеры из различных отраслей деятельности, ответственные за выбор и внедрение технологий НК и диагностики на предприятиях. На юбилейный форум мы ожидаем посетителей из России и дружественных стран: Азербайджана, Беларуси, Китая, Сербии, Грузии, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана и др.

Форум позволяет участникам и посетителям обсудить профессиональные вопросы в сфере неразрушающего контроля, познакомиться с новинками

оборудования, принять участие в обсуждении самых актуальных вопросов работы отрасли с ведущими экспертами компаний-заказчиков на круглых столах деловой программы.

Форум – ведущая отраслевая площадка, на которой помимо профессионального общения специалистов проводятся отраслевые конкурсы, молодежные мероприятия и презентации новинок. Проведение финалов конкурсов в рамках форума позволяет говорить о консолидации и единстве всех граней неразрушающего контроля.

Первый «Салон инноваций и стартапов» в области НК с успехом стартовал в 2020 г. На заочном этапе было подано более 30 заявок, для участия в очном этапе и представлении на форуме экспертным советом отобрано 20 лучших. Среди них были вывлены лучшие разработки, направленные на повышение информативности и достоверности НК, автоматизацию процессов и цифровизацию технологий НК, повышение безопасности при проведении работ по НК в различных отраслях промышленности. В рамках юбилейного форума пройдет 2-й Салон. Уже сейчас интерес к участию в нем проявляют ведущие российские корпорации, государственные органы. Ожидается большое число участников из многих регионов России, представляющих ключевые научно-исследовательские и производственные компании.

В дни проведения форума состоится подведение итогов Всероссийского конкурса выпускных квалификационных работ студентов, направленных на решение задач в области НК и ТД «Новая генерация». За два года существования конкурса в нем приняли участие студенты-выпускники из трех стран и 56 городов. В прошлом году заявки подали 48 бакалавров, 26 магистров и специалистов. Каждый год к участию в конкурсе «Новая генерация» присоединяются новые вузы, конкуренция становится все острее. Победу присуждают студентам и выпускникам, которые предоставляют по-настоя-

щему прорывные работы. Кроме того, победители конкурса, а также прошедшие отбор аспиранты и студенты из разных городов России и Беларуси, представят доклады в рамках Молодежной научно-технической конференции.

Традиционно на пленарном заседании ожидается вручение Национальной премии НК и ТД РОНКТД. В 2023 г. премия будет вручаться в трех номинациях: «За выдающийся вклад в развитие способов и технологий НК, разработку новых приборов и систем НК и ТД», «Молодому специалисту (до 35 лет) за достижения в области НК и ТД», а также номинация «За выдающийся вклад в научно-исследовательскую деятельность в области НК и ТД», приуроченная к проведению Всероссийской научно-технической конференции по НК и ТД и вручаемая один раз в три года.

В феврале стартует прием заявок на участие в 3-м Всероссийском конкурсе по неразрушающему контролю «Дефектоскопист». В 2022 г. в конкурсе приняли участие более 390 конкурсантов из 230 организаций со всей России. Финал конкурса состоится в рамках юбилейного форума.

За свою 10-летнюю историю форум стал самым значимым событием в области неразрушающего контроля и технической диагностики в России, и в последнюю неделю октября 2023 г. мы ожидаем на своей площадке специалистов по неразрушающему контролю из России и дружественных стран!

Кроме этого, нас ждет напряженная работа по стандартизации в национальном и международных комитетах, рабочих группах международных объединений, большое число отраслевых конференций и семинаров, конкурсы специалистов и выпускников вузов. Это потребует большого здоровья и энтузиазма, чего хочется пожелать всем Вам, Вашим близким и коллегам!

*С уважением,  
президент РОНКТД  
В.А. СЯСЬКО*



ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

## ДЕФЕКТОСКОПИСТ 2023

ПРОДЕМОНСТРИРУЙТЕ  
**ВЫСОКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ**  
И ЗАЯВИТЕ О СВОЕЙ КОМПАНИИ!

В 2022 ГОДУ В КОНКУРСЕ ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ



30 +  
РЕГИОНОВ



390 +  
УЧАСТНИКОВ



230 +  
ОРГАНИЗАЦИЙ

**ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП**



**ФЕВРАЛЬ - ОКТЯБРЬ 2023**

ПРОЙДЕТ В 32 РЕГИОНАХ НА БАЗАХ  
АТТЕСТАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ СНК ОПО РОНКТД  
УЧАСТИЕ В ОТБОРОЧНОМ ЭТАПЕ БЕСПЛАТНОЕ

**ФИНАЛЬНЫЙ ЭТАП, 23-25 ОКТЯБРЯ 2023**

СОСТОИТСЯ В РАМКАХ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ НЕДЕЛИ И X МЕЖДУНАРОДНОГО  
ПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT» В ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР», МОСКВА

### НОМИНАЦИИ

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

### МУЛЬТИНОМИНАЦИИ

(комбинация методов НК):

- ВИК + УК
- ВИК + РК
- ВИК + ПВК + МК
- ВИК + УК + РК

организатор



центральный  
орган СНК ОПО



при поддержке



РОСТЕХНАДЗОР



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
МОСКВЫ



МИНТРУД  
РОССИИ



## СИНГАПУРСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ SINCE – 2022



С 7 по 8 ноября прошла 4-я Сингапурская международная конференция по неразрушающему контролю SINCE – 2022, на которой как приглашенный лектор с докладом «NDE 4.0. Paradoxical Results of a Decade» выступил президент РОНКТД В.А. Сясько.

В работе конференции приняли участие представители 17 стран, в том числе из России, Италии, Японии, Австралии, Новой Зеландии, Кореи, Индии. На достаточно большой выставке оборудования были представлены разработки ведущих мировых и региональных лидеров, а также фирм из Сингапура.

На неформальных встречах и беседах руководители международных и национальных обществ неразрушающего контроля высказывали большое уважение к достижениям российских специалистов в области НК, к нашим выдающимся ученым, внесшим неоценимый вклад в развитие международного сотрудниче-

ства специалистов, академиком В.В. Ключеву и Э.С. Горкунову, другим известным ученым. Приятно удивили встречи с иностранными выпускниками советских и российских вузов.

Сравнивая наш прошедший форум «Территория NDT» и конференцию-выставку в Сингапуре, можно сказать, что российская наука и техника по-прежнему находятся на высоком уровне, а потенциал выхода на внешние рынки недостаточно использован, о чем следует подумать членам Гильдии российских производителей средств и технологий НК. Нас ждут на конференциях, в рабочих группах и комитетах. Наши знания, компетенции и личные человеческие качества всегда были и остаются востребованными.

*СЯСЬКО Владимир Александрович,  
д-р техн. наук, президент РОНКТД*

## РОНКТД И ДВФУ ДОГОВОРИЛИСЬ О СОЗДАНИИ УЧЕБНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В РАМКАХ СОТРУДНИЧЕСТВА

Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ) и Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) договорились о сотрудничестве в сфере науки и образования. В конце ноября университет пригласил с циклом лекций для студентов-инженеров кандидата технических наук, члена правления РОНКТД, генерального директора Научно-исследовательского института интроскопии (НИИИН) Дениса Игоревича Галкина. Помимо лекций в ДВФУ был проведен ряд совещаний по вопросам сотрудничества.

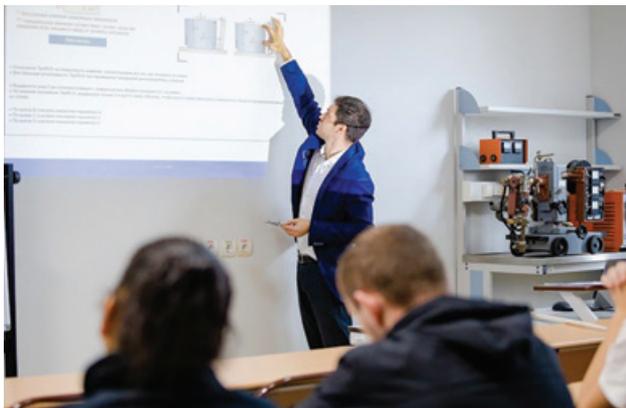
Учитывая курс на технологический суверенитет Российской Федерации, особое внимание в ходе переговоров было уделено вопросу комплектования учебной и научно-исследовательской базы ДВФУ

средствами неразрушающего контроля российского производства. Было отмечено, что оборудование подобной учебно-испытательной лаборатории должно быть адаптировано для использования в условиях вуза и дополнено всем необходимым для организации учебного процесса: образцами, методическими материалами, видеокурсами по работе с оборудованием, системой личных кабинетов для формирования отчетности и оценки по результатам выполнения лабораторных и практических работ.

Стороны договорились о совместной разработке учебных программ (модулей) по направлению методов неразрушающего контроля и разрушающих испытаний в рамках Образовательной программы высшего образования («Машиностроение. Аддитивные и цифровые технологии» и «Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства») и дополнительных образовательных программ для обучающихся и работников промышленных предприятий.

Отдельно была рассмотрена возможность привлечения студенческого бюро аддитивных и сварочных технологий ДВФУ для решения задач, стоящих перед производителями средств неразрушающего контроля. Решения студенческого бюро могут быть востребованы в рамках автоматизации и цифровизации средств неразрушающего контроля, а также позволят заменить традиционные технологии изготовления отдельных узлов и комплектующих на аддитивные. Д.И. Галкин выразил готовность привлечь студентов к разработке и тестированию приложений для smart-средств неразрушающего контроля, производимых НИИИН. Результаты подобного взаимодействия могут быть использованы студентами для демонстрации своих достижений в рамках всероссийских мероприятий, проводимых под эгидой РОНКТД: конкурса





выпускных квалификационных работ студентов и магистрантов (<https://ronktd.ru/directions/konkurs-diplomnykh-rabot/>) и салона инноваций и стартапов в области НК (<https://expo.ronktd.ru/program/salon/>).

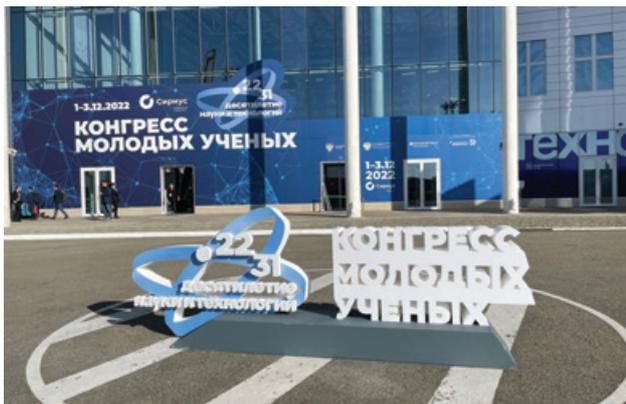
Также стороны договорились о продолжении практики проведения лекций для студентов и преподавателей ДВФУ авторитетными специалистами в области НК – членами РОНКТД. Лекции Д.И. Галкина, автора многочисленных научных работ в области инженерных исследований, стали первыми в рамках достигнутой договоренности.

«Я получил большое удовольствие от выступления перед студентами ДВФУ, особенно интересной полу-

чилась работа с магистрантами первого курса, которые находятся на стадии принятия решения о том, следует ли связывать свою дальнейшую профессиональную жизнь с направлением обучения. И здесь очень важным является мнение человека из профессии, имеющего положительный опыт, но говорящего с тобой на одном языке. Я считаю, что очень важно передавать накопленные знания молодому поколению, поэтому стараюсь чаще встречаться со студентами», – отметил Денис Галкин.

*По материалам  
дирекции РОНКТД и пресс-службы ДВФУ*

## II КОНГРЕСС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



Исполнительный директор РОНКТД А.В. Шабеева приняла участие во II Конгрессе молодых ученых, который прошел 1–3 декабря 2022 г. в Сочи, в Парке науки и искусства «Сириус».

В работе конгресса приняли участие более 3500 человек. Деловая программа Конгресса молодых ученых предусматривала проведение более 90 дискуссий, сессий, круглых столов и пленарных заседаний по пяти тематическим трекам: «Год науки и технологий», «Управление и инвестиции», «Взаимодействие и кооперация», «Инфраструктура и среда» и «Кадры и человеческий капитал». На них эксперты подводили итоги тематических месяцев Года

науки и технологий и обсуждали развитие различных направлений научно-исследовательской деятельности.

Среди экспертов Конгресса молодых ученых были Дмитрий Чернышенко, заместитель Председателя Правительства РФ, Андрей Фурсенко, помощник Президента РФ, Валерий Фальков, министр науки и высшего образования РФ, Антон Кобяков, советник Президента РФ, и Руслан Эдельгериев, советник Президента РФ, специальный представитель Президента по вопросам климата. Также в работе конгресса приняли участие Александр Сергеев, президент Российской академии наук, Алек-



сандр Хлунов, генеральный директор Российского научного фонда, Владислав Панченко, председатель совета Российского фонда фундаментальных исследований, Михаил Ковальчук, президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Алексей Лихачев, генеральный директор Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», Дмитрий Пумпянский, председатель совета директоров ПАО «ТМК», Сергей Куликов, председатель правления ООО «Управляющая компания «РОСНАНО».

По итогам Конгресса молодых ученых достигнуты договоренности о сотрудничестве РОНКТД с представителями корпораций, региональными НОЦ, вузами, производственными предприятиями, молодыми учеными, общественными объединениями. Деятельность РОНКТД заинтересовала ряд СМИ и сетевых ресурсов поддержки научных мероприятий. Международное сообщество готово принимать участие в проектах и мероприятиях Общества неразрушающего контроля.

*Дирекция РОНКТД*





*Николай Павлович, не так давно НАКС отпраздновал 30-летний юбилей. За счет чего столь революционная для тех лет идея создания независимого регулирующего органа смогла воплотиться в жизнь?*

В первую очередь за счет и благодаря инициативе неравнодушных и думающих людей. Профессорский состав кафедр сварки основных технических вузов страны и в первую очередь ведущей в стране кафедры сварки Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана обратил внимание на недопустимое снижение требований к сварке как на государственном уровне, так и на уровне непосредственных исполнителей

Развитие технологий сварки неизбежно влечет за собой развитие технологий оценки результатов их применения. Ответственные сварные конструкции, вопросы их качественного изготовления, обеспечения работоспособности и надежности сварных швов тесно связаны с проведением неразрушающего контроля, разрушающих испытаний и исследований. Но достаточно ли внимания уделяется этим вопросам? Какие механизмы регулирования деятельности в области неразрушающего контроля действуют в стране? Насколько они эффективны?

Об этом и о многом другом рассказывает член Национального совета при президенте РФ по профессиональным квалификациям, президент Национального агентства контроля и сварки (НАКС), академик РАН **Николай Павлович АЛЕШИН**.

сварочных работ. Не нужно быть провидцем, чтобы предсказать к чему это может привести — к недопустимому снижению качества сварных соединений и их неизбежному разрушению при последующей эксплуатации. А это аварии, ущерб, жизни людей. И, увы, не все из перечисленного можно оценить в денежном выражении, компенсировать, отремонтировать, восстановить. Ведь никто не сможет сказать, сколько стоит человеческая жизнь.

Мы анализировали ситуацию, встречались с представителями органов власти, надзора, приводили однозначные доводы, озвучивали тревожные факты.

\* В дополнение к материалам, опубликованным в Российской газете 23 января 2023 г., №13 (8958).

**Что же в итоге помогло вам убедить органы власти в необходимости принятия срочных мер?**

Резкий рост количества аварий на промышленных объектах в середине 1990-х, в том числе из-за некачественной сварки. Причем на тот момент действовали «Правила аттестации сварщиков», утвержденные в 1991 г., т.е. формально механизм регулирования ответственных сварочных работ существовал и аттестации сварщиков проводились. Только вот как и кем? В СССР аттестацию сварки проводили государственные комиссии на государственных предприятиях. Иными словами, механизм регулирования был государственным. В новой России комиссии и предприятия перестали быть государственными. Как результат – аттестация сварщиков перешла в ведение их работодателей и в подавляющем большинстве случаев стала выполняться формально. Предприятия без контроля со стороны государства сами себе выписывали документы об аттестации. Такой механизм контроля ожидаемо оказался бесполезен и даже опасен. Статистика МЧС по аварийности на объектах в тот период весьма красноречива. Государство приняло необходимое решение вовремя. Создали НАКС, возродили государственный надзор за ответственной сваркой.

**Тот НАКС девяностых был совсем не таким, как нынешний?**

Конечно, в 1992 году – в начале пути НАКС все еще оставался идеей, но уже поддержанной совместным решением Президиума РАН, органов государственного надзора, министерств и ведомств страны и подкрепленной решимостью вошедших в его состав людей. Нам было поручено создание принципиально новой системы аттестации сварочного производства, основанной на единых для всей страны требованиях и при условии независимости проводящих аттестацию лиц от исполнителей сварочных работ. Подобные системы уже достаточно длительное время действовали в Европе, поэтому именно они послужили основой для создания российской системы аттестации.

**Значит, НАКС – это копия европейской системы?**

Нет. Европейские подходы потребовали значительного пересмотра и адаптации к российским реалиям. На создание российской системы, разработку структуры, принципов функционирования, правил, нормативных и технических документов ушло более пяти лет. В 2000-х стали работать первые аттестационные центры, на предприятиях появились аттестованные сварщики и специалисты сварочного производства. В течение нескольких лет, благодаря возрождению механиз-

мов государственного контроля в сварке и других ответственных видах работ, аварийность на объектах страны постепенно пошла на убыль и к середине нулевых снизилась до приемлемых показателей.

**А сейчас, через 30 лет работы, система так же эффективна?**

За последние 10–15 лет я не припомню резонансных аварий, виновником которых был бы признан аттестованный сварщик или аттестованная организация. За 30 лет мы создали ассоциацию, которая по праву может служить примером взаимодействия государства и бизнеса.

**Николай Павлович, а что представляет собой НАКС сегодня?**

Сегодня НАКС объединяет свыше 100 аттестационных центров, расположенных в 67 субъектах РФ, а также в основных странах исхода трудовых мигрантов: Казахстане, Индии, Китае, Узбекистане, Беларуси, Турции. Отбор квалифицированных сварщиков и специалистов проводится преимущественно до их въезда на территорию РФ, что в современных реалиях крайне важно: страна испытывает дефицит в качественных трудовых ресурсах, а не в «джентльменах удачи».

С 2007 г. мы являемся базовой структурой профильного технического комитета по стандартизации ТК 364 «Сварка и родственные процессы» Росстандарта. Пятнадцатилетняя качественная и продуктивная работа ТК 364 дала возможность ликвидировать основные пробелы в нормативном техническом регулировании сварочного производства: разработаны десятки основополагающих стандартов, сотни стандартов актуализированы и гармонизированы с международными нормами требований. Благодаря деятельности ТК 364 российский производитель получает поддержку, помогающую ему осваивать не только российский, но и зарубежные рынки.

В 2014 г. Национальный совет при президенте РФ по профессиональным квалификациям наделил НАКС полномочиями Совета по профессиональным квалификациям в области сварки. В совет вошли представители нефтегазовой, судостроительной, авиационно-космической, строительной, атомной, моторостроительной, железнодорожной и машиностроительной отраслей, а также ведущих организаций высшего и среднего профессионального образования, научных и исследовательских организаций и Федерации независимых профсоюзов России. Во взаимодействии с Минтруда РФ и Минобрнауки РФ в кратчайшие сроки была подготовлена методологическая база, по всей стране начали действовать центры оценки квалификации.

Сегодня сварщики, специалисты сварочного производства и неразрушающего контроля могут пройти независимую оценку квалификации в регионе, где они живут, учатся или работают. Задача, поставленная главой государства, была успешно решена.

В 2015 г., стремясь восполнить пробелы в системе профессионального образования, мы создали Межотраслевой высокотехнологический центр НАКС, благодаря которому уже несколько тысяч специалистов сварочного дела получили необходимые навыки и знания.

***Николай Павлович, не могу не спросить: что послужило причиной решения НАКС вплотную заняться вопросом аттестации в области неразрушающего контроля?***

Постановлением Правительства Российской Федерации от 6 августа 2020 г. № 1192 с 1 января 2021 г. отменены Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля (ПБ 03-372–00) и Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440–02). Немного позднее приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 1 декабря 2020 г. № 478, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации 24 декабря 2020 г., регистрационный № 61795, утверждены федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах», ставшие единственным нормативно-правовым актом, регулирующим вопросы в этой области.

Сложилась ситуация, когда регулирование есть, а нормативная база для его осуществления отсутствует. Иными словами, требования государства на тот момент не могли быть реализованы.

***Но почему НАКС? Ведь в тот же самый период хватало проблем и в аттестации сварки?***

Да, проблемы были. Реализация механизма «регуляторной гильотины», нацеленного на повышение уровня безопасности и устранение избыточной административной нагрузки на субъекты предпринимательской деятельности, вывела аттестацию сварочного производства из законодательно урегулированных механизмов надзора. К счастью, последующими постановлениями правительства РФ это регулирование было оперативно восстановлено.

Несомненно, подобная оперативность — заслуга органов государственной власти и следствие поддержки со стороны государственных корпораций,

частного бизнеса и общественных объединений страны. Отдельно отмечу общероссийскую общественную организацию поддержки малого и среднего бизнеса «Опора России» и ее президента Александра Сергеевича Калинина, планомерно выступающего за сохранение качественного надзора за ответственными сварочными работами. В тот момент все сварочное сообщество выступило единым фронтом, поскольку все понимали недопустимость даже намека на вседозволенность и отсутствие регулирования при выполнении ответственных сварочных работ.

Как раз в тот момент к нам и обратилось руководство Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике с предложением о совместном создании качественно новой системы аттестации специалистов и лабораторий неразрушающего контроля. НАКСу была предложена роль центрального органа создаваемой системы. Понимая важность темы, мы дали свое согласие.

***Но вас не удивило, что обратились именно к вам?***

Нисколько. НАКС долгие годы является для бизнеса и госорганов подтверждением качества сварочного оборудования и материалов, квалификации персонала, компетентности предприятий и организаций. НАКС объединяет более 7000 профессионалов сварки, среди которых два академика РАН, свыше 150 докторов наук и более 250 кандидатов наук. Совместно с 36 техническими университетами и 11 ведущими научно-исследовательскими центрами России НАКС участвует в научно-исследовательских работах, в тесной связи с производителями внедряет инновационные технологии.

К кому еще, как не к нам, к профессионалам своего дела?

***Вот уже полтора года как действует система неразрушающего контроля ОПО РО НК ТД. Срок незначительный, но все-таки: чего удалось добиться?***

За неполный год удалось создать 38 аттестационных центров по стране. Благо, база для их создания уже имелась в распоряжении членов НАКС. Гораздо сложнее решался вопрос о создании нормативной базы, на которую регулирование могло бы надежно опереться. И в этом случае на разворачивание системы неразрушающего контроля у нас не было тех пяти лет, что мы имели при создании системы аттестации сварочного производства. Сделать нужно было все «еще вчера». Впрочем, начинали мы не на пустом месте: имелся опыт, квалифицированные кадры и устаревшие, отмененные, но пригодные для переработки нормативные доку-

менты, так что единственной проблемой оказалась нехватка времени. Система была создана и начала действовать. За период с апреля 2021 г. по февраль 2023 г. в рамках системы было проведено более 15 000 аттестаций специалистов неразрушающего контроля и аттестовано более 290 лабораторий неразрушающего контроля.

Для того чтобы организации имели возможность познакомиться с потенциалом аттестационных центров СНК ОПО РОНКТД, на их базе второй год подряд организуются отборочные этапы Всероссийского конкурса по неразрушающему контролю «Дефектоскопист». Конкурс проводится при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства труда и социальной защиты РФ, Ростехнадзора, Национального агентства развития квалификаций.

**Но система аттестации в области НК оказалась не единственной?**

Да, но я бы не придавал этому большого значения. Единственное, на что следует обратить внимание в условиях отсутствия единого регулятора — на разработку общих правил игры: порядка проведения аттестаций, требований к системе, центральному органу, аттестационным центрам, единые и действующие на всей территории РФ документы, общие реестры результатов и многое другое. Без этого — никак. И правила эти должны иметь статус национальных. Единственным разумным решением оказалась разработка комплекса национальных стандартов. По нашей инициативе подкомитетом ПК7/ТК371 «Подготовка, квалификация, аттестация и сертификация персонала» была обоснована и подготовлена программа разработки комплекса национальных стандартов, устанавливающих единые организационно-технические требования и правила, реализуемые для подтверждения компетенции специалистов и лабораторий в области НК. В программу национальной стандартизации на 2023 г. внесены следующие проекты стандартов системы НК:

- «Общие требования»;
- «Аттестация специалистов неразрушающего контроля»;
- «Аттестация лабораторий неразрушающего контроля».

Подготовка проектов национальных стандартов будет проходить в рамках рабочих групп, сформированных из представителей организаций — членов ПК 7/ТК371, ТК 079 «Оценка соответствия», ТК 364 «Сварка и родственные процессы». Обмен мнениями и голосование планируется проводить на специально созданной цифровой платформе ПК 7/ТК371.

**То есть за аттестацию сварочного производства можно не беспокоиться?**

Вопрос аттестации сварочного производства на опасных производственных объектах уже практически урегулирован благодаря позиции правительства. В соответствии с постановлениями правительства РФ № 2354 и 2355 от 30 декабря 2020 г. Ростехнадзором был разработан и внесен на рассмотрение в правительство соответствующий законопроект, который, к слову, на стадии обсуждения был поддержан 908 экспертами и 617 промышленными предприятиями России. Правительство одобрило текст законопроекта и внесло его на рассмотрение в Государственную Думу 14 октября 2022 г. Совет Государственной Думы назначил ответственным Комитет по промышленности и торговле. Соисполнителем был назначен Комитет по энергетике.

Состоялось много дискуссий, вопросы звучали самые острые: о барьерах для бизнеса, о возможных коррупции, о монополии. Конечно, свою роль сыграла сложность обсуждаемой темы и недостаточная квалификация основной массы приглашенных на обсуждение экспертов. Некоторые из них практически в открытую пытались ввести в заблуждение депутатов, в надежде отстоять собственные корыстные интересы, вплоть до попытки выведения своих кампаний из-под государственного надзора, не считаясь при этом с интересами страны. И все-таки нам удалось убедить депутатов, что законопроект № 213698-8 преследует иные цели.

**Какие именно?**

Во-первых, ни в законопроекте, ни в подзаконных нормативных правовых актах нет ни слова о НАКС и о создании для него доминирующего положения. Напротив, законопроект направлен на создание конкурентной среды. Впрочем, даже действующий сейчас механизм регулирования не имеет признаков монополизации, ведь аттестацию выполняет не НАКС, а более сотни конкурирующих между собой независимых юридических лиц, объединившихся в Ассоциацию «НАКС» на принципах саморегулирования. НАКС выполняет административные функции, в ценовую политику не вмешивается и даже платежей за аттестацию не получает, поскольку является организацией некоммерческой.

Во-вторых, законопроект не вводит никаких новых механизмов регулирования и уж тем более дополнительных обременений для бизнеса. По сути обязательные требования, которые сейчас содержатся в ведомственных документах Ростехнадзора, переносятся на уровень федерального закона, как это предусмотрено Федеральным законом «Об

обязательных требованиях в Российской Федерации» № 247-ФЗ. Причем количество обязательных требований сокращается, а процедуры аттестации упрощаются с учетом многолетнего опыта применения системы.

Наконец, вводятся действенные инструменты контроля и ответственности: механизм мониторинга деятельности, субсидиарная ответственность, процедура подтверждения статуса организации, допущенной к аттестации сварочного производства. То есть ужесточается контроль за теми, кто аттестацию проводит.

Система аттестации сварочного производства постоянно трансформируется с учетом экономической и геополитической ситуации и в настоящий момент требует очередного пересмотра законодательной базы, на которой основано ее функционирование. Не более.

**Как вы считаете, подобная схема регулирования должна быть реализована и в неразрушающем контроле?**

Других вариантов установления обязательных требований законодательство РФ не предусматривает. Но вопрос ее реализации находится в ведении государственных органов. НАКС, как и любая организация страны, должна не устанавливать, а исполнять обязательные требования. Если со сваркой все понятно, и принятие законопроекта и для нас, и для государства — естественный ход событий, развитие, движение вперед, то не менее важная составляющая промышленной безопасности — контроль сварных соединений и система, в рамках которой этот контроль может быть реализован, пока еще находится на начальном этапе становления. Выстраивание этой системы в рамках законодательства РФ — перспектива на ближайшее будущее. ■



**Спектр**

Издательский дом

Галкин Д. И., Толстых О. А., Перфильев И. В., Шубочкин А. Е.

## **ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОГО ШАБЛОНА СПЕЦИАЛИСТА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

ISBN 978-5-4442-0162-6. Формат - 60x88 1/8, 68 страниц, год издания - 2021.

В пособии приводятся основные сведения о технологии визуального и измерительного контроля сварных соединений, рассмотрены основные типы поверхностных дефектов и отклонений формы, возникающие на различных стадиях производства сварных металлоконструкций. Подробно описана последовательность выполнения измерений геометрических параметров с использованием универсального шаблона специалиста неразрушающего контроля.



**650 руб.**

**www.idspektr.ru**

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



# НАКС

- **КОМПЕТЕНТНОСТЬ,**
- **ОТВЕТСТВЕННОСТЬ,**
- **ОБЪЕКТИВНОСТЬ,**
- **СИСТЕМНОСТЬ,**
- **ПРОФЕССИОНАЛИЗМ,**
- **ОПЫТ.**

[www.naks.ru](http://www.naks.ru)

## СРО Ассоциация «НАКС» — 30 лет!

### НАКС

в сварке:



- свыше 100 аттестационных центров, расположенных в 67 субъектах РФ;
- разработка национальных и межгосударственных стандартов в составе технического комитета по стандартизации ТК 364 «Сварка и родственные процессы»;
- развитие системы независимой оценки квалификации, в рамках полномочий Совета по профессиональным квалификациям в области сварки (СПКС).

### НАКС

в неразрушающем контроле:



- 38 аттестационных центров, расположенных в 32 субъектах РФ;
- осуществление функций Центрального органа Системы неразрушающего контроля Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике на опасных производственных объектах (СНК ОПО РОНКТД);
- участие в разработке нормативной базы, устанавливающей единые организационно-технические требования и правила, реализуемые для подтверждения компетенции специалистов и лабораторий в области НК.

# ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT – 2022» ОТЧЕТЫ ПО КРУГЛЫМ СТОЛАМ

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

**ВОПИЛКИН Алексей Харитонович**

Д-р техн. наук, профессор, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

**ТИХОНОВ Дмитрий Сергеевич**

Д-р техн. наук, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

Круглый стол «Автоматический и автоматизированный неразрушающий контроль объектов повышенной опасности» (АНК ОПО), прошедший в первый день форума, собрал более 60 специалистов, среди которых большую часть представляли специалисты в области ультразвукового метода контроля. И это неудивительно, так как именно в этой области автоматизации НК в последнее время наблюдаются весьма значительные достижения. Темы докладов, представленных на заседании круглого стола, и дискуссии, проведенной в его рамках, приведены в таблице.

В *первом докладе* рассмотрена важная тема извлечения точных данных о дефектах в аустенитных сварных соединениях при проведении автоматизированного ультразвукового контроля. Задача актуальна для различных объектов, так как недостаток

информации о дефекте может приводить к излишним ремонтам, что, кроме напрасных издержек, может стать причиной снижения надежности конструкции. Автор доклада сосредоточился на задачах атомной энергетики. Применение традиционных методов контроля аустенитных швов, современных методов цифровой и аналоговой фокусировки антенн позволяет преодолеть проблемы влияния структурных шумов, высокого затухания и отчасти проблему анизотропии такого рода объектов. Приводится пример системы контроля (оборудование и методика) аустенитного сварного соединения толщиной 300 мм с получением точных данных о дефектах и другие практически значимые примеры высокоинформативного контроля аустенитных швов. Рассмотрены перспективы повышения точности информационной составляющей контроля за счет решения обратной коэффициентной задачи.

При обсуждении доклада затрагивались вопросы аттестации систем АУЗК аустенитных сварных соединений и аспектов практической дефектометрии.

Во *втором докладе* были представлены достижения холдинга компаний, работающего в сфере раз-



А.Х. Вopilкин



Д.С. Тихонов, А.Е. Базулин

## Доклады и дискуссия круглого стола «АНК ОПО»

№	Эксперт, докладчик	Тема	Организация
1	<b>Д.С. Тихонов</b> , д-р техн. наук	Высокоинформативный автоматизированный УЗК аустенитных сварных соединений	ООО «НПЦ «ЭХО+»
2	<b>В.В. Борисенко</b>	Автоматизированный неразрушающий контроль в условиях производства	ООО «НПЦ «Кропус»
3	<b>В.П. Лунин</b> , д-р техн. наук	Перспективы использования строгих цифровых моделей при проектировании автоматизированных диагностических систем	МЭИ
4	<b>А.А. Батурин</b>	Стенды для натурных испытаний труб на долговечность	Cheltec Уральский инжиниринговый центр
5	<b>Модератор А.Х. Вopilкин</b> , д-р техн. наук, профессор	Свободная дискуссия «Опыт применения нейронных сетей в неразрушающем контроле»	ООО «НПЦ «ЭХО+»

работки и производства автоматизированного оборудования неразрушающего контроля объектов в процессе их изготовления и при эксплуатации. При проектировании такого рода оборудования разработчики решают следующие основные задачи:

- уход от влияния человеческого фактора при проведении контроля;
- обеспечение НК изделий, сложных с точки зрения ручного НК;
- увеличение скорости контроля;
- полное документирование результатов НК продукции.

Автор отметил также основные этапы создания автоматизированных систем:

- создание высокопроизводительной аппаратуры, позволяющей проводить автоматизированный контроль;
- проектирование надежной механической части, позволяющей работать в режиме 24×7;
- разработка и производство специальных образцов для автоматизированного НК;
- обучение и сертификация персонала.

Продемонстрированы системы ультразвукового и вихретокового контроля труб малого диаметра и толщины (от 0,2 мм), система контроля валов авиационных двигателей с 5-координатным сканером на дефекты от  $\varnothing 0,4$  мм, система контроля дисков



*В.В. Борисенко*

авиационных двигателей с 5-координатным сканером на дефекты от  $\varnothing 0,4$  мм и др. Кроме систем неразрушающего контроля различной продукции при ее изготовлении, были показаны мобильные автоматизированные системы для контроля сварных швов и основного металла, которые могут применяться на эксплуатируемых объектах контроля.

*Третий доклад* посвящен использованию моделирования при разработке автоматизированных систем диагностики. Отмечено, что уже в ГОСТ Р 50.04.07–2018 отмечена необходимость использования строгих цифровых моделей при разра-



*Участники круглого стола*



*Доклад Д.С. Тихонова*



Участники круглого стола



В центре В.Н. Костин и А.В. Михайлов



Участники круглого стола



В центре В.Г. Шевалдыкин, А.А. Самокрутов

ботке автоматизированных диагностических систем. Предложены цифровые модели для решения актуальных задач контроля на основе использования конечно-элементного анализа поля, эффективных алгоритмов анализа сигналов и нейросетевых технологий классификации и оценки геометрических параметров дефектов. Предложена и реализована технология проектирования диагностических систем для классификации и параметризации дефектов в условиях действия мешающих фак-

торов и помех. Испытан метод эффективной компенсации влияния основных мешающих факторов (конструктивных элементов парогенератора и пыльгер-шума) на сигнал от дефекта.

В четвертом докладе рассматривались уникальные стенды для натурных испытаний труб на долговечность, созданные Уральским инженеринговым центром Cheltec. Продемонстрировано несколько типов испытательных стендов. Один из них предназначен для гидравлических испы-





А.А. Батулин



таний изделий (в том числе для разрушающего контроля) циклически изменяющимся внутренним давлением, проводимых для проверки прочности и плотности трубопроводов, трубопроводной арматуры, сосудов и другого оборудования, работающего под давлением, их деталей и сборочных единиц. Были представлены стенды для параметрических испытаний масштабных моделей проточных частей насосного оборудования, универсальный трехосный сервогидравлический вибростенд, система акустических испытаний.

При обсуждении возможностей нейронных сетей в автоматизированных системах НК было отмечено, что, например, в системах АУЗК пока нет решений, которые могли бы применяться на практике. Попытки использования нейронных сетей дают положительные результаты только на образцах с искусственно выполненными отражателями. Ключевой проблемой применения нейронных сетей является создание адекватной системы обучения сети. Высказано предположение, что решение проблемы обучения возможно только при комплексном подходе на отраслевых уровнях.

## НК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАСТРОЕНИИ

**БАЗУЛИН Евгений Геннадиевич**

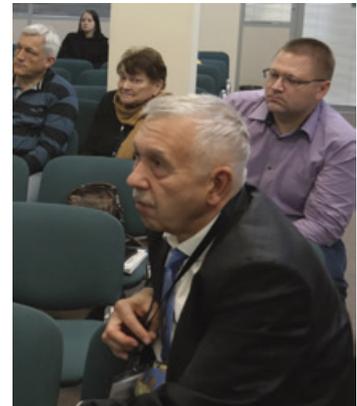
Д-р техн. наук, профессор, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

На заседании круглого стола «НК композиционных материалов в авиастроении» было заслушано пять докладов. Все они вызвали интерес у слушателей – участников работы круглого стола.

Е.Г. Базулин (НПЦ «ЭХО+») выступил с докладом, посвященным изучению возможности прове-



Доклад Е.Г. Базулина



В.П. Вавилов

дения контроля ударных разрушений в объектах из полимерно-композитных материалов (ПКМ) с использованием технологии цифровой фокусировки изображения с применением 10-мегагерцовых антенных решеток. Показано, что при толщине объекта контроля 6 мм на всех глубинах можно обнаружить плоскостные отверстия диаметром 2 мм.

В следующем докладе, сделанном В.П. Вавиловым (Томский политехнический университет), представлены возможности неразрушающего контроля



Вопрос из зала

композитных материалов тепловыми методами с использованием различных методик и аппаратных средств, в частности разработанных в Томском политехническом университете. Рассмотрен принцип работы лазерной виброметрии для проведения контроля изделий из углепластика.

В третьем докладе А.О. Чулков (Томский политехнический университет) рассказал о новых возможностях проведения теплового контроля, в частности об обнаружении трещин по выделению ими теплоты из-за трения берегов при возбуждении объекта контроля низкочастотными ультразвуковыми колебаниями большой амплитуды (УЗ-ИК-термография).



Доклад О.Н. Будадина

Доклад С.А. Смотровой (НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского») был посвящен способу повышения качества визуального контроля поверхности деталей из ПКМ. Покрытие летательных аппаратов специальным составом повышает вероятность обнаружения следов ударного воздействия, что позволяет локализовать область, в которой могли возникнуть разрушения, и подвергнуть ее более тщательному контролю.

Завершил работу круглого стола О.Н. Будадин (ЦНИИ специального машиностроения) с обзорным докладом о контроле различных объектов из композитных материалов ультразвуковыми и тепловыми методами.

## ИЗМЕНЕНИЯ В СИСТЕМАХ АТТЕСТАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ И КАК ОНИ СВЯЗАНЫ С ВОПРОСОМ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

### **БЕЛОУСОВА Виктория Викторовна**

Канд. психол. наук, консультант, эксперт в области эргономики и человеческого фактора, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

### **ГАЛКИН Денис Игоревич**

Канд. техн. наук, генеральный директор АО «МНПО «Спектр», Москва

Круглый стол «Изменения в системах аттестации, сертификации и оценки квалификации и как они связаны с вопросом минимизации рисков, обусловленных человеческим фактором» был организован для того, чтобы совместными усилиями попытаться выделить направления, к которым в настоящее время необходимо приложить усилия общества для минимизации ошибок НК и, соот-

ветственно, повышению доверия к данной технологической операции.

Попытки описать влияние человеческого фактора при проведении неразрушающего контроля предпринимались такими корифеями, как д-р техн. наук, профессор А.К. Гурвич, д-р техн. наук, профессор В.Г. Щербинский. К сожалению, начатые ими работы не были доведены до практического внедрения, и почти 20 лет исследованиями в данном направлении никто системно не занимается. При этом не подвергается сомнению, что человеческий фактор оказывает существенное влияние на результаты неразрушающего контроля. Ведь именно специалист НК проводит анализ информации, получаемой при проведении контроля. Используемый им алгоритм анализа смыслового содержания изображения и умозрительная функция эффективности



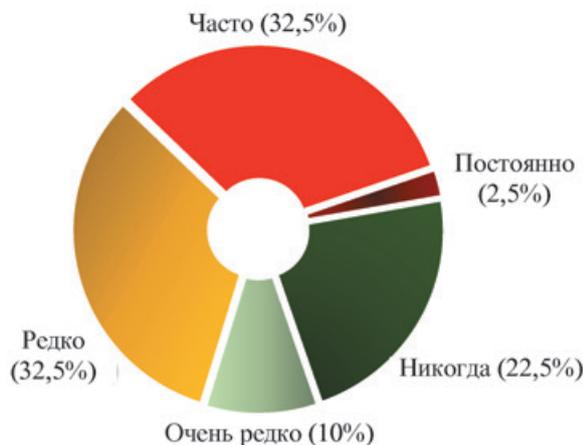
В.В. Белоусова



Д.И. Галкин

зависят от многих субъективных факторов. Более того, этими же факторами определяется, насколько верно специалист НК выбрал основные параметры контроля и воспроизвел их в процессе проверки качества объекта. В этой связи любое совершенствование технологий и оборудования должно сопровождаться соответствующими усилиями по повышению надежности дефектоскописта. Этого, однако, не происходит! Все, что мы имеем, — это статичные системы оценки квалификации, аттестации (сертификации), которые служат для подтверждения профессиональных навыков, но не позволяют судить о способности дефектоскописта принимать решения в условиях неопределенности при негативном воздействии внешних факторов реального производства. Очевидно, что в данном случае мы упускаем из вида цель, для реализации которой и существует направление неразрушающего контроля.

Участникам круглого стола было предложено ответить на вопросы анкеты. Всего было опрошено 44 респондента, которые были сгруппированы в зависимости от задач, решаемых в области неразрушающего контроля, на: разработчиков оборудования, руководителей служб НК и специалистов НК.



Ответ на вопрос, как часто в практике встречаются ошибки НК, дал следующие результаты

Озабоченность в данном случае вызывают респонденты, которые в своей практике встречаются с ошибками часто и очень часто (31,8%), а также респонденты, которые уверены в безгрешности объектов контроля и никогда не встречается с ошибками (29,5%).



*Следует отметить, что с ошибками в НК в 2 раза чаще сталкиваются специалисты НК, нежели руководители. В то же время количество руководителей, которые не сталкиваются с ошибками в НК, в 2 раза больше, чем аналогичных специалистов НК.*

Отсутствие представления о реально существующих возможных рисках не гарантирует эффективной и безаварийной работы системы. Скорее наоборот — является базой для возникновения серьезных аварийных ситуаций. Вера в безошибочность НК возникает не случайно, а проистекает из особенностей самой деятельности. Наличие сложных измерительных приборов и технических расчетов создает ощущение правильности и надежности результатов. Приборы дополняются наличием четких и подробных инструкций, положений и регламентов, соблюдение которых должно гарантировать отсутствие ошибок. А если дополнить эту картину регулярной аттестацией персонала, то формируется образ идеально работающей системы, вероятность ошибок в которой ничтожна. В реальности же это не со-

всем так. Очевидно, что чем больше руководителей будут учитывать возможные риски, тем надежнее будет НК.

Также респондентам было предложено оценить по пятибалльной шкале факторы, определяющие ошибки в результатах НК (0 – не оказывает влияния, 5 – оказывает определяющее влияние):

- 1) непригодность прибора для решения конкретной задачи;
- 2) сложность использования прибора из-за неудобного интерфейса;
- 3) сложность учета изменения характеристик прибора/преобразователя в процессе эксплуатации;
- 4) несоответствие заявленных производителем характеристик прибора их реальным значениям;
- 5) низкая надежность оборудования;
- 6) низкое качество изготовления настроечных образцов;
- 7) неправильное толкование инструкции по эксплуатации прибора из-за ее запутанности;
- 8) некорректность нормативной документации (возможность двойственного толкования требований, установление требований не ко всем параметрам НК, непонятная терминология);
- 9) некачественная подготовка объекта к проведению контроля;
- 10) сознательное нарушение технологии контроля в целях упрощения работы;
- 11) слишком жесткие временные рамки для НК / недостаточность времени для качественного контроля;
- 12) низкая мотивация качественной работы из-за недостаточного уровня оплаты труда;
- 13) внутренняя установка дефектоскописта на то, что большинство объектов контроля соответствуют требованиям НТД;
- 14) внутренняя установка дефектоскописта на то, что пропуск дефекта не будет замечен;
- 15) указание руководителя о необходимости оформления положительного заключения вне зависимости от результатов контроля;
- 16) нежелание/неспособность дефектоскописта обосновывать и отстаивать свою позицию в случае обнаружения дефекта;
- 17) невозможность отстаивания своей позиции в случае обнаружения дефекта;
- 18) слишком большая нагрузка на специалиста;

- 19) некомпетентность специалиста, имеющего удостоверение, из-за того, что удостоверение было куплено/получено по упрощенной процедуре;
- 20) некомпетентность специалиста, имеющего удостоверение, из-за того, что применяемая система аттестации (сертификации) не позволяет оценить компетентность (не то спрашивают на экзаменах, экзаменов слишком много/мало, экзаменационные образцы ничего общего не имеют с объектами);
- 21) боязнь допустить ошибку из-за штрафных санкций;
- 22) боязнь допустить ошибку из-за высокой стоимости продукции;
- 23) технические ошибки при переносе данных в протокол из-за большого количества «бумажной» работы;
- 24) ошибочная интерпретация нормативной документации из-за ее запутанности;
- 25) недобросовестность дефектоскописта (контроль не проводился/проводился не в полном объеме);
- 26) недостаточное финансирование руководством подготовки специалистов (повышения квалификации);
- 27) отсутствие профессионального контроля за деятельностью специалиста НК.

Результаты данного опроса представлены на диаграмме, на которой положение круга по вертикали соответствует степени влияния фактора по мнению респондентов, а диаметр круга – разбросу ответов респондентов из разных групп опрошенных. Из дальнейшего анализа были исключены специалисты, которые почти не сталкиваются (очень редко, никогда) с ошибками по результатам НК.

Таким образом, можно выделить факторы, вызывающие наибольшее опасение с точки зрения возникновения ошибок по результатам НК:

- непригодность прибора для решения конкретной задачи;
- некачественная подготовка объекта к проведению контроля;
- сознательное нарушение технологии контроля в целях упрощения работы;
- слишком жесткие временные рамки для НК / недостаточно времени для качественного контроля;

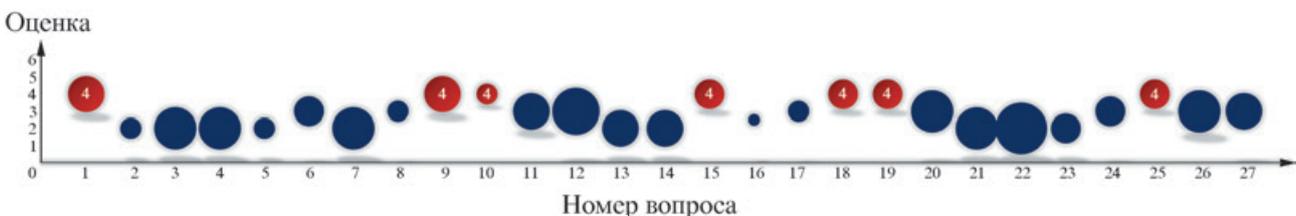


Диаграмма результатов опроса

- указание руководителя оформлять положительное заключение вне зависимости от результатов контроля;
- слишком большая нагрузка на специалиста – не хватает времени на качественное выполнение работ;
- некомпетентность специалиста, имеющего удостоверение, из-за того, что удостоверение было куплено/получено по упрощенной процедуре;
- недобросовестность дефектоскописта (контроль не проводился/проводился не в полном объеме);
- низкая квалификация специалиста из-за нежелания работодателя тратить деньги на повышение квалификации.

Что же касается систем аттестации, сертификации и оценки квалификации, то по результатам опроса стало очевидно, что на данном этапе важнейшей составляющей совершенствования этих систем является разработка инструментов для повышения доверия к ним – обеспечения прозрачности и открытости. Именно на этих вопросах стоит сконцентрироваться держателям систем.

Каждый фактор, обозначенный в анкете, можно отнести к одной из следующих категорий: оборудование (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), нормативно-техническая документация (8, 24), влияние человека (10, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 25) и среды (9, 11, 15, 17, 18, 26, 27). В этом случае интересно проанализировать полученные данные в части отношения различных групп опрашиваемых к степени влияния на результаты НК конкретной категории факторов.

Интересно отметить, что специалисты не считают существенным фактор влияния оборудования на результаты НК, в то время как руководители считают этот фактор ключевым. Это также подтверждает сделанный ранее

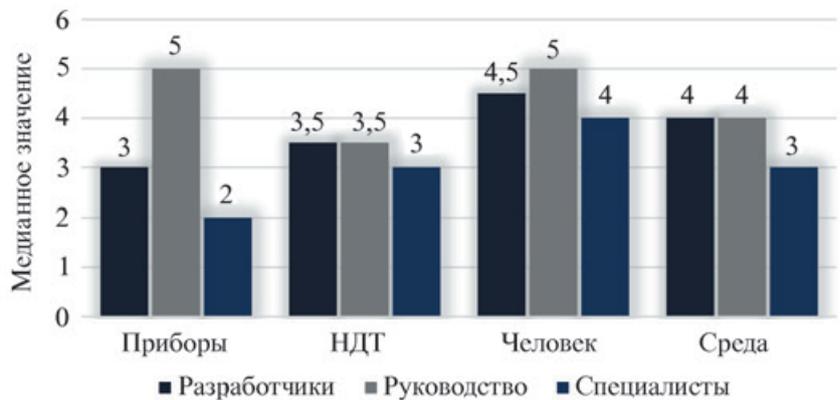


Диаграмма отношения различных групп опрашиваемых к степени влияния на результаты НК конкретной категории факторов

вывод о том, что большая часть руководителей полагает, что использование «совершенного» оборудования позволит избежать ошибок. На самом же деле вкладываться нужно в персонал, однако психологически это сложно принять, так как понятно, что специалист может уйти и предприятие останется ни с чем, а купленное оборудование навсегда останется в собственности. В остальном оценки, данные различными группами опрашиваемых, в отношении факторов, влияющих на результаты НК, являются схожими.

Для уменьшения степени влияния человеческого фактора собравшимися специалистами было предложено задуматься о повышении мотивации и вовлеченности дефектоскопистов. Один из участников круглого стола поделился положительным опытом вознаграждения дефектоскопистов за найденные и подтвержденные дефекты. Важно отметить, что процесс подтверждения обнаруженного дефекта в данной организации сопровождается элементами обучения, так как к нему привлекаются как опытные, так и молодые



дые дефектоскописты. Отдельно было отмечено ключевое влияние руководителя лаборатории на вовлеченность дефектоскопистов, на понимание их роли на предприятии и отношение к ним других участников технологического процесса. В дискуссии также был поднят вопрос о необходимости пересмотра системы подготовки дефектоскопистов.

Участники круглого стола отметили, что одним из способов

уменьшения влияния негативных факторов при проведении НК является его цифровая трансформация, которая позволит дефектоскопистам сконцентрироваться на своей работе, а заказчикам выстроить систему цифрового контроля за проведением НК и использованием его результатов в режиме реального времени.

Круглый стол прошел в доверительной и конструктивной об-

становке. Чувствовалось, что поднимаемые вопросы волновали собравшихся.

Очевидно, что необходимо развивать исследования в данном направлении и предоставить сообществу решения, позволяющие повысить уверенность в результатах НК. Информация о результатах круглого стола будет доведена до членов правления РОНКТД и опубликована в журнале «Территория NDT».

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ НК: НАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА НК

### **БАЗУЛИН Андрей Евгеньевич**

Канд. техн. наук, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

В рамках круглого стола «Цифровизация НК: Национальная экосистема НК» были сделаны сообщения о различных аспектах цифровизации.

**Д.И. Галкин** (ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр») рассказал о перспективах цифровой трансформации и составе экосистемы НК, включающей имеющиеся реестры аттестованного персонала и лабораторий, цифровые стандарты, smart-приборы НК, протоколы обмена данными, справочники и каталоги данных, связь с АИС Ростехнадзора.

**В.Р. Хакимов и Н.Н. Давыдов** (ПАО «Газпромнефть») представили проект «Цифровой паспорт

сварного соединения», внедряемый в ПАО «Газпромнефть» в рамках общей системы контроля за строительством, и продемонстрировали работу прототипа сервиса. Сервис позволяет передавать в систему сведения о сварке и неразрушающем контроле, включая данные неразрушающего контроля (УЗК, РГК, АВИК) и заключения по качеству стыка, удостоверенные ЭЦП.

**Н.В. Крысько** (МВТУ им. Н.Э. Баумана) сделал сообщение о форматах данных DICOM и DICONDE, их сходстве, наличии открытых библиотек для работы с такими данными (например, ruidicom). Набор тегов, сопровождающих файлы с результатами НК, стандартизован, но допускает дополнения иными наборами. Важно, что

данные в таком формате в случае необходимости могут быть анонимизированы и отправлены в общую базу данных. Отмечено, что отсутствует единый подход к хранению данных УЗК в формате DICONDE, и это затрудняет сквозную передачу данных между участниками процессов.

**А.Е. Базулин** (ООО «НПЦ «ЭХО+») выступил с предложениями по созданию федерального или отраслевого нормативного документа, предъявляющего требования к качеству данных УЗК и РГК, передаваемых от лаборатории НК заказчику. Предложения по критериям основаны на действующих нормативных документах по ультразвуковому и радиографическому методам контроля, общих соображениях, позволяющих своевременно автоматически выявлять проблемы, связанные с качеством данных контроля в целом. Данный подход можно объединить с идеей «Цифровых стандартов» как дополнений к стандартам в виде фрагментов машиночитаемого кода, а сведения о выполнении тех или иных критериев качества вносить в определенные теги для данных в формате DICONDE.

**А.В. Ильенко** (АО «Газпром диагностика») сделал сообщение о перспективах примене-



ния нейросетей для прогнозирования появления дефектов на эксплуатируемых трубопроводах и оборудовании. Важно, что в распоряжении АО «Газпром диагностика» имеется внушительная база данных по дефектным узлам трубопроводов и обстоятельствам, при которых дефекты возникли и были выявлены.

**О.И. Сурина** (маркетплейс «ОРЛАН System») рассказала об опыте применения блокчейн и смарт-контрактов в цифровой платформе для строительного рынка «ОРЛАН System». Еще одним важным элементом подобных цифровых платформ является возможность скоринга поставщиков товаров и услуг.

**И.С. Родионова** (партнерская программа MetrologyNet) рассказала о проекте облачной платформы для метрологии, для объединения изготовителей, пользователей средств измерения и государственных реестров; показано, что жизненный цикл средств измерения можно отслеживать с применением блокчейна, сохраняя при этом закрытой конфиденциальную информацию. Показаны кейсы, связанные с анализом больших данных в сфере метрологии, например, для выявления нарушений законодательства в сфере метрологии.

**К.В. Гоголинский** (Санкт-Петербургский горный университет) сообщил о ходе работ по созданию классификатора «Оборудование для неразрушающего контроля и технической диагностики» как одного из элементов цифровой экосистемы НК. В данный момент в ФГИС «Аршин» содержится порядка 1100 описаний типа средств измерений, имеющих отношение к НК. На примере толщиномеров разработаны проекты типовых карточек описания СИ. Для создания машиночитаемых карточек удобно использовать формат XSD.



#### Выводы по результатам проведения круглого стола

- Отсутствует договоренность о принципах хранения данных УЗК в формате DICONDE; в данном случае ожидается инициатива от разработчиков оборудования УЗК.
- Внедрение решений на основе искусственного интеллекта для анализа данных НК сдерживается ограниченным набором размеченных данных. Целесообразно объединить усилия научных организаций и эксплуатирующих организаций по созданию базы данных с данными по дефектным узлам и результатам их контроля на федеральном уровне, например на базе Ростехнадзора.
- Для унификации требований к поставщикам услуг и оборудования НК для нужд крупных компаний, таких как «Газпром», «Транснефть», «Сибур», «РЖД», представителям этих компаний рекомендуется

в качестве площадки использовать ежегодный форум «Территория NDT», проводимый РОНКТД.

- Отмечена актуальность создания в РОНКТД экспертной группы по систематизации характеристик средств НК, объектов контроля, параметров НК, критериев отбраковки по результатам НК, сведений об аттестации персонала, лабораторий и технологий НК, используемых в рамках цифровой инфраструктуры НК. Решено просить РОНКТД размещать информацию о результатах работы экспертной группы.
- Решено обратиться в ТК 371 с инициативой организации подкомитета «Цифровая инфраструктура в НК», областью деятельности которого будет разработка проектов национальных стандартов в части атрибутивного состава данных от различных источников и развитие цифровых стандартов в области НК.

## МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ БИМЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

### ДУНАЕВ Андрей Валерьевич

Д-р техн. наук, доцент, НТЦ биомедицинской фотоники ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орел

В заседании круглого стола «Методы и приборы биомедицинской диагностики» приняли участие шесть специалистов из пяти организаций и ведущих вузов страны. Председателем заседания круглого стола был д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник НТЦ биомедицинской фотоники Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева Андрей Валерьевич Дунаев.

Елена Владимировна Потапова (канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник НТЦ биомедицинской фотоники ОГУ им. И.С. Тургенева) представила научный доклад на тему «Оптическая спектроскопия в решении задач минимально инвазивной хирургии». В ходе выступления были обобщены результаты исследований по применению оптических технологий в целях улучшения диагностической точности малоинвазивных хирургических процедур, уменьшения количества ложноотрицательных биопсий и улучшения качества оперативного органосохраняющего лечения.

Андрей Егорович Луговцов (канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории биомедицинской фотоники физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова») представил научный доклад «Оптико-лазерные методы и приборы диагностики микрореологических и микроциркуляторных расстройств». В докладе были освещены новые перспективные неразрушающие оптиче-

ские и лазерные методы исследования микрореологических и микроциркуляторных свойств крови для измерения механических и агрегационных свойств клеток крови, а также текучести крови. Дан обзор оптических свойств крови для подбора наиболее подходящего по длине волны зондирующего излучения. Приведены примеры использования предложенных методов в клинической практике при социально-значимых патологиях — сахарном диабете, артериальной гипертензии, сердечно-сосудистых заболеваниях.

Михаил Юрьевич Кириллин (канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории биофотоники ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук») выступил с докладом «Двухволновой флуоресцентный имиджинг для мониторинга фотодинамической терапии». Представленный метод позволяет неинвазивно оценить глубину проникновения фотосенсибилизатора в биоткань при его поверхностном нанесении на кожу и в случае внутривенного введения, а также дает возможность контроля накопления и фотовыгорания фотосенсибилизатора в процессе проведения процедуры. В докладе представлены обзор физических принципов метода и результаты его апробации в модельном эксперименте, в исследованиях *in vivo* на животных и в клинической практике использования фотосенсибилизаторов хлоринового ряда.

Екатерина Олеговна Брянская (мл. науч. сотрудник НТЦ биомедицинской фотоники ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева») сделала доклад на тему «Цифровая диафаноскопия в диагностике патологических



А.В. Дунаев



Участники круглого стола



*Е.В. Потапова*



*Дискуссия на круглом столе. Доклад А.Е. Луговцова*

образований верхнечелюстных пазух». В докладе представлены результаты применения разрабатываемой технологии, базирующейся на методе цифровой диафаноскопии, в медицинской практике, в частности в оториноларингологии, для диагностики заболеваний верхнечелюстных пазух. Представленная технология позволяет быстро и безопасно оценить наличие патологического изменения у пациента, за счет чего может быть использована в телемедицине, а также в целях скрининга населения.

Демид Денисович Хохлов (канд. техн. наук, мл. науч. сотрудник лаборатории акустооптической спектроскопии ФГБУН «Научно-технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук») представил научный доклад «Гиперспектральные методы и приборы для биомедицинской диагностики». Д.Д. Хохлов рассказал о возможностях применения гиперспектральных методов в решении медицинских задач. В частности,

были рассмотрены вопросы применения разрабатываемых в лаборатории акустооптической спектроскопии видеоспектрометров для визуализации патологий кожи, гиперспектральных эндоскопов для миниинвазивной хирургии и гиперспектральных микроскопов для улучшения визуализации в гистологии.

Даниил Николаевич Браташов (канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры инноватики ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского») выступил с докладом «Системы неинвазивной и малоинвазивной *in vivo* цитометрии для поиска посторонних объектов в кровотоке». В докладе были представлены результаты применения разрабатываемой технологии *in vivo* цитометрии для обнаружения раковых клеток, тромбов, патогенов непосредственно в кровотоке.

Все представленные доклады вызвали интерес участников, состоялась оживленная дискуссия, намечены планы дальнейшего сотрудничества.



*Е.О. Брянская*



*Д.Д. Хохлов*

## ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЁДОРОВ Алексей Владимирович**

Д-р техн. наук, доцент, Университет ИТМО,  
Санкт-Петербург

**МУРАВЬЕВА Ольга Владимировна**

Д-р техн. наук, профессор, ИжГТУ им. М.Т. Калашникова,  
Ижевск

В круглом столе приняли участие представители Национального исследовательского Томского политехнического университета, Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, Национального исследовательского университета «МЭИ», Санкт-Петербургского горного университета, Университета ИТМО.



Перед открытием заседания круглого стола его модераторы кратко остановились на современных тенденциях и вызовах развития высшего и среднего профессионального образования и предложили провести заседание в формате живого дискуссионного и конструктивного диалога.

С приветственным словом к участникам круглого стола обратился ректор Национального исследовательского Томского политехнического университета доцент Дмитрий Андреевич Седнев, который отметил актуальность и важность вопросов, связанных с подготовкой высококвалифицированных специалистов в

области приборостроения и неразрушающего контроля.

Участники круглого стола с интересом ознакомились с презентацией заведующего кафедрой электроакустики и ультразвуковой техники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), председателя УМС по направлению «Приборостроение», профессора Константина Евгеньевича Аббакумова «Профессиональные стандарты – инструмент взаимодействия предпринимательского и образовательного сообществ». К сожалению, по техническим причинам Константину Евгеньевичу не удалось озвучить свой доклад.

Заместитель декана факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО доцент Андреев Юрий Сергеевич в своем докладе остановился на специфике подготовки специалистов в области неразрушающего контроля в магистратуре Университета ИТМО по образовательной программе «Цифровые технологии в производстве», руководителем которой он является. В докладе Ю.С. Андреева отмечены важность формирования компетенций в области создания и использования цифровых технологий и современного оборудования в индустриальном производстве на всех этапах жизненного цикла продукции, создания учебно-технологического центра университета, тесного взаимодействия с корпоративными партнерами.

Участвуя в дискуссии, заместитель заведующего кафедрой диагностических информационных технологий по научной работе профессор Валерий Павлович Лунин обратил внимание слушателей на необходимость повышения мотивации и стимулирования обучения студентов в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре.

Ольга Владимировна Муравьева (профессор кафедры «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова) отметила, что для привлечения студентов к научно-исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности видится важным дальнейшее расширение круга участников Всероссийского ежегодного конкурса выпускных квалификационных работ «Новая генерация».



*А. В. Федоров*



*Д.А. Седнев*



*Ю.С. Андреев*

Заведующий кафедрой «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова профессор Виталий Васильевич Муравьев выступил с докладом «О проблемах подготовки кадров высшей квалификации по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», в котором отразил особенности новой системы подготовки кадров в аспирантуре согласно федеральным государственным требованиям, а также осветил результаты научно-организационной деятельности кафедры университета в данной области.

Алексей Владимирович Федоров (профессор факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО) высказал мнение о необходимости повышения публикационной активности аспирантов, а также возможности проведения перекрестных защит диссертационных работ.

Владимир Николаевич Костин (заведующий лабораторией комплексных методов контроля Института физики металлов УрО РАН, главный редактор журнала «Дефектоскопия») отметил роль участия редакции журнала «Дефектоскопия» в проведении ежегодной Уральской конференции «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения) и отражения ее результатов.

Представитель ФУМО «Машиностроение» Владислав Дмитриевич Тюрин выступил с докладом «Актуализация ФГОС по профессии 15.01.36 Дефектоскопист», в котором остановился на проблематике методического и организационно-технического обеспечения подготовки специалистов в системе среднего профессионального образования, и рассказал о тенденциях в реализации федерального проекта «Профессионалитет».



Директор ООО «АРЦ НК» Олег Анатольевич Сидуленко в своем кратком выступлении отметил возрастающее значение дополнительного профессионального образования в системе подготовки специалистов в области неразрушающего контроля.

Все участники круглого стола выразили мнение о необходимости совершенствования подготовки специалистов в области приборостроения и неразрушающего контроля, а именно:

- 1) в повышении эффективности обучения путем реализации проектно-ориентированной подготовки студентов и аспирантов с привлечением промышленных корпоративных партнеров;
- 2) в коллаборации вузов для достижения общих целей по подготовке студентов и аспирантов на основе обмена знаниями, совместного участия в организации и проведении научных, научно-педагогических и научно-практических конференций и семинаров;
- 3) в организации системы непрерывного образования колледж – университет – ДПО.

## ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ НК



**ГОГОЛИНСКИЙ Кирилл Валерьевич**  
Д-р техн. наук,  
Санкт-Петербургский горный  
университет, ООО «КОНСТАНТА»,  
Санкт-Петербург (на фото справа)

**СЯСЬКО Владимир Александрович**  
Д-р техн. наук, профессор,  
ООО «КОНСТАНТА»,  
Санкт-Петербург (на фото слева)

Основной темой круглого стола стало обсуждение проекта ГОСТ «Порядок разработки и проведения метрологической аттестации методик неразрушающего контроля». Презентацию на эту тему, подготовленную представителем разработчика А.В. Федоровым, представил К.В. Гоголинский. В своих комментариях к презентации он отметил очевидные положительные стороны проекта, соответствующие опыту наиболее передовых зарубежных систем НК, в том числе:

- 1) дано определение методики НК, введены понятия достоверности и точности методики НК;
- 2) введены понятия верификации и валидации как способов аттестации методик НК;
- 3) установлены требования к определению показателей назначения методики НК;
- 4) описаны порядок разработки, структура методики и содержание программы аттестации методики.

В то же время, по мнению К.В. Гоголинского, в проект необходимо ввести ряд поправок с учетом следующих положений.

- В тексте проекта имеется отсылка к сфере государственного регулирования в области обеспечения единства измерений. Однако сфера госрегулирования определена законом 102 ФЗ «Об обеспечении единства измерений», а конкретные требования установлены Постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений». В указанном постановлении отсутствуют требования к измерениям, выполняемым методами НК, следовательно, введение в ГОСТ Р требований, противоречащих указанным нормативным правовым актам, недопустимо.

- В представленной версии проекта присутствует термин «метрологическая аттестация», однако аттестация метрологических характеристик методики НК является составной частью аттестации методики НК, следовательно, данный термин должен быть исключен. В свою очередь предлагается ввести понятие метрологической экспертизы, проводимой в соответствии с действующим законодательством об обеспечении единства измерений.
- Необходимо исключить требование об аттестации методики НК юридическими лицами, аккредитованными в Национальной системе аккредитации, поскольку оно противоречит законодательству о Национальной системе аккредитации. Предлагается указать возможность аттестации методики НК самим разработчиком или компетентной организацией по решению руководства организации-разработчика или по согласованию с заказчиком, если методика НК разрабатывается в рамках договорных отношений.

Дискуссия по данному вопросу была продолжена в рамках открытого заседания ТК 371 по вопросам пересмотра ГОСТ Р 56542–2019 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов».

В.А. Сясько доложил о необходимости пересмотра классификации видов и методов НК исходя из современного уровня развития сферы НК, а также в связи с необходимостью систематизировать и упорядочить подходы к аттестации, в том числе метрологической, средств и методик НК.

В контексте пересмотра классификации видов и методов НК К.В. Гоголинский сообщил о ходе разработки многопараметрического классификатора средств НК, базовая структура которого представлена на рисунке.



Основные классификационные признаки оборудования НК

Разработка такого классификатора позволит обеспечить единый формат представления технических характеристик средств НК, а также создаст предпосылки для создания системы аттестации средств НК.

Н.П. Муравская высказала мнение о необходимости согласования новых подходов к аттестации средств и методов НК с ведущими потребителями

услуг и оборудования в сфере НК, включая Госкорпорацию «Росатом».

С.А. Зайтова подняла вопрос о том, в рамках какой системы предполагается проводить аттестацию методик и средств НК в соответствии с разрабатываемым стандартом и системой классификации. К.В. Гоголинский пояснил, что разрабатываемые документы являются началом работы в этом направлении. На данном этапе аттестацию методик НК предполагается проводить на добровольной основе.

По результатам заседания были приняты следующие решения:

- 1) направить по списку участникам совещания и приглашенным актуальную версию стандарта для ознакомления;
- 2) секретариату ТК 371 подготовить информацию о принципах межгосударственной и международной стандартизации видов и методов НК;
- 3) в срок до 26 ноября 2022 г. составить перечень предложений по организации рабочей группы и по сути обсуждаемого вопроса.

## СОВРЕМЕННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НК

**МАЧИХИН Александр Сергеевич,**  
Д-р техн. наук, НТЦ УП РАН, НИУ «МЭИ», Москва

**КАЛОШИН Валентин Александрович,**  
Канд. техн. наук, АО «НПО «Энергомаш» им. академика В.П. Глушко», Химки

В работе круглого стола «Современные оптические методы НК» приняли участие более 25 специалистов в области разработки и применения оптических методов неразрушающего контроля и технической диагностики из ведущих российских вузов, институтов РАН и отраслевых НИИ. Основными темами обсуждения стали современная элементная база отечественного оптико-электронного приборостроения, проблемы метрологического обеспечения оптико-электронных приборов и новые оптические методы НК. Модераторами круглого стола выступили А.С. Мачихин (НТЦ УП РАН, НИУ МЭИ) и В.А. Калошин (АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко»). Программа круглого стола включала пять докладов, посвященных современным методам и аппаратно-программным средствам оптического контроля изделий и материалов, разрабатываемым в интересах различных отраслей – ракетостроения, авиации, приборостроения и др. Каждый доклад сопровождался обстоятельной дискуссией о достоинствах и перспективах практического применения полученных результатов.

Начальник сектора АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко» А.М. Перфилов представил доклад на тему «Проблемы интерпретации результатов оптико-визуального контроля труднодоступных полостей промышленных объектов», в котором рассказал об истории применения эндоскопического оборудования, требованиях, предъявляемых к техническим эндоскопам, и актуальных задачах, которые стоят при автоматизированной обработке результатов видеозендоскопического контроля.

Заведующий лабораторией ФГУП «ВНИИМС» Д.А. Новиков посвятил свой доклад проблемам метрологического обеспечения оптического контроля. В нем он отметил многообразие, бурное развитие в последние годы и широкое применение оптических приборов для измерения геометрических величин, затронул современное состояние и





*А.М. Перфилов*



*Д.А. Новиков*



*Е.А. Барабанова*



*А.Ю. Поройков*

перспективы развития эталонной базы и нормативной документации в этой области, а также рассказал об опыте создания отечественных государственных первичных специальных эталонов, предназначенных для воспроизведения, хранения и передачи единиц различных геометрических величин.

Доцент НИУ МЭИ А.Ю. Поройков в докладе «Оптические методы в задачах измерения формы поверхности и деформаций» представил результаты многолетних исследований в области создания методических и аппаратно-программных средств контроля формы крупногабаритных изделий промышленных объектов в процессе испытаний и эксплуатации. На примере анализа состояния крыльев летательных аппаратов и железнодорожных рельсов наглядно показана эффективность методов машинного зрения (стереоскопии, цифровой корреляции изображений и пр.) для высокоточного и бесконтактного выявления дефектов, анализа процессов трещинообразования и контроля пространственного распределения деформаций в реальном времени.

В докладе ведущего научного сотрудника ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН Е.А. Барабанова «Экологический мониторинг загрязнений водоемов оптическими методами с использованием БПЛА» затронуты вопросы создания высокопроизводительных бортовых систем для дистанционного контроля состояния водных ресурсов, проведен сравнительный анализ применяемых для решения подобных задач современных оптических методов, показаны преимущества мульти- и гиперспектральных камер аппаратуры, приведены результаты собственных лабораторных и полевых исследований нефтяных загрязнений водоемов с помощью оптической аппаратуры, предложенных математических алгоритмов для расчета спектральных индексов и возможностей анализа изображений с помощью геоинформационной системы «НЕВА».

Младший научный сотрудник ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН А.И. Проценко представил обзорный доклад «Современные рентгенооптические методы исследования пер-



спективных кристаллических материалов», в котором рассказал о важной роли кристаллических материалов в современном оптико-электронном приборостроении, об их многообразии и необходимости разработки оригинальных методов их неразрушающего контроля и технической диагностики. Особое внимание уделено опыту создания уникальной адаптивной рентгенооптической аппаратуры высокого разрешения для исследования структуры и процессов дефектообразования в перспективных кристаллических материалах условиях внешних воздействий.

Представленные доклады отражают основные направления развития методов и аппаратуры оптического контроля: высокое быстродействие, большой объем регистрируемых данных, необходимость разработки эффективных алгоритмов машинного обучения и автоматического принятия решений. Продолжительная дискуссия в процессе выступлений показывает важность и актуальность затронутых вопросов. Участники круглого стола констатировали необходимость его регулярного проведения в рамках Международного промышленного форума «Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика».

## ОБЪЕДИНЕННЫЙ ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ



**ЕЛИЗАРОВ Сергей Владимирович**  
Генеральный директор  
ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва  
(на фото справа)

**ИВАНОВ Валерий Иванович**  
Д-р техн. наук, профессор,  
АО «НИИИИ МНПО «Спектр»,  
Москва (на фото слева)

Заседание Объединенного экспертного совета по проблемам применения метода акустической эмиссии (АЭ) при Российском обществе по неразрушающему контролю и технической диагностике (ОЭС АЭ при РОНКТД) состоялось в рамках деловой программы форума «Территория NDT – 2022».

На заседании присутствовало 17 специалистов в области АЭ из организаций: НУЦ «Качество», Москва; Полоцкий государственный университет; ЗАО «НДЦ НПФ «Русская лаборатория», Москва; ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва; ООО «Стратегия НК», Екатеринбург; АО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Москва; НПП «Ультратест», Обнинск; АО «ВНИКТИ Нефтехимоборудование», Волгоград; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Санкт-Петербургский горный университет; АО «Махам-Chirchiq», Чирчик, Узбекистан; Курская АЭС-2; АО «Атомстройэкспорт»; АО «НИЦ «Строительство», Москва; ЗАО «ГИАП-ДИСТ ЦЕНТР», Москва; АО «НПЦ «Молния», Химки; НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва.

### На заседании рассматривались следующие вопросы:

1. Применение метода АЭ при техническом диагностировании и освидетельствовании технологических трубопроводов в связи с принятием ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», разделы V.IV – V.VI (Н.Н. Колоколова, НПП «Ультратест», Обнинск).
2. АЭ-мониторинг твердения бетонов. Импортозамещение в современных условиях (А.И. Сагайдак, АО «НИЦ «Строительство», Москва).
3. АЭ-мониторинг бетона в раннем возрасте (Е.С. Боровкова, Полоцкий государственный университет).
4. Внедрение АЭ в АО «Махам-Chirchiq» химической промышленности Республики Узбекистан (Н.Ш. Нуриллаев, АО «Махам-Chirchiq», Чирчик, Узбекистан).
5. АЭ-диагностика. Цели и результаты (В.И. Иванов, АО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Москва).
6. Разное.

Вел заседание председатель ОЭС АЭ С.В. Елизаров. Он отметил, что Объединенный экспертный совет обретает международный статус, и в данном заседании участвуют и выступают с докладами коллеги из Беларуси и Узбекистана.

1. Применение метода АЭ при техническом диагностировании и освидетельствовании технологических трубопроводов в связи с принятием ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», разделы V.IV – V.VI

В своем сообщении Н.Н. Колоколова отметила, что метод АЭ нашел широкое применение в промышленности для технического диагностирования (ТД) сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. Созданный в 1996 г. Экспертный совет по АЭ занимался последовательной гармонизацией действующих правил безопасности в части применения метода АЭ. В ФНП «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» в технически обоснованных случаях предусмотрена возможность снижения величины испытательного давления вплоть до максимального рабочего, а также использование газообразной рабочей среды в качестве нагружающей. Метод АЭ обеспечивает безопасность этих испытаний и диагностирование оборудования.

При вводе ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (ФНП ПБЭТТ) сужается область применения метода АЭ в промышленности. Этот документ не содержит возможности использовать в качестве нагружающей рабочую среду (разд. V.VI, п. 151) для всех технологических трубопроводов, кроме трубопроводов пара и горячей воды, на которые распространяется действие ФНП ПБЭТТ. В такой формулировке п. 151 ФНП ПБЭТТ становится невозможным проведение пневматических испытаний неразъемных технологических линий рабочей средой с контролем методом АЭ.

Остается непонятной область применения ФНП ПБЭТТ в отношении технологических трубопроводов аммиачно-холодильных установок (АХУ), на которые распространяются ФНП «Правила безопасности химически опасных производственных объектов» (ПБХОПО). Отсутствие технологических трубопроводов АХУ в п. 5 ФНП ПБЭТТ, содержащем перечень объектов, на которые не распространяется действие данного ФНП, ставит под сомнение легитимность применения п. 619 ФНП ПБХОПО, допускающего использование газообразного аммиака при испытании аммиакотрубопроводов АХУ.

Кроме того, третий абзац п. 135 ФНП ПБЭТТ содержит неоднозначную формулировку, которую

по-разному могут трактовать стороны: организации, применяющие этот метод, и надзорные органы, так как одновременно содержит требование обязательного применения метода АЭ и возможность его не применять.

Таким образом, по этому документу пневматические испытания всех технологических трубопроводов, которые находятся в действующих цехах или на эстакадах, в каналах или лотках рядом с другими действующими технологическими трубопроводами, а также являющиеся частью технологических блоков, можно проводить без АЭ-контроля. Из-за того что не разрешается использовать в качестве нагружающей среды рабочее тело, становится непонятно, каким образом будет проводиться ТД аппаратов множества технологических блоков, проведение испытаний которых по-другому невозможно.

При таких неоднозначных формулировках ФНП ПБЭТТ метод АЭ теряет свое преимущество и, по сути, перечеркивает содержание п. 190 ФНП ПБОРПД. Докладчик предложил направить от ОЭС АЭ обращение в Ростехнадзор с предложениями по внесению изменений в ФНП, и отметил, что готов в ближайшее время прислать проект на обсуждение членам ОЭС.

С.В. Елизаров предложил обратиться от имени РОНКТД в Ростехнадзор с просьбой рассмотреть возможность корректировки ФНП.

2. Акустико-эмиссионный мониторинг твердения бетонов. Импортзамещение в современных условиях

А.И. Сагайдак сообщил о разработанной методике, позволяющей, применяя метод АЭ, контролировать нарастание прочности бетона, прогнозировать прочность бетона, а также проводить ТД строительных конструкций, доступ к которым практически невозможен или отсутствует. Объектом АЭ-контроля являются здания и сооружения. В рамках программы импортзамещения совместно с компанией «ИНТЕРЮНИС-ИТ» планируется выпуск приборов, которые позволят оценивать влияние добавок на свойства бетона. В ходе дискуссии Н.Н. Колоколова и В.В. Носов предложили использовать подобную методику для контроля конструкционной керамики.

3. АЭ-мониторинг бетона в раннем возрасте

Е.С. Боровкова сообщила, что метод АЭ позволяет регистрировать активность бетона на стадии структурирования. С помощью графиков зависимости амплитуды, суммарного счета, суммарной энергии от времени при контроле в течение 2 сут можно выделить три основных этапа гидратации: растворение, схватывание и кристаллизацию. По моментам начала и длительности каждого периода можно определить параметры

бетона: время схватывания бетона, распалубочную прочность бетона, а также прогнозировать прочность бетона на нормативный срок. В ходе дискуссии, в которой участвовали Н.Н. Колоколова, А.А. Сазонов и В.Ф. Переславцева, обсуждались вопросы влияния частотного диапазона, температуры окружающей среды и достоверности прогноза прочности в случае неравномерного набора прочности.

#### 4. Внедрение АЭ-метода в АО «Махам-Chirchiq» химической промышленности Республики Узбекистан

Н.Ш. Нуриллаев сообщил о применении метода АЭ в Техническом центре по НК в АО «Махам-Chirchiq» химической промышленности Республики Узбекистан. Технический центр, основанный в 1977 г., использует АЭ-комплексы A-Line. Специалисты по АЭ проходили обучение, аттестацию и сертификацию в НУЦ «Качество» и НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана.

С 2010 по 2022 гг. проведен АЭ-контроль более 160 сосудов и аппаратов (ресиверы для хранения воздуха и азота; водяные скрубера; хранилище для жидкого аммиака и азотной кислоты; адсорбера; сероочистные аппараты; конвертор для получения двуоксида углерода; железнодорожные цистерны для перевозки химической продукции и т.д.). В августе 2022 г. проведено ТД подземного газопровода с рабочим давлением 12 кг/см<sup>2</sup> (1,2 МПа).

На пяти объектах в ходе УЗК обнаружены расслоения основного металла: в хранилище жидкого аммиака, водяных скруберах, емкости для жидкого аммиака. До применения метода АЭ дефекты в виде расслоений основного металла подвергались ремонту. АЭ-контролем выявлено, что подобные дефекты не развиваются, и по согласованию с Госкомпромбезом принято решение о дальнейшей эксплуатации этих объектов без проведения ремонта. Каждые два года проводится АЭ-контроль этих объектов.

Главные специалисты и подрядные организации поначалу не доверяли АЭ-методу, особенно при обнаружении дефектов на новых объектах. Убедившись в наличии развивающихся дефектов, подтвержденном другими методами НК, руководство изменило свое отношение к применению метода АЭ. При контроле хранилища жидкого аммиака методом АЭ была обнаружена трещина длиной 1100 мм. После этого Госкомпромбез составил списки хранилищ азотной кислоты, жидкого аммиака, которые подлежат АЭ-контролю.

В Узбекистане приняты стандарты EN. Из-за отсутствия НТД по методу АЭ по требованию Госкомпромбеза совместно с производителем АЭ-аппаратуры была разработана и утверждена «Рабочая методика проведения акустико-эмиссионного



Н.Ш. Нуриллаев

контроля сосудов, котлов, аппаратов и технологических трубопроводов на ОПО, подконтрольных Государственному комитету промышленной безопасности Республики Узбекистан», которая основана на ПБ 03-593–03 и включает ряд пунктов из EN 13554 и EN 14584.

В дискуссии, в которой приняли участие А.Н. Раметов, В.И. Иванов и Н.Н. Колоколова, обсуждались вопросы согласования требований европейских и российских стандартов по АЭ, а также особенности проведения АЭ-контроля подземного газопровода, конвертора оксида углерода, сероочистных аппаратов с катализатором, принято решение разослать членам ОЭС АЭ «Рабочую методику».

#### 5. АЭ-диагностика. Цели и результаты

Почетный председатель ОЭС АЭ В.И. Иванов в своем докладе сообщил о развитии метода АЭ в нашей стране. Докладчик обратил внимание на то, что раньше для других методов НК использовались строгие нормы браковки, что часто приводило к перебраковке, и только применение метода АЭ позволяло в ряде случаев определить, что некоторые дефекты не опасны и объекты можно продолжать эксплуатировать. Развитие других методов НК, а также методик расчета прочности привело к тому, что к настоящему моменту с их помощью можно рассчитывать вероятность разрушения объекта с дефектами, в результате могут оказаться допустимыми дефекты весьма большого размера. Таким образом, метод АЭ может уступать традиционным методам НК. В связи с этим перед специалистами по АЭ-методу встает задача связать классы источников акустической эмиссии с вероятностью разрушения объекта.

В развернувшейся дискуссии, в которой приняли участие В.В. Носов и Н.Н. Колоколова, обсуждались различные подходы к неопределенности результатов АЭ-диагностирования, достоверности метода АЭ, возможность расчета вероятности раз-



рушения дефектов по данным АЭ-диагностирования для источников разных классов, необходимость объединения усилий специалистов для решения данной задачи, начав с источников III и IV классов опасности.

#### 6. Разное

С.В. Елизаров, по просьбе коллег из компании «НТЦ «Эгида», объявил, что следующая конференция по АЭ планируется в 2024 г. в Самаре на базе Самарского государственного технического университета, предложил провести на конференции круглый стол по поднятой теме достоверности метода акустической эмиссии.

Также С.В. Елизаров сообщил о прошедшем 25 октября 2022 г. заседании ТК371 ПК9 «Акустическая эмиссия», на котором руководитель ПК9 рассказал, как обстоят дела с пятью стандартами, которые уже находятся на обсуждении в ТК371. По мнению руководителя ПК9, при разработке стандарта ГОСТ Р ИСО 12716 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Термины и определения» следует сначала обсуждать только перевод, затем отдельно Приложение ДА с ответственными терминами. Проекты по аппаратуре и три стандарта по бетону оказались оформленными не в соответствии с действующими правилами, руководство ТК371 помогло оформить один из этих стандартов, остальные планируется оформить по образцу и снова направить в ТК371. В ходе развернувшейся дискуссии, в которой приняли участие В.И. Иванов и А.И. Сагайдак, обсуждался положительный опыт налаженных процедур выпуска стандартов в других ТК за счет средств разработчика с предложением внедрения данного опыта.

А.Г. Комаров сообщил, что разработанный организациями ВНИКТИнефтехимоборудование и «ИНТЕРЮНИС-ИТ» документ «А-Line. Выполнение акустико-эмиссионного контроля. Практическое руководство», представленный на конференции «АПМАЭ-2021», был доработан. Планируется оформить его в виде книги в бумажном и электронном виде. Докладчик отметил, что АЭ-диагностирование является весьма сложным и требует знаний в различных областях техники, поэтому его практическое применение не всегда корректно, особенно когда диагностирование вы-

полняют специалисты низкой квалификации. В документе приведены рекомендации по проведению корректного диагностирования. В руководстве даны основные значимые положения документов ПБ 03-593–03, ASTM E569, стандартов EN. Документ предназначен в первую очередь для работы с системами А-Line, но на 70 % применим и с другими системам. В развернувшейся дискуссии, в которой приняли участие Н.Н. Колоколова и В.И. Иванов, была отмечена актуальность такого документа, поддержана идея опубликовать его в виде книги, также предложено принять его в качестве стандарта организации, чтобы и разработчики, и другие организации по согласованию с ними могли пользоваться этим документом и ссылаться на него.

А.Г. Андреев сообщил, что на информационном портале его организации, занимающейся обучением методам НК и аттестацией персонала, появилась «Азбука неразрушающего контроля», где в разделе «Акустическая эмиссия» в свободном доступе находится краткий обзор «Акустико-эмиссионный контроль», фрагмент учебного фильма, книга С.И. Буйло «Физико-механические, статистические и химические аспекты акустико-эмиссионной диагностики» и проект стандарта ГОСТ Р ИСО 12716 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Термины и определения».

А.А. Сазонов сообщил, что работа по утверждению новой версии ПБ 03-593 приостановлена до выхода нового федерального закона по промышленной безопасности.

#### В заключение ОЭС АЭ принял решение

1. Предложено Н.Н. Колоколовой составить обращение с конкретными предложениями по внесению изменений в ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», после чего направить обращение от ОЭС АЭ в Ростехнадзор.
2. Предложено провести следующую Всероссийскую конференцию с международным участием «Актуальные проблемы метода акустической эмиссии» (АПМАЭ) в 2024 г. в г. Самаре на базе Обособленного подразделения ООО «Научно-технический центр «Эгида» с привлечением ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».
3. Предложено объединить усилия специалистов в области метода акустической эмиссии для решения задачи расчета вероятности разрушения для источников акустической эмиссии разных классов опасности, а также провести круглый стол по данной задаче в рамках следующей конференции АПМАЭ.



**Спектр**  
Издательский дом

В.А. Абрамов

## **ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.** **Практические рекомендации по применению**



Практическое пособие

ISBN 978-5-4442-0057-5. Формат - 60x90 1/16, 124 страницы, год издания - 2014.

Визуальный и измерительный контроль по праву занимает ведущее место среди прочих методов неразрушающего контроля. Наглядность результатов и сравнительная простота реализации – важные составляющие успеха применения визуального и измерительного контроля. В книге представлены и рассмотрены практические рекомендации по применению визуального и измерительного контроля сварных соединений, а именно: термины и определения, нормативная документация по разным отраслям промышленности, включая атомную отрасль, классификация дефектов, средства измерения отечественного и иностранного производства для определения размеров стандартных сварных соединений, а также поверхностных дефектов.

Данное пособие предназначено для подготовки и повышения квалификации сварщиков и специалистов по визуальному и измерительному контролю I, II, III уровней, а также для всех специалистов, работающих в области неразрушающего контроля и технического диагностирования.

**660 руб.**

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

www.idspektr.ru

РЕКЛАМА

РЕКЛАМА



**КОНСТАНТА**  
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

# В наших силах сохранить этот мир

constanta.ru



# НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРЕМИЯ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В 2023 ГОДУ



Организационный комитет Национальной премии в области неразрушающего контроля и технической диагностики (НК и ТД) сообщает о начале приема заявок от ученых, специалистов, учебных заведений, научно-исследовательских и технологических институтов, а также производственных предприятий.



С положением о премии и требованиями к заполнению заявок кандидатов можно ознакомиться на сайте РОНКТД:

<https://www.ronktd.ru/upload/iblock/2c4/POLOZHENIE-o-natsionalnoy-Premii-v-oblasti-NK-i-TD.pdf>

## В 2023 году в соответствии с положением о премии вручаются три номинации:

1. Премия за выдающийся вклад в научно-исследовательскую деятельность в области НК и ТД. Премия приурочена к проведению Всероссийской научно-технической конференции по НК и ТД и вручается один раз в три года. Вручается отдельному участнику.
2. Премия за выдающийся вклад в развитие способов и технологий НК, разработку новых прибо-

ров и систем НК и ТД. Премия приурочена к проведению ежегодного Международного промышленного форума «Территория NDT». Вручается отдельному участнику или коллективу участников в составе не более трех номинантов.

3. Премия молодому специалисту (до 35 лет) за достижения в области НК и ТД. Премия приурочена к проведению ежегодного Международного промышленного форума «Территория NDT». Вручается отдельному участнику.

В соответствии с Положением о Национальной премии в области НК и ТД лауреатам вручаются памятные знаки, дипломы и денежная премия от РОНКТД, спонсированные ООО «НПЦ «ЭХО+».

Заполненные анкеты просим отправлять на адреса: [info@ronktd.ru](mailto:info@ronktd.ru); [android@echoplus.ru](mailto:android@echoplus.ru)

Заявки принимаются до 20 сентября 2023 г., после чего экспертный совет премии займется рассмотрением заявок.

Напомним, что премия в 2023 году будет вручаться уже в четвертый раз.

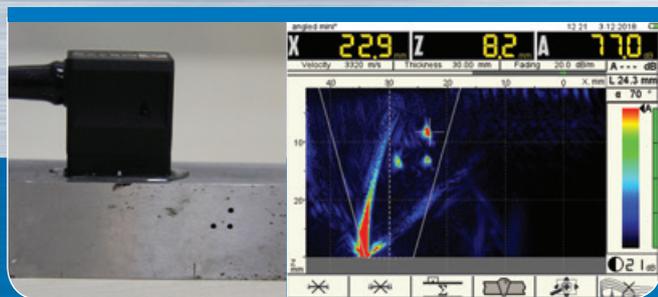
*БАЗУЛИН Андрей Евгеньевич,  
секретарь организационного комитета,  
канд. техн. наук*



# A1525 Solo

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП – ТОМОГРАФ В КОМПАКТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

ЛЁГКИЙ И УДОБНЫЙ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП - ТОМОГРАФ С ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ СВАРНОГО ШВА И ТЕЛА МЕТАЛЛА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ



- Доступная цена
- Быстрота и эффективность контроля благодаря наглядному отображению сечения объекта (B-Скан) в режиме реального времени с частотой смены кадров до 35 Гц
- Улучшенная чувствительность в ближней зоне (ЦФА/TFM метод)
- Скорость сканирования вдоль сварного соединения до 70 мм/с (при шаге сканирования 2 мм)
- Малогабаритная 16 элементная антенная решетка поперечных волн с центральной частотой 4 МГц и сектором обзора от 35° до 80° для контроля сварных швов
- Отображение образов объёмных (поры) и вертикально ориентированных (трещины) дефектов благодаря специальным режимам

**ПЕРВЫЙ В МИРЕ!**

# ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ «НОВАЯ ГЕНЕРАЦИЯ – 2023»



Одним из ключевых направлений деятельности РОНКТД в 2023 г. будет развитие научно-исследовательского и кадрового потенциала молодежи в различных сферах инновационных технологий и приоритетных направлениях развития современной науки и техники.

В целях развития творческой активности молодых ученых, специалистов и студентов, ознакомления с новейшими достижениями в области неразрушающего контроля и технической диагностики, а также обмена научно-технической информацией в октябре 2023 г. в рамках X Международного промышленного форума «Территория NDT 2023» планируется проведение Третьей молодежной научно-технической конференции.

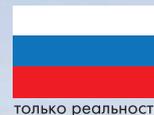
Для выявления и поддержки наиболее талантливой и творчески активной молодежи,

стимулирования творческих способностей и интереса к научно-исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности в целях формирования резерва кадров высшей квалификации будет проведен ежегодный Всероссийский конкурс выпускных квалификационных работ «Новая генерация – 2023» для студентов российских и зарубежных вузов, осуществляющих подготовку специалистов в области методов, средств и технологий неразрушающего контроля и технической диагностики. В 2021 и 2022 гг. Всероссийский конкурс выпускных квалификационных работ «Новая генерация» охватил более тридцати профильных вузов.

*Оргкомитет конкурса*



# АКЦИЯ



## ЖЁЛТЫЙ ЦЕННИК НА ПЭП –30%



ООО «Физприбор»  
620137, Екатеринбург,  
ул. Вилонова, 6 А  
+7 (343) 355-00-53,  
sale@fpribor.ru  
www.fpribor.ru

# НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ФОРУМ «БОЛЬШОЙ ТЕСТ-ДРАЙВ» GLOBAL FORUM 2022



В Интерактивном научно-практическом форуме «Большой Тест-Драйв» GLOBAL FORUM 2022, состоявшемся 15 сентября в Санкт-Петербурге, приняли участие более 350 специалистов более 150 предприятий из 73 населенных пунктов РФ. В рамках деловой программы форума были проведены четыре тематические секции: «Сварка и контроль», «IT и обучение в сфере НК», «Аналитическое оборудование в экологическом контроле» и выездное заседание «Гурвич-клуба» на тему «Метрологическое обеспечение оборудования НК». Было представлено 19 докладов, проведен круглый стол по актуальным трендам обучения специалистов НК и продемонстрированы сотни разработок от более чем 50 брендов.

В этом году команда ЕЦНК (Единый центр неразрушающего контроля) впервые за три года провела форум в привычном офлайн-формате. Готовилось это событие более трех месяцев. Коллектив центра благодарит всех участников, партнеров, резидентов и просто всех, кто следил за форумом. Специалисты ЕЦНК проделали большую работу и надеются, что форум в новом формате надолго запомнится всем участникам высокой культурой организации и пользой, которую он принес.

Своим мнением о научно-практическом форуме поделился основатель и руководитель ЕЦНК Даниел Ротарь:

«В этом году мероприятие было очень востребованным у производителей; мы разместили больше стендов, чем изначально планировали, а в конце нам даже приходилось отвечать отказом на запросы производителей, так как площадка не позволяла физически разместить всех желающих. В этом году мы большое внимание уделили демонстрации геодезического оборудования, контрольно-изме-



рительных приборов, аналитическому и лабораторному оборудованию.

Аудитория мероприятия стала гораздо шире! Так, состоявшееся в рамках форума заседание «Гурвич-клуба» привлекло большое количество специалистов по метрологии, а круглый стол по проблемам подготовки специалистов НК вызвал заметный интерес у представителей государственных учреждений и аттестационных центров. Также в рамках мероприятия отдельно была организована рабочая группа для представителей ЦЛАТИ (центров лабораторного анализа и технических измерений) практически всех регионов России, которые обсуждали текущие проблемы по такой важной теме, как экологический контроль.

Мы изначально ставили задачу повысить уровень мероприятия, привлечь новую аудиторию из смежных сфер и создать среду для продуктивного обмена опытом специалистов самого разного профиля, и нам это удалось».

*По материалам ЕЦНК  
и форума «Дефектоскопист.ру»*



## КОСТИНУ ВЛАДИМИРУ НИКОЛАЕВИЧУ – 65 ЛЕТ!



23 января 2023 года исполнилось 65 лет Владимиру Николаевичу Костину.

Владимир Николаевич, окончив в 1980 г. Уральский государственный университет им. А.М. Горького (Свердловск), пришел работать в Институт физики металлов УНЦ АН СССР, сначала в должности стажера-исследователя, а с 2018 г. по настоящее время Владимир Николаевич Костин – заместителем директора ИФМ УрО РАН по научной работе. В 1990 г. В.Н. Костин защитил кандидатскую, а в 2006 г. – докторскую диссертацию.

Владимир Николаевич является соавтором 114 статей. Индекс научного цитирования Web of Science: индекс Хирша – 11, число цитирований – 252; российский индекс Хирша – 15; цитируемость – 729. Кроме того, В.Н. Костин автор двух монографий, двух патентов на изобретение и трех зарегистрированных программ для ЭВМ.

Научные интересы В.Н. Костина связаны с исследованием изменений электромагнитных и магнитоакустических свойств материалов, подвергаемых термическим и деформационным воздействиям, поиском новых диагностических параметров, а также разработкой аппаратуры для неразрушающего контроля и диагностики изделий. Им создана цифровая база физико-механических свойств 32 термообработанных сталей различного химического состава. Установленные им закономерности стали основой многопараметровой магнитной структуроскопии материалов и изделий.

В.Н. Костиним разработаны новые способы и устройства для локального измерения магнитных свойств вещества и тела ферромагнитных объектов. Создана линейка магнитных структуроскопов (МС-1, МС-2, СКИФ-0286, АСМ1-ОН, ММТ-2, ММТ-3), которые применяются на предприятиях различных отраслей промышленности России. Также им разработаны мобильные аппаратно-программные системы (АПС) «СИМТЕСТ» и DIUS-1.15М, которые позволяют локально измерять весь комплекс магнитных свойств и предназначены для определения прочности, напряженно-деформированного состояния, качества поверхностного упрочнения и решения других задач магнитной структуроскопии. Разработанные аппаратно-программные системы не имеют аналогов в России и за рубежом.

Владимир Николаевич является специалистом 2-го уровня по магнитному и вихретоковому контролю и участвует в подготовке и аттестации специалистов промышленных предприятий, руководит магистратурой по направлению «Приборы и методы контроля качества и диагностики».

В.Н. Костин рецензент журналов Sensors, Magnetism and Magnetic materials и ряда других, член редакционной коллегии журнала Diagnostics, resource and mechanics of materials and structures, а с 2016 г. является главным редактором ведущего в России в области неразрушающего контроля журнала «Дефектоскопия», имеющего англоязычную версию Russian Journal of Nondestructive Testing и индексируемого в базах Web of Science и Scopus. В.Н. Костин член ученого совета ИФМ УрО РАН, объединенного ученого совета по физико-техническим наукам УрО РАН.

*Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллеги из ИФМ УрО РАН, коллектив редакции журнала «Территория NDT» сердечно поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем и желают неразрушаемого здоровья, благополучия и новых творческих достижений!*

С. В. Шаблов, Е. И. Косарина, Н. А. Михайлова, А. А. Демидов

# ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИКА РАДИАЦИОННОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ISBN 978-5-4442-0173-2. Формат - 60x88 1/8, мягкий переплет, 168 страниц, год издания - 2023.

Содержит краткое описание физических основ радиографического контроля, используемых технических средств и материалов, описание видов дефектов. Уделено внимание процессам формирования скрытого изображения в эмульсии радиографической пленки. Приводится более 30 репродукций радиографических снимков с артефактами и объяснением вероятных причин их происхождения, а также рекомендациями по их предотвращению. Представлены алгоритмы физических процессов, расчета параметров и оптимальных режимов, которые обеспечивают формирование и преобразование радиационных изображений с объемом полезной информации, позволяющим определить качество объекта контроля. Приведены примеры последовательности разработки технологии, задачи и контрольные вопросы.

В разделе о цифровой радиографии рассмотрены вопросы преобразования, дискретизации, квантования, оцифровки и тестирования дуплексным индикатором цифровых радиационных изображений.

Описаны устройство, принцип работы, калибровка и характеристики плоскопанельных детекторов прямого и непрямого преобразования, а также энергетические уровневые переходы в многоразовых фотостимулируемых пластинах при их возбуждении, метастабильном состоянии и индуцировании светового излучения лазером.

Предназначена для специалистов по радиографическому методу неразрушающего контроля для любых отраслей промышленности, проводящих радиационный контроль изделий, полезна для специалистов радиационного контроля, проходящих аттестацию.

Книга издана при финансовой поддержке:



**ПРОДИС.НДТ**  
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ



**990 руб.**

119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»  
Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615 17 16.

E-mail: zakaz@idspektr.ru. Http://www.idspektr.ru

# 50 ЛЕТ ЛАБОРАТОРИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ АО «ВНИКТИНЕФТЕХИМОБОРУДОВАНИЕ»



**ГОРЧАТОВ Олег Викторович**  
Генеральный директор



**КОМАРОВ Алексей Григорьевич**  
Зав. лабораторией НК



**ТОЛКАЧЕВ Владислав Николаевич**  
Главный специалист внутренней экспертизы

«ВНИКТИнефтехимоборудование», Волгоград

29 декабря 2022 года — знаменательная дата для АО «ВНИКТИнефтехимоборудование», исполняется 50 лет лаборатории неразрушающего контроля. Об истории этой отраслевой лаборатории, ее достижениях и перспективах развития хочется поделиться сегодня.

В 1967 г. в Волгограде, в Нижне-Волжском филиале ГРОЗНИИ, позже переименованном во Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт оборудования нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности («ВНИКТИнефтехимоборудование»), в лаборатории эксплуатации и ремонта аппаратов и трубопроводов был организован сектор неразрушающего контроля (НК). А 29 декабря 1972 г. приказом № 102 института сектор был преобразован в самостоятельную лабораторию НК.

С этого момента и отсчитывается история лаборатории неразрушающих методов контроля «ВНИКТИнефтехимоборудование». Заведующим сектора НК, а затем и первым заведующим лабораторией НК стал ученик профессора И.Н. Ермолова [1, с. 593] — канд. техн. наук, доцент Ю.А. Нечаев — автор и создатель ультразвукового толщиномера «Кварц» [1, с. 75, 232, 366, 507]. С марта 1976 и по март 2009 гг. (33 года!) лабораторию НК возглавлял второй ученик профессора И.Н. Ермолова — старший научный сотрудник канд. техн. наук Б.П. Пилин — автор и разработчик первого в мире ультразвукового дефектоскопа с накоплением и корреляционной обработкой сигналов [1, с. 85, 86, 190, 232, 393, 518].

Миннефтехимпромом СССР перед институтом «ВНИКТИнефтехимоборудование» и, соответственно, перед лабораторией НК была поставлена задача оказания технической и методической помощи предприятиям отрасли в обеспечении высокоэффективной и безопасной эксплуатации технологического оборудования с тенденцией увеличения его межремонтного пробега.

На большинстве предприятий отрасли в то время практически отсутствовали службы технического надзора, в штате которых имелись бы специалисты НК, да и методы НК были еще в диковинку в отрасли, и о них на заводах мало кто что-то знал. Специальность «дефектоскопист» была в те годы мало известна.

Далеко не все понимали, что оборудование, как и человек, может быть подвержено «болезням». Как у человека могут быть различные заболевания, перепады давления, температуры, озноб и т.д., так и у технологического оборудования случаются подобные недуги в виде язвенной, межкристаллитной, щелочной, сероводородной, питтинговой и других видов коррозии; перегрузок высоким пневматическим, гидравлическим или механическим давлением; перегревов металла с изменением его механических и физических свойств; вибраций и тряски машинного оборудования и многих других «болезней», вызванных различными дефектами, допущенными при изготовлении оборудования или возникшими во время его эксплуатации. И вот задачей дефектоскописта является своевременное выявление этих «болезней» тем или иным методом НК (визуальный и измерительный контроль, ультразвуковые измерения (УЗИ), рентген, замер давления или температуры и многие другие методы НК, а их в настоящее время существует уже более 250!), чтобы не случилась авария, которая может привести к большому человеческим жертвам, материальным потерям, а также нанести серьезный вред окружающей среде. Поэтому работа дефектоскописта, как и врача, чрезвычайно ответственна, так как слишком большая цена может быть отдана за его возможные ошибки – «пропуск дефекта» или «перебраковку»! Это всегда хорошо понимали сотрудники лаборатории НК.

Уже в начале 1973 г. специалистами вновь образованной лаборатории НК, при активном участии других лабораторий института, было разработано «Положение о службе технического надзора на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности».

В этом положении был обоснованно изложен необходимый состав служб технического надзора за технологическим оборудованием предприятия с учетом его производственных мощностей. Разработанный документ позволял не волюнтаристски, а из производственной необходимости создавать квалифицированный и численный состав служб технического надзора, в том числе и специалистов по методам НК, исходя из специфики предприятия.

После утверждения положения в Миннефтехимпроме оно было направлено всем предприятиям отрасли. В результате заводы смогли обоснованно и оптимально создавать свои службы технического надзора.

Однако главными препятствиями для оперативного ввода в действие этих служб было отсутствие на заводах специалистов НК, нормативно-методических документов по методам НК (инструкций по проведению контроля с нормированием допустимых дефектов), приборов и средств НК, пригодных к экс-



Ю.А. Нечаев



Б.П. Пилин

плуатации на предприятиях с учетом особенностей контролируемого технологического оборудования.

Поэтому лаборатория НК интенсивно приступила к разработке инструкций по таким основным в то время методам неразрушающего контроля, как радиографический, ультразвуковой, капиллярный (цветной и люминесцентный), магнитопорошковый, магнитографический. Уже в середине 1970-х гг. были разработаны и опробованы на ведущих заводах отрасли инструкции по контролю технологического оборудования и трубопроводов упомянутыми методами. После утверждения в министерстве инструкции были разосланы всем заводам для исполнения.

В инструкциях, помимо технологии контроля, были отражены разработанные лабораторией методики настройки чувствительности для проведения контроля различного оборудования, а также нормы отбраковки выявленных дефектов с учетом условий эксплуатации оборудования.

Большую роль в повышении надежной и безопасной эксплуатации компрессорного оборудования на заводах отрасли сыграла разработка технологии контроля деталей наиболее широко применяемых в отрасли типов поршневых компрессоров [2]. На каждую деталь были составлены технологические карты контроля, которые используют во время плановых ремонтов компрессоров, с указанием объемов контроля, контролируемых параметров детали, методов контроля, используемого инструмента и норм отбраковки при обнаружении износа или дефектов (трещин, коррозионных язв, забоин, деформаций и др.) во время эксплуатации компрессоров. По образцу составленных институтом карт контроля специалисты заводских служб заводов разрабатывали свои карты для других типов имеющихся у них компрессоров.

Одновременно с разработкой нормативно-методических документов лаборатория уделяла большое внимание подготовке специалистов неразрушающего контроля для заводов отрасли, так как

отрасль испытывала острую потребность в квалифицированных дефектоскопистах.

В целях подготовки дефектоскопистов для заводов отрасли, по инициативе заведующего лабораторией НК Б.П. Пилина, в институте был создан Учебно-аттестационный центр НК [1, с. 214, 393], который возглавлял Б.П. Пилин по совместительству с руководством лабораторией НК вплоть до выхода на пенсию в 2021 г. Центр и в настоящее время выполняет подготовку и аттестацию специалистов неразрушающего контроля. Всего в институте за годы работы центра подготовлено и аттестовано более двух с половиной тысяч специалистов НК для предприятий РФ и ближнего зарубежья.

Также подготовкой специалистов по неразрушающему контролю в стране занимались НИИ мостов, ЦНИИТМАШ, МВТУ им. Н.Э. Баумана и др. НИИ, но, к сожалению, без учета специфики эксплуатации оборудования нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, поэтому для работы на предприятиях отрасли им требовалось дополнительное обучение.

Для повышения квалификации специалистов служб технического надзора и главного механика на базе Бакинского филиала ИПКнефтехим лабораторией НК «ВНИКТИнефтехимоборудование» регулярно (через 2–3 года) проводились отраслевые семинары по вопросам контроля технологического оборудования неразрушающими методами. На этих семинарах оказывалась помощь заводам в освоении разработанных лабораторией методик НК. С учетом специфики эксплуатации оборудования в отрасли заводчан знакомили с новыми научно-техническими достижениями, почерпнутыми из научных публикаций, выставок и конференций, методических и приборных разработок в области НК. Совместно с представителями заводов выявляли наиболее «больные» проблемы в части неразрушающего контроля и оценки технического состояния технологического

оборудования, искали эффективные пути их решения.

Большую положительную роль эти семинары играли также для обмена опытом между специалистами родственных предприятий [3].

К концу 1970-х – началу 1980-х гг. лаборатории НК удалось решить проблему дефектоскопии и толщинометрии стенок труб, не доступных в то время для контроля УЗ-методом. Была разработана методика контроля таких труб методом радиографической профильной толщинометрии [4], в частности труб малого диаметра (менее 20 мм) и малой толщины стенки (менее 2 мм), изолированных, без снятия изоляции, внутренних труб в конструкции «труба в трубе», биметаллических труб.

Разработанная методика в виде инструкции была передана на все заводы отрасли. Результаты разработки были представлены на IX Всесоюзной конференции по неразрушающим методам контроля в Минске. Данная методика получила применение и за рубежом (в частности, в Германии на нефтехимкомбинате РСК в г. Шведт, в Литве на Мажейкяйском НПЗ). На сегодняшний день с совершенствованием цифровой обработки эта технология получила новое развитие, позволила на порядок ускорить получение замеров по сравнению с пленочной технологией.

Сложнее обстояло дело с техническим оснащением заводов отрасли приборами и средствами НК. Некоторых приборов и средств НК, необходимых для заводов отрасли, просто не существовало. Поэтому в 1970-е гг. в лаборатории был разработан высокотемпературный УЗ-преобразователь РСТ-5,0, защищенный патентом на изобретение. В то время РСТ-5,0 был лучшим в стране высокотемпературным УЗ-преобразователем, обеспечивающим контроль толщины стенок аппаратов и трубопроводов по горячей поверхности до 600 °С без остановки технологического процесса [5]. Он вместе с разработанной лабораторией НК (также на уровне изобретения) высокотемпературной контактной пастой ПСВШ-4 дал подтвержденный в 1977 г. десятую ведущими заводами отрасли и признанный Миннефтехимпромом экономический эффект более 1 млн руб. в год.

Выпускаемые же серийно в СССР и за рубежом приборы НК часто не удовлетворяли условиям их применения в отрасли.

Лабораторией был проведен тщательный технико-экономический анализ существующих в мире приборов НК, и на основании этого анализа в министерство был представлен перечень наиболее перспективных приборов и средств контроля. По заявке лаборатории министерством были закуплены отдельные экземпляры приборов для их опробования и оценки целесообразности применения в



Учебный процесс



Настройка по дуплексной стали

условиях отрасли. Изучив представленные институтом материалы, министерство приняло решение о целевой закупке для большинства предприятий отрасли (в первую очередь для ведущих крупных заводов) таких приборов НК, как ультразвуковые толщиномеры, УЗ-дефектоскопы, пирометры, тепловизоры, приборы для измерения глубины трещин, комплекты средств для магнитопорошковой, цветной и люминесцентной дефектоскопии.

Для успешного и оперативного освоения заводами закупленных приборов в лаборатории НК «ВНИКТИнефтехимоборудование» были разработаны методические пособия по их применению. В дальнейшем на семинарах филиала ИПКнефтехим в Баку проводилось обучение работе с этими приборами.

Большую положительную роль сыграло массовое внедрение в отрасли УЗ-дефектоскопов с оценкой величины и местоположения обнаруженных в контролируемом изделии дефектов по АРД-шкале на экране дефектоскопа с отказом от набора большого количества разнообразных тест-образцов с искусственными дефектами разных размеров и залегающих на разных глубинах по толщине образцов, сопоставимой с толщиной контролируемого изделия. Эти тест-образцы нужно было изготавливать, метрологически аттестовывать, и каждый дефектоскопист должен был их иметь при себе на объекте контроля для сравнения с обнаруженными при контроле дефектами. Все это препятствовало оперативному проведению достоверного УЗ-контроля.

Помимо разработки методических документов, специалисты лаборатории занимались усовершенствованием существующих отечественных ультразвуковых дефектоскопов. В частности, была разработана и запатентована схема, позволившая реализовать развертку на экране дефектоскопа, с помощью которой отображался ход УЗ-лучей при конт-

роле сварных швов, что существенно облегчало дефектоскопистам процесс расшифровки сигналов в ходе контроля. В дальнейшем эта схема была использована разработчиками таких дефектоскопов, как УД 3-103 «ПЕЛЕНГ», УД 2-140 и др.

Упомянутые мероприятия и разработки института позволили вывести отрасль нефтепереработки и нефтехимии в лидеры в СССР по массовому высокоэффективному применению современных на тот период (1970–1980 гг.) методов неразрушающего контроля, особенно ультразвукового метода.

Большие работы организационного, научно-исследовательского и методического характера были проведены лабораторией в освоении и внедрении появившихся в 1980-е гг. в мире очень перспективных для отрасли акустико-эмиссионного (АЭ) и тепловизионного методов НК.

В 1987 г. при помощи министерства были закуплены две передовые по тем временам АЭ-системы SPARTAN/MONPAC (компания PAC, США) и две системы VULKAN (компания AVT, Англия), автобус «Икарус-256» и микроавтобус «РАФ» для их транспортировки. Силами сотрудников лаборатории НК, оборудовав две передвижные АЭ-лаборатории, специалисты АЭ-контроля в последующие годы провели более 1000 испытаний технологического оборудования на десятках заводов. Накоплен огромный опыт практического АЭ-контроля, переведено большое количество зарубежных методических документов, касающихся АЭ, разработаны и утверждены нормативные документы (например, МР 38.18.015–94) по контролю АЭ-методом, разработаны пакеты программного обеспечения для анализа данных АЭ-контроля.

Лаборатория НК института в кратчайшие сроки освоила тепловизионный метод, разработала методики контроля и стала широко, с высокой эффективностью применять указанные методы на предприятиях отрасли для решения целого ряда проблем, которые раньше были нерешаемыми [7, 8].

Несмотря на все трудности 1990-х гг., когда прекратилось всякое финансирование научно-исследовательских работ [6], лаборатории НК, благодаря имевшемуся научному заделу, удалось решить такие задачи для предприятий отрасли, как:

- контроль и оценка степени науглероживания печных труб из сплава НК-40 на установках производства этилена, предупреждая тем самым аварийные ситуации;
- разработка технологии и методики контроля состояния теплоизоляции различных футерованных аппаратов, печей, теплообменников инфракрасным методом (тепловизионным и пирометрическим);
- разработка прибора для обнаружения трещин в высоконикелевых трубах.



Контроль АВО из дуплексной стали

В связи с мировым прогрессом в микроэлектронике в 1990-х гг. произошел качественный скачок в конструкциях и возможностях приборов НК и, соответственно, в методиках и технологиях НК заводского оборудования. Поэтому в середине 1990-х гг. лабораторией НК были переработаны все инструкции по основным применяемым в отрасли методам НК с учетом последних мировых достижений.

Значительный вклад в научно-методические исследования, разработку инструкций, освоение и внедрение в отрасли новых приборов и методов, подготовку специалистов НК для отрасли внесли такие сотрудники лаборатории, как Ю.А. Нечаев, Б.П. Пилин, В.Г. Симоненко, А.М. Ободов, З.И. Ролдугина [1, с. 190], И.А. Митрофанова [1, с. 500], В.А. Семенцов [1, с. 190], В.С. Аксёнов, В.Н. Пазухин, М.А. Шуваев, В.Н. Толкачев, А.Г. Комаров, В.В. Городович и др.

Меняются времена – меняются и задачи, нельзя почитать на лаврах, в движении рождается успех. А успех лаборатории сейчас состоит в применении современных технологий, новых методов неразрушающего контроля, в цифровизации методов, средств и процессов НК и, конечно, в привлечении к этой деятельности молодых свежих умов.

Как показал опыт, дорогостоящее оборудование НК требует для работы с ним высококлассных специалистов. Сказанное относится в первую очередь к достаточно сложным методам и средствам НК, таким как методы АЭ, TOFD, LRUT, УЗ-дефектоскопия с помощью фазированных решеток. Все они отличаются не только более высокой точностью, производительностью, надежностью и достоверностью, но и требуют высокой квалификации применяющих эти методы контроля специалистов. Учебно-аттестационный центр активно в

этом помогает. Да и центру сейчас есть чем гордиться – новый отремонтированный класс, приборы, плакаты, практически любые образцы для всех используемых методов контроля.

Успешному внедрению в отрасли прогрессивных методов НК в значительной мере способствует вхождение института в Корпоративный научно-проектный комплекс (КНПК) ПАО «НК «Роснефть». С вхождением в ПАО «НК «Роснефть» лабораторию НК института с уверенностью можно отнести к одной из самых оснащенных и высокотехнологичных лабораторий, в которой работают высокопрофессиональные сотрудники, имеющие наивысший III уровень квалификации в соответствующих методах НК.

Коллектив лаборатории в постоянном поиске. Специалисты изучают зарубежное оборудование, нормативные документы и методы контроля, ищут области применения этих технологий на заводах отрасли, делятся опытом со специалистами предприятий, регулярно посещают выставки и конференции.

Не каждая диагностическая организация имеет сейчас такое оборудование, как лаборатория НК «ВНИКТИнефтехимоборудование»: это и дефектоскопы на фазированных антенных решетках с возможностью реализации TOFD-технологии, новые акустико-эмиссионные системы и ЭМА-толщинометры, тепловизоры и эндоскопы ведущих мировых компаний. «ВНИКТИнефтехимоборудование» успешно внедряет лазерное сканирование оборудования под давлением.

В настоящее время, в 20-е гг. XXI столетия, в связи с бурно развивающимся мировым прогрессом в области компьютеризации и цифровизации опять остро стоит вопрос переработки под новые требования старых и разработки новых нормативно-методических документов и технологий применительно к задачам нефтепереработки и нефтехимии с учетом появления новых методов и средств контроля. Поэтому лаборатория НК продолжает



УЗК преобразователями на ФАР



Лаборатория НК. Коллективное фото

свое «нормотворчество», проводит исследования в этом направлении, активно участвует в работе институтов стандартизации и технических комитетов РФ, готовит документы по современным методам контроля.

Освоение и внедрение на заводах новой техники и технологий НК, разработка инструкций и методик с учетом новых достижений в мире НК предстоит настоящему поколению сотрудников лаборатории. Коллектив понимает стоящие перед ним задачи, настроен их успешно решать и поднимать предлагаемые решения на более высокий уровень качества. И самое главное – от качества и уровня работы лаборатории НК зависит безопасность эксплуатации технологического оборудования целой отрасли, жизнь и здоровье наших граждан!

#### Библиографический список

1. **Не разрушающий контроль.** Россия. 1900 – 2000 гг.: справочник / В.В. Клюев и др.; под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2002, 632 с.
2. **Инструкция по контролю деталей компрессоров во время ремонта 18-02-ИК73 (отраслевая) / НВФ ГРОЗНИИ (РЭМ).** Волгоград, 1973.
3. **Пилин Б.П., Ролдугина З.И.** Современное состояние системы подготовки и аттестации специалистов в области неразрушающего

контроля // Химическая техника. 2011. № 12. С. 22–24.

4. **Мартынов Н.В., Пилин Б.П., Аксенов В.С.** О радиографической профильной толщинометрии трубопроводов // Тр. IX Всесоюзной конференции по неразрушающим методам контроля. Доклад Г-33. Минск, 1981.
5. **Нечаев Ю.А., Пилин Б.П., Ролдугина З.И.** Ультразвуковой раздельно-совмещенный искатель для дефектоскопии в широком температурном диапазоне // VIII Всесоюзная научно-техническая конференция по неразрушающим физическим методам и средствам контроля. Кишинев, 1977.
6. **Пилин Б.П.** Кто не хочет кормить свою науку, кормит чужую // Химагрегаты. 2010. № 2(10). С. 26–28.
7. **Горчатов О.В., Пилин Б.П.** Оценка качества металла корпусов колонн, сосудов и аппаратов при обнаружении разнотолщинности их стенок при ультразвуковой толщинометрии // Химическая техника. 2018. № 11. С. –711.
8. **Горчатов О.В., Пилин Б.П., Пономарева М.В.** Состояние и перспективы развития методов неразрушающего контроля оборудования на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии // Химическая техника. 2018. № 6. С. 10–13. ■

# 60 ЛЕТ КАФЕДРЕ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛТАЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И.И. ПОЛЗУНОВА



**СЕЙДУРОВ Михаил Николаевич**  
Канд. техн. наук, доцент,  
Алтайский государственный  
технический университет  
им. И.И. Ползунова, Барнаул

Приказом министра высшего и среднего образования РСФСР № 808 от 6 декабря 1962 г. в Алтайском политехническом институте (АПИ) под руководством лауреата Ленинской премии Василия Григорьевича Радченко (рис. 1) была образована кафедра «Оборудование и технология сварочного производства» (ОиТСП). Предыстория создания кафедры сварки в Барнауле была связана с внедрением на Барнаульском котельном заводе (БКЗ) новой технологии производства толстостенных барабанов энергетических установок, воздушных и гидравлических баллонов мощных прессов и других изделий на основе электрошлаковой сварки (ЭШС) и наплавки [1 – 3].

В 1956 г. Министерство тяжелого машиностроения СССР направило заместителя главного инженера Таганрогского завода «Красный котельщик» В.Г. Радченко на работу главным инженером БКЗ. За разработку и широкое внедрение ЭШС в тяжелом машиностроении в 1957 г. Б.Е. Патону, Г.З. Волошкевичу, И.Г. Гузенко, И.Д. Давыденко и В.Г. Радченко была присуждена Ленинская премия в области науки и техники [3].

Разработанные ИЭС им. Е.О. Патона способ ЭШС, сварочное оборудование, аппаратура и фрагменты изготовленного на БКЗ реального воздушного баллона с толщиной стенки 155 мм, емкостью 10 000 л, представленные на Всемирную выставку в г. Брюсселе, получили в 1958 г. высшую награду Гран-при и Золотую медаль [4].

В 1959 г. В.Г. Радченко назначили главным инженером Управления машиностроения Алтайского Совнархоза. Под руководством В.Г. Радченко началась подготовка первых инженеров по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» в АПИ, который он возглавил в 1960 г., став первым ректором, и проработал в этой должности более 27 лет.

Сотрудники кафедры ОиТСП использовали для учебного процесса не только ручную дуговую электросварку, газовую сварку и резку, автоматическую сварку под слоем флюса, но и передовые электрошлаковые технологии. Это позволило подготовить первый в Западной Сибири выпуск инженеров-механиков сварочного производства [1 – 4].

Под руководством д-ра техн. наук, профессора В.Г. Радченко на кафедре активно развивалось фундаментальное научное направление «Теория и практика управления структурообразованием, направленной кристаллизацией и свойствами сварных, наплавляемых и упрочняемых изделий и инструмента». Для выполнения первых научно-исследовательских работ использовали электрошла-



*Рис. 1. Василий Григорьевич Радченко (1926–2012), лауреат Ленинской премии, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, ректор Алтайского политехнического института им. И.И. Ползунова (1960–1987), заведующий кафедрой сварочного производства (1962–2011), директор Головного аттестационного центра Алтайского региона НАКС (1999–2012), доктор технических наук, профессор*



Рис. 2. Коллектив кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве» имени лауреата Ленинской премии В.Г. Радченко

ковую установку А-550, переданную кафедре в дар Борисом Евгеньевичем Патонем.

Результаты разработок и исследований по основным направлениям электрошлаковой, электронно-лучевой, лазерной технологий и контактно-реактивной пайки защищены авторскими свидетельствами и патентами, прошли опытно-экспериментальную проверку или внедрение на многих заводах тяжелого, транспортного, автомобилестроительного, авиационного машиностроения и дизелестроения, в том числе на машиностроительных предприятиях России, Украины и других бывших союзных республик и ведущих предприятиях Алтая.

Под руководством канд. техн. наук, профессора Д.П. Чепрасова открылось научное направление «Теоретические и экспериментальные основы создания и применения высокопрочных конструкционных сталей и новых ресурсосберегающих технологий их обработки». Был создан принципиально новый класс высокопрочных сталей бейнитного класса с улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами, а также разработаны и освоены новые ресурсосберегающие технологии термической, термоциклической и взрыво-термической обработки.

Подготовка инженерных и научных кадров, развитие материальной базы и укрепление связей с наукой и производством позволили создать учебно-научные лаборатории в ОАО «Барнаултрансмаш» по электронно-лучевой технологии сварки, наплавки и упрочнения в вакууме и электрошлаковой технологии, а также в ОАО «АНИТИМ» по сварке взрывом, сварочным роботам и робототехническим комплексам, плазменной технологии, индукционной наплавке и в ОАО «Сибэнергомаш» по неразрушающим методам контроля сварных соединений.

В 1992 г. в связи с получением статуса технического университета АПИ был переименован в Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (АлтГТУ), а в 1997 г. в связи с экономическими переменами в России кафедра ОиТСП была переименована в «Малый бизнес в сварочном производстве» (МБСП).

В 1999 г. для организации работы в Системе аттестации сварочного производства России на базе кафедры МБСП был создан Головной аттестационный центр Алтайского региона НАКС, который вплоть до 2011 г. возглавлял заведующий кафедрой МБСП, д-р техн. наук, профессор В.Г. Радченко.

В связи с дефицитом квалифицированных кадров на предприятиях Алтайского края в 2000 г. на базе кафедры МБСП под руководством В.Г. Радченко был создан Образовательный центр («ОЦ-Сварка»), где ежегодно проводилась подготовка по рабочим профессиям: 19906 «Электросварщик ручной сварки», 13057 «Контролер сварочных работ», 18346 «Сварщик пластмасс».

С 2011 по 2020 гг. кафедрой МБСП заведовал д-р техн. наук, профессор М.В. Радченко. С этого времени началась подготовка бакалавров, а с 2012 г. — магистров по программам высшего образования направления «Машиностроение» (профиль «Оборудование и технология сварочного производства»).

С 2020 г. кафедру МБСП возглавил директор Института развития ДПО АлтГТУ, канд. техн. наук, доцент Михаил Николаевич Сейдуров. На кафедре работают пять лауреатов Премии Алтайского края в области науки и техники, почетный работник высшего профессионального образования и почетный наставник Минобрнауки России, почетный работник сферы образования РФ.

В настоящее время преподавательский состав (рис. 2) представлен пятью доцентами, кандидатами технических наук, одним старшим преподавателем и тремя ассистентами без ученой степени. Всего на кафедре работает 13 сотрудников, девять из них — в возрасте до 40 лет.

На базе кафедры МБСП функционирует Алтайское краевое отделение РОНКТД под руководством старшего преподавателя Александра Игоревича Щёткина [5]. Научно-педагогические работники проводят фундаментальные, поисковые и прикладные исследования в области материаловедения, сварки, родственных процессов и технологий, неразрушающего контроля и технической диагностики. Сотрудники разрабатывают технологические процессы сборки и сварки (наплавки), осу-



Рис. 3. Учебный стенд по лазерной сварке, НТО «ИРЭ-Полюс»

ществляют техническое сопровождение сварочно-монтажных работ и выполняют все виды контроля качества сварных соединений на предприятиях Алтайского края и Республики Алтай.

На кафедре МБСП объединились все приоритетные направления деятельности, связанные с повышением качества промышленной продукции, обеспечением безопасности производственных объектов и предупреждением чрезвычайных ситуаций. Сотрудники координируют работы по сварке и неразрушающему контролю, активно участвуют в разработке технической и методической документации, реализуют программы ДПО.

Для образовательной деятельности и научно-исследовательских работ по изучению технологических особенностей импульсно-дуговой сварки применяется сварочное оборудование с цифровым управлением от компании MEGMEET. Благодаря сотрудничеству с НИИИ МНПО «Спектр» для совместных работ с ООО «Сибэнергомаш – БКЗ» используется ультразвуковой томограф-дефектоскоп A1550 IntroVisor.

Практические занятия по дисциплине «Сварка специальных сталей и сплавов» ведутся с использованием учебных материалов (рис. 3), предоставленных Николаем Витальевичем Грезевым, канд. техн. наук, начальником отдела лазерной сварки, наплавки и термообработки НТО «ИРЭ-Полюс», выпускником кафедры МБСП.

Для лабораторных работ по дисциплине «Диагностика и контроль качества» используются шаблоны специалиста неразрушающего контроля TаріRUS и образцы по визуальному и измерительному контролю (рис. 4), подаренные кафедре МБСП Де-



Рис. 4. Шаблоны TаріRUS и образцы по визуальному и измерительному контролю

нисом Игоревичем Галкиным, канд. техн. наук, генеральным директором АО «НИИИ МНПО «Спектр».

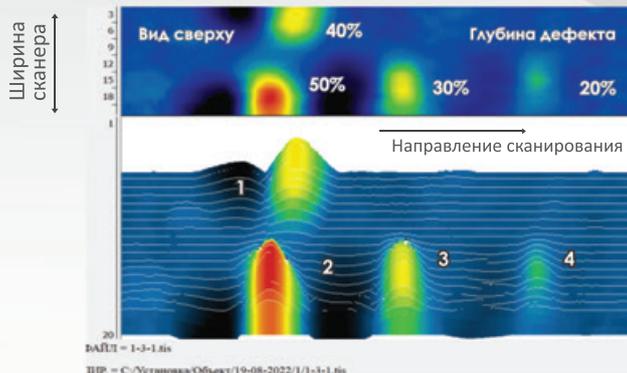
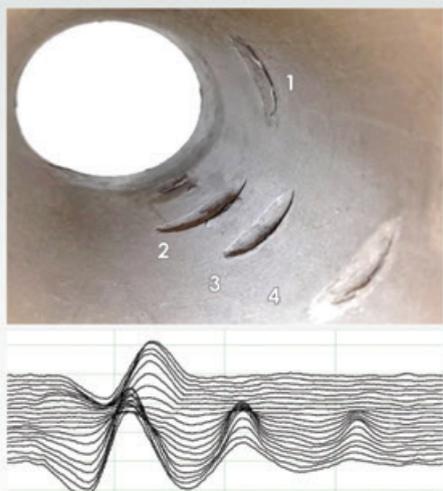
Кафедра МБСП гордится своими выпускниками. За 60 лет было подготовлено более 2 тысяч специалистов сварочного производства, неразрушающего контроля и технической диагностики, востребованных на ведущих промышленных предприятиях России. В 2022 г. в рамках IX Международного промышленного форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» в ЦВК «Экспоцентр» (Москва) 2-е место в номинации «Ультразвуковой контроль» занял Александр Олегович Артемьев, начальник лаборатории неразрушающего контроля ООО «Сибэнергомаш – БКЗ», выпускник кафедры МБСП.

#### Библиографический список

1. Радченко М.В., Сейдулов М.Н. Развитие научно-педагогической школы и системы аттестации сварочного производства на Алтае // Сварка и диагностика. 2013. № 6. С. 9–12.
2. Радченко М.В., Сейдулов М.Н., Шабалин В.Н. Состояние и перспективы развития научно-педагогической и аттестационной деятельности в области сварочного производства // Ползуновский альманах. 2015. № 4. С. 4–9.
3. Ростов Н.Д., Бородин В.А. «Своим главным увлечением считаю работу». 55 лет со дня основания в АлтГТУ кафедры малого бизнеса в сварочном производстве имени лауреата Ленинской премии В.Г. Радченко // Ползуновский альманах. 2017. № 1. С. 101–104.
4. Сейдулов М.Н. Развитие научно-педагогической деятельности в области сварочного производства в АлтГТУ // Ползуновский альманах. 2022. Т. 2, № 4. С. 3–9.
5. Алтайское краевое отделение // Территория NDT. 2022. Спец. вып. С. 48.

## СКАНИРУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП

- 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 ДЕФЕКТОСКОПА

- 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)



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



# УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗОЛОТА



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

*Рассмотрена интересная задача неразрушающего контроля — выявление инородных вставок в золотых изделиях. Это актуальная тема для финансовых учреждений, ломбардов и частных лиц. Одновременно затронуты некоторые вопросы методики контроля соединений из различных материалов, а также объектов сложной формы с малыми радиусами кривизны и небольшой толщиной.*

Контролем золотых изделий люди заняты с древнейших времен. Позднее для этого стали применять и физические неразрушающие методы. Из последних достижений в данной области можно отметить рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Появилось много портативных анализаторов химического состава, реализующих этот метод, которые удобны в применении, позволяют быстро, точно и безопасно определить процентное содержание различных химических элементов, в том числе и золота.

Но большая проблема этого и многих других методов заключается в том, что они анализируют только тонкий поверхностный слой объекта. При этом существует проблема, когда внутри изделий из благородных металлов могут находиться инородные вставки. Обычно в подобных случаях для выявления внутренних несплошностей применяют два основных метода неразрушающего контроля — ультразвуковой (УЗК) и радиографический (РК).

Но оказывается, РК в данном случае не гарантирует нужного результата. Дело в том, что этот метод выявляет инородные включения, если они имеют плотность, отличную от основного материала. А у золота, даже с его очень высокой плотностью, есть «брат-близнец» — вольфрам с практически такой же плотностью.

Известный дефект сварных швов — вольфрамовое включение, когда в наплавленном металле шва остаются частицы электрода, изготовленного из этого тугоплавкого материала. Поскольку плотность вольфрама намного выше, чем, например, у

стали, то РК хорошо выявляет подобные дефекты, которые имеют на радиографических снимках характерные светлые индикации. Вольфрамовые вставки в золоте, особенно если они находятся с ним в плотном контакте без прослоек воздуха, обнаружены таким методом не будут. Поэтому выявлять такие несплошности рекомендуется методом УЗК.

Акустические характеристики некоторых металлов и сплавов, взятые из работ [1–3], приведены в таблице.

Как следует из представленных данных, скорость ультразвуковых волн  $c_L$  в вольфраме в 1,64 раза выше, чем в золоте, что уже дает возможность различить эти два металла.

Отличие в скорости ультразвуковых волн приводит к тому, что золото и вольфрам имеют разное волновое сопротивление  $z$ . Коэффициент отражения ультразвуковых волн от границы раздела материалов  $R$ , который тем больше, чем сильнее отличаются волновые сопротивления этих материалов, для пары золото–вольфрам составляет 0,24. Такое значение коэффициента отражения позволяет обнаружить в золоте вставку из вольфрама ультразвуковым эхометодом, даже если они находятся в плотном контакте друг с другом, без прослоек воздуха.

Например, есть опыт контроля деталей с соединением латунь–сталь, полученным диффузионной сваркой, с толщиной слоя латуни 1–3 мм. Для такой пары  $R$  равен 0,10, что в 2,4 раза меньше, чем для пары золото–вольфрам. При этом эхосигнал от

## Акустические характеристики материалов

Материал	$c_L$ , м/с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$z$ , 10 <sup>6</sup> Па · с/м	$R$
Золото	3240	19320	62,60	0,00
Вольфрам	5320	19250	102,41	0,24
Бронза	3650	8500	31,03	-0,34
Олово	3320	7310	24,27	-0,44
Серебро	3650	10500	38,33	-0,24
Латунь	4500	8450	38,03	-0,24
Сталь 20	5900	7850	46,32	-0,15 / 0,10*

*Примечания:*

$c_L$  – скорость продольных ультразвуковых волн в материале;

$\rho$  – плотность материала;

$z$  – волновое сопротивление материала,  $z = \rho c_L$ ;

$R$  – коэффициент отражения ультразвуковых волн по амплитуде от границы раздела материал 1 – материал 2 при падении волн из материала 1,

$R = (z_2 - z_1) / (z_1 + z_2)$ , где  $z_1$  и  $z_2$  – волновое сопротивление материала 1 и материала 2 соответственно.

$R$  определен для всех материалов при условии, что материалом 1 является золото. Отрицательное значение  $R$  указывает на изменение фазы (полярности) отраженной волны на противоположную относительно падающей волны;

\*  $R$  для границы раздела латунь – сталь.

Акустические характеристики материалов зависят от их химического состава, включая примеси, а также способа получения и обработки материалов. Для бронзы и латуни, у которых  $c_L$  и  $\rho$  существенно зависят от химического состава, указаны средние арифметические значения  $c_L$  и  $\rho$ , полученные по минимальному и максимальному значениям этих величин.

границы раздела этих металлов регистрировался весьма надежно.

У соединений золото–вольфрам и латунь–сталь есть одно общее свойство, которое можно использовать при контроле. У них волновое сопротивление  $z_2$  для второго материала выше, чем волновое сопротивление  $z_1$  для первого. Поэтому коэффициент отражения  $R$  имеет положительное значение, т.е. полярность эхосигнала после отражения от границы раздела этих материалов не изменяется. По указанному признаку можно отличить данные соединения от таких, например, дефектов, как несплошности твердого тела, заполненные газом, для которых  $z_2$  меньше  $z_1$ , и полярность эхосигнала меняется на противоположную. Примеры эхосигналов различной полярности в зависимости от соотношения  $z_2$  и  $z_1$  показаны на рис. 1. Для наглядности максимальные амплитуды обоих сигналов выровнены. Начальная полярность сигнала, падающего на границу раздела, зависит в том числе от характеристик генератора указанного сигнала.

Понятно, что выявляемость инородных вставок зависит не только от акустических свойств материалов, но также от геометрической формы и размеров этих вставок. Есть данные, что в слитках золота могут быть вставки из вольфрама в форме ци-

линдрических стержней. По технологическим причинам диаметр таких стержней не должен быть слишком малым. Подобные цилиндрические отражатели достаточно хорошо выявляются эхометодом при условии, что их продольная ось параллельна поверхности ввода ультразвука.

Кроме того, выполняя контроль эхометодом с углом ввода  $0^\circ$ , всегда есть смысл одновременно применять зеркально-теневой метод, анализируя донный сигнал. Если от некоторых типов дефектов, например от скопления мелких несплошностей, не удалось получить эхосигнал, то их можно выявить по уменьшению амплитуды донного сигнала.

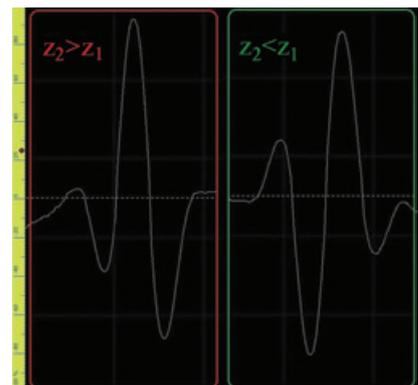


Рис. 1. Эхосигналы различной полярности от границы раздела материалов в зависимости от соотношения  $z_2$  и  $z_1$

Теперь подробнее рассмотрим контроль ювелирных изделий из золота. Такие изделия, в отличие от слитков, могут иметь сложную геометрическую форму, малые радиусы кривизны и небольшую толщину. Это задает определенные требования к средствам УЗК. Не подойдут самые простые модели толщиномеров, которые работают только с раздельно-совмещенными пьезоэлектрическими преобразователями (РС ПЭП), имеют минимальные средства настройки и отображают на дисплее только измеренное значение толщины.

Для решения подобных задач нужен дефектоскоп или толщиномер с функционалом, близким к дефектоскопу, а именно: работа с совмещенными ПЭП, максимальная рабочая частота до 20 МГц, отображение А-скана (развертка с эхограммой или формой волны), система настраиваемых стробов и временной регулировки чувствительности (ВРЧ, или TCG), выделение на А-скане эхосигналов, по которым проводится измерение толщины или скорости ультразвуковых волн, поддержка режимов измерения толщины 2 и 3 в соответствии со стандартом [4]. Примером такого толщиномера является модель 38DL PLUS [5].

Для контроля объектов небольшой толщины, сложной формы и с малыми радиусами кривизны необходим также специализированный ПЭП. В свое время для подобных задач был разработан ПЭП V260, который получил собственное имя – Sonopen®, поскольку форма его корпуса напоминает пишущую ручку [6]. Наш опыт показывает, что среди специализированных ПЭП данный преобразователь является одним из самых востребованных. Его применяют, например, для контроля толщины стенки трубок гидравлических и пневматических систем различного назначения из стали, алюминиевых сплавов, титана и циркония, с минимальным наружным диаметром до 3 мм и толщиной стенки до 0,2 мм. Это прямой совмещенный ПЭП с рабочей частотой 15 МГц и сменной акустической задержкой в виде усеченного конуса, которая обеспечивает минимальный размер зоны акустического контакта диаметром 1,5 мм. Другой конструктивной особенностью данного ПЭП является фокусирующая акустическая линза, которая улучшает соотношение полезный сигнал/шум. Использование плоской пьезопластины без фокусирующей линзы приводит к возникновению помех из-за отражений сигнала от боковой поверхности конусовидной акустической задержки. Для удобства применения Sonopen® выпускают в трех модификациях – с углом между ручкой и акустической осью 0, 45 и 90°.

ПЭП примерно с такими характеристиками мы рекомендуем для контроля изделий из золота сложной формы. На рис. 2 и 3 показан пример контроля

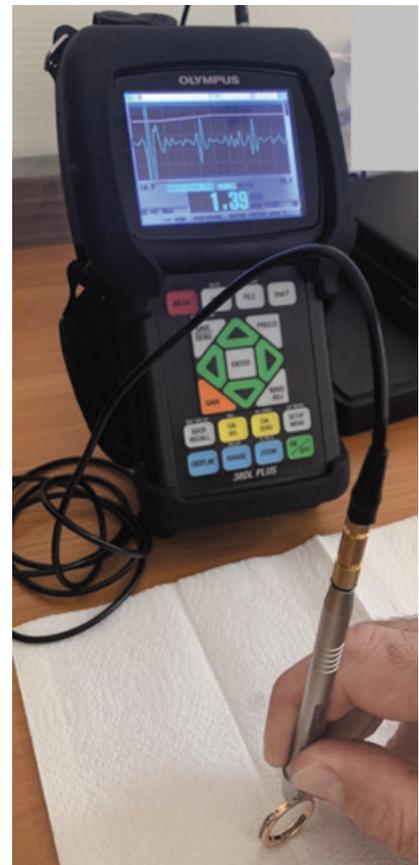


Рис. 2. УЗК золотых изделий толщиномером 38DL PLUS



Рис. 3. УЗК кольца из золота преобразователем Sonopen®

золотого изделия – кольца с переменной толщиной от 1 до 3 мм ультразвуковым толщиномером 38DL PLUS и преобразователем Sonopen®.

На рис. 4 приведен характерный А-скан, зафиксированный при контроле указанного выше изделия из золота. По полученным результатам можно сказать следующее. На А-скане после интерфейсного сигнала (ИС, эхосигнал от границы раздела акустическая задержка – объект) идет последовательность донных сигналов (первый донный сиг-

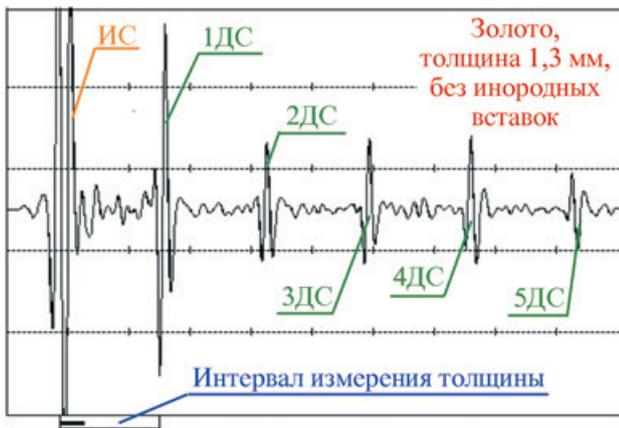


Рис. 4. Пример А-скана для изделий из золота без инородных вставок

нал 1ДС, второй донный сигнал 2ДС и т.д.), разделенных интервалами без сигналов (не считая шумов), длительность каждого ДС составляет 1,5–2 периода колебаний, он имеет 3–4 выраженных пика. Такая форма сигнала сохраняется для всех пяти ДС, отображенных на А-скане. Измерение толщины изделия выполнено по интервалу времени между ИС и 1ДС, что соответствует режиму измерения 2 согласно стандарту [4].

Толщина изделия, определенная ультразвуковым эхометром при настроенном значении скорости ультразвуковых волн в золоте  $c_L$  3240 м/с, во всех контрольных точках совпала с результатами прямых измерений, выполненных штангенциркулем. Отсутствие между ИС и 1ДС других сигналов, кроме шумов, указывает на то, что инородные вставки в материале изделия не обнаружены.

При контроле объектов с малым радиусом кривизны, чтобы получить А-скан с четкими устойчивыми эхосигналами достаточно высокой амплитуды, как показано на рис. 4, нужно выполнить определенное позиционирование ПЭП на поверхности объекта. Это может занять некоторое время. Для ускорения контроля преобразователь Sonoren® рекомендуется применять вместе со специальным подпружиненным держателем, который имеет V-образные вырезы. Данный держатель обеспечивает центровку ПЭП и получение устойчивых эхосигналов при контроле объектов цилиндрической формы – трубок и тому подобного. Для надежного акустического контакта также необходима достаточно вязкая и при этом безвредная контактная жидкость, например глицерин или специальный гель для УЗК.

Добавим, что для ювелирных изделий идентификации материала только по скорости ультразвуковых волн  $c_L$  может быть недостаточно. Это связано с существенной погрешностью, которая иног-

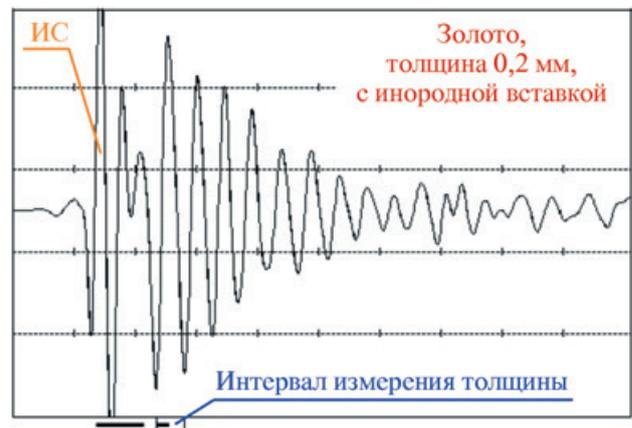


Рис. 5. Пример А-скана для изделий из золота с инородной вставкой

да возникает при измерениях толщины или скорости ультразвуковых волн на изделиях сложной формы и с малыми радиусами кривизны. При этом, как показано в таблице, скорости ультразвуковых волн в некоторых металлах и сплавах, таких как бронза, олово и серебро, достаточно близки к значениям скорости в золоте и отличаются от него не более чем на 13%. Поэтому первоначально лучше определить материал такого изделия, например, по его плотности. Затем методами УЗК можно продублировать определение материала уже по скорости ультразвуковых волн, а также провести контроль изделия на сплошность и наличие в нем инородных вставок.

Рассмотрим пример обнаружения такой инородной вставки в изделии из золота. Изделие – цепь из цилиндрических звеньев диаметром 3,7 мм по замерам штангенциркулем.

Если бы эти цилиндрические звенья не имели нарушений сплошности, то определенное ультразвуковым эхометодом значение толщины составило бы для них также 3,7 мм, при этом 1ДС на А-скане находился бы примерно в той же зоне, где находится 3ДС на рис. 4. Других эхосигналов между ИС и 1ДС на А-скане бы не было.

Однако полученный при контроле цилиндрических звеньев А-скан, который представлен на рис. 5, существенно отличается от того, что приведен на рис. 4. На указанном А-скане отсутствуют отдельные ДС, вместо них имеется сплошной ряд пиков с попеременным изменением полярности.

Эксперименты показали, что эхосигналы подобной формы возникают при распространении в относительно тонкой стенке объекта, когда толщина такой стенки примерно равна или меньше, чем длина ультразвуковой волны в материале объекта (0,22 мм для золота и частоты ультразвуковых колебаний 15 МГц). Можно предположить, что при



Рис. 6. Золотое изделие с инородной вставкой, обнаруженной по результатам УЗК

этих условиях в стенке объекта возникает интерференция многократно переотраженных ДС, что и приводит в итоге к образованию сигналов указанной формы.

При экспериментах также установлено, что если стенка объекта слишком тонкая (начиная с толщины, которая примерно в 2–3 раза меньше длины ультразвуковой волны в материале объекта), то получить информативный А-скан, пригодный для измерения толщины стенки, не получается. Для большинства ультразвуковых дефектоскопов и толщиномеров максимальная рабочая частота не превышает 20–30 МГц. Поэтому минимальная толщина, которая может быть измерена данными средствами контроля, составляет приблизительно 0,1–0,2 мм.

Отсутствие информативного А-скана уже является признаком того, что объект имеет тонкую наружную стенку с дальнейшим нарушением сплошности. Если есть необходимость в измерениях таких малых толщин, то можно использовать высокочастотные ультразвуковые толщиномеры и преобразователи. Например, выпускается толщиномер 72DL PLUS и соответствующие ПЭП с рабочей частотой до 125 МГц, которые позволяют измерять толщины до 0,013 мм [7].

Вернемся к А-скану на рис. 5. В данном случае измерения толщины стенки объекта выполнены по интервалу времени между соседними пиками одинаковой полярности (режим измерения 3 согласно стандарту [4]), результат составил 0,2 мм.

Для подтверждения полученных данных несколько звеньев цепи было распилено. Золотое изделие после распила показано на рис. 6.

Цилиндрические звенья золотой цепи диаметром 3,7 мм оказались трубками с толщиной стенки всего лишь 0,2 мм. Внутренний объем этих трубок был заполнен инородными вставками в виде проволоки из металла высокой плотности. Таким образом, результаты неразрушающего контроля методом УЗК были полностью подтверждены.

*В заключение благодарим коллег и деловых партнеров, которые предоставили для проведения экспериментов по контролю свои изделия из золота.*

#### Библиографический список

1. **Ультразвук.** Маленькая энциклопедия / гл. ред. И.П. Голямина. М.: Сов. энцикл., 1979. 400 с.
2. **Ермолов И.Н., Ланге Ю.В.** Ультразвуковой контроль // Неразрушающий контроль: справочник в 8 т. / под ред. В.В. Клюева. Т. 3. 2-е изд., доп. М.: Машиностроение, 2006. 864 с.
3. **Ермолов И.Н., Вopilкин А.Х., Бадалян В.Г.** Расчеты в ультразвуковой дефектоскопии. Крат. справочник. М.: НПЦ «ЭХО+», 2004. 108 с.
4. **ГОСТ Р ИСО 16809–2015.** Контроль неразрушающий. Контроль ультразвуковой. Измерение толщины. М.: Стандартинформ, 2015. 36 с.
5. **38DL PLUS – Ультразвуковой толщиномер:** руководство по эксплуатации. DMTA-10004-01RU-Версия С. Olympus, 2016. 338 с.
6. **Ultrasonic Transducers // Olympus NDT.** Olympus, 2006. 40 с.
7. **Ультразвуковой толщиномер 72DL PLUS.** Olympus–Evident, 2022. 8 с.

## ЖУРНАЛ «ТЕРРИТОРИЯ NDT»

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

В свободном доступе  
НА САЙТЕ  
[www.tndt.idspektr.ru](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 за 10 лет  
[http://tndt.idspektr.ru/  
index.php/archive](http://tndt.idspektr.ru/index.php/archive)



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

Более 15 лет  
предлагаем решения  
для самых сложных задач НК

**ТЕХОН**  
технический контроль

# SyncScan 3

## ДЕФЕКТОСКОП на фазированных решетках



**СОВРЕМЕННЫЙ**  
**Быстрый**  
**Точный**  
**Надежный**

**Сканер**  
**WPS-02**  
для коррозионного  
мониторинга  
**100% контроль**



**ВЫГОДНОЕ!**  
**ПРЕДЛОЖЕНИЕ!**



РЕКЛАМА

[www.techkontrol.ru](http://www.techkontrol.ru)  
+7 (495) 133-58-62

# 50 ЛЕТ – ГОЛОВНЫЕ ВОЛНЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ МЕТАЛЛОВ (Часть 1)



**РАЗЫГРАЕВ Николай Павлович**  
Канд. техн. наук  
АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва

## Введение

В начале 70-х гг. прошлого века в ЦНИИТМАШ под руководством канд. техн. наук А.С. Матвеева и проф., д-ра техн. наук И.Н. Ермолова сформировалась научная школа ультразвуковой дефектоскопии. Благодаря трудам И.Н. Ермолова и в первую очередь теории акустического тракта ультразвуковая дефектоскопия преобразилась в одно из важных научных направлений в технологии машиностроения.

В 1972 г. Н.П. Разыграев, молодой специалист, младший научный сотрудник ЦНИИТМАШ под научным руководством заведующего лабораторией ультразвуковых методов исследования металлов д-ра техн. наук, проф. И.Н. Ермолова проводил исследования акустических характеристик сталей для оборудования и трубопроводов АЭС с ВВЭР-1000. В процессе экспериментальных исследований Н.П. Разыграев впервые в ультразвуковой дефектоскопии металлов увидел, наблюдал и зафиксировал на экране ультразвукового дефектоскопа USIP-10 фирмы «Крауткремер», имеющем динамический диапазон экрана 36 дБ (это оказалось весьма важным в экспериментальных исследованиях), неизвестные ранее сигналы очень быстрой волны – они раньше всех других импульсов приходили на приемник и были примерно на два порядка слабее объемных продольной и поперечной волн. Н.П. Разыграев совместно с И.Н. Ермоловым достоверно интерпретировали эту волну как аналог головных волн (ГВ) в сейсмоакустике, доказали возможность использования их для выявления при- и подповерх-

ностных дефектов в металле, получили совместно с В.Г. Щербинским авторское свидетельство № 491092 на новый способ УЗК [1] (с приоритетом от 1 июня 1973 г.) и доложили об этом в 1974 г. в Киеве на Всесоюзной конференции по неразрушающему контролю [2].

Оглядываясь на многие годы назад, можно отметить, что важнейшими предпосылками для нового вклада ЦНИИТМАШ в ультразвуковую дефектоскопию металлов несомненно являются:

- организация лауреатом Государственной премии канд. техн. наук А.С. Матвеевым лаборатории ультразвуковых методов исследования металлов (ЛУЗМИМ);
- изобретение и разработка в лаборатории наклонных искателей с углом падения больше 1-го критического угла, обеспечивающих возбуждение в контролируемом металле только поперечных волн;
- общий пассионарный подъем в развитии УЗД в 1950–1960 гг. и образование нескольких творческих коллективов в Ленинграде под руководством С.Я. Соколова в ЛЭТИ, А.К. Гурвича в ЛИИЖТ, в Москве в ЦНИИТМАШ, в авиации под руководством Д.С. Шрайбера, в НИИХИММАШ под руководством Н.В. Химченко, немного позже в Кишиневе был создан ВНИИНК;
- приглашение и назначение заведующим ЛУЗМИМ И.Н. Ермолова и разработка им теории акустического тракта;
- создание научной школы УЗД в ЦНИИТМАШ и мощного творческого коллектива, нацеленного на решение самых актуальных задач технологии машиностроения;
- организация под руководством А.К. Гурвича научно-технического сообщества УЗДешников на базе конференций по УЗД в Ленинграде.

Дополнительными факторами, способствовавшими обнаружению головных волн, можно считать наличие в ЦНИИТМАШ новейшего дефектоскопа USIP-10 фирмы «Крауткремер», а также хорошего базового образования по акустике у Н.П. Разыграева, полученного в Московском горном институте, где в середине 1960-х гг. преподавали специалисты Акустического института АН СССР проф., д-р физ.-мат. наук А.В. Римский-Корсаков, канд.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА ДЛЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ И ГОЛОВНЫЕ ВОЛНЫ

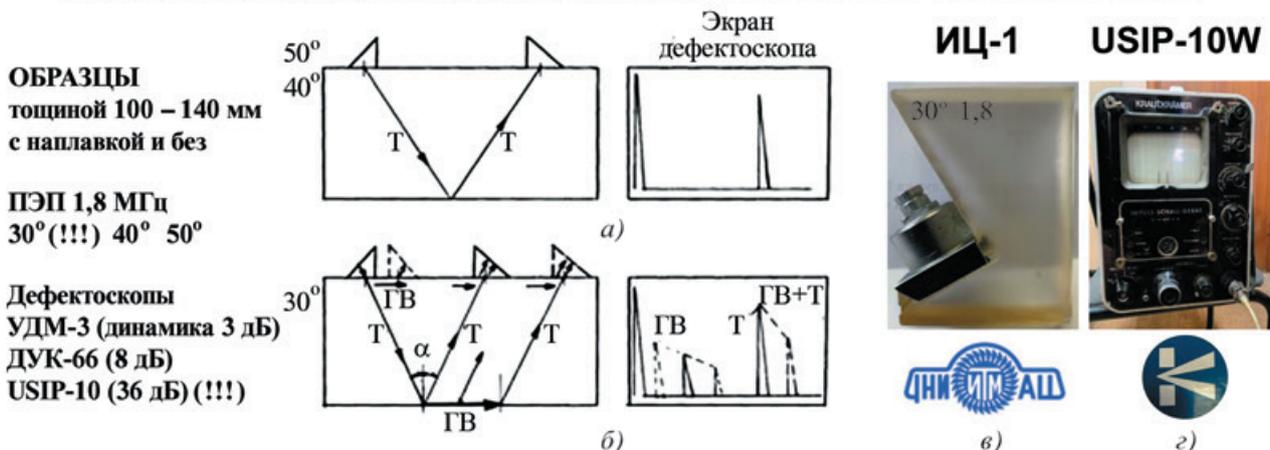


Рис. 1. Схемы прозвучивания металла и изображения импульсов на экране дефектоскопа (а, б), а также наклонного искателя ИЦ-1 ЦНИИТМАШ с углом призмы 30° (в) и дефектоскопа USIP-10 фирмы «Крауткремер» (г)

техн. наук Б.Д. Тартаковский, канд. техн. наук А.Д. Лапин и др., а также д-р техн. наук И.Н. Ермолов из ЦНИИТМАШ и др.

### 1. Обнаружение головной волны в металле

В 1972 г. в ЦНИИТМАШ в связи с началом проектирования и подготовки к производству атомных электростанций нового поколения ВВЭР-1000 были поставлены новые специальные исследовательские работы по разработке новых технологий обработки, изготовления и контроля качества оборудования, трубопроводов, металлоконструкций АЭС. В том числе такие исследования были поставлены для обеспечения новыми технологиями, средствами контроля и методической документацией в части ультразвукового контроля металла.

В ЛУЗМИИ исследования акустических характеристик сталей для оборудования и трубопроводов АЭС с ВВЭР-1000 проводили на специальных образцах размером 300×400 мм, толщиной 100 мм и более из стали 15Х2МФА и биметалла из той же стали толщиной 113 мм с аустенитной наплавкой или плакировкой толщиной 13 мм. На рис. 1, а, б представлены схемы прозвучивания образцов зеркально-теневым методом наклонными искателями ЦНИИТМАШ, а также изображения импульсов на экране дефектоскопа USIP-10 фирмы «Крауткремер», прошедших через исследуемый образец на участках толщиной 100 и 113 мм, а также фотография искателя ЦНИИТМАШ ИЦ-1 с углом призмы 30° (рис. 1, в) и дефектоскоп USIP-10 (рис. 1, г).

На рис. 1, а слева показан ход поперечных волн Т в стали от излучателя к приемнику искателей с углом призм 40 и 50°, а справа – изображение зеркально-теневых сигналов на экране дефектоскопа. На рис. 1, б слева показан ход наклонных попереч-

ных волн в стали от искателей с углом призм 30° и ГВ возбуждаемой тем же искателем и распространяющейся вдоль контактной поверхности, а справа – изображения на экране дефектоскопа импульсов зеркально-теневых сигналов поперечных волн и ГВ при различных расстояниях между искателями. Импульсы ГВ всегда располагаются ближе к зондирующему импульсу, так как затрачивают существенно меньше времени на прохождение пути от излучателя до приемника. Эти быстрые импульсы ранее в УЗД металлов никто не наблюдал, а в нашем случае они были обнаружены и зафиксированы благодаря большому (порядка 36–40 дБ) динамическому диапазону экрана дефектоскопа, отсутствию на экране дополнительных паразитных импульсов при УЗК зеркально-теневым способом, возможности одномоментного наблюдения на экране зеркально-теневых сигналов мощной объемной поперечной волны и существенно меньшего сигнала головной волны. Разница амплитуд импульсов поперечной и ГВ в данном эксперименте составляла 26–36 дБ и более. Отечественные дефектоскопы УДМ-3 и ДУК-66 имели меньшие значения мощности зондирующего импульса, усилителя и динамического диапазона экрана (соответственно 3–4 и 10–12 дБ).

Быстрые импульсы наблюдались только при прозвучивании образцов искателями с углом призм 30°. Амплитуда быстрого импульса увеличивалась при сближении искателей, максимальная амплитуда и минимальное время прохождения импульса достигались при минимально возможном расстоянии между искателями.

Было много предположений о природе и характере быстрой волны. Первичные дополнительные исследования показали, что волна не прощупывается на контактной поверхности, имеет скорость

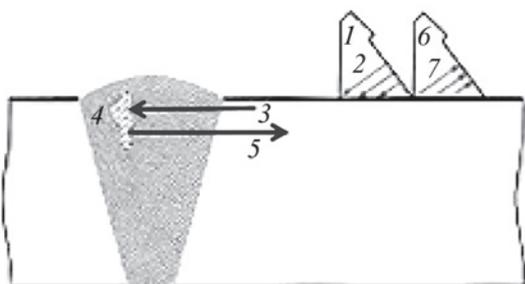


Рис. 2. Эхо-метод УЗК головными волнами:  
 1 – излучатель; 2 – продольная волна, падающая под первым критическим углом; 3 – продольная подповерхностная волна; 4 – дефект, отражающий волну; 5 – отраженная подповерхностная волна; 6 – приемник; 7 – боковая продольная волна в призме приемника

распространения практически равную скорости продольной волны, быстро ослабевает с расстоянием, при использовании искателей с углом призмы  $30^\circ$  на расстояниях 100 мм и более импульсы не видны даже при использовании дефектоскопа USIP-10.

Было также отмечено, что волна в полной мере подчиняется акустической теореме взаимности, что фиксировалось при прозвучивании металла двумя расположенными навстречу друг другу искателями как вдоль ровной контактной поверхности, так и в случае прохождения звука через ступеньку (под ступенькой) высотой 13 мм. При этом время распространения и амплитуда импульсов не изменялись при взаимной перестановке разъемов излучателя и приемника на дефектоскопе.

По мере совершенствования искателей оказалось возможным впервые выполнить прозвучивание эхо-методом. При этом излучатель и приемник были расположены друг за другом по отношению к вертикальной стенке. На экране дефектоскопа мы увидели эхо-сигнал ГВ от вертикальной стенки – донный сигнал, и он прощупывался под контактной поверхностью. Мы впервые не только увидели ГВ, распространяющуюся вдоль контактной поверхности, но и осязали ее внутри металла. Это вызвало новый всплеск интереса к быстрой волне в связи с возможностью ее использования для выявления приповерхностных и подповерхностных дефектов.

Все результаты исследований обсуждались на заседаниях научного совета отдела неразрушающих методов исследования металлов под руководством А.С. Матвеева, вызвали всеобщий интерес и сопровождались интересными дискуссиями. По прошествии некоторого времени вопрос об открытии новой волны был снят с повестки дня, и было принято решение о постановке новой специализированной работы по исследованию головных волн и подаче заявки на изобретение нового способа ультра-

звукового контроля. Способ контроля по а.с. № 491092 эхо-методом сварных соединений с использованием головных волн показан на рис. 2. Излучатель 1 продольной волны под первым критическим углом возбуждает в призме продольную волну 2, падающую на границу искатель – контролируемый элемент. В контролируемом металле возбуждается головная волна, в том числе продольная подповерхностная волна 3. Она распространяется вдоль поверхности и частично отражается от внутренней подповерхностной несплошности 4. Отраженная подповерхностная волна возбуждает в призме приемника 6 боковую продольную волну 7, регистрируется и фиксируется на экране дефектоскопа. По времени распространения, положению на экране дефектоскопа и амплитуде эхо-сигнала способ контроля позволяет определить наличие дефекта, его координаты, условные и эквивалентные размеры и характеристики.

## 2. Базисные исследования головных волн

Выполненные в ЦНИИТМАШ в 1973–1975 гг. в рамках научно-исследовательской работы Т-76 «Исследование боковых ультразвуковых волн с целью определения возможности контроля подповерхностного слоя деталей энергетических машин (поисковая)» [3] оригинальные пионерские исследования возбуждения, распространения и приема ГВ показали возможность применения их для обнаружения дефектов в при- и подповерхностном слоях глубиной 1–15 мм. На основе использования ГВ были разработаны новые способы ультразвукового контроля качества материалов, защищенные авторскими свидетельствами [4, 5].

Как уже отмечалось, для возбуждения ГВ может быть использован наклонный искатель с углом, близким к первому критическому [6]. Схема экспериментального исследования оптимального угла призмы искателя ГВ пьезопластинами диаметром 18 мм на частоту 1,8 МГц показана на рис. 3. Один из искателей имел плексигласовую призму с углом  $27^\circ 30'$  (первый критический угол), другой – переменный угол наклона.

Результаты эксперимента (сплошная линия) показали, что максимум амплитуды приходится на значение угла наклона призмы, соответствующее первому критическому. Дальнейший ход кривой соответствует диаграмме направленности пьезопластины, теоретическое значение которой показано штрихами. Некоторое несовпадение теоретической и экспериментальной кривых объясняется неточностью формы пьезопластины искателя с переменным углом (она была немного обрезана по хордам), а также тем, что размеры пьезопластин излучателя и приемника были равны, благодаря чему минимумы сгладились. Следовательно, оптималь-

ное значение угла призмы для возбуждения ГВ соответствует первому критическому углу.

Если вновь обратиться к рис. 1, то с учетом результатов исследования на рис. 2 стало понятно, что продольно-поверхностная головная волна в контролируемом образце возбуждалась за счет лучей продольной волны, исходящих от излучателя под первым критическим углом. Этот угол для границы оргстекло–сталь равен  $27,5^\circ$ , т.е. соответствующий луч у искателя с углом призмы  $30^\circ$  отстоит на  $2,5^\circ$  от осевого луча.

Применительно к задачам УЗ-дефектоскопии металлов были выполнены исследования закономерностей **ослабления ультразвуковых головных волн** с углом ввода  $90^\circ$  с расстоянием, фиксируемым по возбуждаемой головной волной в приграничной среде боковой волне [7].

Из работы [8] известно выражение для ослабления потенциала головной волны, распространяющейся вдоль границы двух жидких сред. Волна проходит путь  $L_0 L_1$  и  $L_2$  (рис. 4):

$$\Psi_\delta = \frac{2in \exp[ik_0(L_0 + L_2) + ik_1L_1]}{k_0m(n^2 - 1)\sqrt{(L_0 + L_2)\sin\alpha + L_1L_1^{3/2}}}, \quad (1)$$

где  $L_0, L_2$  – путь в призмах из оргстекла или жидкости;  $L_1$  – путь в нижней среде;  $\alpha$  – угол падения волны;  $c_0, c_1$  – скорость звука в средах;  $k_0, k_1$  – волновое число в верхней и нижней средах;

$$n = \frac{c_0}{c_1} = \frac{k_0}{k_1} \quad \text{– показатель преломления;}$$

$$m = \frac{\rho_0}{\rho_1} \quad \text{– отношение плотностей верхней и нижней сред.}$$

В этом выражении  $k_0(L_0 + L_2) + k_1L_1$  означает набег фазы на пути  $L_0L_1L_2$  (рис. 4) от излучателя до приемника. Этот путь состоит из отрезков  $L_0$  и  $L_2$ , по которым волна распространяется в верхней среде под первым критическим углом к границе и от нее и которые в дальнейшем считаем равными, и отрезка  $L_1$ , по которому волна распространяется вдоль границы со скоростью, равной скорости продольной волны в нижней среде.

Как уже отмечалось, формула (1) относится к случаю, когда волна распространяется вдоль границы двух жидких сред. Однако ввиду того, что физика распространения головной волны вдоль границы двух твердых сред или жидкость – твердое тело аналогична случаю с границей жидкость–жидкость, можно предположить, что основные закономерности, в частности зависимость  $\Psi_\delta$  от  $L_1$ , будут сохраняться и для твердых тел. Экспериментальное определение зависимости изменения амплитуды головной волны от расстояния, на которое она рас-

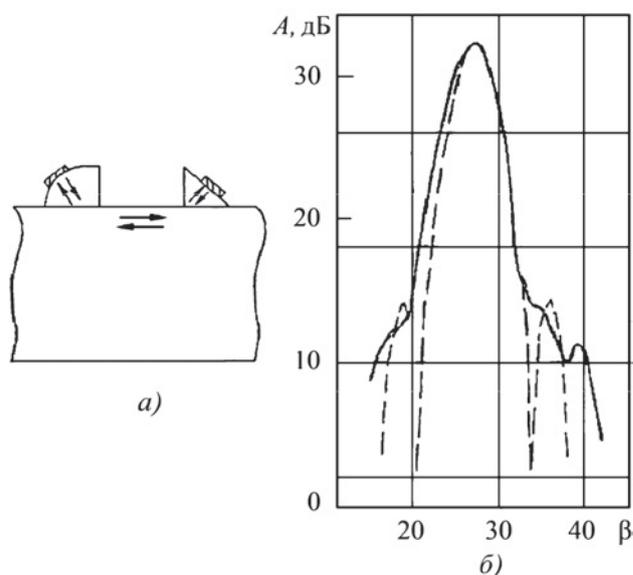


Рис. 3. Исследование зависимости чувствительности излучения и приема головных волн от угла наклона пьезопреобразователя: а – схема эксперимента; б – результаты эксперимента; сплошная линия – результаты эксперимента; штриховая – расчетная диаграмма направленности

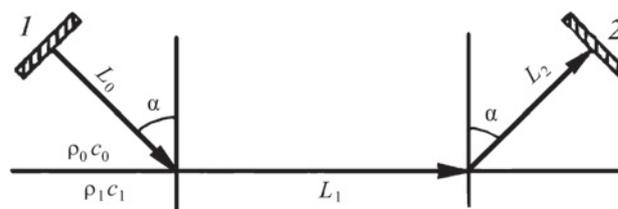


Рис. 4. Распространение головной волны вдоль границы: 1 – излучатель; 2 – приемник

пространяется, проводилось на образцах из перлитной стали контактным и иммерсионным способами. Контроль контактным способом осуществляли с помощью наклонных искателей с углом призмы, равным первому критическому углу, т.е. для пары оргстекло–сталь угол равнялся  $27^\circ 30'$ . При контроле иммерсионным способом искатели и образец помещали в ванну с жидкостью.

Исследования вели с помощью дефектоскопа USIP-10W и искателей на частоту 1,0; 1,25; 1,8; 2,5; 3,6; 4,0 и 5,0 МГц. На каждой частоте измерения проводили с пьезопластинами диаметром 12 и 18 мм. В результате получено, что при распространении ГВ вдоль границы с водой (иммерсионный режим контроля) ослабление ее амплитуды происходит по закону  $L_1^{-2}$ .

При контактном методе амплитуда пришедшего сигнала убывает с увеличением расстояния по закону  $L_1^{-1,73 \pm 0,024}$ . В качестве примера некоторые результаты измерений приведены на рис. 5. Влияние затухания звука пренебрежимо мало. Зависи-

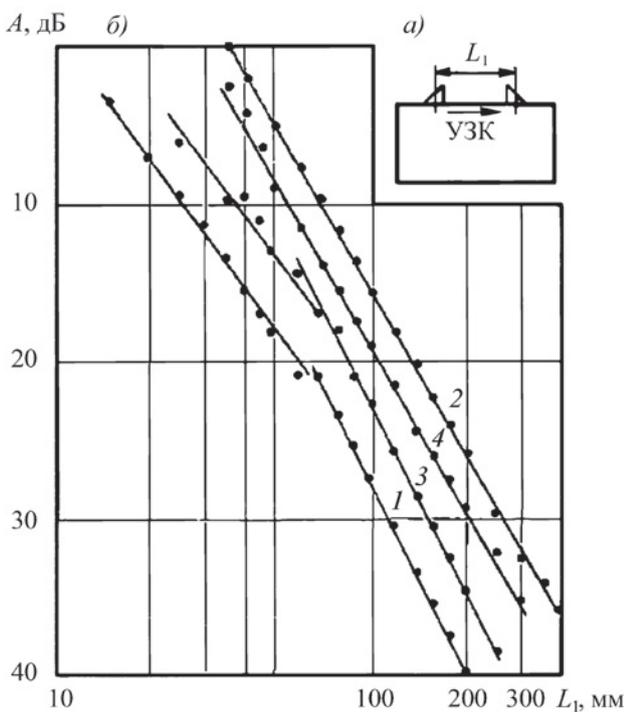


Рис. 5. Ослабление головной волны с расстоянием на частоте 1,8 МГц: 1 и 3 – иммерсионный режим; 2 и 4 – контактный режим при диаметрах пьезоэлементов 18 мм (1 и 2) и 12 мм (3 и 4)

мости 1 и 3 относятся к иммерсионному режиму, а 2 и 4 – к контактному. Для обоих случаев приведены результаты на частоте 1,8 МГц при диаметрах пьезоэлементов 18 мм (1 и 2) и 12 мм (3 и 4). Точками показаны результаты экспериментальных измерений, а прямыми линиями – зависимости, полученные в результате математической обработки экспериментальных результатов.

При возбуждении и приеме ГВ контактными искателями с пьезоэлементами диаметром 18 мм ослабление амплитуды происходит по закону  $L_1^{-1,75}$ . Полученные результаты указывают на то, что при распространении вдоль границы вода–сталь амплитуда ГВ убывает быстрее, чем вдоль границы воздух–сталь. Такой результат легко объясняется тем, что в жидкости образуется боковая продольная волна, которая уносит определенное количество энергии. Если верхней средой является воздух, то благодаря большой разнице акустических импедансов воздуха и стали энергия боковой волны ничтожно мала. Амплитуда головных УЗ-волн убывает значительно быстрее в сравнении с обычно используемыми в УЗ-дефектоскопии объемными продольными и поперечными волнами, амплитуда которых убывает пропорционально расстоянию.

Быстрое ослабление головной волны связано с образованием боковых волн как в верхней, так и в нижней средах. Роль боковой волны в нижней сре-

де играет образующаяся на границе раздела боковая поперечная волна [9].

Экспериментальные результаты говорят о том, что расстояния, на которых можно фиксировать ГВ (~300 мм), более чем на порядок меньше, чем при использовании в УЗ-дефектоскопии обычных объемных волн.

Исследованы процесс формирования акустического поля головной волны в контролируемой среде, а также физика процесса формирования акустического поля головной волны в контролируемой среде, а именно: изучены распределения амплитуды напряжений в ГВ с глубиной и определены углы лучей, на которых эти амплитуды достигают максимального значения [10].

Схема измерения распределения амплитуды напряжений в головной волне по глубине показана на рис. 6. Расстояние между излучателем 1 и плоскостью MN, на которой располагается приемник 2, менялось в пределах от 15 до 200 мм. При определенном расстоянии ( $l = 15, 50, \dots, 200$ ) приемник с пьезоэлементом диаметром 2 мм перемещался по плоскости MN, и измерялась амплитуда импульса головной волны в зависимости от глубины  $z$ . Оси излучателя и приемника располагались в одной плоскости. Характеристики поля головной волны снимались с помощью контактных наклонных искателей.

На основании предварительных экспериментов ранее был сделан вывод о том, что максимум амплитуды головной волны достигается на определенном луче, идущем от точки выхода искателя. Для проверки общности этого предположения и определения углов была принята следующая система изображения результатов (рис. 7). По оси абсцисс отложена амплитуда сигнала подповерхностной волны, а по оси ординат – глубина точки измерения  $z$ . При построении зависимости амплитуды сигнала от глубины ее значения нормируются относительно максимальной амплитуды для данного расстояния  $l$ . Для ряда значений  $l$ , которые обычно кратны 50 мм и показаны выше нулевой амплитуды, такие зависимости наносятся на один график с соблюдением геометрических пропорций между максимумом кривой распределения амплитуд, т.е. нулями амплитуд. На рис. 7 приведены результаты, полученные при использовании контактных излучателей с пьезоэлементами диаметром 18 мм на частоте 1,0 и 5,0 МГц, а также диаметром 12 мм на частоте 1,8 МГц. Там же показан луч, на котором расположены максимальные значения амплитуд при различных расстояниях и значение угла между этим лучом и контактной поверхностью (угол скольжения). Поле ГВ в контролируемой среде характеризуется двумя существенными признаками.

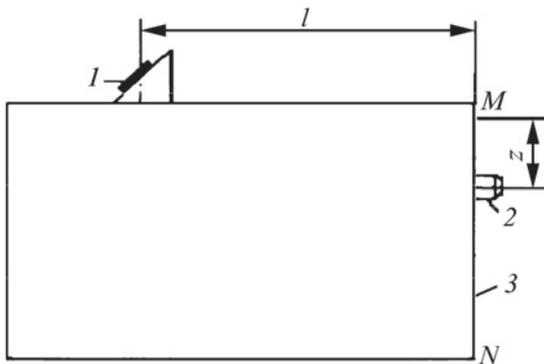


Рис. 6. Схема измерения поля головной волны в стали: 1 – излучатель; 2 – точечный приемник; 3 – образец

Это, во-первых, наличие минимума (нуля) амплитуды на поверхности и, во-вторых, наличие луча, на котором достигается максимум амплитуды. Угол, образованный этим лучом с контактной поверхностью образца, составляет 11–12° на частотах 1,8; 2,5; 5,0 МГц и 12–15° – на частоте 1,0 МГц. Можно считать, что в пределах точности экспериментальных измерений этот угол остается практически постоянным. При измерении распределения поля ГВ излучателей с пьезоэлементами диаметром 12 мм (см. рис. 7, в) на тех же частотах было обнаружено, что поле головной волны имеет такую же

структуру, а угол с максимальным значением амплитуды оставался практически постоянным (12°). Таким образом, в пределах частот и диаметров пьезоэлементов, обычно используемых в УЗ-дефектоскопии, направление луча с максимальным значением амплитуды практически не меняется.

Теоретическая оценка акустического поля ГВ, формируемого контактным искателем, выполнена в соответствии со следующим алгоритмом. Рассчитывалась диаграмма направленности в плексигласе по формуле

$$\Phi(\theta) = \frac{2J_1(ka \sin \theta)}{ka \sin \theta}, \quad (2)$$

где  $\theta$  – угол направления луча, отсчитываемый от акустической оси излучателя;  $J_1$  – функция Бесселя первого порядка;  $k$  – волновое число;  $a$  – радиус излучателя.

Для каждого луча диаграммы направленности определялся угол падения на границу и направление преломленного луча. Амплитуда волны в направлении преломленного луча определялась перемножением значения, полученного из формулы (2), на коэффициент прохождения по амплитуде действующей составляющей тензора напряжений, который при угле преломления, равном 90°, имеет минимум.

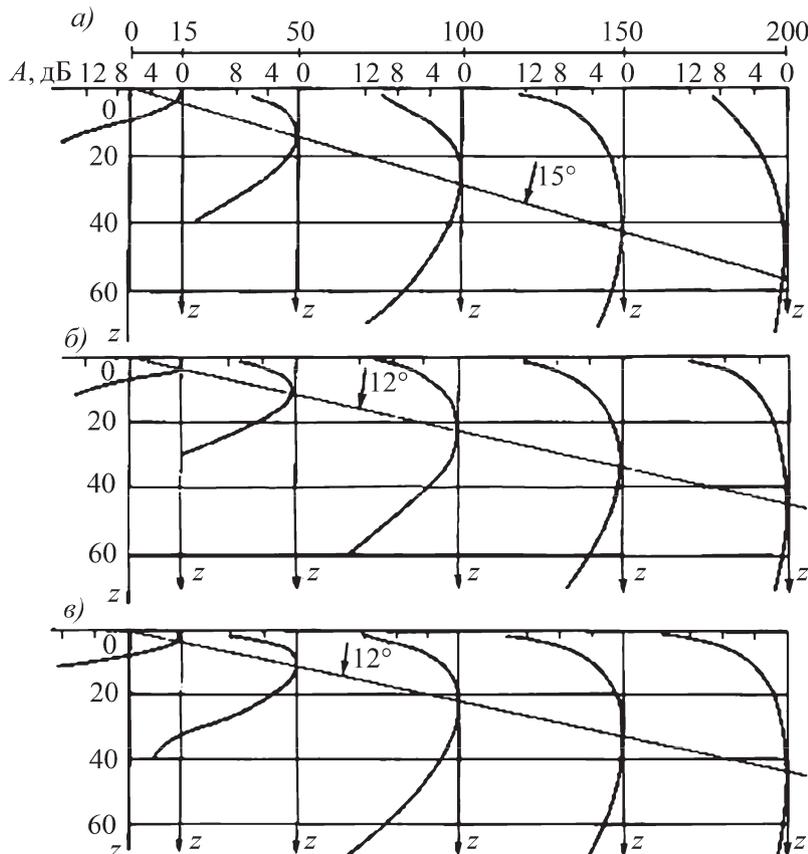


Рис. 7. Экспериментальные значения поля головной волны для излучателя с пьезоэлементом диаметром 18 мм на частоте 1,0 МГц (а), 5,0 МГц (б) и диаметром 12 мм на частоте 1,8 МГц (в)

Коэффициент прохождения по амплитуде для границы оргстекло–сталь рассчитывался на ЭВМ по формулам, приведенным в работе [11]:

$$D_{II} = \frac{2\rho_2 c_{2l} c_{2t}^2 c_{1l} \cos 2\alpha_{2l} \cos \alpha_{1l}}{\rho_1 c_{1l}^4 \cos 2\alpha_{1l} \sin \alpha_{1l} N}, \quad (3)$$

где

$$N = 2ctg\alpha_{1l} + \frac{c_{1l}}{2c_{1t}} \frac{\cos^2 2\alpha_{1l}}{\cos \alpha_{1l}} + \frac{2\rho_2 c_{2l}^4}{\rho_1 c_{1l}^4} ctg\alpha_{2l} + \frac{\rho_2 c_{1l} c_{2l}^3}{2\rho_1 c_{1l}^4} \frac{\cos^2 2\alpha_{2l}}{\cos \alpha_{1l}}; \quad (4)$$

$\rho_1, \rho_2$  – плотность верхней и нижней сред соответственно;  $c_{1l}, c_{2l}$  – скорость продольной волны в верхней и нижней средах соответственно;  $c_{1t}, c_{2t}$  – скорость поперечной волны в верхней и нижней средах соответственно;  $\alpha_{1l}, \alpha_{2l}$  – углы падения и преломления поперечной волны соответственно;  $\alpha_{1l}, \alpha_{2l}$  – углы падения и преломления продольной волны соответственно.

Рассчитанные акустические поля ГВ излучателей с пьезоэлементами диаметром 18 мм для границы оргстекло–сталь на частоте от 1 до 5 МГц показаны на рис. 8.

Принятая модель формирования поля головной волны в нижней среде хорошо согласуется с экспериментальными результатами.

Теоретически рассчитанное поле головной волны, так же как и определенное экспериментально, имеет на поверхности минимальные значения амплитуды; на определенном луче находится максимальное значение амплитуды. Значения угла, образуемого этим лучом с поверхностью, рассчитанные теоретически и полученные экспериментально для излучателей с частотой 1,8 и 2,5 МГц, практически совпадают. Для излучателей с другими частотами экспериментальное и теоретическое значения этого угла также близки. Вблизи границы раздела сред экспериментально снятое поле головной волны не полностью совпадает с полем, теоретически рассчитанным по предложенной модели. Это различие может объясняться следующим. При выводе формулы (3) предполагалось, что поверхность раздела сред плексиглас–сталь является безграничной, напряжения в верхней и нижней средах на границе равны на всем ее протяжении. В экспериментах часть поверхности вне места соприкосновения с призмой искателя является свободной, и на ней нормальные и тангенциальные напряжения обращаются в нуль. Поскольку в зоне расположения искателя поверхность соприкасается с плексигласовой призмой через слой масла, на этом участке тангенциальные

напряжения также обращаются в нуль, а нормальные не равны нулю.

Собственные теоретические исследования структуры акустического поля подповерхностной ГВ выполнены Л.В. Басацкой и И.Н. Ермоловым [12]. Они сопоставили полученные ими расчетные решения с приведенными выше и подтвердили экспериментально полученные закономерности структуры поля, в особенности вблизи угла с максимальной амплитудой акустического поля подповерхностной волны.

### 3. Искатели для контроля приповерхностного слоя головными волнами

Ультразвуковой контроль ГВ может осуществляться теньвым и эхо-методами. Для контроля теньвым методом в качестве излучателя и приемника могут быть использованы призматические искатели, имеющие угол падения, равный значению первого критического угла. Такие излучатели и приемники применялись при изучении ослабления головных волн с расстоянием и структуры акустического поля

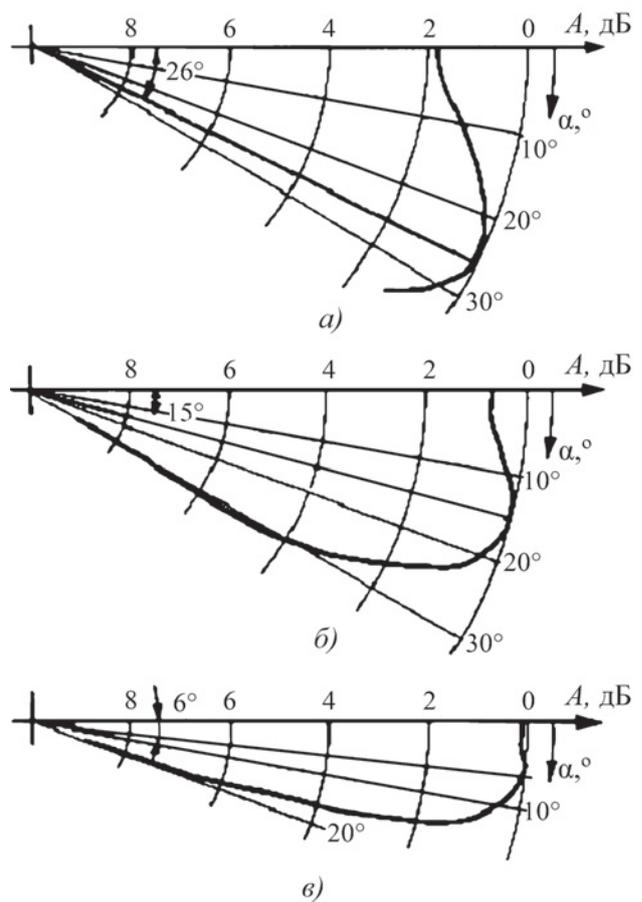


Рис. 8. Поле головной волны контактных излучателей (расчет) с частотой: а – 1,0 МГц; б – 1,8 МГц; в – 5,0 МГц

наклонного искателя головной волны в контролируемой среде (см. раздел 1 данной статьи) [13]).

Для контроля эхо-методом, а он наиболее часто используется при УЗК в энергомашиностроении и энергетике, необходимо было разработать специальные искатели с достаточными для практики чувствительностью и соотношением полезный сигнал/шум. Возможность применения искателей совмещенной конструкции определена экспериментально. Был спроектирован и изготовлен наклонный искатель ГВ с призмой из оргстекла с пьезоэлементом диаметром 18 мм на частоту 1,8 МГц. Угол призмы 27°30'. Размеры и форму призмы выбирали из условия достижения минимального уровня собственных шумов искателя. С помощью такого искателя измеряли донный сигнал (отражение от грани, перпендикулярной контактной плоскости и оси искателя) и уровень шумов в функции от расстояния в диапазоне 0–100 мм (рис. 9).

Верхняя кривая является аппроксимированной зависимостью амплитуды донного сигнала от расстояния.

Экспериментальные значения донного сигнала, показанные на рис. 9 точками, имеют значительные флуктуации вследствие сложения полезного сигнала с сигналами собственных шумов искателя. Уровень шумов отстоит от донного сигнала не более чем на 10 дБ. Такое соотношение полезный сигнал/шум делает невозможным обнаружение небольших подповерхностных дефектов с помощью данного искателя. Действительно, подповерхностный дефект в виде плоскодонного отверстия диаметром 4 мм, плоскость которого ориентирована перпендикулярно контактной поверхности, на глубине 5 мм при любом расстоянии между дном отверстия и искателем не виден на экране дефектоскопа. Полученный результат указывает на низкую чувствительность искателей совмещенной конструкции, а также на то, что выбор конструкции искателей должен определяться особенностями УЗК ГВ.

Главная особенность технологии УЗК ГВ состоит в том, что импульсы ГВ первыми приходят на приемник и возникают вблизи зондирующего импульса. Для эффективного использования данного свойства ГВ искатели должны иметь акустические параметры, которые позволяют получить высокое соотношение полезный сигнал/шум вблизи зондирующего импульса. В связи с такими требованиями применение совмещенных искателей при УЗК эхо-методом оказалось неэффективным.

Известно, что уровень шумов вблизи зондирующего импульса снижается у раздельно-совмещенных (РС) искателей. В нашем случае РС-искатели в конструктивном отношении могут быть двух типов. Они условно названы «тандем» и «дуэт». В первом (рис. 10, б) два наклонных преобразователя (излучатель и приемник) расположены друг за другом по отношению к отражателю, в «дуэте» (рис. 10, а) излучатель и приемник расположены рядом, примерно на одном расстоянии от отражателя.

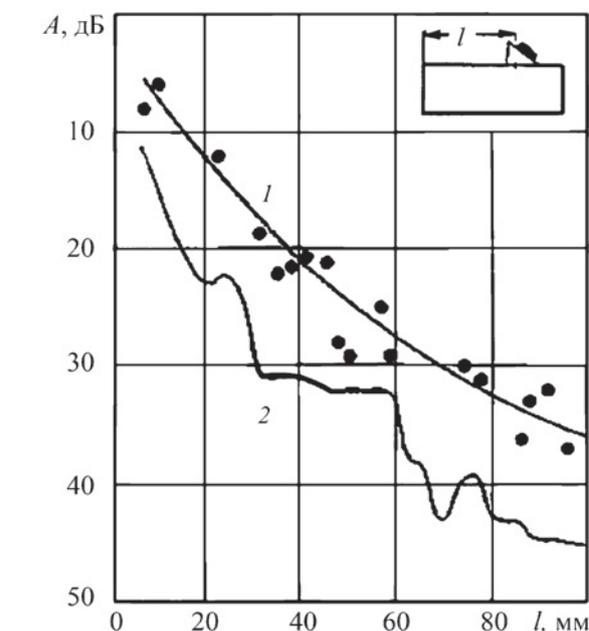


Рис. 9. Уровень донного сигнала шумов совмещенного искателя:

1 – донный сигнал; 2 – шумы

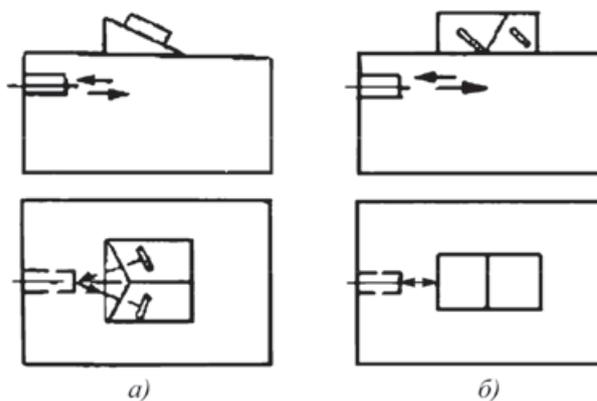


Рис. 10. Типы искателей для контроля головными волнами: а – «дуэт»; б – «тандем»

Были проработаны акустические системы (искатели), в которых излучатель и приемник составляют одну единую конструкцию, т.е. типа «тандем» и «дуэт».

Анализируя выбранные типы конструкций искателей, необходимо прежде всего рассмотреть их технические характеристики с точки зрения производительности контроля. Если конструкция искателя выполнена по типу «тандем», то будут обнаруживаться дефекты в зоне, расположенной по оси искателя и вблизи от нее на ширину поля излуче-

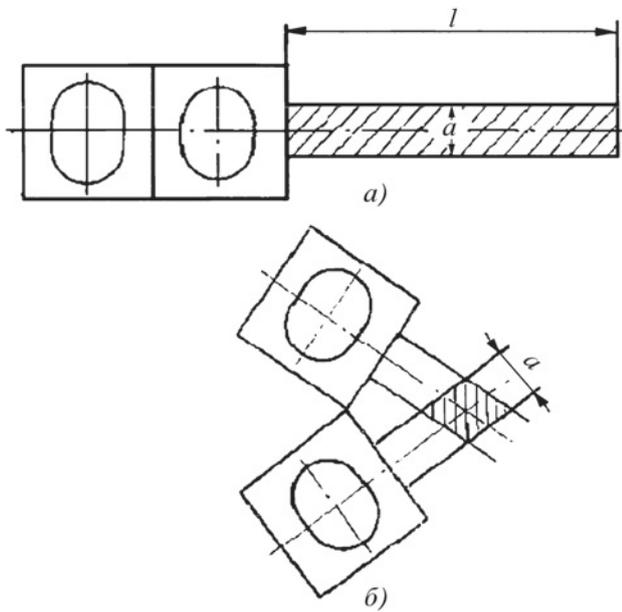


Рис. 11. Зона контроля для различных искателей: а – «тандем»; б – «дуэт»



Рис. 12. Первые искатели головных волн: а – ИЦ-61 («тандем»); б – ИЦ-106 (миниатюрный «дуэт»)

ния–приема. Расстояние  $l$  (рис. 11), на котором возможно обнаружение дефектов, будет зависеть от интенсивности излучаемого поля, отражающих характеристик дефектов и глубины их залегания. Для одинаковых дефектов на одной глубине это расстояние будет определяться только интенсивностью излучаемого поля. Если принять ширину захвата при контроле таким искателем равной половине диаметра пьезоэлемента  $a$ , то зона контроля будет определяться произведением расстояния на ширину зоны захвата. Выражая зону контроля в виде площади проекции на контактную поверхность, получим  $S_a = al$ .

Для искателей типа «дуэт» проекция контролируемой зоны на контактную поверхность представляет собой ромб, а ее площадь определяется по формуле

$$S_a = a^2 / \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между акустическими осями излучателя и приемника.

Считая  $a$  постоянной величиной, можно утверждать, что площадь контролируемой зоны для искателя «дуэт» определяется углом встречи осей излучателя и приемника.

Однако при УЗК важна не просто площадь зоны контроля, которая является характеристикой производительности в статике. Важно знать, какие параметры и как будут влиять на производительность контроля с учетом направления сканирования, т.е. в динамике. В частности, при контроле искателем «тандем», по-видимому, расстояние  $l$  будет больше, чем при контроле искателем «дуэт». Это означает, что искатель «тандем» более производителен при построчном сканировании по большой площади (контроль поковок, листов). В свою очередь, «дуэт» имеет большую ширину зоны контроля, и, на-

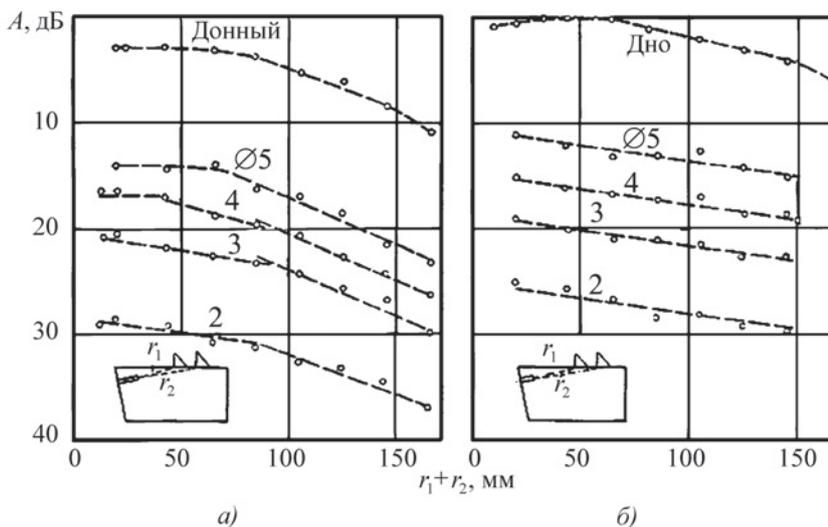


Рис. 13. Зависимости амплитуда–расстояние–диаметр для подповерхностных дефектов с разным размером при контроле искателем ИЦ-61 (-91): а – 1,8 МГц; б – 2,5 МГц

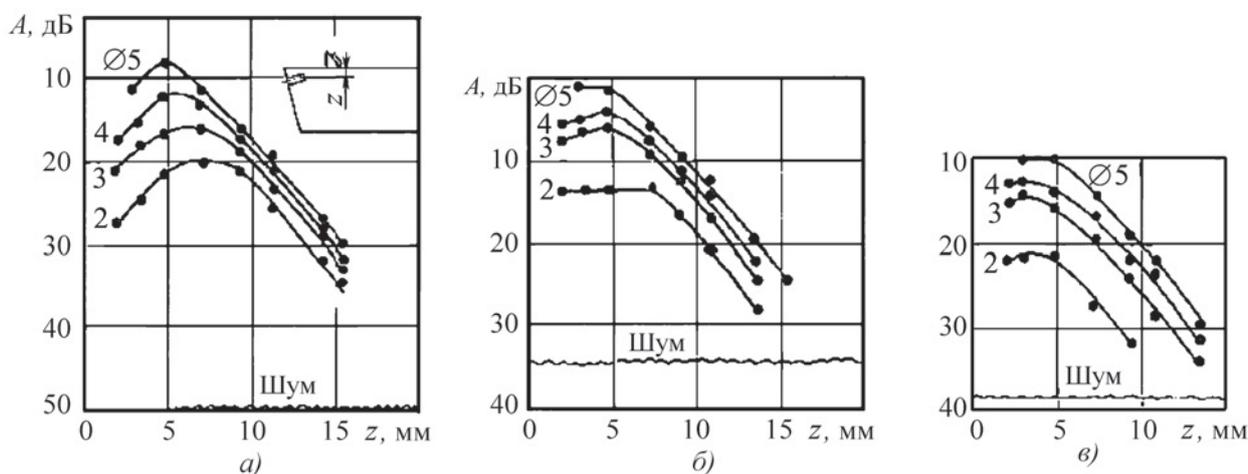


Рис. 14. Зависимости амплитуда–глубина–диаметр для разных размеров отражателей при контроле искателем ИЦ-70: а – № 3 (1,8 МГц); б – № 8 (1,8 МГц); в – № 9 (2,5 МГц)

пример, в случае контроля сварного шва в целях выявления поперечных трещин, при котором искатель перемещается по наплавленному металлу шва вдоль его оси, может быть более производителен. С точки зрения производительности контроля для искателя «дуэт» возможен случай, когда акустические оси параллельны друг другу ( $\alpha = 0$ ). Однако в этом случае УЗК осуществляется боковыми лучами диаграммы направленности, и возможность получения необходимой чувствительности весьма проблематична.

Для получения наилучших характеристик разрабатываемых искателей были выбраны оптимальные параметры и использованы в их конструкции.

На основании выбранных параметров разработаны первые конструкции искателей головных волн: ИЦ-61 и ИЦ-70 («дуэт»). На рис. 12 представлены фотографии искателей ИЦ-61 («тандем») и ИЦ-106 (миниатюрный «дуэт»), разработанные в лаборатории ультразвуковых методов исследования металлов (ЛУЗМИМ), которой руководил И.Н. Ермолов.

Для этих искателей исследованы зависимости амплитуды эхо-сигнала от размера дефекта, глубины его залегания и расстояния, проходимого ультразвуком. В соответствии с ГОСТ 14782 эти зависимости определялись с помощью плоскодонных отверстий, дно которых перпендикулярно лучу с максимальной амплитудой поля. На рис. 13 приведены зависимости между амплитудой максимального сигнала ГВ, расстоянием, которое проходит звук по пути излучатель–отражатель–приемник, и размером отражателя (АРД-диаграмма) для ИЦ-61. В результате анализа зависимости амплитуды эхо-сигнала от расстояния, проходимого звуком  $A \sim (r_1 + r_1 r_2)^{-n}$ , для ИЦ-61 обнаружено, что показатель степени принимает значения меньшие

единицы. Исследование зависимости между амплитудой эхо-сигнала и размером отражателя показало, что амплитуда  $A$  прямо пропорциональна площади отражателя  $S$ . Отметим также, что для ИЦ-61 максимальная амплитуда эхо-сигнала достигается вдоль луча с максимальной амплитудой поля излучателя. Это означает, что для каждой глубины залегания дефекта имеется расстояние, при котором дефект выявляется с максимальной амплитудой.

На рис. 14 показаны зависимости амплитуда–глубина–диаметр отражателя при контроле искателем ИЦ-70 на частоте 1,8 МГц (рис. 14, а, б) и 2,5 МГц (рис. 14, в). Полученные значения аналогичны зависимостям для прямых отдельно-совмещенных искателей. Максимальная чувствительность достигается на глубине, соответствующей пересечению акустических осей (лучей с максимальной амплитудой) поля излучателя и приемника.

Анализ полученных характеристик показал, что разработанные искатели позволяют обнаруживать достаточно небольшие подповерхностные дефекты. В дальнейшем в ЦНИИТМАШ были разработаны другие типы искателей (преобразователей) ГВ:

- искатели ИЦ-91 и ПГЦ-91, в акустической части являются полным аналогом ИЦ-61;
- искатели ПГЦ-70, в акустической части являются полным аналогом ИЦ-70.

В них используются специализированные детали и материалы, обеспечивающие работоспособность и качество искателей. Для решения специализированных задач УЗК различных элементов, сварных соединений, наплавов на кромках и антикоррозионных наплавов были разработаны и используются специализированные преобразователи головных волн для ручного и автоматизированного

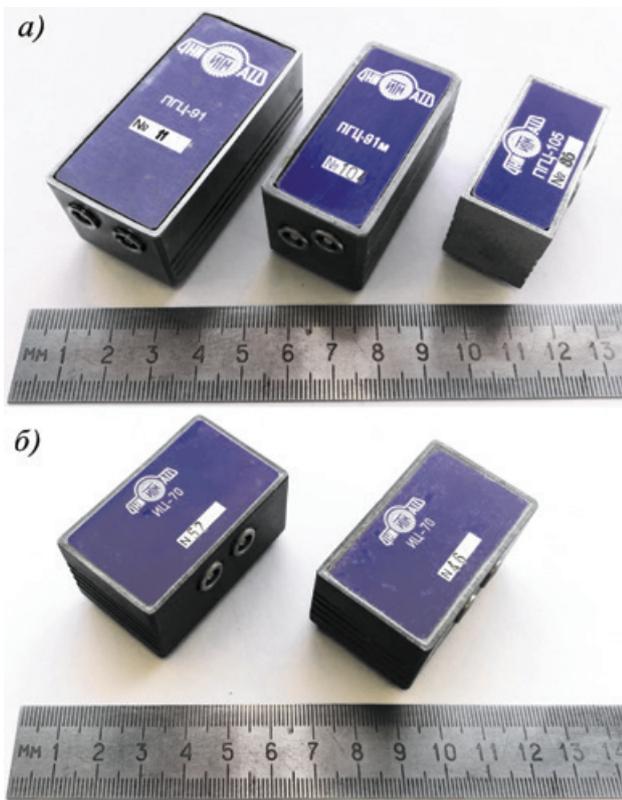


Рис. 15. Современные искатели (преобразователи ПГВ) головных волн:  
а – «тандем»: ПГЦ-91, ПГЦ-91м и миниатюрный ПГЦ-105; б – «дуэт»: ИЦ-70

контроля (рис. 15) – «тандем»: ПГЦ-91м, ПГЦ-300, ПГЦ-105 и ПГЦ-111; «дуэт»: ПГЦ-70м, ПГЦ-106 и ПГЦ-108, ПГЦ-112 и др. Покупатели искателей головных волн одновременно с их приобретением, вступая во взаимоотношения с разработчиками и изготовителями, в полной мере обеспечиваются нашими методическими разработками и консультациями.

#### Библиографический список

1. Разыграев Н.П., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. Способ ультразвукового контроля качества материалов: А.с. № 491092 от 01.06.73 // Бюл. изобр. 1975. № 41.
2. Разыграев Н.П., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. О выявлении подповерхностных дефектов ультразвуковым методом // Неразрушающий

контроль материалов изделий...: Труды VII Всесоюзной конференции. Киев, 1974.

3. Разыграев Н.П., Щербинский В.Г. Исследование боковых ультразвуковых волн с целью определения возможности контроля подповерхностного слоя деталей энергетических машин (поисковая). Т-76: Отчет НИР. М.: ЦНИИТМАШ, 1975.
4. Разыграев Н.П., Щербинский В.Г. Способ ультразвуковой дефектоскопии материалов: А.с. № 502311 от 28.12.73 // Бюл. изобр. 1973. № 5.
5. Разыграев Н.П., Щербинский В.Г. Способ ультразвукового контроля качества материалов: А.с. № 565249 от 20.05.74 // Бюл. изобр. 1977. № 26.
6. Разыграев Н.П., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. Использование волн головного типа для ультразвукового контроля // Дефектоскопия. 1978. № 1. С. 33–40.
7. Разыграев Н.П., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. Исследование ослабления ультразвуковых головных волн с расстоянием // Дефектоскопия. 1979. № 1. С. 37–40.
8. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М.: Наука, 1957. 497 с.
9. Разыграев Н.П. Экспериментальные исследования продольных подповерхностных волн и применение их для обнаружения подповерхностных дефектов в деталях энергетических установок: дис. ... канд. техн. наук. М.: ЦНИИТМАШ, 1979.
10. Разыграев Н.П., Ермолов И.Н., Щербинский В.Г. Исследование процесса формирования акустического поля головной волны в контролируемой среде // Дефектоскопия. 1978. № 11. С. 5–10.
11. Krautkramer J. und H. Werkstoffprüfung mit Ultraschall, Dritte auflage. Berlin–Heidelberg–N.Y.: Springer-Verlag, 1975. 612 s.
12. Басацкая Л.В., Ермолов И.Н. Теоретическое исследование ультразвуковых продольных подповерхностных волн в твердых средах // Дефектоскопия. 1980. № 7. С. 58–65.
13. Разыграев Н.П., Ермолов И.Н. Искатели для контроля приповерхностного слоя головными волнами // Дефектоскопия. 1981. № 1. С. 53–62.

Продолжение читайте в следующих номерах журнала. ■

#### Ответы на кроссворд

**По горизонтали:** 3. Дуралюмин. 5. Изотропия. 6. Жаростойкость. 11. Волокнит. 13. Литье. 15. Модифицирование. 17. Деазотирование. 20. Дефект. 21. Зерно. 22. Блюм.

**По вертикали:** 1. Макромолекула. 2. Ковкость. 4. Материаловедение. 7. Крица. 8. Воронение. 9. Борирование. 10. Анизотропия. 12. Концентрация. 14. Диамагнетизм. 16. Абразив. 18. Излом. 19. Железо.