

ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

4, 2021

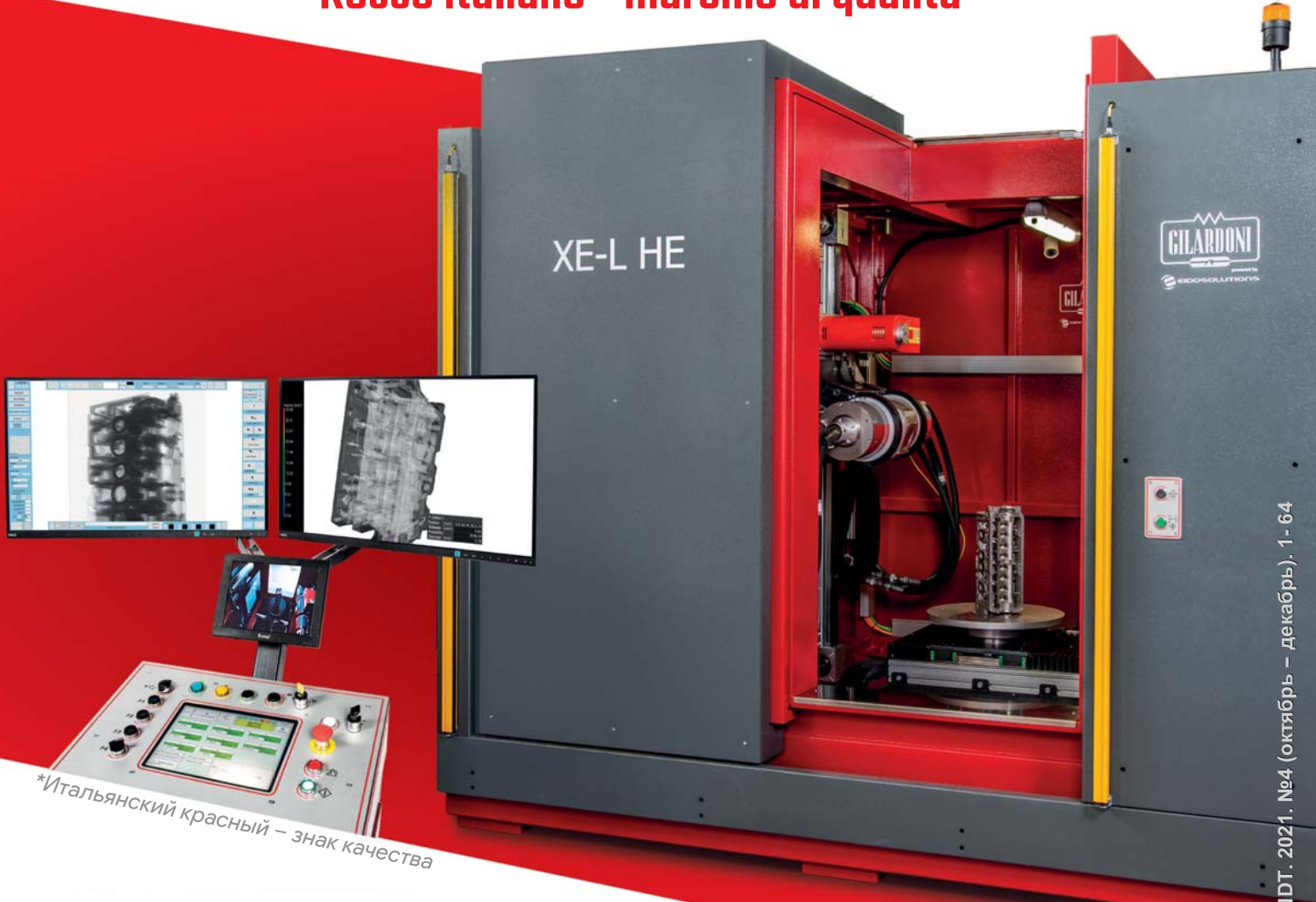
октябрь – декабрь (40)

Форум «Территория NDT 2021»





Rosso italiano - marchio di qualità



*Итальянский красный – знак качества



Реклама

ISSN 2225-5427. Территория NDT. 2021. №4 (октябрь – декабрь). 1 - 64

MADE IN ITALY



PERGAM.RU/XRAY



Дефектоскоп OmniScan® X3



Прибор, которому можно доверять

Превосходное качество изображения и тщательно продуманное ПО! Наш флагман, и уже ставший отраслевым стандартом OmniScan, – в компактном портативном исполнении – стал еще лучше! Надежный и простой в эксплуатации, как и все дефектоскопы серии OmniScan, модуль X3 был дополнен новыми мощными инструментами.

Метод полной фокусировки (**TFM**) и полноматричный захват (**FMC**), а также **поддержка 64-элементной апертуры**

Улучшенная визуализация дефектов элементами фазированной решетки, включая инновационную функцию **огibaющей TFM** и **моделирование акустического воздействия** в режиме TFM.

Возможность **создания полной схемы сканирования**, не упуская ни малейшей детали, с помощью средств визуализации ПО.



www.20thwcndt.com
www.wcndt2020.com

Exclusive Sponsor
OLYMPUS



20th WCNDT

20th WCNDT

20th World Conference on Non-Destructive Testing

Songdo Convensia, Incheon, Korea

May 30 (Mon) ~ June 3 (Fri), 2022

IMPORTANT DATES

Abstract Submission	31 October 2021
Notification of Acceptance of Abstract	30 November 2021
Submission of Camera-ready Abstract(Mandatory)	31 January 2022
Submission of Extended Abstract or Paper*(Optional)	31 January 2022
Registration and Payment of Presenting Author	31 January 2022
Preliminary Program	28 February 2022

*For the conference proceedings (NOT for the SCIE journal submission)

Contact Us

The Korean Society for Nondestructive Testing

KOFST Center Suite 903, 22 Teheran-ro 7-gil, Gangnam-gu, Seoul 06130, Korea
Phone: +82-2-6257-7568, Fax: +82-2-582-2743
E-mail: secretariat@wcndt2020.com
Website: www.20thwcndt.com // www.wcndt2020.com

ICNDT
The World Organisation for NDT

KSNT

Территория NDT

СОДЕРЖАНИЕ

№4 (октябрь – декабрь), 2021

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

Заместители главного редактора:
Троицкий В.А.
(Украина, президент УО НКД)
Клейзер П.Е. (Россия)

Редакционный совет:
Азизова Е.А.
(Узбекистан, заместитель председателя УзОНК)
Аугутис В. (Литва)
Венгринович В.Л.
(Беларусь, председатель БАНК и ТД)

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](http://www.tndt.idspektr.ru)
E-mail: tndt@idspektr.ru
Телефон редакции +7 (499) 393-30-25

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

Учредители:

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

Издатель:

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

Корректор Смольянина Н.И.
Компьютерное макетирование
Смольянина Н.И.
Сдано в набор 8 ноября 2021
Подписано в печать 3 декабря 2021
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

ПОЗДРАВЛЯЕМ

Главному редактору журнала «Территория NDT» В.В. Клюеву – 85 лет!	2
К.М. Рагульскому – 95 лет!	4
А.И. Потапову – 85 лет!	5
А.П. Науменко – 60 лет!	6

ВЫСТАВКИ. СЕМИНАРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ

Итоги VIII Международного промышленного форума «Территория NDT 2021. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика»	8
Деловая программа форума «Территория NDT 2021».	
Отчеты по круглым столам	16
Всероссийский конкурс РОНКТД по неразрушающему контролю «Дефектоскопист 2021»	22
Цомук С.Р. Юбилей в Питере	28

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И СТАНДАРТЫ

Зайтова С.А. ТР ЕАЭС 049/2020 «О требованиях к магистральным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углеводородов» и нерешенные вопросы доказательной базы	30
--	-----------

МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

ООО «КОНСТАНТА» – официальный спонсор форума «Территория NDT 2021»	38
НПЦ «ЭХО+» – технологии и опыт на страже безопасности промышленных объектов ...	40
Вихретоковый контроль галтельного перехода в пазах диска компрессора авиационной турбины	42
Быстрый и эффективный контроль продольных сварных соединений с помощью сканера AxSEAM™	44
Пепеляев А.В. Преимущества нового дефектоскопа с фазированными решетками OmniScan X3 и метода общей фокусировки TFM при ультразвуковом контроле сварных швов	47

ИСТОРИЯ НК

Аббакумов К.Е., Вьюгинова А.А. Вклад кафедры электроакустики и ультразвуковой техники в развитие методов и средств неразрушающего контроля материалов, изделий и ультразвуковых измерений за 90 лет с момента основания	50
--	-----------

ГЛАВНОМУ РЕДАКТОРУ ЖУРНАЛА «ТЕРРИТОРИЯ NDT», АКАДЕМИКУ ВЛАДИМИРУ ВЛАДИМИРОВИЧУ КЛЮЕВУ – 85 ЛЕТ!



2 января 2022 г. исполняется 85 лет академику Российской академии наук, члену Европейской академии, доктору технических наук, профессору, Научному руководителю ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр» Владимиру Владимировичу Ключеву.

Академик В.В. Ключев – выдающийся ученый и талантливый организатор исследований в области физических методов неразрушающего контроля и технической диагностики, имеющий мировую известность и признание.

Владимир Владимирович родился 2 января 1937 г. в Москве. В 1960 г. он окончил машиностроительный факультет МВТУ им. Н.Э. Баумана по специальности «инженер-механик». В 1960–1964 гг. он – старший инженер, ведущий инженер, младший научный сотрудник кафедры М-8 МВТУ им. Н.Э. Баумана, в 1964 г. состоялась защита кандидатской диссертации.

С 1964 г. В.В. Ключев трудится в Научно-исследовательском институте интроскопии – старший научный сотрудник, заведующий отделом, с 1970 г. он директор института, в 1976–1986 гг. – генеральный директор Московского НПО «Спектр». В 1986–1988 гг. В.В. Ключев по рекомендации первого секретаря МГК Б.Н. Ельцина работал первым

секретарем Ленинского райкома КПСС г. Москвы. С 1988 г. он вновь стал генеральным директором МНПО «Спектр», затем ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр».

Несмотря на большую загруженность организаторской работой В.В. Ключев считал основной научную деятельность. Под его руководством и при непосредственном участии в НИИИН проведены исследования и получены масштабные результаты в разработке новых методов и прогрессивных технологий неразрушающего контроля металлов и неметаллов, сварных соединений, крупных технически сложных сооружений и конструкций. Он занимается проблемой оценки остаточного ресурса и риска эксплуатации сложных технологических объектов, одним из первых начал и развил исследования комплексных методов диагностики технических объектов, определения напряженно-деформированного состояния сложных конструкций для предотвращения аварий и катастроф.

В.В. Ключев внес огромный личный вклад в становление и развитие отечественного приборостроения в области систем неразрушающего контроля, в том числе виброизмерительной техники, средств радиационной вычислительной томографии, приборов и устройств электромагнитного контроля движущихся изделий, аппаратуры электромагнитной модуляционной дефектоскопии. Под руководством В.В. Ключева были созданы первые отечественные базовые модели рентгеновских вычислительных томографов промышленного назначения, радиационные малодозовые интроскопы с усилителями рентгеновского изображения, вихретоковые системы оценки вибросостояния и виброзащиты технологического и энергетического оборудования, магнитные и магнитопорошковые дефектоскопы контроля горячекатаных труб и холоднокатаных листов, тепловизионные приборы контроля тепловых полей техногенных объектов, акустические дефектоскопы композиционных материалов и конструкций.

В 1973 г. В.В. Ключев защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук, а в 1974 г. решением Высшей аттестационной комиссии был утвержден в ученом звании профессора по специальности «Неразрушающие методы контроля».

Достижения ученого достойно отмечены научным сообществом, в 1987 г. В.В. Клюев избран членом-корреспондентом АН СССР, а в 2006 г. — академиком РАН, членом Европейской академии.

Участвуя в работе Координационного совета по техническим наукам Бюро отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности, возглавляя Научный совет РАН по автоматизированным системам диагностики и испытаний, В.В. Клюев внес большой вклад в научно-технический прогресс, решение проблем безопасности на сложных промышленных объектах, на транспорте и в других отраслях экономики России.

Многие годы В.В. Клюев являлся президентом Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), был членом Международного комитета по НК и Европейской федерации по НК, а также членом комитета Международной организации по стандартизации в области НК. По его инициативе более чем в пяти вузах страны были открыты кафедры по подготовке инженеров по НК. Под его руководством была организована и отлажена трехуровневая система сертификации специалистов НК в учебных центрах. В.В. Клюев отдал много сил повышению технического уровня и метрологического обеспечения средств НК, а также развитию высоких измерительных и интеллектуальных технологий при создании диагностических средств нового поколения.

Владимир Владимирович прилагает большие усилия для сохранения и развития международного научного сотрудничества, он является одним из основателей и вице-президентом Международной академии неразрушающего контроля. После проведения в Москве 10-й Европейской конференции по неразрушающему контролю и выставки средств НК, президентом которой был академик В.В. Клюев, РОНКТД совместно с национальными обществами НК Украины, Беларуси, Казахстана, Азербайджана, Грузии, Латвии, Молдавии и Узбекистана по его инициативе решили объединить свои усилия по созданию единого информационного пространства и выпустить новый международный журнал «Территория NDT» для специалистов НК, говорящих на русском языке.

Длительное время Владимир Владимирович сочетает напряженную научную работу с преподавательской деятельностью в ведущих вузах страны, с подготовкой научных кадров, является членом ряда диссертационных советов, многолетним председателем диссертационного совета при НИИ интроскопии, воспитал плеяду ученых в области неразрушающего контроля и технической диагностики.

Диссертационные работы на соискание ученой степени доктора технических наук защитили в руководимом им совете сотрудники института Б.В. Ар-

темьев, А.А. Буклей, А.Г. Ефимов, А.В. Ковалев, А.Н. Коваленко, М.В. Королев, Ю.В. Ланге, В.Ф. Мужицкий, А.А. Самокрутов, В.Г. Шевальдыкин, А.Е. Шубочкин, Ю.К. Федосенко. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук защитили С.Н. Шубаев, Ю.А. Кондратьев, Б.П. Стариков, А.А. Коновалов, Н.В. Коршакова, В.Н. Кольцов, Л.В. Зазинова, В.Н. Козлов, А.Г. Алёхин, А.С. Студитский, Д.В. Шлеин, Д.А. Кудрявцев, Е.В. Федоровский, Е.В. Мартьянов и др. О высоком уровне постановки научной работы и престиже защиты диссертаций в диссертационном совете НИИ интроскопии свидетельствует тот факт, что защитившие диссертации являются сотрудниками сторонних организаций, среди них: Е.И. Пальчиков и А.Н. Черемисин (Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН), В.А. Чуприн (ООО НПК «Луч»), Е.А. Мойсейчик (ФГБОУ ВПО Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет), В.М. Бобренко и А.А. Ткаченко (Молдова), И.Д. Эпинатьев (Институт химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН), А.С. Декопов (ОАО «НИИТФА ГК «РОСАТОМ»), В.А. Калошин (ОАО НПО «Энергомаш им. акад. В.П. Глушко»), С.Л. Авраменко, Д.В. Тимофеев (МЭИ (ТУ)), Н.И. Гуркин (МГТУ им. Н.Э. Баумана), А.С. Генералов (ВИАМ) и др.

По инициативе академика В.В. Клюева и при его активном участии издаются справочники, монографии, учебные пособия и методические материалы по неразрушающим методам контроля. Владимир Владимирович является автором более 360 научных работ и авторских свидетельств и патентов на изобретения, входит в состав редколлегии журналов «Проблемы машиностроения и надёжности машин. Машиноведение», «Дефектоскопия», «Заводская лаборатория. Диагностика материалов», «Приборы», является главным редактором журналов «Контроль. Диагностика» и «Территория NDT».

Достижения Владимира Владимировича Клюева как ученого и руководителя отмечены многими правительственными наградами. В.В. Клюев — лауреат Государственной премии РФ 1997 г. в области науки и техники, лауреат Премии Правительства РФ 2003 г. в области науки и техники, лауреат Премии Совета Министров СССР 1983 г. В.В. Клюев награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени (1971 и 1986 гг.), орденом Дружбы народов (1981 г.), медалью «Ветеран труда» (1984 г.) и другими наградами.

От имени Российского сообщества по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллективов ЗАО «НИИ интроскопии» МНПО «Спектр», редакции журнала «Территория NDT», а также коллег и друзей сердечно поздравляем Владимира Владимировича с юбилеем, желаем неразрушаемого здоровья, счастья и благополучия.

ЮБИЛЯРЫ НОМЕРА

От имени Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, коллективов ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Санкт-Петербургского горного университета, Омского государственного технического университета, ученых Литвы, а также коллег и друзей редакция журнала «Территория NDT» сердечно поздравляет юбиляров: Казимераса Миколовича РАГУЛЬСКИСА, Анатолия Ивановича ПОТАПОВА, Александра Петровича НАУМЕНКО и желает им неразрушаемого здоровья, успехов, благополучия, новых творческих и научных достижений!

КАЗИМЕРАСУ МИКОЛОВИЧУ РАГУЛЬСКИСУ – 95 ЛЕТ!



Казимерас Миколович Рагульскис, доктор технических наук, профессор эмеритус, советский и литовский инженер-механик, член-корреспондент АН СССР (1987 г.), позже РАН, академик АН Литвы, почетный доктор Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса (2002 г.), родился 15 октября 1926 г.

После окончания в 1951 г. Каунасского политехнического института К.М. Рагульскис учился в аспирантуре Академии наук СССР (1952–1954 гг.). В 1954 г. Казимерас Миколович защитил кандидатскую, в 1963 г. – докторскую диссертацию.

В 1954 – 1963 гг. К.М. Рагульскис работал в Литовской академии наук, с 1963 г. – в Каунасском политехническом институте, где организовал научный центр «Вибротехника» и был его научным руководителем.

К.М. Рагульскис создал новую научную область, так называемую прецизионную вибромеханику и вибротехнику.

В процессе теоретической и экспериментальной научной работы К.М. Рагульскисом был совершен ряд открытий и изобретений, в частности эффект комбинированной динамической синхронизации и оригинальные методы и средства воплощения; эффект динамической направленности определенных систем и др. Казимерасом Миколовичем создано несколько новых принципов, основанных на колебаниях и волнах тел с использованием нелинейных эффектов, чтобы заставить тела двигаться по желаемым законам и траекториям или с высокой точностью выполнять позиционирование в пространстве. По этим принципам создано много виброприводов и виброустройств, динамические системы без кинематических связей, которые изменяют ротационные и шаговые движения один в другой; для осуществления очень малых перемещений создан вибрационный капиллярный метод; также для реализации малых перемещений разработаны системы, основанные на деформациях твердых тел определенных составленных форм.

Новизной отличаются предложенные К.М. Рагульскисом принципы контроля: методы и средства прецизионного измерения колебаний, которые удаляют возмущения; измерения перемещений и их производных, основанные на поверхностных волнах; измерения перемещений и их производных, основанные на фотостробоскопическом процессе; оптические методы для измерения перемещений на уровне нанометров; мощные акустические вибраторы управляемых спектров для испытаний или диагностики, а также для разрушения объектов и сооружений.

К.М. Рагульскис является автором и соавтором 28 монографий, 1750 изобретений и патентов, сотен научных работ. Он был главным редактором научного журнала *Vibrotechnika* (69 выпусков на русском языке), международного журнала *Journal of Vibroengineering*, главным редактором серии «Библиотека вибротехники», издаваемых в СССР и США, а также других изданий.

К.М. Рагульскис был научным руководителем и консультантом около 300 диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.

Заслуги в науке К.М. Рагульскиса высоко оценены, он заслуженный изобретатель СССР (1987), заслуженный деятель науки и техники Литвы (1970), лауреат премии СССР «Техника – двигатель прогресса» (1982), пятикратный лауреат Премии им. акад. С. Вавилова (1970–1986). Казимерасу Миколовичу были присуждены три Государственные премии Литовской ССР (1967, 1976, 1986), Премия Совета министров Литвы (1981), Премия К. Семеновичюса (1995) и другие награды.

О научных достижениях К.М. Рагульскиса уважительно отзываются многие ученые и специалисты не только СССР и России, но и зарубежных стран.

АНАТОЛИЮ ИВАНОВИЧУ ПОТАПОВУ – 85 ЛЕТ!



30 ноября 2021 г. исполнилось 85 лет доктору технических наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, лауреату Государственной премии РФ и Премии Правительства РФ по науке и технике Анатолию Ивановичу Потапову.

Анатолий Иванович родился 30 ноября 1936 г. в г. Грозном. В 1961 г. он окончил Ленинградский инженерно-строительный институт (ЛИСИ) по специальности «Промышленное и гражданское строительство». С 1961 по 1962 гг. А.И. Потапов работал в Ленфилиале Академии строительства и архитектуры. В 1965 г. он окончил аспирантуру ЛИСИ и до 1974 г. работал заведующим отраслевой лабораторией и начальником научно-исследовательского сектора ЛИСИ.

В 1968 г. Анатолий Иванович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Контроль качества и прогнозирование надежности конструкций из композиционных материалов».

В 1974 г. А.И. Потапов был переведен на работу в Ленинградский технологический институт им. Ленсовета на кафедру физики и механики полимеров, где работал до 1984 г. В 1982 г. А.И. Потапов в Совете ЦНИИ материалов успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук.

В 1984 г. А.И. Потапов был назначен проректором по научной работе Северо-Западного заочного политехнического института и одновременно был избран заведующим кафедрой приборов точной механики и оптики, преобразованной в последующем в кафедру приборов, методов контроля и систем экологической безопасности, а в 2012 г. в кафедру приборостроения, заведующим которой он оставался до декабря 2018 г. В 1985 г. А.И. Потапову было присвоено звание профессора.

Среди завершенных разработок, выполненных под руководством и при непосредственном участии А.И. Потапова: методы контроля физико-механических характеристик и контроля прочности и диагностики изделий и конструкций из неметаллических анизотропных композиционных материалов; акусто-эмиссионный метод и средства контроля, диагностики и прогнозирования несущей способности оснований фундаментов, расположенных на вечномёрзлых грунтах. Развитие получили: ультразвуковые методы и приборы дефектоскопии крупноструктурных материалов (бетон, композиты, полимеры, горные породы, керамика и др.); методы и приборы контроля технологических параметров в процессе производства изделий (влажности, вязкости, пластичности, гранулометрического состава, анизотропии, содержания компонентов, кинетики твердения и др.); радиоволновой метод и средства дефектоскопии изделий из металлов и др.

А.И. Потапов создал свою научную школу и за период с 1975 по 2018 гг. подготовил 18 докторов, 68 кандидатов наук и более 100 инженеров. Научные труды Анатолия Ивановича широко известны отечественным и зарубежным специалистам, он автор 780 научных работ, в том числе более 120 монографий и учебных пособий, более 110 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Число публикаций А.И. Потапова в РИНЦ составляет 120 единиц, список цитирований его работ на eLibrary.ru превышает 100 единиц, а индекс Хирша равен 15.

Профессор А.И. Потапов является председателем диссертационного совета в СЗТУ, а также членом диссертационных советов в Технологическом институте, Университете авиакосмического приборостроения, Горном университете и Университете авиакосмического приборостроения, экспертного совета ВАК. А.И. Потапов являлся руководителем секции «Оптические, радиоволновые и тепловые методы контроля» Научного совета РАН «Неразрушающие физические методы контроля» и «Приборы и методы контроля материалов, изделий и окружающей среды» Головного совета «Приборостроение» Минобрнауки РФ. До 2014 г. А.И. Потапов был вице-президентом Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, в настоящее время возглавляет Ленинградское областное региональное отделение РОНКТД. А.И. Потапов член редколлегии журнала РАН «Дефектоскопия» и журнала «Экология и развитие общества».

Признанием научных заслуг Анатолия Ивановича является его избрание академиком Международной академии наук экологии и безопасности человека и природы, Российской академии естественных наук и Санкт-Петербургской инженерной академии, руководителем (академиком-секретарем) отделения охраны окружающей среды (инженерной экологии) Санкт-Петербургской инженерной академии.

АЛЕКСАНДРУ ПЕТРОВИЧУ НАУМЕНКО – 60 ЛЕТ!



Доктор технических наук Александр Петрович Науменко родился 26 ноября 1961 г. в с. Кара-Куга Конюховского района Северо-Казахстанской области. В 1984 г., окончив Омский политехнический институт по специальности «радиотехника», он остался работать на кафедре «Радиотехнические устройства».

После обучения в аспирантуре МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности 05.04.02 «Тепловые двигатели» А.П. Науменко в 1991 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка методики теоретических и экспериментальных исследований статистических параметров динамических процессов, характерных для ДВС».

С 1990 по 1994 гг. А.П. Науменко работал на кафедре «Радиотехнические устройства» Омского государственного технического университета, а с 1997 по 2013 гг. — по совместительству на кафедре «Радиотехнические устройства и системы диагностики» в должности доцента.

С 1994 по 2017 гг. основным местом работы А.П. Науменко было ООО «Научно-производственный центр «Динамика» (г. Омск), где он занимал должности специалиста, руководителя сектора радиоэлектронных средств, начальника учебного центра и лаборатории неразрушающего контроля, заместителя руководителя независимого органа по аттестации персонала в области неразрушающего контроля. А.П. Науменко является аттестованным специалистом в области неразрушающего контроля III уровня по вибродиагностическому, акустико-эмиссионному, визуальному и измерительному методам, а также аттестован в качестве эксперта в области промышленной безопасности.

Во время работы в НПЦ «Динамика» А.П. Науменко занимался исследованием методов диагностики и мониторинга технического состояния поршневых машин, включая поршневые компрессоры опасных производств. При его непосредственном участии с 1995 г. начались разработка и внедрение систем мониторинга поршневых компрессоров на предприятиях нефтегазохимического комплекса России, Болгарии и Казахстана. Первая система мониторинга поршневых компрессоров внедрена на установке гидроочистки дизельных топлив Омского НПЗ в 1995 г. Более 40 систем мониторинга, контролирующих больше 100 поршневых машин опасных производств, внедрены на нефтегазохимических предприятиях России и за рубежом в Омске, Ангарске, Астрахани, Ачинске, Бургасе, Волгограде, Саратове, Сызрани, Ухте, Павлодаре, Комсомольске-на-Амуре, Хабаровске и других городах.

В 2012 г. А.П. Науменко защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Научно-методические основы вибродиагностического мониторинга поршневых машин в реальном времени» по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (технические науки)». В 2013 г. А.П. Науменко избран на должность профессора кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики», в 2020 г. ему присвоено ученое звание профессора.

С 2013 г. А.П. Науменко подготовил пять кандидатов технических наук, осуществляет научное руководство при подготовке магистерских диссертаций по направлению 12.04.01 «Приборостроение» по профилю подготовки «Приборы и методы контроля качества и диагностики».

По результатам научной деятельности А.П. Науменко опубликовано более 200 работ, 13 учебно-методических работ, в том числе «Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин» (2011 г.), являющееся единственным учебным пособием в России такого уровня. В 2018 – 2019 гг. опубликован ряд учебных изданий для подготовки бакалавров и магистров. А.П. Науменко получено более 15 патентов и авторских свидетельств на изобретения, он принимал участие в разработке семи отраслевых и пяти национальных стандартов, более 30 его работ индексированы в международных базах Scopus и Web of Science.

Александр Петрович Науменко является одним из ведущих специалистов в России и за рубежом в области виброакустической диагностики и мониторинга состояния поршневых и центробежных машин, включая поршневые компрессоры, работающие с взрывоопасными газами.

V I I I М Е Ж Д У Н А Р О Д Н Ы Й
П Р О М Ы Ш Л Е Н Н Ы Й Ф О Р У М

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА



24-27 октября 2022
МОСКВА • ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

КРУПНЕЙШАЯ ОТРАСЛЕВАЯ ПЛОЩАДКА
В РОССИИ И СНГ



18+
КРУГЛЫХ СТОЛОВ
С УЧАСТИЕМ ЭКСПЕРТОВ



3 000+
РУКОВОДИТЕЛЕЙ
И СПЕЦИАЛИСТОВ



60+
КОМПАНИЙ-ЛИДЕРОВ
В ОБЛАСТИ НК И ТД

НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ • ИННОВАЦИИ
РУКОВОДИТЕЛИ КОМПАНИЙ • КЛЮЧЕВЫЕ ЗАКАЗЧИКИ
ПРЕДСТАВИТЕЛИ ВЛАСТИ • ОТРАСЛЕВЫЕ СМИ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ • ДЕФЕКТОМЕТРИЯ
МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ • ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА
ОЦЕНКА РИСКА • ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА

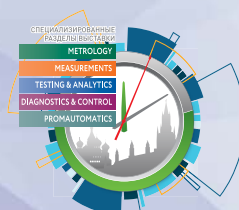
В РАМКАХ
РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ НЕДЕЛИ



28 000 +
М² ВЫСТАВОЧНОЙ ПЛОЩАДИ



29 000 +
ПОСЕТИТЕЛЕЙ



500 +
КОМПАНИЙ УЧАСТНИЦ

EXPO.RONKTD.RU



ОРГАНИЗАТОР ФОРУМА
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ
RONKTD.RU

ИТОГИ VIII МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2021. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ. ИСПЫТАНИЯ. ДИАГНОСТИКА»

VIII Международный промышленный форум «Территория NDT 2021. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» прошел в Москве с 18 по 21 октября 2021 г. в рамках Российской промышленной недели.

Российская промышленная неделя объединила ключевые российские отраслевые промышленные выставки: ТЕРРИТОРИЯ NDT, RUSWELD, METROLEXPO, ТЕХНОФОРУМ, HI-TECH BUILDING, INTEGRATED SYSTEMS RUSSIA. На площади свыше 28 000 м² более 500 экспонентов представили свои достижения. Посетители мероприятия свыше 30 тыс. специалистов из всех регионов России и многих стран мира.



Форум «Территория NDT» открылся пленарным заседанием и чествованием победителей Национальной премии в области неразрушающего контроля и технической диагностики. В ходе выставки состоялся ряд важных профессиональных мероприятий: круглые столы деловой программы, Молодежная конференция, финальный этап Всероссийского конкурса «Дефектоскопист» и др. Много интересной и полезной информации представили на своих стендах экспоненты выставки.

Пленарное заседание

На пленарном заседании были представлены доклады, отражающие актуальные и перспективные темы и задачи:

- «О перспективных направлениях диагностики магистральных газопроводов и трубопроводов компрессорных станций» (Шипилов А.В., ПАО «Газпром», канд. техн. наук), посвященный вопросам унификации подходов к разработке умных измерительных приборов;
- «Welcome to the World of NDE 4.0» (Dr. Johannes Vrana, DGZfP).





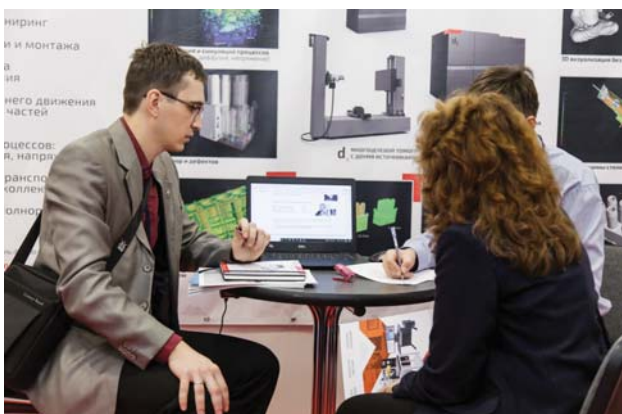
В рамках пленарного заседания были награждены лауреаты Национальной премии в области неразрушающего контроля и технической диагностики, определенные экспертным советом, возглавляемым академиком РАН профессором Н.П. Алёшиным.

Лауреатами премии стали:

- в номинации «Премия за выдающийся вклад в развитие способов и технологий НК, разработку новых приборов и систем НК и ТД» – коллектив в составе: Владимир Федорович Филаретов, Алексей Нилович Жирабок, Александр Валерьевич Зуев за работу «Адаптивная информационно-управляющая система для функционального диагностирования и аккомодации к различным дефектам и изменению параметров в робототехнических устройствах»;
- в номинации «Премия молодому специалисту (до 35 лет) за достижения в области НК и ТД» – Николай Викторович Абабков за работу «Инновационная технология оценки работоспособности и ресурса сварных металлоконструкций путем идентификации зон локализации пластической деформации».



ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ



Деловая программа

Деловая программа форума включила девять круглых столов:

- Автоматизация и цифровизация неразрушающего контроля объектов железнодорожного транспорта;
- Неразрушающий контроль в атомной энергетике;
- Неразрушающий контроль на трубопроводном транспорте;
- Тенденции метрологического обеспечения и стандартизации в области неразрушающего контроля;
- Актуальные вопросы применения современных систем неразрушающего контроля при производстве высокотехнологичных изделий ОПК РФ;
- Мобильные средства измерения твердости: состояние и перспективы;
- NDE 4.0 – переход от неразрушающего контроля к мониторингу технического состояния и технической диагностике;
- Псевдо-НК;
- Квалификация, сертификация, аттестация персонала.

Модераторами круглых столов выступили ведущие ученые, эксперты, руководители компаний из Москвы и регионов России. В работе конференции приняли участие ученые и практики не только из России, но и зарубежные специалисты из Германии, Канады, Беларуси. Всего в работе круглых столов приняло участие более 400 человек.

Все заседания прошли в атмосфере живого профессионального диалога, было много вопросов и обсуждений, из зала звучали предложения, даже после исчерпания лимита времени участники круглых столов продолжали делиться мнениями и прорабатывать поднятые темы.





Мероприятия форума

Молодые участники форума «Территория NDT» смогли представить свои доклады в рамках Молодежной научно-технической конференции. Работы были представлены молодыми специалистами, аспирантами и студентами из Москвы, Санкт-Петербурга, Томска, Екатеринбурга, Ижевска, Краснодара и Могилева. Конференция прошла в смешанном – очном и онлайн-формате. Все представленные работы отличались высоким уровнем подготовки.

Также в рамках форума «Территория NDT» прошли:

- учредительное общее собрание Клуба производителей средств НК, в котором приняли участие директора компаний-разработчиков и производителей средств и технологий НК в РФ, заинтересованные в обсуждении с коллегами общих для всех руководителей вопросов, а также в выработке стратегии поддержки отечественных производителей и лоббировании их интересов с использованием ресурсов-РОНКТД;
- заседания ТК 371 и его 12 подкомитетов, в которых приняли участие практически 100 ведущих компаний из различных отраслей экономики – членов ТК371.

Новая генерация

Важным событием пленарного заседания стало подведение итогов I Всероссийского конкурса выпускных квалификационных работ студентов, направленных на решение задач в области неразрушающего контроля и технической диагностики «Новая генерация». Работы бакалавров и магистров оценивала авторитетная конкурсная комиссия во главе с академиком РАН профессором Н.П. Алёшиным.





Победителями в номинации «Бакалавриат» стали:

- 1-е место** – Алена Александровна Тарасова «Анализ методов измерения механических свойств полиэтиленовых труб и их метрологического обеспечения», Санкт-Петербургский горный университет;
- 2-е место** – Алексей Дмитриевич Попелев «Разработка сканера и технологии ультразвукового контроля угловых сварных соединений патрубков трубопроводов АЭС», Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет»;
- 2-е место** – Анна Викторовна Костерина «Активный тепловой контроль многослойных изделий методом сканирования», Томский политехнический университет;
- 3-е место** – Инна Борисовна Величкова «Исследование параметров вибрации в зависимости от режимов работы гидравлического привода», Томский политехнический университет;
- 3-е место** – Павел Сергеевич Варфоломеев «Оценка акустических структурных шумов металла, полученного с использованием аддитивных технологий», ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова».



Победители в номинации «Магистры»:

- 1-е место** – Милана Олеговна Шарикова «Разработка акустооптического видеоспектрометра с управляемой функцией пропускания», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана;
- 2-е место** – Елизавета Александровна Никитина «Диэлектрические свойства полиуретановых иономеров на основе разветвленных эфиров и аминоэфиров ортофосфорной кислоты», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;
- 2-е место** – Константин Евгеньевич Мызнов «Спекл-диагностика повреждений, возникающих при многоцикловой усталости стали», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина;
- 3-е место** – Кирилл Алексеевич Медведев «Разработка методики диагностирования стеклопластиковых промышленных трубопроводов методом акустической эмиссии», Самарский государственный технический университет (зам. генерального директора научно-технического центра «Эгида»);
- 3-е место** – Антон Евгеньевич Горбунов «Разработка вихретокового преобразователя с подмагничиванием для роботизированного контроля сварных швов энергопоглощающих резисторов сверхпроводящей магнитной системы реактора

ИТЭР», Санкт-Петербургский горный университет.

С напутственным словом к участникам конкурса ВКР «Новая генерация» обратился Николай Павлович Алёшин, академик РАН, д-р техн. наук, профессор, президент СПО Ассоциация «НАКС». Вручил дипломы и ценные призы победителям Владимир Александрович Сясько, д-р техн. наук, профессор, президент РОНКТД, генеральный директор ЗАО «Константа».

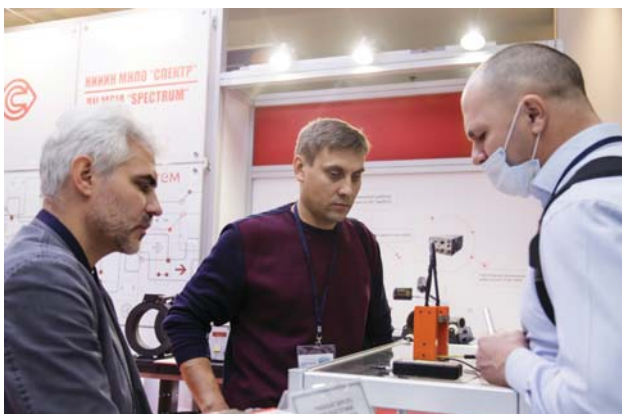
Всероссийский конкурс «Дефектоскопист 2021»

Одним из основных мероприятий форума «Территория NDT» стал финальный этап Всероссийского конкурса специалистов по неразрушающему контролю «Дефектоскопист 2021». В финальном этапе приняли участие 55 специалистов – победителей отборочных этапов Всероссийского конкурса специалистов по НК «Дефектоскопист 2021». Старт мероприятию дали председатель оргкомитета конкурса академик РАН Н.П. Алёшин и члены оргкомитета: президент РОНКТД, д-р техн. наук В.А. Сясько, начальник правового управления Ростехнадзора Д.А. Яковлев, руководитель методического центра СНК ОПО РОНКТД, канд. техн. наук Д.И. Галкин.

Победители и призеры

Всероссийского конкурса специалистов по НК «Дефектоскопист 2021»:

- Номинация «Визуальный и измерительный контроль»**
1. Михаил Юрьевич Теплов (ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»)



2. Наталья Дмитриевна Григорьева (ООО «СибСТК»)
3. Татьяна Анатольевна Малышева (АО «Соединитель»)

Номинация «Ультразвуковой контроль»

1. Артем Викторович Пушкарев (ООО «Экспертная Лаборатория»)
2. Алексей Павлович Васильев (АО «Трубодеталь»)
3. Вероника Викторовна Макеева (ООО «ПК «НЭВЗ»)

Номинация «Радиационный контроль»

1. Анна Сергеевна Тайманова (ООО «Интрафит»)
2. Дмитрий Владимирович Докучаев (ООО «Газпром трансгаз Волгоград»)
3. Наиль Ильдусович Гимранов (АО «Транснефть—Прикамье» Казанское РНУ)

Мультиноминация «Визуальный и измерительный + радиационный контроль»

1. Эдгард Юрьевич Аликов (АО «Транснефть-Урал» филиал СУПЛАВ)
2. Михаил Владимирович Степанов (ООО «ПЛНК»)
3. Константин Витальевич Ландин (ООО «Газпром добыча Надым»)

Мультиноминация «Визуальный и измерительный + ультразвуковой контроль»

1. Игорь Александрович Торопов (ООО «Газпром трансгаз Ухта»)
2. Николай Юрьевич Хмара (АО «Транснефть-Урал» филиал СУПЛАВ)
3. Анатолий Владимирович Сальников (ООО «Технопром»)

Мультиноминация «Визуальный и измерительный + магнитный контроль + капиллярный контроль»

1. Дмитрий Иванович Ерёменко (ЧПОУ «ТНПК»)
2. Александр Евгеньевич Башарин (ООО «Газпром трансгаз Ухта»)
3. Дмитрий Сергеевич Ромашов (АО «Орский машиностроительный завод»)

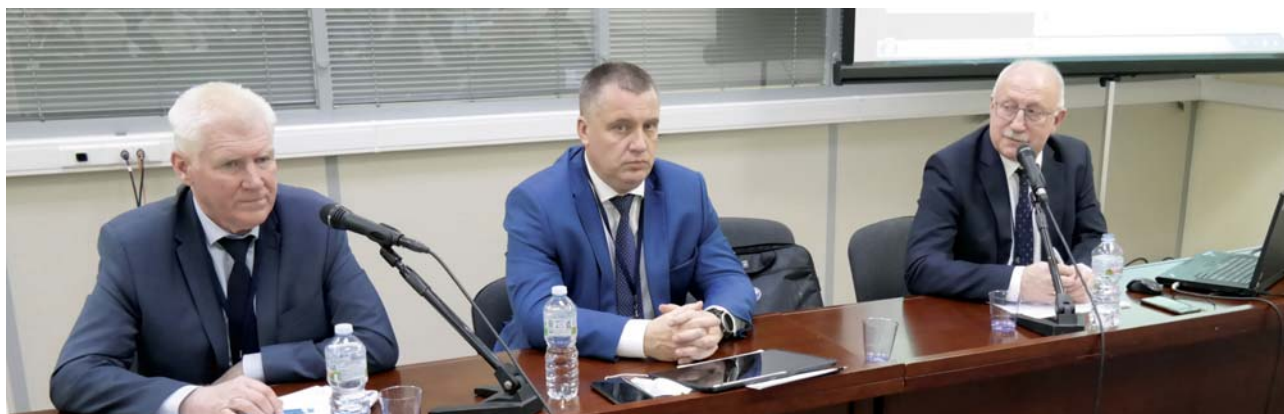
Участники форума

В мероприятиях VIII Международного промышленного форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика 2021» приняли участие 63 компании: разработчики, поставщики оборудования неразрушающего контроля и диагностики, сервисные компании, учебные и сертификационные центры, специализированные издания, национальные общества.

Среди них: «АКС», «ИНТЕРЮНИС-ИТ», «КОНСТАНТА», «Мелитэк», НИИИН МНПО «Спектр», «ОЛИМПАС МОСКВА», «Алькор»,

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2021» ОТЧЕТЫ ПО КРУГЛЫМ СТОЛАМ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА



В.Н. Кузнецов, С.А. Пономарев, Г.Я. Дымкин

ДЫМКИН Григорий Яковлевич

Д-р техн. наук, профессор, АО «НИИ мостов и дефектоскопии», Санкт-Петербург

В заседании круглого стола «Автоматизация и цифровизация неразрушающего контроля объектов железнодорожного транспорта» приняли участие 32 специалиста из 22 организаций.

В представленной информации о начатой и выполняемой под руководством НП «ОПЖТ» работе по формированию «Цифровой экосистемы управления требованиями к продукции железнодорожного назначения на основе машиночитаемой нормативной и нормативно-технической документации» одной из первых решаемых задач обозначено создание «машинопонимаемых» или так называемых смарт-стандартов – среды для адаптивного управления нормативно-технической документацией и требованиями к продукции железнодорожного назначения на всех стадиях ее жизненного цикла.

С докладами выступили: В.Н. Кузнецов (ОАО «РЖД», ПКБ вагонного хозяйства) «Автоматизация и цифровизация неразрушающего контроля и диагностики грузовых вагонов»; С.А. Пономарев



(ОАО «РЖД», Дирекция диагностики и мониторинга) «Развитие системы автоматизированной оценки и обработки результатов неразрушающего контроля для обеспечения анализа и прогнозирования состояния рельсов в путевом хозяйстве железных дорог ОАО «РЖД».

В докладах представлены основные направления по созданию технических средств, программного обеспечения и организационной структуры систем мониторинга данных неразрушающего контроля и диагностики при эксплуатации грузовых вагонов для создания «цифрового двойника грузового вагона» и при контроле рельсов в пути для автоматической обработки дефектоскопической информации, оценки и прогнозирования состояния рельсов в целях назначения оперативного и планового ремонтов пути. В выступлениях экспертов и участников отмечены проблемы построения систем мониторинга, обусловленные необходимостью получения по разным видам информационных каналов, накопления и комплексной обработки данных, полученных от средств неразрушающего контроля и диагностики, поддерживающих разные типы и форматы данных.

С экспертными мнениями по существу доложенного материала выступили: Ю.Р. Соيفер (АО «ВНИИЖТ»), И.З. Этинген (АО «НИИ мостов»).

По итогам обсуждения одобрены направления работ по цифровизации технологий неразрушающего контроля и диагностики ответственных объектов железнодорожного транспорта, отмечена актуальность разработки общих и специальных требований к перечням и форматам данных, передаваемых от первичных средств неразрушающего контроля и диагностики в системы обработки и мониторинга данных неразрушающего контроля и диагностики при эксплуатации подвижного состава и рельсового пути.

*Отчет предоставил Г.Я. Дымкин,
д-р техн. наук, профессор,
АО «НИИ мостов и дефектоскопии»,
Санкт-Петербург*

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ



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

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

В работе круглого стола «Неразрушающий контроль в атомной энергетике» приняло участие 35 специалистов из 23 организаций пяти основных отраслей. В качестве экспертов были приглашены ведущие специалисты концерна «Росэнергоатом», ОАО «ВНИИАЭС», Калининской АЭС. Было сделано пять докладов специалистами ООО НПЦ «ЭХО+», ООО НПЦ «СИГМА ИТ», ООО «ГЕОТЕРМ-М», «ОЛИМПУС». Доклады вызвали

интерес участников, обсуждение было продолжено на фуршете, организованном ООО НПЦ «ЭХО+».

В первом выступлении Дмитрий Сергеевич Тихонов (ООО «НПЦ «ЭХО+») представил доклад «Новые системы автоматизированного УЗК при эксплуатации и монтаже сварных соединений оборудования и трубопроводов АЭС». В докладе рассмотрены оригинальный метод оценки качества методики ультразвукового контроля, перспективный подход к созданию методик с использованием многосхемного подхода и критерия качества каждой схемы. Приведено описание нескольких методик УЗК с использованием систем «АВГУР-Т» и «АВГУР-АРТ». Открытая ар-



хитектура этих систем (разные сканеры и возможности ПО) позволяют применять самые передовые методы УЗК для контроля новых и самых разнообразных объектов, что позволило обеспечить контроль ранее неконтролепригодных объектов.

Второй доклад Александра Евгеньевича Александрова (ООО «НПП «Сигма ИТ»), Владимира Вячеславовича Потапова (АО «ВНИИАЭС»), Сергея Владимировича Ромашкина и Дмитрия Сергеевича Тихонова (оба из ООО «НПЦ «ЭХО+») «Исследование достоверности методов УЗК, УЗТ и РК на основе данных неразрушающего контроля металла оборудования и трубопроводов второго контура АЭС с ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200» был представлен Сергеем Владимировичем Ромашкиным. В докладе рассмотрены способы построения кривых вероятности обнаружения дефектов PoD. Предложен способ построения PoD и на основе результатов контроля. Предложенный подход был использован для построения PoD радиографического метода контроля. Также предложен способ построения PoD ультразвукового контроля, основанный на математическом моделировании результатов контроля. Построены PoD ультразвукового контроля для оборудования второго контура АЭС с ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200.

Представитель фирмы ООО «Геотерм-М» Григорий Валентинович Томаров сделал сообщение

на тему «Предупреждение недопустимых эрозионно-коррозионных утонений трубопроводов и оборудования энергоблоков АЭС». Основная идея доклада заключалась в том, что необходимо проранжировать оборудование атомных электростанций (АЭС) для определения наиболее вероятных мест возникновения утонений трубопроводов. Периодичность контроля трубопроводов и будет определяться этим обстоятельством. Это позволит, не снижая эффективности контроля, уменьшить его объем и увеличить скорость проведения контроля.

С четвертым докладом выступил Андрей Евгеньевич Базулин (ООО «НПЦ ЭХО+») «Новые технологии ручного, механизированного и автоматизированного УЗК, реализованные в универсальном ручном дефектоскопе «АВГУР-АРТ». Он рассказал о технических характеристиках дефектоскопа «АВГУР-АРТ 2020», который может работать как в режиме классической технологии фазированных антенных решеток, так и в режиме цифровой фокусировки антенной решетки. Прибор может функционировать в режиме зонального контроля и в режиме TOFD. Представлен ряд сканирующих устройств для механизированного и автоматизированного контроля. Прибор может использоваться в режиме сплошной толщинометрии. Предусмотрен режим измерения формы поверхности сварного соединения с помощью лазерного профиломера. Программное обеспечение позволяет определять геометрические характеристики сварного соединения. Дефектоскоп готов для работы с ранее аттестованными в Росатоме методиками. В ряде случаев успешно выполняется замена РГК на УЗК. Дефектоскоп «АВГУР-АРТ 2020» соответствует стандартам «ISO 23865:2021. Non-destructive testing — Ultrasonic testing — General use of full matrix capture/total focusing technique (FMC/TFM) and related technologies» и «ISO 23864:2021. Non destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Use of automated total focusing technique (TFM) and related technologies».

Завершил работу круглого стола доклад «Видеоскоп/эндоскоп производства компании «Олимпус» представителя фирмы «Олимпус» Дмитрия Сергеевича Померанцева. В докладе рассмотрены основные характеристики прибора. Его важной особенностью является возможность построения трехмерного изображения поверхности объекта контроля с измерением размеров деталей его поверхности.

*Отчет предоставил: А.Х. Вопилкин,
д-р техн. наук, профессор,
ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва*

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НА ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ



МОГИЛЬНЕР Леонид Юрьевич

Д-р техн. наук, Центр технологии строительства, обследования зданий и сооружений НИИ «Транснефть», Москва

САМОКРУТОВ Андрей Анатольевич

Д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ, ООО «АКС», Москва

Основная тема круглого стола «Неразрушающий контроль на трубопроводном транспорте» – обмен мнениями и наработками представителей двух направлений диагностирования трубопроводов: коррозионная диагностика и локализация дефектов ультразвуковыми методами дефектоскопии. В одной аудитории встретились и поделились своими возможностями и проблемами более 35 «коррозионистов» и «дефектоскопистов».

Раздел «Коррозионная диагностика и объединение усилий»

По направлению «Коррозионная диагностика» основной доклад представил директор ООО «НПВП «Электрохимзащита» А.В. Старочкин (Уфа). В докладе описаны основные технологии, применяемые при коррозионной диагностике трубопроводов линейной части и технологических трубопроводов на площадочных объектах. Отмечена актуальность коррозионной диагностики, поскольку среди дефектов металлоконструкций на объектах магистральных трубопроводов наиболее существенную часть составляют коррозионные повреждения. Часто их количество превышает 50 % от общего числа дефектов эксплуатационного происхождения.

В докладе отмечено, что под термином «коррозионная диагностика» понимается использование электрических характеристик системы металлоконструкция – окружающая среда для определения опасности коррозионного повреждения трубопроводов и отчасти для определения состояния антикоррозионного покрытия металлоконструкций. Методы коррозионной диагностики основаны на использовании результатов измерения потенциала трубопровода относительно грунта, токов утечки с трубопровода в грунт, электрического сопротивления грунта, вмещающего трубопровод. Более широко эти методы могут применяться при обследовании опасности коррозионного повреждения любой металлоконструкции – днища резервуара, корпуса оборудования и т.д. Этот вид диагностирования существенно дешевле внутритрубных обследований магистральных трубопроводов автономными приборами, которые перемещаются под воздействием перекачиваемого продукта. Он выполняется дистанционно, как правило, с поверхности грунта. При этом оператор либо контролирует состояние системы трубопровод–грунт на контрольно-измерительных пунктах, расположенных вдоль трубопровода, либо «ощупывает» трубопровод, двигаясь вдоль его оси с электродами в руках.





А.Е. Базулин

В докладе А.В. Старочкин описал современные технологии коррозионной диагностики, включая схемы измерения уровня защитного потенциала трубопровода, проиллюстрировал работу методом выносного электрода, градиентные методы, метод Пирсона, представил опыт выполнения работ в полевых условиях. В докладе отмечено, что ежегодный объем выполнения коррозионных обследований составляет не менее 15 тыс. км магистральных трубопроводов. Дан обзор современного оборудования импортного и отечественного производства, в том числе описаны приборный комплекс «Искатель повреждений изоляционного покрытия трубопроводов и мест повреждений протяженных анодных заземлителей ИП «Азимут» (НПВП «Электрохимзащита», Уфа), приборы серии «Менделеевец» (ЗАО «Химсервис», Новомосковск, Тульская обл.). Также в докладе презентована новая монография, изданная в 2020 г., — «Диагностика защищенности подземных трубопроводов от электрохимической коррозии» (авторы И.Г. Блинов, А.В. Старочкин, О.Р. Латыпов, А.В. Валушок, Я.Д. Ивашов, К.Ю. Фадеев).

В обсуждении и содокладах приняли участие представители (ЗАО «Химсервис», Новомосковск, Тульская обл.), ООО «НИИ Транснефть» (Москва), ЗАО «Трубопроводные системы и технологии» (Шелково, Московская обл.), ООО НПО «ИНТЕРСКАН» (Москва), ООО «ИНТРОН ВТД» (Москва).

При обсуждении отмечено, что коррозионная диагностика позволяет определить степень защищенности трубопроводов от электрохимической коррозии и выявить участки, склонные к коррозионным разрушениям, а также участки с повреждением антикоррозионного покрытия. При этом отмечены две проблемы, возникающие при этом виде обследования.

Первая заключается в том, что коррозионная диагностика не позволяет локализовать место повреждения и образмерить дефект металла, а только лишь указывает на участки, склонные к коррозии. Поэтому следом за данным видом обследования

идет вскрытие трубопровода и обследование, выполняемое традиционными методами дефектоскопии: электроискровой контроль изоляционного покрытия, толщинометрия покрытий и металла, ультразвуковой контроль металла, ряд других технологий. Поэтому так важно налаживать взаимодействие между «коррозионистами» и «дефектоскопистами».

Второй проблемный вопрос — необходимость выявления подпленочной коррозии, возникающей на подземных трубопроводах. Коррозия металла на участках отслоения сплошного, без механических разрывов антикоррозионного пленочного покрытия с возникновением электролита в полости между покрытием и металлом происходит достаточно интенсивно. Это опасный дефект, составляющий более 15 % от общего числа коррозионных повреждений. Такие участки плохо обнаруживаются при коррозионной диагностике, т.е. не сопровождаются возрастанием токов утечки. В докладе А.А. Старочкина отмечено, что целесообразно обратить внимание специалистов по физическим методам неразрушающего контроля на необходимость повышения выявляемости участков подземных трубопроводов с развивающейся подпленочной коррозией.

Раздел «Ультразвуковой контроль трубопроводов»

На круглом столе современные методы наружного и внутритрубного ультразвукового контроля технологических трубопроводов были представлены в двух докладах.

Представитель ООО «Эхо-Плюс» (Москва) А.Е. Базулин выступил с обзором современного многофункционального приборного комплекса для ультразвуковой дефектоскопии серии «АВГУР», в котором используются фазированные решетки и системы с синтезированной апертурой для визуализации дефектов в сечении металла, измерения координат и формы дефектов с помощью традиционного эхометода и с голографической обработкой информации. В настоящее время такие системы получили наибольшее распространение на объектах энергетики. В докладе также отмечено, что имеется практика применения систем серии «АВГУР» на магистральных газопроводах. Накопленный опыт использования этой и аналогичных систем отечественного производства показывает целесообразность их внедрения на объектах трубопроводного транспорта при диагностировании трубопроводов и резервуаров в период их эксплуатации.

В докладе С.Ю. Ворончихина описаны технологии внутритрубной технической диагностики (ВТД) с применением разработанного АО «ИнтроСкан Технологии» внутритрубного роботизированного

диагностического комплекса (ВРДК) типа А2072. ВРДК предназначен для контроля сложных по конфигурации трубопроводных систем, и с 2015 г. используется при диагностике различных объектов газотранспортной системы (ГТС).

При традиционных обследованиях подземных трубопроводов методом шурфования они должны быть вскрыты, освобождены от изоляционного покрытия, зачищены методом дробеструйной обработки. Для такой подготовки трубопровода к обследованию требуются значительные средства (финансовые, временные, ресурсные). Основное достоинство и отличительная черта оборудования типа А2072 заключается в том, что с его помощью можно выполнять обследование локальных участков трубопроводов без вскрытия. Данный комплекс может запасовываться в трубопровод через существующие технологические отверстия или небольшие вскрытые участки.

ВРДК реализован как малогабаритный автономный транспортно-диагностический модуль на магнитных колесах, с аккумуляторным питанием и радиоканалом для дистанционного управления, передачи диагностических данных и видеосигнала на пульт оператора на удалении до 2 км от места загрузки ВРДК во внутреннюю полость трубопровода.

Основным методом диагностики ВРДК является ультразвуковой (УЗ) эхоимпульсный волноводный метод, который позволяет регистрировать эхосигналы на больших расстояниях (практически до 2 м) от места расположения УЗ-преобразователя. Физической основой данного метода НК является эффект распространения УЗ-колебаний в пластинах на большие расстояния при определенных комбинациях типов волн, длины волны и толщины стенки.

Суть разработанной технологии контроля трубопровода с применением ВРДК заключается в линейном пошаговом перемещении транспортно-модуля вдоль оси трубы по выбранной из соображений минимальной загрязненности траектории, излучении и регистрации эхосигналов в перпендикулярном направлении (вдоль окружности трубы). При наличии дефектов или аномалий в стенке трубы регистрируется соответствующий отклик, после анализа которого можно определить параметры дефекта. Дополнительно определяется номинальная толщина стенки трубы в области расположения ВРДК. После дополнительной пространственно-временной обработки регистрируемых УЗ-сигналов формируется полный образ развертки трубы (дефектограмма), на котором отмечаются места УЗ-аномалий, оценивается их размер на основании амплитуды реконструированных сигналов.

Селекция типов дефектов в местах локализованных УЗ-аномалий при данном методе контроля осуществляется за счет получения эхосигналов в нескольких частотных поддиапазонах (в пределах полосы пропускания УЗ-преобразователей) и анализа соотношений амплитуд эхосигналов для различных частот. Для объемных и плоскостных дефектов эти соотношения существенно отличаются, что позволяет идентифицировать тип отражателя с высокой степенью достоверности.

Дополнительно проводится анализ затухания УЗ-сигнала при его многократном прохождении вдоль окружности детали, что позволяет проводить качественную оценку отслоения изоляционного покрытия в текущем анализируемом сечении трубопровода.

В период с 2016 по 2020 гг. выполнено обследование более 600 км технологических трубопроводов компрессорных станций ГТС, не обследуемых ранее ввиду отсутствия технических средств для ВТД сложных по конфигурации трубопроводных систем. По результатам проведенного ВТД было обнаружено и устранено более 500 опасных дефектов.

Применение ВРДК А2072 позволяет в короткие сроки и с оптимальными технико-экономическими показателями выявить опасные дефекты деталей трубопровода, выполнить качественную оценку отслоения изоляционного покрытия и, основываясь на результатах ВТД, получить объективную оценку технического состояния объекта.

Существует перспектива применения технологии ВТД с применением ВРДК с модернизированной транспортной платформой на протяженных участках трубопроводов (до 5 км), имеющих значительные загрязнения внутренней полости.

Программа внутритрубной технической диагностики (ВТД) технологических трубопроводов с применением систем типа ВРДК А2072 представляется наиболее перспективной для оценки технического состояния объектов трубопроводного транспорта. Периодические обследования ВТД позволяют перейти к обслуживанию данных объектов по техническому состоянию при технико-экономически обоснованном выборе компенсирующих ремонтных мероприятий, например между выборочным ремонтом дефектных элементов и сплошной заменой труб на участке трубопровода.

Отчет предоставил

А.А. Самокрутов,

д-р техн. наук, профессор, ООО «АКС», Москва

Отчеты по другим круглым столам форума читайте в №1 (январь-март), 2022, «Территория NDT»

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС РОНКТД ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ «ДЕФЕКТОСКОПИСТ 2021»

Всероссийский конкурс РОНКТД по неразрушающему контролю «Дефектоскопист 2021» проводился Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) при поддержке Ростехнадзора и Минпромторга России. Особую значимость конкурс получил в свете включения профессии «дефектоскопист» в перечень профессий и специальностей среднего профессионального образования, необходимых для модернизации и технологического развития экономики страны, утвержденный Председателем Правительства РФ М.В. Мишустиным (Распоряжение от 3 сентября 2021 г. № 2443-р).

Конкурс проводился как по отдельным методам-номинациям: визуальный и измерительный контроль (ВИК), ультразвуковой контроль (УК), радиационный контроль (УК), капиллярный контроль (ПВК), магнитный контроль (МК), так и по мультиноминациям: ВИК + УК, ВИК + РК, ВИК + ПВК + МК, ВИК + УК + РК. Комбинация методов НК, составляющих мультиноминацию, определялась на основании сочетаний квалификаций в соответствии с п. 1.12 ФГОС СПО по профессии 15.01.36 Дефектоскопист (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 9 декабря 2016 г. № 1574).

В период с июня по сентябрь в 32 регионах на базе аттестационных центров СНК ОПО РОНКТД проходили отборочные этапы конкурса (рис. 1).

Более 130 организаций направило своих сотрудников для участия в мероприятии. В большинстве регионов в период проведения отборочных этапов аттестационными центрами были организованы семинары по перспективным средствам и технологиям в области неразрушающего контроля (НК). Участники подобных семинаров получили возможность послушать выступления ведущих специалистов — разработчиков нормативных документов и оборудования НК и получить ответы на насущные вопросы «от первого лица».

Разработку конкурсных заданий и форм отчетной документации оргкомитет поручил рабочей группе, состоящей из авторитетных специа-

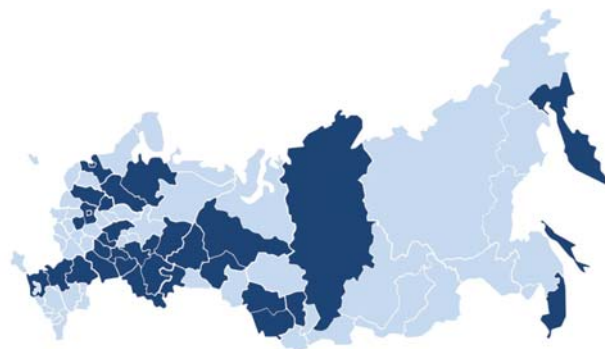


Рис. 1. Участники и члены жюри отборочного этапа в г. Казань

листов по различным методам НК. В результате задания, выполняемые конкурсантами в различных регионах, имели одинаковую сложность и требовали от участников демонстрации знаний технологии проведения НК, умений определения параметров контроля для различных элементов металлоконструкции, навыков выполнения контроля реального сварного соединения (рис. 2).

В целях обеспечения единства подходов при оценке результатов выполнения практических заданий были разработаны оценочные ведомости, содержащие исчерпывающий перечень возможных несоответствий при выполнении НК (рис. 3).

Мастер-классы, проводимые в формате ВКС для членов жюри отборочного этапа, позволили установить однозначную трактовку каждого несоответствия. Таким образом, основной задачей членов жюри стала фиксация ошибок, допущен-



Рис. 2. Выполнение практического задания

ных конкурсантом при проведении НК и оформлении результатов. Данные из формуляров членов жюри заносились в автоматизированную систему, в которой проводился расчет оценки каждого участника, их ранжирование по занятым местам, оформление итогового протокола по номинации.

По результатам проведения отборочных этапов 55 специалистов – представителей 45 организаций, показавших наилучшие результаты, прошли в финал конкурса, который состоялся с 18 по 21 октября на площадке форума «Территория NDT». Оборудование для проведения практического этапа было предоставлено разработчиками – спонсорами конкурса: ООО «КОНСТАНТА УЗК» (генеральный спонсор), ООО «АКУСТИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ» (УК),

Задание	Несоответствие	несоответствие выявлено (V) / отсутствует (X)	
Задание 1. Определение параметров РК	не перечислен/не верно определен параметр контроля:		
	1	схема контроля	
	2	радиационная толщина	
	3	класс чувствительности контроля	
	4	чувствительность контроля	
	5	тип и номер эталона	
	6	максимальное напряжение на рентгеновской трубке	
	7	смещение ИИИ относительно плоскости сварного стыка (при наличии)	
	8	минимальное расстояние источник излучения-объект контроля	
	9	количество участков контроля	
	10	тип пленки	
	11	экспозиция	
	12	тип и условия химико-фотографической обработки	
	13	толщина усиливающего экрана	
	14	толщина защитного экрана	
	15	размеры пленки	
16	время экспозиции не реалистично?		
отсутствуют/приведены не в полном объеме следующие			

Рис. 3. Пример части оценочной ведомости по РК



Рис. 4. Открытие финального этапа конкурса



Рис. 5. Выполнение задания по визуальному и измерительному контролю



Рис. 6. Выполнение задания по ультразвуковому контролю

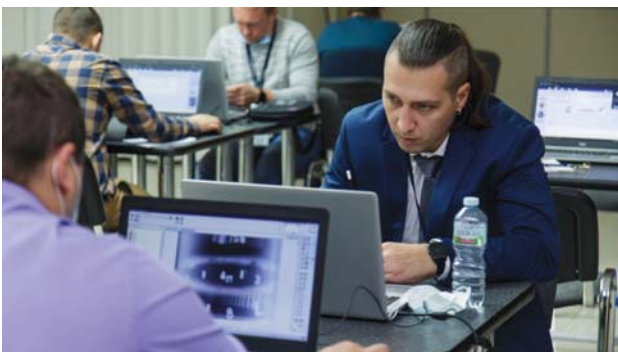


Рис. 7. Выполнение задания по радиационному контролю



Рис. 8. Выполнение задания по магнитному контролю

ООО «АЗ ИНЖИНИРИНГ» (ВИК), ООО ТК «ТАСМА» (РК) и ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр» (МК). Учитывая, что конкурсанты могли быть не знакомы с особенностями применения оборудования конкретных производителей, для всех желающих были организованы онлайн-консультации. Вся необходимая конкурсантам информация для подготовки к финальному этапу доводилась до них в специально организованном онлайн-чате.

В церемонии торжественного открытия финального этапа конкурса (рис. 4) приняли участие председатель оргкомитета конкурса академик РАН Н.П. Алёшин, президент РОНКТД д-р техн. наук В.А. Сясько, начальник правового управления Ростехнадзора Д.А. Яковлев, руководитель методического центра СНК РОНКТД канд. техн. наук Д.И. Галкин.

В своих напутствиях выступающие отметили значимость специалистов НК, стоящих на страже качества и безопасности эксплуатации технических устройств и сооружений.

Задача по разработке методических материалов для финального этапа конкурса была поставлена оргкомитетом перед ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр» – методическим центром СНК РОНКТД. В качестве основных приоритетов было обозначено обеспечение одинаковой сложности заданий, прослеживаемости и объективности определения оценки.

В разработке заданий финального этапа приняли участие: канд. техн. наук А.Е. Базулин, канд. техн. наук Л.В. Воронкова, канд. техн. наук Д.И. Галкин, д-р техн. наук А.Г. Ефимов, А.Н. Зверев, канд. техн. наук А.С. Зубарев, А.В. Макаров, д-р техн. наук А.Е. Шубочкин.

Для обеспечения одинаковой сложности практических заданий по ВИК были изготовлены конкурсные образы с полной воспроизводимостью геометрических характеристик (рис. 5).

Для выполнения практического задания по УК было сформировано четыре одинаково укомплектованных рабочих места, на каждом из которых имелись пьезоэлектрические преобразователи и настроечные образцы. Задача конкурсантов состояла в определении ряда неизвестных характеристик. Данное задание было выполнено последовательно всеми конкурсантами в номинации «УК» и «ВИК + УК» (рис. 6).

Специалистам по РК для расшифровки предлагались одинаковые цифровые изображения, полученные по результатам контроля сварных соединений. Просмотр и необходимые измерения выполнялись в программном обеспечении X-Vizor (рис. 7).

Для наиболее малочисленной номинации по МК оказалось достаточным сформировать одно рабочее место. Задача финалистов состояла в проведении контроля одного и того же образца и определении с применением различных схем намагничивания участков с поверхностными дефектами (рис. 8).



Рис. 9. Обсуждение апелляции членами жюри

Результаты измерений, полученные при выполнении заданий практической части, конкурсанты фиксировали в личном кабинете, в котором они отвечали и на вопросы теоретической части. Количество баллов, начисляемых за правильный ответ, определялось сложностью вопро-

Призеры Всероссийского конкурса РОНКTD по неразрушающему контролю «Дефектоскопист 2021»

Призовое место	ФИО	Номинация	Организация
1	Теплов Михаил Юрьевич	ВИК	ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»
1	Ерёменко Дмитрий Иванович	ВИК + МК + ПВК	ЧПОУ «ТНПК»
1	Аликов Эдгард Юрьевич	ВИК + РК	АО «Транснефть-Урал» филиал СУПЛАВ
1	Торопов Игорь Александрович	ВИК + УК	ООО «Газпром трансгаз Ухта»
1	Тайманова Анна Сергеевна	РК	ООО «Интрафит»
1	Пушкарев Артем Викторович	УК	ООО «Строительно-монтажная сварочная лаборатория»
2	Григорьева Наталья Дмитриевна	ВИК	ООО «СибСТК»
2	Башарин Александр Евгеньевич	ВИК + МК + ПВК	ООО «Газпром трансгаз Ухта»
2	Степанов Михаил Владимирович	ВИК + РК	ООО «ПЛНК»
2	Хмара Николай Юрьевич	ВИК + УК	АО «Транснефть-Урал» филиал СУПЛАВ
2	Докучаев Дмитрий Владимирович	РК	ООО «Газпром трансгаз Волгоград»
2	Васильев Алексей Павлович	УК	АО «Трубодеталь»
3	Малышева Татьяна Анатольевна	ВИК	АО «Соединитель»
3	Ромашов Дмитрий Сергеевич	ВИК + МК + ПВК	АО «Орский машиностроительный завод»
3	Ландин Константин Витальевич	ВИК + РК	ООО «Газпром добыча Надым»
3	Сальников Анатолий Владимирович	ВИК + УК	ООО «Технопром»
3	Гимранов Наиль Ильдусович	РК	АО «Транснефть-Прикамье» Казанское РНУ
3	Макеева Вероника Викторовна	УК	ООО «ПК «НЭВЗ»



Рис. 10. Церемония награждения победителей и призеров конкурса «Дефектоскопист 2021»

са. Некоторые вопросы предполагали возможность многовариантного ответа. Для получения баллов за данные вопросы необходимо было выбрать все правильные ответы из числа предложенных. В личном кабинете конкурсанту также представлялся доступ к нормативным документам, необходимым для выполнения задания, и осуществлялся контроль времени, отводимого на выполнение заданий каждой из частей. Это позволило обеспечить прослеживаемость результатов и исключить человеческий фактор при подсчете итоговой оценки.

После окончания выполнения конкурсного задания каждый финалист имел возможность ознакомиться с протоколом оценки результатов и в случае несогласия с оценкой за конкретный вопрос подать апелляцию. Для наблюдения за процессом проведения финального этапа и рассмотрения апелляций было сформировано жюри, в состав которого вошли: Д.И. Галкин (ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр», Москва), А.Н. Зверев (ООО «НАКС-Урал», Екатеринбург), С.М. Кошелев (ООО «ГАЦ ВВР», Нижний Новгород), А.В. Лось (ООО «Тихоокеанский ГАЦ», Владивосток), Е.А. Ожиганов (ООО «КЦСК», Кемерово), А.Б. Спирков (ООО «СЗ АНТЦ Энергомонтаж», Санкт-Петербург).

Апелляции рассматривались членами жюри в присутствии экспертов – представителей организаций участников (рис. 9).

В случае принятия апелляции итоговый балл автоматически пересчитывался для всех участ-

ников конкурса. Все это, на наш взгляд, способствовало повышению объективности оценки. В итоге в некоторых номинациях призеров разделяли 1–2 балла, а в ряде случаев участники набирали одинаковое количество баллов и их ранжирование приходилось осуществлять на основании суммарного балла за практическую часть.

Чтобы стать победителем и призером финального этапа, конкурсанты должны были продемонстрировать профессионализм, волю к победе, способность к решению нестандартных производственных задач. Наилучшим образом это удалось сделать 18 конкурсантам (см. таблицу).

Призы победителям и дипломы участникам на торжественной церемонии награждения вручали председатель оргкомитета конкурса, член национального Совета по профессиональным квалификациям при Президенте РФ, академик РАН Н.П. Алёшин и президент РОНКТД, д-р техн. наук В.А. Сясько (рис. 10).

Результаты проведенного конкурса и высокая оценка, полученная организаторами со стороны участников, позволяют считать данное мероприятие важной составляющей в повышении престижа и популяризации профессии «дефектоскопист» в России, а также эффективной площадкой для обмена опытом специалистов ведущих организаций в области НК.

*Отчет предоставлен
организаторами конкурса*

В наших
силах
сохранить
этот мир



КОНСТАНТА®
приборы неразрушающего контроля

constanta.ru

ЮБИЛЕЙ В ПИТЕРЕ

Значимый для отечественной школы ультразвукового контроля юбилей отмечался в начале октября в Санкт-Петербурге – 90-летие кафедры «Электроакустика и ультразвуковая техника» СПб ГЭТУ «ЛЭТИ». Каждый ультразвуковик знает, что именно здесь работал и был первым зав. кафедрой «отец звуковидения и ультразвуковой дефектоскопии» – Сергей Яковлевич Соколов и именно здесь в 1928 г. им было получено свидетельство на изобретение, давшее начало ультразвуковому контролю материалов в мире. Исторические заметки на сей счет опубликованы в статье К.Е. Аббакумова и А.А. Вьюгиной в этом же номере журнала (с. 48–61), здесь же отметим, что мимо такого события не мог пройти Петербургский семинар по НК – «Гурвич-клуб», который приурочил свое очередное заседание к славному юбилею и провел его в исторических стенах ЛЭТИ.

По предложению постоянно и активного члена клуба – М.В. Григорьева (МГТУ им. Н.Э. Баумана), заседание было построено в форме выступлений сотрудников и выпускников кафедры разных лет с воспоминаниями о годах учебы, а также с информацией о дальнейших работах их организаций в области УЗК.

После приветственного слова зав. кафедрой К.Е. Аббакумова с презентацией «К юбилею кафедры ЭУТ: мысли вслух о значимо-



Рис. 1. Студенческий билет М. Григорьева



Рис. 2. Выступает М.В. Григорьев

сти и некоторых результатах, достигнутых ее выпускниками» выступил выпускник 1971 г. М.В. Григорьев. Объемная и интересная презентация была проиллюстрирована многочисленными слайдами (рис. 1, 2) и охватила как студенческие годы (учеба, колхозы, спорт), так и основные работы выпускника-1971 после окончания ЛЭТИ.

Прошел год, и в 1972 г. кафедра выпустила еще одного известного специалиста и активного члена «Гурвич-клуба» – Г.Я. Дымкина (АО «НИИ мостов»), который (рис. 3) поделился с участниками заседания своими воспоминаниями о годах учебы, о стиле преподавания и прекрасной атмосфере на кафедре в годы учебы, о коллегах, окончивших ЛЭТИ и продолжающих работать в области УЗК.



Рис. 3. Г.Я. Дымкин

С большим воодушевлением встретили участники заседания выступление ветерана кафедры,

который работал многие десятилетия и учил (!) всех выступающих на заседании выпускников кафедры – Д.Д. Добротина (рис. 4).



Рис. 4. Д.Д. Добротин

Затем наступило время вспоминать о годах учебы, преподавателях, коллегах, которые окончили кафедру и продолжают работать в области УЗК, об основных работах своих предприятий представителей более молодого поколения выпускников кафедры – А.И. Лутовинова (ЗАО «Ультракraft», рис. 5) и Э.В. Андерсона (ЦНИИ КМ «Прометей», рис. 6).



Рис. 5. А.И. Лутовинов



Рис. 6. Выступает Э.В. Андерсон, в президиуме С.Р. Цомук

Приятно отметить, что подготовились к юбилею кафедры не только выпускники разных лет, но



Рис. 7. Выступает Н.П. Разыграев



Рис. 8. Вручение подарка от ЦНИИТМАШ



Рис. 9. Посиделки на кафедре

и специалисты, которые сотрудничают с ними долгие годы, а окончили другие вузы. Обширную презентацию «Замечательный юбилей: 90 лет кафедре «ЭУТ» подготовили московские члены клуба – Н.П. Разыграев и А.Н. Разыграев (рис. 7). Делавший доклад Разыграев-старший вспомнил не только отечественных, но и болгарских выпускников кафедры, с которыми ЦНИИТМАШ сотруд-

ничает многие годы. Традиционно нашлось место в выступлении Николая Павловича и главным волнам, в частности подарок кафедре от ЦНИИТМАШ связан именно с ними (рис. 8).

Вторая часть мероприятия была прекрасно организована (главная роль здесь принадлежит А.В. Комлику и К.С. Павросу) и проведена непосредственно на кафедре, где в дружеской обста-

новке (рис. 9) до вечера звучали здравицы, тосты и поздравления, а Т.Ю. Шарапова (АЦ «Прометей») еще и вручила кафедре на память креативный, художественно выполненный подарок.

*ЦОМУК Сергей Роальдович,
председатель совета
«Гурвич-клуба»,
Санкт-Петербурге*



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.

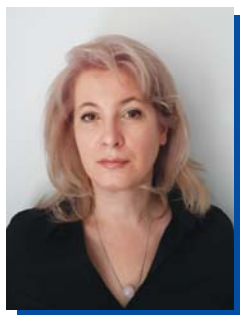
В пособии приводятся основные сведения о технологии визуального и измерительного контроля сварных соединений, рассмотрены основные типы поверхностных дефектов и отклоненной формы, возникающие на различных стадиях производства сварных металлоконструкций. Подробно описана последовательность выполнения 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

ТР ЕАЭС 049/2020 «О ТРЕБОВАНИЯХ К МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ» И НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ



ЗАИТОВА Светлана Александровна
Президент СРО ОЮЛ КАЗАХСТАНСКИЙ РЕГИСТР,
председатель МТК 515 «Неразрушающий контроль»,
председатель ТК 76 Республики Казахстан
«Неразрушающий контроль, техническая диагностика
и мониторинг состояния»/ Non-destructive Testing,
Diagnostics and Condition Monitoring»,
Республика Казахстан

Безопасность продукции, обращаемой в рамках Евразийского экономического союза, обеспечивается посредством применения технических регламентов.

Технический регламент Евразийского экономического союза — документ, принятый Евразийской экономической комиссией и устанавливающий обязательные для применения и исполнения на территории Союза требования к объектам технического регулирования.

Технические регламенты Евразийского экономического союза принимаются для обеспечения реализации первоочередных интересов в сфере безопасности.

Разработка, принятие, изменение и отмена технических регламентов Союза осуществляются в порядке, утвержденном Комиссией.

Стандарт — главный инструмент реализации технических регламентов; документ, в котором в целях многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг, правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения.

<http://www.eurasiancommission.org/ru/act/ texnreg/deptexreg/tr/Pages/default.aspx>



КОНЦЕПЦИЯ формирования общих рынков нефти и нефтепродуктов Евразийского экономического союза разработана в целях реализации п. 2 ст. 84 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. (далее Договор) и направлена на обеспечение формирования государствами — членами Евразийского экономического Союза (далее соответственно государства-члены, Союз) общих рынков нефти и нефтепродуктов Союза.

ПРОГРАММА формирования общих рынков нефти и нефтепродуктов Евразийского экономического союза разработана в соответствии со ст. 84 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. (далее Договор) с учетом положений ст. 79 Договора, Протокола о порядке организации, управления, функционирования и развития общих рынков нефти и нефтепродуктов (Приложение № 23 к Договору) и Концепции формирования общих рынков нефти и нефтепродуктов Евразийского экономического союза, утвержденной Решением Высшего Евразийского экономического совета от 31 мая 2016 г. № 8.

Совет ЕЭК утвердил технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к магистральным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углеводородов». Он вступит в силу 1 июля 2021 г.

Документ устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к магистральным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углеводородов при проектировании (включая инженерные изыскания), строительстве (реконструкции), эксплуатации (приемке и вводе в эксплуатацию, консервации), утилизации (ликвидации), а также правила оценки их соответствия.

<http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/24-12-2020-02.aspx>

Принятие техрегламента обеспечит функционирование систем транспортировки газа, нефти и нефтепродуктов, как это предусмотрено программами по формированию общих рынков газа, нефти и нефтепродуктов Союза (утверждены решениями Высшего Евразийского экономического совета 6 декабря 2018 г. № 18 и 23 соответственно).

Область применения ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА Евразийского экономического союза «О требованиях к магистральным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углеводородов» (ТР ЕАЭС 049/2020):

На что распространяется

Настоящий технический регламент устанавливает обязательные для применения и исполнения на таможенной территории Евразийского экономического союза (далее Союз) требования к магистраль-

ным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углеводородов при проектировании (включая инженерные изыскания), строительстве (реконструкции), эксплуатации (приемке и вводе в эксплуатацию, консервации), утилизации (ликвидации), а также правила оценки их соответствия.

На что не распространяется

Требования настоящего технического регламента не распространяются на трубопроводы сетей газораспределения и газопотребления, трубопроводы сетей автономного газоснабжения и автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, морские трубопроводы, промышленные и межпромышленные трубопроводы, трубопроводы для транспортирования широкой фракции легких углеводородов и сжиженных углеводородных газов, а также на трубопроводы, предназначенные для осуществления и обеспечения технологических процессов добычи и (или) переработки углеводородного сырья.

Требования техрегламента не распространяются на объекты: введенные в эксплуатацию до даты вступления в силу, строительства техрегламента в силу, строительства (реконструкция) которых осуществляется в соответствии с проектной документацией, утвержденной или направленной на государственную экспертизу до даты вступления техрегламента в силу, разрешение на строительство (реконструкцию) которых подано до даты вступления техрегламента в силу.

В преамбуле к ТР 049/2020 на сайте ЕАЭС дано определение объекта регулирования: «Техрегламент рассматривает магистральный трубопровод как единый производственно-технологический комплекс, состоящий из взаимосвязанных объектов и сооружений и предназначенный для транспортировки жидких или газообразных углеводородов.» На деле с учетом всех исключений данный документ регулируют **ТОЛЬКО** «магистральные трубопроводы, включая ответвления от них, номинальным диаметром до DN 1 400 включительно, с избыточным давлением от 1,2 до 14 МПа включительно для транспортирования жидких углеводородов и с избыточным давлением свыше 1,2 до 25 МПа включительно для транспортирования газообразных углеводородов». Данный подход существенно снижает понимание магистрального трубопровода как «производственно-технологического комплекса», а также удаляет из него технологическое оборудование, которое подпадает под действие других технических регламентов «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011) и «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» (ТР ТС 032/2013) и еще целого ряда технических регламентов Союза.

Предположим, что исходя из КОНЦЕПЦИИ и ПРОГРАММЫ, заявленных выше, Союз вводит

МАГИСТРАЛЬНЫЕ И ТРАНЗИТНЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ СРЕДНЕЙ АЗИИ И КАЗАХСТАНА



СХЕМА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ АО «КАЗТРАНСОЙЛ»



Все указанные на картах магистральные трубопроводы не подпадают под действие ТР 049/2020

ТР 049/2020 с прицелом на будущее строительство магистральных трубопроводов на территории ЕАЭС, так как на действующие он не распространяется совсем. На примере Республики Казахстан хочу показать, как это выглядит.

Давайте рассмотрим, что предполагается под оценкой соответствия требованиям данного ТР: «приемка объекта магистрального трубопровода – форма оценки соответствия завершеном строительством (реконструкцией) объекта магист-

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И СТАНДАРТЫ

рального трубопровода проектной документации, требованиям настоящего технического регламента, других технических регламентов Союза, действие которых на него распространяется, подтверждающая готовность объекта магистрального трубопровода к вводу в эксплуатацию». Данная норма ТР 049/2020 при первоначальном прочтении предполагает, что должны быть созданы органы оценки соответствия в системе технического регулирования по требованиям ГОСТ ISO/IEC 17065-2013 «Оценка соответствия. Требования к органам по сертификации продукции, процессов и услуг», но на практике в рамках ЕАЭС данный ГОСТ принят не всеми участниками Союза. В существующей национальной законодательной практике ЕАЭС по итоговой приемке магистрального трубопровода установлен межведомственный акт приемки в эксплуатацию, который в дальнейшем передается операторам магистрального трубопровода и регистрируется в соответствующих государственных уполномоченных органах, которые вводят данный объект в национальную систему надзора и контроля.

Глава VI ТР 049/2020 «Оценка соответствия магистрального трубопровода требованиям технического регламента» устанавливает следующие формы оценки соответствия магистрального трубопровода требованиям настоящего технического регламента:

- а) *экспертиза проектной документации (включая результаты инженерных изысканий) – при проектировании (включая инженерные изыскания);*
- б) *строительный контроль (технический надзор), авторский и государственный надзор – при строительстве (реконструкции);*
- в) *приемка – при завершении строительства (реконструкции);*
- г) *эксплуатационный контроль, государственный контроль (надзор) – при эксплуатации;*
- д) *строительный контроль и авторский надзор – при утилизации (ликвидации).*

И далее мы видим, что оценка соответствия ТР 049/2020 лежит не в области технического регулирования, единого для всех стран участниц ЕАЭС, а отдана в национальное отраслевое регулирование и ничего не меняет в существующей системе, что по сути противоречит КОНЦЕПЦИИ «Формирование общих рынков нефти и нефтепродуктов Евразийского экономического союза» и ПРОГРАММЕ «О формировании общих рынков нефти и нефтепродуктов Евразийского экономического союза».

Что нас, как разработчиков стандартов в области неразрушающего контроля, в данном ТР прежд-

де всего интересует, так это основные определения гл. II ТР 049/2020:

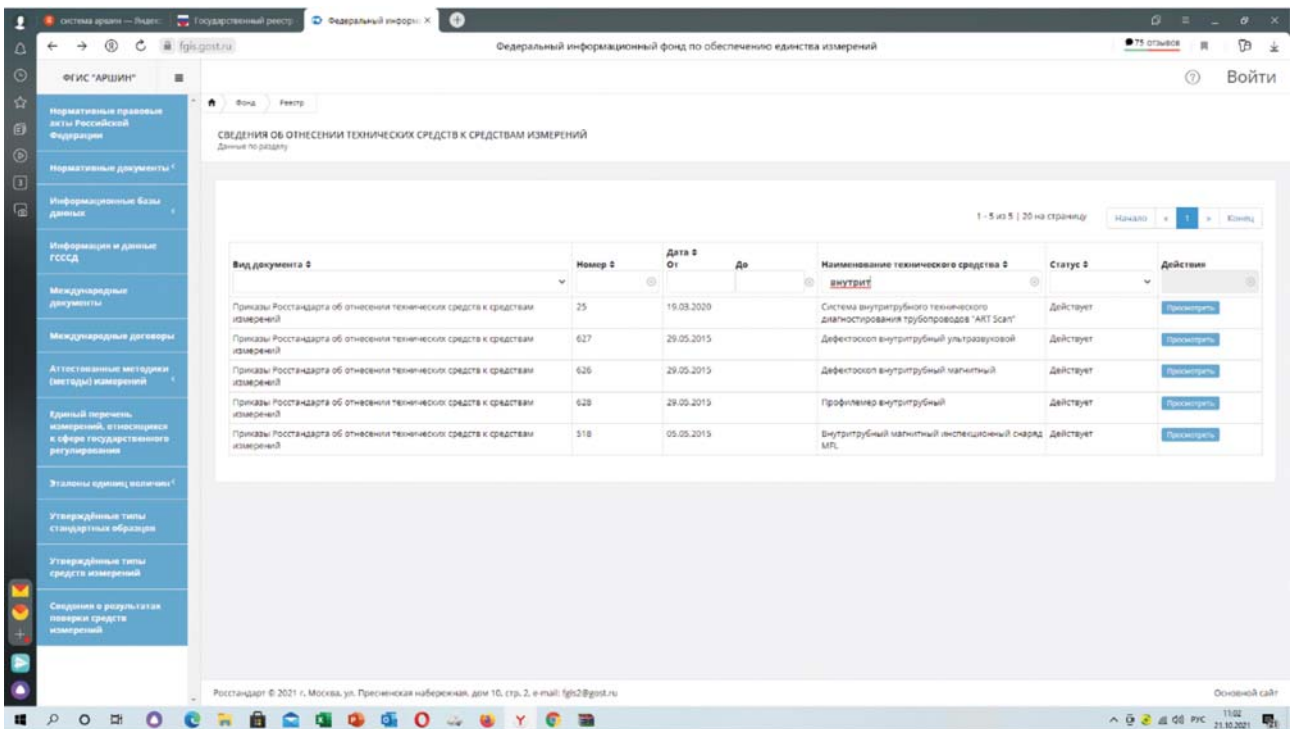
- «*внутритрубное диагностирование*» – вид технического диагностирования, состоящего из комплекса работ, обеспечивающих получение информации о дефектах и особенностях стенки трубопровода, сварных швов и их местоположении с использованием внутритрубных инспекционных приборов, в которых реализованы соответствующие методы неразрушающего контроля;
- «*внутритрубный инспекционный прибор*» – устройство, перемещаемое внутри трубопровода, снабженное средствами контроля и регистрации данных о дефектах и особенностях стенки трубопровода, сварных швов и их местоположении».

Делаем запрос в национальный государственный уполномоченный орган по регулированию магистральных трубопроводов Министерства энергетики Республики Казахстан:

1. Входят ли виды измерений, используемые при проведении внутритрубной диагностики магистральных трубопроводов, в Перечень измерений Министерства энергетики Республики Казахстан, согласно Закону Республики Казахстан «Об обеспечении единств средств измерений»?
2. Сколько внутритрубных приборов, измерительных приборов для внутритрубной диагностики магистральных трубопроводов внесено в Реестр измерительных средств Республики Казахстан?
3. Сколько испытательных лабораторий с наличием на балансе внутритрубных приборов, измерительных приборов аккредитовано в Республике Казахстан по ГОСТ ISO IEC 17025-2019?
4. Сколько органов по оценке соответствия системы технического регулирования или экспертных организаций системы промышленной безопасности официально признано соответствующими требованиям ТР ЕАЭС 049/2020?

И с 10 июня 2021 г. **не получаем** ответ.

Предположим, что внутритрубная диагностика как основной метод проведения диагностирования строящихся магистральных трубопроводов активно использовалась при строительстве всех указанных на картах национального оператора АО «КазМунайГаз» (головная компания АО «КазТрансОйл» и АО «КазТрансГаз») трубопроводов при участии международных инспекционных компаний и на их оборудовании, которое не проходило метрологическую экспертизу согласно требованиям законодательства Республики Казахстан, и с их базой данных, которая обрабатывалась за пределами Республики Казахстан. В данном случае ЕАЭС действительно желательно забыть все построенные до июля 2021 г. магистральные трубопроводы и начать внедрение ТР 049/2020 с чистого листа, т.е. с новых проектов. Но вот на террито-



рии Казахстана новые проекты на ближайшее время даже не заявлены.

Вопрос, является ли внутритрубный инспекционный прибор, а в практике применения его называют «снаряд» или «rig», в действительности измерительным прибором или измерительным комплексом, раскрывает ли портал РОССТАНДАРТА ОПИСАНИЯ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ модулей инспекционных внутритрубных, а также ФГИС «АРШИН».

Налицо разрыв подходов к проведению внутритрубной диагностики внутри ЕАЭС только на примере двух стран-участниц, а это база для формирования общих стандартизованных требований по обеспечению безопасности инфраструктурных объектов.

Теперь давайте рассмотрим основные документы по стандартизации, приведенные в ТР 049/2020, в области неразрушающего контроля и технической диагностики.

ВЫДЕРЖКА ИЗ ПЕРЕЧЕНЯ международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к магистральным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углево-

дорудов» (ТР ЕАЭС 049/2020) и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования

- ГОСТ 14782–86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые»
- ГОСТ 18442–80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования»
- ГОСТ 20415–82 «Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения»
- ГОСТ 21105–87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод»
- ГОСТ 23338–91 «Сварка металлов. Методы определения содержания диффузионного водорода в наплавленном металле и металле шва»
- ГОСТ 23870–79 «Свариваемость сталей. Метод оценки влияния сварки плавлением на основной металл»
- ГОСТ 25225–82 «Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод»
- ГОСТ 26388–84 «Соединения сварные. Методы испытаний на сопротивляемость образованию холодных трещин при сварке плавлением»
- ГОСТ 26389–84 «Соединения сварные. Методы испытаний на сопротивляемость образованию горячих трещин при сварке плавлением»
- ГОСТ 28277–89 «Контроль неразрушающий. Соединения, сварные. Электрорадиографический метод. Общие требования»
- ГОСТ 3242–79 «Соединения сварные. Методы контроля качества»

- ГОСТ 6996–66 «Сварные соединения. Методы определения механических свойств»
- ГОСТ 7122–81 «Швы сварные и металл наплавленный. Методы отбора проб для определения химического состава»
- ГОСТ 7512–82 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод»

На дворе 2021 г., по данным ТС 135 ISO, ежегодное увеличение продаж оборудования, работающего на методах неразрушающего контроля, растет на 10 %. Стандартизируются новые методы неразрушающего контроля и новые материалы для строительства, а у нас в системе межгосударственной стандартизации по данному направлению в среднем 1982 год (застой в расцвете)!!!

Да, есть в данном перечне и более свежие СТБ на основе EN и СТ РК на основе ISO, но общая картина доказательной базы бессистемна и морально устарела еще до начала практики применения. А все потому, что разработчики ТР 049/2020 заявили основополагающими стандарты, которые давным давно нужно было заменить:

- ГОСТ 20911–89 «Техническая диагностика. Термины и определения»;
- ГОСТ 18353–79 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов»;
- ГОСТ Р 56542–2015 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов».

Но мы с вами помним, что основной метод обследования – это внутритрубная диагностика, заявленная в ТР 049/2020. Смотрим, сколько документов по стандартизации заявлены по внутритрубной диагностике в том же Перечне, и находим один единственный стандарт Российской Федерации: ГОСТ Р 55999–2014 «Внутритрубное техническое диагностирование газопроводов. Общие требования».

Находим не для всех доступный документ «Решение Высшего Евразийского экономического совета от 23 декабря 2014 г. № 98, Коллегия Евразийской экономической комиссии», и там среди нескольких сот стандартов, утвержденных к Перечню ТР 049/2020 Председателем Коллегии Евразийской экономической комиссии М. Мясниковичем, обнаруживаем еще один – ГОСТ Р 55999–2014 «Внутритрубное техническое диагностирование газопроводов. Общие требования».

Вывод на поверхности: нет единых подходов не только к проведению внутритрубного диагностирования в ЕАЭС, но и не предлагается общий понятийный аппарат. И тот и другой ГОСТ Р не должны были вообще попасть в доказательную базу к ТР 049/2020, так как не содержат требований к безопасности объекта. Но мы хотя бы увидели, что есть и чего нет. А нет всей наукоемкой методической базы по практике применения внутритрубных

приборов, работающей на различных методах неразрушающего контроля и требующей применения дополнительных классических методов неразрушающего контроля по итогам проведения мониторинга объекта. Я даже не говорю, что отдельно должны быть прописаны требования к софтам, которые расшифровывают результаты обследования, полученные с помощью внутритрубной диагностики. А софты – это программы, которые должны содержать актуальные требования **стандартов, при применении которых обеспечивается безопасность инфраструктурного объекта.**

Скажу честно, в сложившейся ситуации межгосударственной стандартизации, когда в МТК 515 «Неразрушающий контроль» входят девять членов и наблюдателей, только у трех из которых есть национальные общества неразрушающего контроля, и два на всех работающих по остаточному принципу финансирования национальных технических комитетов по стандартизации ТК 371 РФ и ТК 76 РК, необходимые документы по стандартизации к ТР 049/2020 пересмотреть нереально. Если только не подключим к процессу системы национальной безопасности и не создадим серьезную экспертную группу, с мнением которой согласится все профессиональное сообщество ЕАЭС, а для начала – СНГ. Не можем мы межгосударственный стандарт принять в обход СНГ, не сформирован у нас региональный орган по стандартизации в рамках ЕАЭС.

Как же осуществляется на деле внутритрубное диагностирование и какие стандарты используются при этом, разберем на примере предложений основных участников рабочей группы по разработке ТР 049/2020: ПАО «Транснефть», ПАО «Газпром» и ПАО «Сургутнефтегаз».

Прежде всего данные участники рабочей группы предлагают исключить из Перечня стандарты, «не предъявляющие требования непосредственно к объекту технического регулирования, а распространяются исключительно на методы неразрушающего контроля, не устанавливая при этом конкретные требования по условиям и необходимости их применения, периодичности и т.д.». Все мы лишаемся основополагающих стандартов по методам и сразу переходим к практике их применения. Разрабатывать и перерабатывать основополагающие стандарты по неразрушающему контролю – это не вопросы нефтегазовых гигантов. И здесь огромное поле для деятельности технических комитетов при грамотной организации национальных госстандартов.

При этом ни ПАО «Транснефть», ни ПАО «Газпром» и ПАО «Сургутнефтегаз» не предоставили НИ ОДНОГО своего корпоративного стандарта по применению внутритрубной диагностики и формированию софта и не предложили переработать

или разработать их накопленный опыт в данной сфере в межгосударственный стандарт для общего пользования ЕАЭС.

Особо хотелось бы отметить участника рабочей группы ТР 049/2020 Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, в котором явно сохранились системные специалисты в области технического диагностирования, задающиеся вопросами, «что критерии оценки качества сварных соединений должны устанавливаться не только для радиографического, но и для всех остальных методов контроля, что не обеспечивается ГОСТ 23055–78». Согласны, а где вообще первоначальная таблица объектов магистрального трубопровода и методов их контроля с учетом технологий XXI века? Также Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь приводит анализ применения ряда стандартов различных систем: на базе EN, ISO и ГОСТ Р, которые идут вперемешку, без учета полного охвата объектов испытаний и методов неразрушающего контроля. И предлагает все отдать на откуп заказчиков: «Устанавливать единые требования к технологии производства сварочных работ в рамках ТР ЕАЭС 049/2020 считаем нецелесообразным ввиду широкого перечня применяемых сварочных технологий, оборудования, значительных различий в климатических условиях и аттестационных требованиях. Данные вопросы представляется целесообразным регулировать внутренними нормативными документами стран – участниц ТР ЕАЭС или организаций-заказчиков».

В общем, картина Перечня стандартов к ТР ЕАЭС 049/2020 представляет собой несистемно, доста-

точно формально набросанные документы по стандартизации в области неразрушающего контроля и технической диагностики, которые никто использовать на деле и не собирается, а тем более интегрироваться при оценке соответствия такого стратегического объекта, как магистральный трубопровод. На практике российские операторы обеспечивают безопасность магистральных трубопроводов на основе своих корпоративных стандартов, а в Казахстане под прикрытием ГОСТ 17410–78 «Контроль неразрушающий. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы ультразвуковой дефектоскопии» применяются американские стандарты: API STD 1163 (R2018); ASME B31G-2012; ASME B31.8-2018; ASME B31.8S-2018.

Подводя промежуточный итог по разбору эффективности механизмов системы технического регулирования – оценки соответствия, метрологии и документов по стандартизации на методы неразрушающего контроля и технической диагностики, на примере ТР ЕАЭС 049/2020, приходим к выводу, что она не сформирована. И поддерживаем Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 6 апреля 2021 г. № 39 «О переходных положениях технического регламента Евразийского экономического союза «О требованиях к магистральным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углеводородов» (ТР ЕАЭС 049/2020)», которое устанавливает для большинства заявленных в Перечне стандартов норму: «применяется до 01.01.2035».

www.kazregister.kz
<https://t.me/techsoviet>

ЖУРНАЛ «ТЕРРИТОРИЯ NDT»

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

**В свободном доступе
НА САЙТЕ**

www.tndt.idspektr.ru



**СВЕЖИЙ НОМЕР
журнала**

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

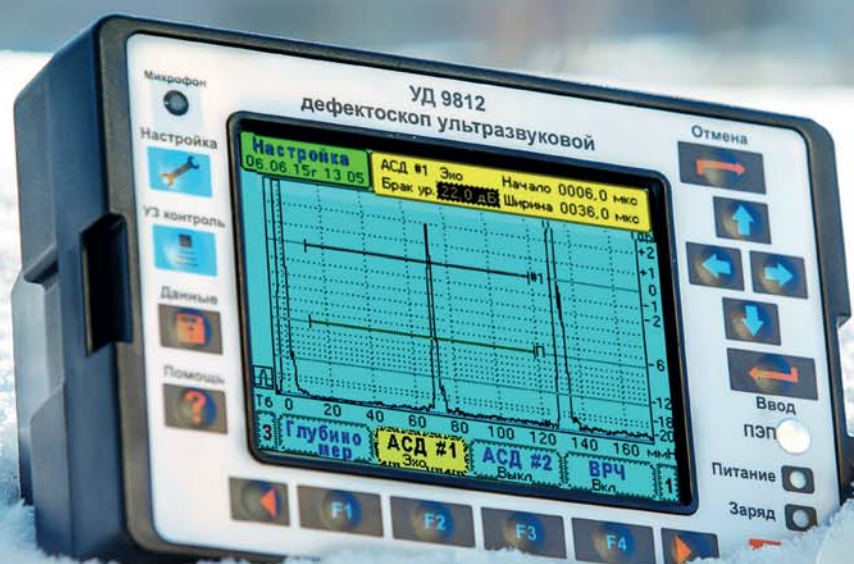


Редакция: +7 (499) 393-30-25 • tndt@idspektr.ru



только реальность

Ультразвуковой дефектоскоп УД9812 «УРАЛЕЦ»



ООО «Физприбор»

www.fpribor.ru
620137, г. Екатеринбург, ул. Вилонова, 6А
тел.: +7 (343) 355-00-53; sale@fpribor.ru

ООО «КОНСТАНТА» – ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2021»

КОНСТАНТА
приборы неразрушающего контроля

Общество с ограниченной ответственностью «КОНСТАНТА» организовано в 1993 г. в целях осуществления научно-прикладных исследований и разработки средств неразрушающего контроля защитных покрытий всех типов, а также изделий общего и специального назначения из металлических и структурно-неоднородных материалов.

Электроискровой контроль диэлектрических покрытий при капитальном и дорожном строительстве

(на правах рекламы)

В современном капитальном и дорожном строительстве все шире применяются различные защитные диэлектрические системы покрытий, придающие гидроизоляционные, антикоррозионные, диэлектрические и другие специальные свойства металлическим, железобетонным и асфальто-содержащим конструкциям, зданиям, элементам коммуникаций, дорожным полотнам. Примеры использования таких покрытий можно найти повсеместно: гидроизоляция кровельных систем, антикоррозионные покрытия труб, несущих металлических конструкций зданий и мостов, различные битумные и листовые дорожные покрытия и т.д. Во всех перечисленных случаях важными регламентируемыми эксплуатационными параметрами покрытий являются их сплошность и заданная минимальная толщина.

Нарушение процессов нанесения покрытий и правил эксплуатации изделий может приводить к образованию дефектов, ухудшающих параметры покрытий.

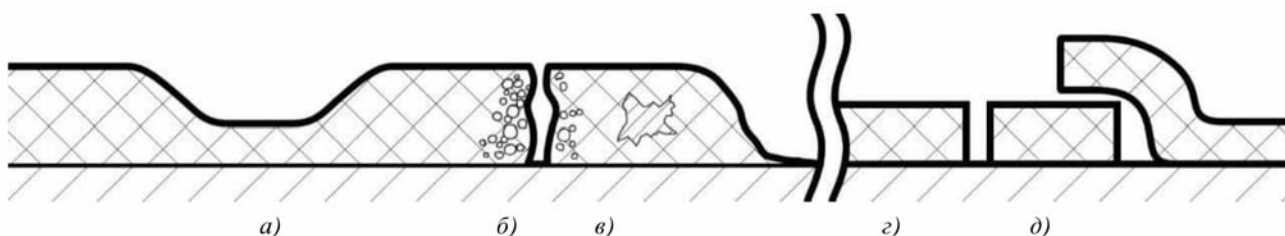
Постоянно повышающиеся требования к долговременным характеристикам объектов предполагают проведение сплошного контроля покрытий в процессе их нанесения и при эксплуатации в целях гарантированного выявления перечисленных дефектов.

Большинство принятых и разрабатываемых в настоящее время нормативных документов регламентируют проведение такого контроля электроискровым методом НК, обеспечивающим высокие производительность и достоверность для изделий большой площади или протяженных объектов, что актуально для рассматриваемых сфер применения.

Электроискровой метод НК основан на фиксации дефектоскопом в месте дефекта искрового пробоя (разряда), возникающего под воздействием высокого контрольного напряжения, прикладываемого между электродом, располагаемым на покрытии, и электропроводящей подложкой (металлом или бетоном). Протекающий при искровом пробое (разряде) в районе дефекта электрический ток регистрируется дефектоскопом, который в свою очередь информирует оператора о наличии дефекта посредством звуковой и световой сигнализации.

Разработанные коллективом специалистов ООО «Константа» и серийно выпускаемые электроискровые импульсные дефектоскопы серии «Корона» с большим набором сменных электродов





*Производственные и эксплуатационные дефекты покрытий:
а – недопустимое утонение; б – сквозная пора или трещина; в – металлическое включение; г – отсутствие покрытия (механическое повреждение); д – сквозное отверстие в области нахлеста листов покрытия*

предназначены для выявления мест нарушения сплошности и недопустимых утонений:

- лакокрасочных покрытий широкого ряда изделий;
- битумных наружных и внутренних покрытий металлических и бетонных труб;
- гидроизоляционных геомембран и пленочных покрытий;
- кровельных гидроизоляционных покрытий;
- дорожных гидроизоляционных покрытий;
- внутренних и наружных покрытий цистерн хранилищ и резервуаров;
- антикоррозионных покрытий мостовых и других металлоконструкций.

Отличительные особенности дефектоскопов серии «Корона»:

- возможность контроля покрытий толщиной от 25 мкм до 25 мм;
- высокая стабильность контрольного напряжения на электроде;
- большой набор сменных электродов для контроля изделий различного назначения;
- высокая безопасность работы;

- цифровая индикация контрольного напряжения на электроде;
- возможность настройки чувствительности;
- наличие в комплекте портативного Li-ion-аккумулятора повышенной емкости;
- малые габариты и масса.

Использование импульсного режима контроля обеспечивает высокую электробезопасность персонала и предотвращает электрическое старение покрытий и ухудшение их защитных свойств в процессе контроля по сравнению с контролем постоянным напряжением.

Ряд исполнений дефектоскопов широко применяется в поточном производстве при операционном и выходном контроле в составе автоматизированных производственных линий.

198097, Санкт-Петербург,
пер. Огородный, д. 21, литер А, офис 404
Тел/факс: +7 (812) 372-29-03, +7 (812) 372-29-04
office@constanta.ru • www.constanta.ru



НПЦ «ЭХО+» – ТЕХНОЛОГИИ И ОПЫТ НА СТРАЖЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ



ECHOPLUS

Многие отрасли народного хозяйства рано или поздно сталкиваются с необходимостью проверки надежности промышленных объектов и конструкций. В решении этих задач помогают научно-инженерные предприятия, специализирующиеся на неразрушающем контроле. Одним из таких предприятий является Научно-производственный центр «ЭХО+».

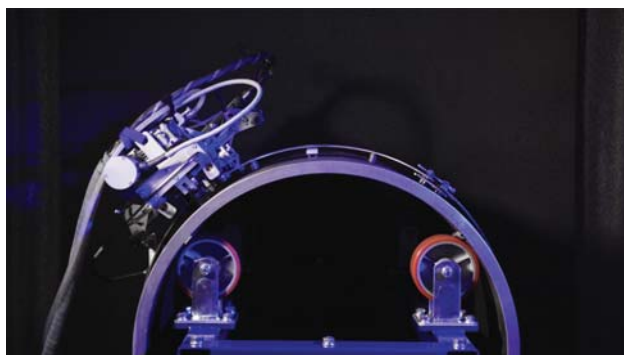
Главное направление деятельности ООО «НПЦ «ЭХО+» состоит в создании уникальных наукоемких систем неразрушающего контроля, предназначенных для контроля сварных соединений. Особенность этих систем заключается не только в контроле и выявлении дефектов, но главное – в определении их реальных размеров.

Не имеющие аналогов методики и продукты автоматизированного ультразвукового контроля НПЦ «ЭХО+» позволяют выявлять и визуализировать скрытые дефекты в сложнейших сварных соединениях с учетом определения их характера и

остаточного ресурса. Экономическая выгода от применения таких методик и приборов измеряется миллионами рублей.



Основатель и генеральный директор Научно-производственного центра «ЭХО+» – профессор Алексей Харитонович Вopilкин. После окончания в 1968 г. Московского горного института работал в ЦНИИТМАШ, пройдя путь от инженера до заведующего лабораторией. Возглавив в 1990 г. «ЭХО+», создал творческий коллектив, обеспечивший проведение исследований в области формирования изображений внутреннего сечения объектов, разработку методологии и технологии автоматизированного ультразвукового контроля. За достигнутые трудовые успехи и многолетнюю добросовестную работу отмечен благодарностями и наградами Президента Российской Федерации и мэра Москвы.



«Оборудование, которое мы разрабатываем, применяется главным образом на объектах, которые характеризуются повышенной опасностью, работают в очень тяжелых условиях, под большими нагрузками, где опасность разрушения какого-либо объекта может привести к катастрофическим последствиям.»

Основными заказчиками компании являются атомные электростанции, предприятия нефтегазовой отрасли, машиностроения и металлургии, аварии на которых могут привести к колоссальным негативным последствиям. Поэтому на таких объектах крайне важно получить своевременно оценку степени опасности возникающих дефектов.

В перечень продукции, выпускаемой НПЦ «ЭХО+», входят системы автоматизированного ультразвукового контроля, сканеры, дефектоскопы, призмы на фазированных решетках, программное обеспечение.

«За 30 лет мы разработали четыре поколения систем ультразвукового контроля, они называются «АВГУР». Сегодня эти системы эксплуатируются практически на всех атомных электростанциях в России и за рубежом, в частности на Украине, в Армении. У нас есть отдел неразрушающего контроля. В нем работают великолепные специалисты, и они ведут контроль нашими системами, по нашим методикам, которых мы разработали более 40 типов, аттестовали их. С помощью этих методик мы осуществляем контроль, и даже появился термин «проавгурить», которым пользуются специалисты атомных станций, общаясь между собой. Они так и спрашивают: «Эти сварные швы «проавгурены» или нет?»

Сегодня в штате компании трудятся 65 человек, среди которых высококвалифицированные специалисты, эксперты, ученые, имеющие ученые степени докторов и кандидатов технических наук, отмеченные наградами и благодарностями высшего руководства страны.

«У нас есть конструкторы, электронщики, методисты, программисты. У нас свое производство, то есть мы не зависим ни от кого, и все делаем сами, под ключ.»

Все продукты и методики НПЦ «ЭХО+» готовы к интеграции в большинство технологических процессов, связанных с безопасностью, на промышленных объектах или могут быть разработаны специально под конкретные задачи заказчика.

123458, Москва, ул. Твардовского, д. 8, Технопарк «СТРОГИНО»
Тел.: +7 (495) 780-92-50
echo@echoplus.ru • www.echoplus.ru



ВИХРЕТОВОКИЙ КОНТРОЛЬ ГАЛТЕЛЬНОГО ПЕРЕХОДА В ПАЗАХ ДИСКА КОМПРЕССОРА АВИАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ

Для вихретокового контроля отверстий в ответственных металлоконструкциях компания Rohmann GmbH предлагает использовать вихретоковую систему ELOTTEST B320 (рис. 1) и двухкоординатный ротор SR1 (рис. 2) со специализированным программным обеспечением.

Предлагаемая система позволяет получать на дисплее прибора полноценный цветной C-скан с возможностью измерения длины имеющихся трещин.

На рис. 3 демонстрируется пример контроля галтельного перехода в пазах диска ротора авиационной турбины на образце. Материал образца – аустенитная сталь. Диаметр вращающегося преобразователя 3 мм. На рис. 4 представлен результат контроля.

ООО «Панатест», Москва



Рис. 2. Двухкоординатный ротор



Рис. 1. Вихретоковый дефектоскоп ELOTTEST B320

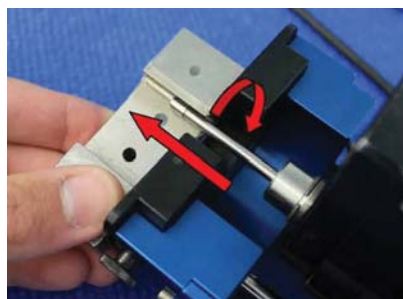


Рис. 3. Контроль галтельного перехода

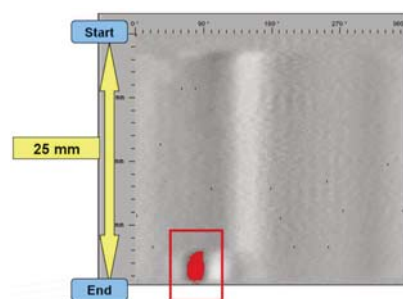
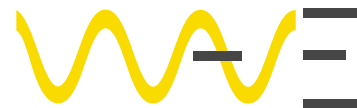


Рис. 4. Результат контроля

Harfang WAVE

Новые возможности классического ультразвукового дефектоскопа



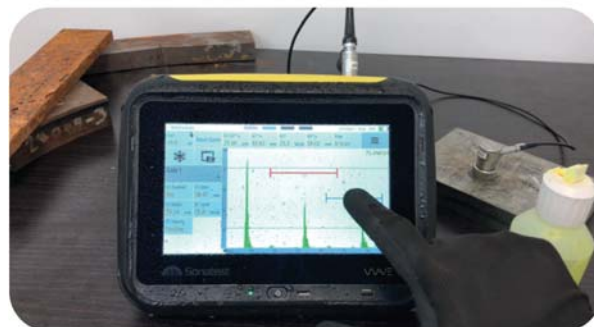
Harfang WAVE ультразвуковой дефектоскоп компании Sonatest Ltd, Великобритания создан на основе инновационных технологий, гарантирующих достоверность получения данных, производительность контроля и удобство в работе с прибором.

*Ваша загадка -
наше решение!*

✓ Встроенное ПО позволяет воспроизводить сложные геометрические формы (криволинейные поверхности, тавровые соединения, патрубки, фланцы) на дисплее. В сочетании с программой отслеживания траектории луча в реальном времени и наложением А-скана на построенную траекторию помогает отличать сигналы от дефектов и геометрии объекта контроля.

✓ Управление дефектоскопом осуществляется с помощью сенсорного дисплея. Попадание на дисплей воды, контактной жидкости не оказывает заметного влияния на работоспособность прибора. Оператор с одинаковым успехом может работать как в перчатках, так и без них.

✓ Специализированное ПО позволяет конфигурировать меню прибора, которое не имеет неиспользуемых элементов управления, но соответствует требованиям технологии контроля.



Характеристики:

- Напряжение генератора (100-500) В
- Усиление 120 дБ
- Частотный диапазон (0,2 - 20) МГц
- Встроенное ПО: DAC, ВРЧ, АРД, AWS, API
- Время непрерывной работы от аккумулятора 10 ч
- Защита от воздействия окружающей среды IP67
- Масса 1,7 кг



Официальный представитель Sonatest Ltd, Великобритания на территории России
111020, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, ул. 2-я Синичкина, д. 9А, стр. 9
+7 495 120-03-32 www.sonatest.ru www.panatest.ru mail@panatest.ru

БЫСТРЫЙ И ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОДОЛЬНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СКАНЕРА AxSEAM™

Типичные трудности при контроле продольных сварных соединений

Контроль продольных сварных соединений, или сканирование вдоль оси, является сложной задачей как акустически, так и механически. С акустической точки зрения геометрия трубы имеет тенденцию к расфокусировке ультразвукового луча, снижая разрешение изображения. Продольные сварные швы, полученные электрической контактной сваркой (ERW), подвержены коррозии и образованию продольных трещин при производстве и эксплуатации. Дефектоскоп OmniScan™ X3 с поддержкой метода общей фокусировки (TFM) и возможностью объемного представления данных — идеальное решение для обнаружения

таких трудновывяемых дефектов. Что касается механических аспектов, или используемого оборудования, сканер продольных сварных швов должен сохранять правильное положение на контролируемой поверхности при перемещении вдоль оси трубы. Поскольку преобразователи должны быть расположены на определенном расстоянии от центральной линии сварного шва, легкое и быстрое репозиционирование сканера является преимуществом. Сканер также должен быть снабжен механизмом для постоянного нажима на преобразователь и обеспечения качественного акустического контакта. Конструкция сканера AxSEAM™ (рис. 1) учитывает все эти механические требования и позволяет легко на-

страивать параметры ультразвукового контроля с фазированной решеткой (УЗК ФР), TFM и дифракции времени пролета (TOFD) для выполнения мультитехнологического контроля продольных сварных швов.

Характеристики сканера AxSEAM™

Сканер AxSEAM (рис. 2) предназначен для контроля продольных сварных швов труб диаметром от 152,4 мм НД (наружный диаметр), а также может исполь-



Рис. 1. Сканер AxSEAM™ на участке трубы с наружным диаметром 203,2 мм. Конфигурация для продольного сканирования



а)



б)

Рис. 2. Боковая проекция сканера AxSEAM в конфигурации с двумя (а) и четырьмя (б) преобразователями на кольцевом сварном шве



Рис. 3. Основные компоненты сканера AxSEAM

зоваться для диагностики кольцевых сварных швов труб диаметром до 114,3 мм НД с использованием двух преобразователей или 254 мм НД при использовании четырех преобразователей (УЗ-ФР и TOFD).

Четыре полусферических магнитных колеса (запатентованы) позволяют использовать сканер в широком диапазоне диаметров труб без переналадки. Стопорный механизм используется для блокировки задних колес и фиксации положения сканера, что особенно удобно при вертикальном сканировании труб. Другие преимущества сканера представляют собой удобный подвод кабелей и иррига-

ционных трубок, простые механизмы позиционирования ПЭП и настройки конфигурации сканера (рис. 3).

Модуль ScanDeck™ (рис. 4) сканера AxSEAM предоставляет оператору важную информацию о состоянии в процессе сканирования и позволяет дистанционно управлять прибором. Модуль имеет две кнопки в пределах легкой досягаемости, одна из них используется для обнуления кодировщика и запуска сбора данных на дефектоскопе OmniScan™ (любой версии); вторая кнопка активирует лазерный указатель.

При использовании сканера AxSEAM с дефектоскопом OmniScan™ X3 светодиодные инди-

каторы модуля ScanDeck упрощают процесс сканирования и повышают производительность работы оператора. Индикатор состояния слева предупреждает оператора о потере акустического контакта. Второй индикатор состоит из двух индикаторов состояния, информирующих оператора о скорости сканирования во избежание превышения максимально допустимого значения.

Результаты эксперимента с использованием сканера AxSEAM на трубной заготовке из углеродистой стали

На рис. 5 представлен С-скан УЗК ФР, полученный в результате сканирования продольного



Рис. 4. Модуль ScanDeck™

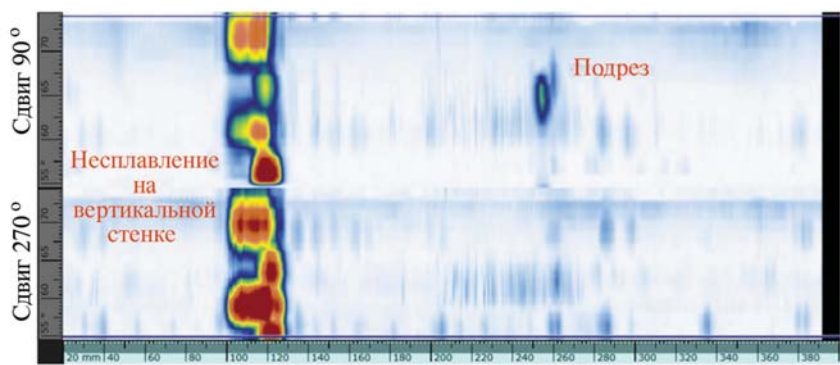


Рис. 5. С-скан (стробированные данные) УЗК ФР с отображением двух разных дефектов: несплавление на вертикальной стенке (слева) и подрез (справа)

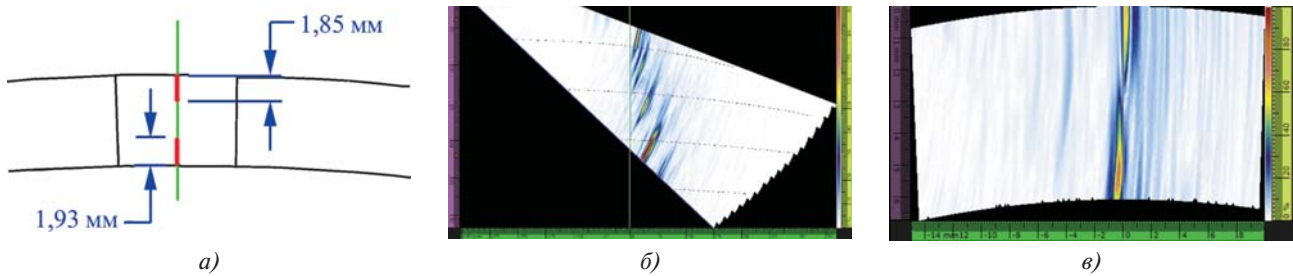


Рис. 6. Результаты сканирования – дефект несплавление (на вертикальной стенке): а – несплавление; б – УЗК ФР; в – TFM: режим T-T

сварного шва с нанесенными дефектами. Сбор данных выполнен с использованием дефектоскопа OmniScan X3 и сканера AxSEAM. На С-скане отображаются два разных дефекта. AxSEAM показал стабильность работы даже при малой скорости сканирования, требуемой при использовании TFM – метода общей фокусировки (четыре группы волн).

На рис. 6 и 7 представлены результаты УЗК ФР- и TFM-контроля обоих дефектов. Для большей наглядности дефекты также показаны схематично. Кривизна изображения на рис. 6, в и 7, в указывает на одно из преимуществ TFM по сравнению с УЗК ФР – дефекты отображаются в почти точном геометрическом представлении.

Преимущества решения

Оператор может использовать сканер AxSEAM для быстрого и эффективного контроля продольных и кольцевых сварных швов в широком диапазоне диаметров труб. Сканер удерживает до четырех ПЭП и позволяет одновременно использовать технологии УЗК ФР и TOFD, обеспечивая высокую вероятность обнаружения и повышая достоверность контроля. ФР-преобразователи можно также применять

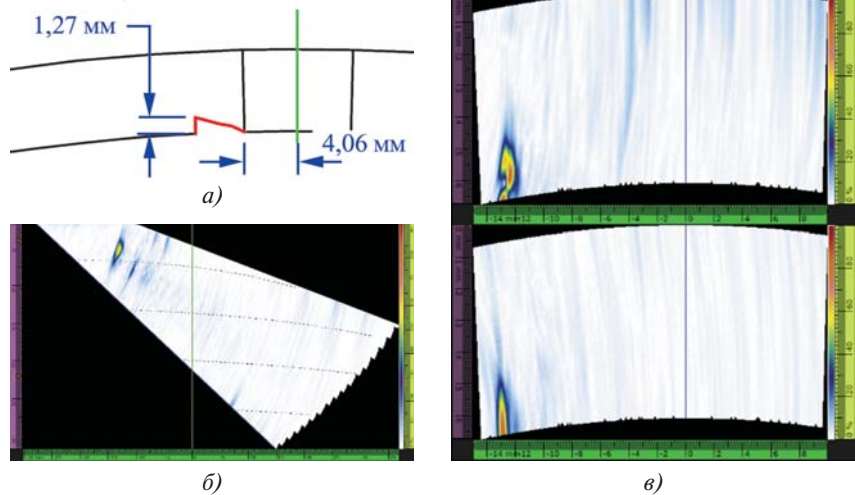


Рис. 7. Результаты сканирования – дефект подрез: а – внутренний подрез; б – УЗК ФР; в – режим TFM: T-T (вверху); TT-T (внизу)

для повторного более целевого сканирования исследуемой области с использованием до четырех режимов TFM: это упрощает интерпретацию полученных результатов, помогает определить происхождение дефекта, компенсирует дефокализацию ультразвукового луча. Сканер оснащен инновационным модулем ScanDesk™, который имеет кнопку запуска сбора данных, лазерный указатель, LED-индикатор состояния акустического контакта и LED-индикатор скорости сканирования. Если кнопку запуска сбора данных и лазерный указа-

тель можно использовать с дефектоскопом OmniScan любой модели, то индикаторы состояния акустического контакта и скорости сканирования совместимы только с OmniScan™ X3.

OLYMPUS®

107023, Москва,
ул. Электровзаводская,
д. 27, стр. 8, БЦ «Лефорто»,
OLYMPUS MOSCOW
Тел.: +7 (495) 926-7077
www.olympus-ims.com

Ответы на кроссворд

По горизонтали: 2. Сбой. 3. Разрешение. 6. Отказ. 8. Объем. 10. Эксперт. 15. Вид. 16. Объект. 17. Контроль пригодность. 18. Удостоверение. 20. Критерий. 21. Карта. 22. Методика.

По вертикали: 1. Требование. 2. Стандарт. 4. Кодекс. 5. Результат. 7. Катастрофа. 9. Специалист. 11. Калибровка. 12. Инструкция. 13. Положение. 14. Рекомендация. 19. Брак.

ПРЕИМУЩЕСТВА НОВОГО ДЕФЕКТОСКОПА С ФАЗИРОВАННЫМИ РЕШЕТКАМИ OmniScan X3 И МЕТОДА ОБЩЕЙ ФОКУСИРОВКИ TFM ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ СВАРНЫХ ШВОВ



ПЕПЕЛЯЕВ Андрей Валентинович
ООО «ТЕХКОН», Москва

В статье отмечены важные отличительные особенности метода общей фокусировки TFM, которые реализованы в новом дефектоскопе OmniScan X3. Далее на конкретных примерах показано, какие преимущества это дает при контроле сварных швов.

Уже более 15 лет одним из лучших ультразвуковых дефектоскопов с фазированными решетками (ФР) по опыту применения во всем мире является дефектоскоп **OmniScan** производства компании **OLYMPUS**.

Недавно появилась и уже активно используется его новая модель – **OmniScan X3**, в которой особый интерес вызывает метод общей фокусировки TFM (рис. 1).

Метод TFM включает в себя специальные алгоритмы поэлементного излучения и приема сигналов ФР с последующей пространственно-временной обработкой полученного массива А-сканов. Это позволяет, используя один цикл излучения-приема, расчетными методами обеспечить фокусировку ультразвуковых лучей в каждой точке выбранной зоны реконструкции, тем самым получить изображения дефектов и других отражателей с более высоким разрешением.



Рис. 1. Дефектоскоп OmniScan X3 в режиме моделирования карты акустического воздействия AIM

Метод TFM в дефектоскопе **OmniScan X3** можно использовать максимально быстро и эффективно, поскольку в нем реализованы следующие передовые технологии:

- полноматричный захват FMC, который при сборе данных для одной реконструкции позволяет применять до 64 элементов ФР;
- 10 режимов, которые учитывают разные варианты распространения и трансформации мод ультразвуковых волн, из них до четырех режимов можно применять одновременно;
- функция построения огибающей сигналов с преобразованием Гильберта для более точного определения размеров дефектов и повышения быстродействия;
- моделирование карты акустического воздействия AIM, которая позволяет выбрать такие режимы TFM, характеристики ФР и ее положения,

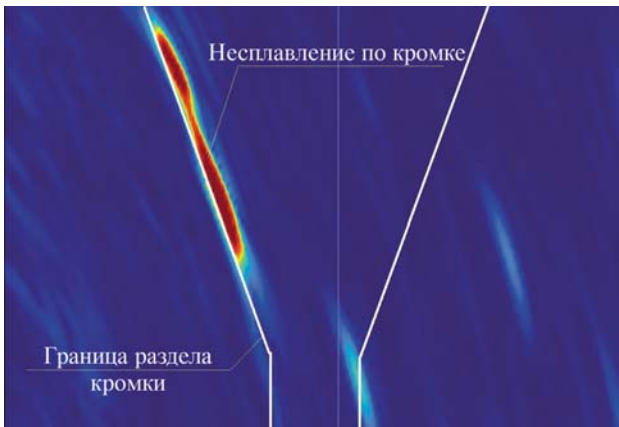


Рис. 2. Несплавление по кромке, выявленное методом TFM

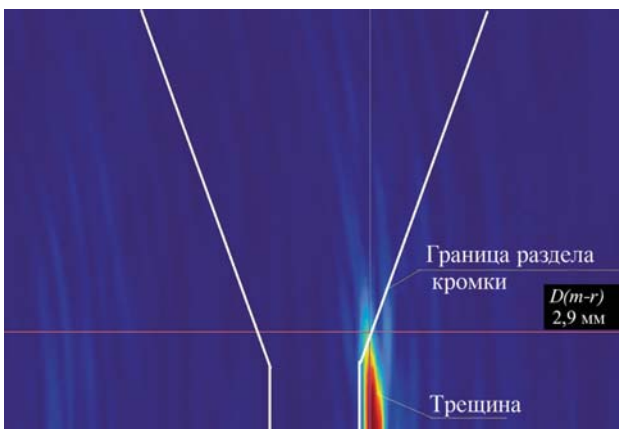


Рис. 3. Трещина, выявленная методом TFM

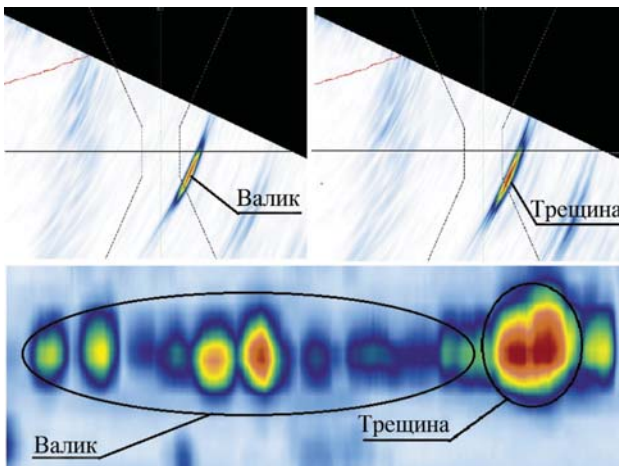


Рис. 4. Сканы сварного шва, полученные эхо-методом. Трещина не выявляется на фоне сигналов от валика усиления

которые обеспечат максимальную чувствительность в нужных зонах контроля.

Подробнее с методом общей фокусировки TFM в дефектоскопе **OmniScan X3** можно ознакомиться, например, в статье Чи-Ханг Квана «Оптимизация выбора преобразователя для контроля методом TFM/FMC»*.

На практике метод TFM позволяет решить следующие важнейшие задачи ультразвукового контроля:

- повысить чувствительность контроля и надежность выявления дефектов;
- получать сканы объектов контроля с более четкими индикациями дефектов;
- точнее определять тип, форму, размеры и положение дефектов;
- лучше отделять индикации дефектов от различных ложных индикаций.

Конкретные примеры выявления дефектов сварных швов методом TFM показывают возможности и преимущества этого метода по сравнению с традиционным эхо-методом. Для примеров выбраны наиболее опасные дефекты сварных швов — несплавления и трещины.

На рис. 2 представлен В-скан поперечного сечения сварного шва с индикацией от дефекта. Дефект — несплавление по кромке. Разделка шва (V-образная с притуплением) показана на скане белой сплошной линией. По индикации хорошо видны тип и положение дефекта: дефект плоскостной и расположен точно по границе разделки сварного шва.

На рис. 3 представлен В-скан поперечного сечения сварного шва с другим дефектом. Дефект — продольная вертикальная трещина в корне шва высотой 3 мм. Индикация точно показывает, что дефект плоскостной, расположен вертикально к донной поверхности, на границе раздела кромки и зоны термического влияния сварного шва. Высота трещины, определенная относительным способом на уровне -6 дБ, составила 2,9 мм, что практически совпало с истинным значением.

Как известно, одна из основных проблем при ультразвуковом контроле сварных швов — различить сигналы от дефектов и сигналы от так называемых геометрических отражателей, которыми часто бывают валики усиления или смещения кромок сварного шва.

На рис. 4 приведены В- и С-сканы сварного шва, полученные эхо-методом — с индикацией от продольной корневой трещины высотой 3 мм и протяженностью 10 мм на фоне индикаций от валика усиления в корне шва (обратного валика). По своему

* Территория NDT. 2019. № 4. С. 36—43.

типу и размерам указанная трещина является недопустимым дефектом, который обязательно должен быть выявлен при ультразвуковом контроле.

Однако, как видно на сканах, положение индикаций трещины и валика усиления практически совпадает. Амплитуды эхо-сигналов от трещины и валика на некоторых участках тоже приблизительно равны, на что указывает одинаковый красный цвет этих индикаций. Таким образом, в данном случае эхо-метод не позволяет надежно выявить трещину на фоне сигналов от валика усиления.

Принципиально другие результаты были получены при контроле того же сварного шва методом TFM. Соответствующие сканы приведены на рис. 5.

На этих сканах индикация от трещины имеет красный цвет, индикации от валика усиления — светло-синий. При заданной шкале цветокодировки амплитуды это указывает на то, что максимальная амплитуда сигнала от трещины превышает максимальную амплитуду сигнала от валика примерно в 3 раза.

Такая большая разница в амплитудах, полученная методом TFM, позволяет надежно выявить трещину на фоне сигналов от валика усиления.

Приведенные выше примеры показывают, что метод общей фокусировки TFM, реализованный в дефектоскопе OmniScan X3, действительно позволяет более точно определять тип, форму, размеры и местоположение дефектов, а также более надежно

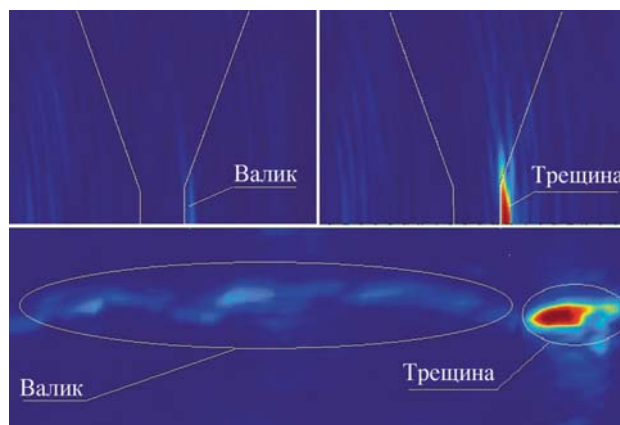


Рис. 5. Сканы сварного шва, полученные методом TFM. Трещина надежно выявляется на фоне сигналов от валика усиления

обнаруживать дефекты на фоне ложных сигналов.

Таким образом, дефектоскоп с фазированными решетками **OmniScan X3**, в котором метод TFM реализован в полном объеме, представляет несомненный интерес для применения при ультразвуковом контроле.

107023, Москва, ул. Суворовская, д. 6, стр. 4
Тел.: +7 (495) 133-58-62
info@techkontrol.ru • techkontrol.ru



Спектр
Издательский дом

Мурашов В.В.

КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ



790 руб.

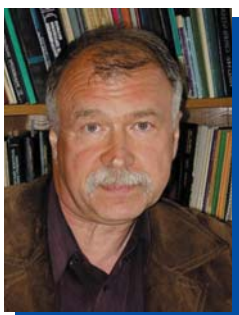
ISBN 978-5-4442-0115-2. Формат - 60x90 1/16, 244 страницы, год издания - 2016.

Рассмотрены виды дефектов монолитных и клееных конструкций, выполненных с использованием полимерных композиционных материалов. Указаны методы и средства неразрушающего контроля клеевых соединений в многослойных конструкциях и изделий из полимерных композиционных материалов. Показаны достоинства и недостатки как традиционно применяемых, так и специальных низкочастотных акустических методов неразрушающего контроля многослойных клееных конструкций. Представлено новое научное направление в диагностике ПКМ, позволяющее определять непосредственно в конструкции без ее разрушения пористость, плотность, содержание матрицы и наполнителя, степень отверждения матрицы, упругие и прочностные свойства угле-, органо- и стеклопластиков лазерно-акустическим способом ультразвукового контроля.

Предназначена для специалистов второго уровня, работающих по направлениям неразрушающего контроля качества многослойных клееных конструкций и технической диагностики полимерных композиционных материалов, и может быть полезна в качестве пособия для подготовки студентов.

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

ВКЛАД КАФЕДРЫ ЭЛЕКТРОАКУСТИКИ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕХНИКИ В РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЗА 90 ЛЕТ С МОМЕНТА ОСНОВАНИЯ



АББАКУМОВ
Константин Евгеньевич



ВЬЮГИНОВА
Алена Александровна

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

В 1928 г., 2 февраля, молодой преподаватель кафедры «Специальная радиотехника» Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ) Сергей Яковлевич Соколов направил заявку на регистрацию способа и устройства для испытания материалов, на которые впоследствии был получен патент № 11371 [1]. В этой заявке впервые было изложено предложение использовать ультразвуковые колебания для исследования изделий в целях получения информации об их внутренних дефектах и структуре. Именно от этой даты мировая общественность ведет отсчет существования ультразвуковой дефектоскопии – науки о методах и приборах контроля качества материалов и изделий, созданной на кафедре, которой в этом году исполняется 90 лет.

Схема устройства, изложенного в заявке, сегодня выглядит весьма архаично: пьезокварцевый преобразователь B расположен в ванне A с маслом, контакт преобразователя с изделием L осуществляется через слой ртути P , а в качестве индикатора используется слой масла M , рельеф поверхности которого наблюдается через лупу, т.е. предложен теневой сквозной метод ультразвуковой дефектоскопии в иммерсионном варианте с непрерывным излучением.

В статье [2], опубликованной в 1929 г. в Германии, С.Я. Соколов (рис. 1) обобщил результаты своих исследований по распространению ультразвуковых волн в различных металлах и сформулировал обнаруженные им особенности свойств ультразвука:

- способность проникать на большую глубину в металлы и обнаруживать в них неоднородности;

- зависимость затухания от структуры металла и примесей, а в сталях — от степени их закалки;
- способность распространяться по проволоке на расстояние в несколько десятков и даже сотен метров и отражаться от ее конца.

Здесь же он впервые предложил использовать одну и ту же пьезопластину как в качестве излучателя, так и в качестве приемника ультразвука, т.е. сформулировал принцип совмещенного преобразователя с применением частотно-модулированных колебаний.

В конце 1929 г. на кафедре «Специальная радиотехника», заведующим которой был профессор И.Г. Фрейман (рис. 2), была организована специализация по электроакустике, а уже в 1930 г. состоялся первый выпуск инженеров (4 человека). В 1931 г. была создана первая в стране кафедра электроакустики и ультразвуковой техники, бессменным заведующим которой до своей смерти в 1957 г. оставался С.Я. Соколов. Интенсивные научные исследования по ультразвуку теперь сопровождались хлопотами по организации и ведению учебного процесса (рис. 3, 4).

За десятилетний период (1931—1941) С.Я. Соколовым были выполнены основные исследования и сделаны изобретения в области ультразвуковой дефектоскопии [3, 4]:

- разработан точечный пьезоэлектрический приемный преобразователь и исследовано распределение им амплитуд колебаний как по поверхности излучающих сложных вибраторов, так и по поверхности прозвучиваемых изделий с внутренними несплошностями;
- предложен фокусирующий излучатель, в том числе с регулируемым механическим способом фокусным расстоянием;
- предложен сквозной теневой метод с частотной модуляцией путем автоматического изменения емкости колебательного контура генератора;
- предложен и реализован сквозной теневой и зеркально-теневой временные методы с импульсным излучением и модуляцией частоты;
- предложен резонансный метод измерения скорости звука в материале изделия;
- предложен наклонный ввод ультразвука в изделие, в том числе с возбуждением только поперечных волн;
- предложен и реализован эхометод ультразвуковой дефектоскопии с использованием отдельной схемы включения и частотно-модулированного излучения;
- предложен и осуществлен электромагнитно-акустический метод возбуждения колебаний в изделии, основанный на взаимодействии вихревых токов с полем постоянного магнита;
- реализован низкочастотный акустический метод измерения частот собственных колебаний тур-



Рис. 1. Сергей Яковлевич Соколов — основатель звуковидения и ультразвуковой дефектоскопии, зав. кафедрой ЭУТ в 1931—1957 гг.



Рис. 2. Имант Георгиевич Фрейман (1890—1929), профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой специальной радиотехники в ЛЭТИ; учитель, наставник и научный руководитель С.Я. Соколова

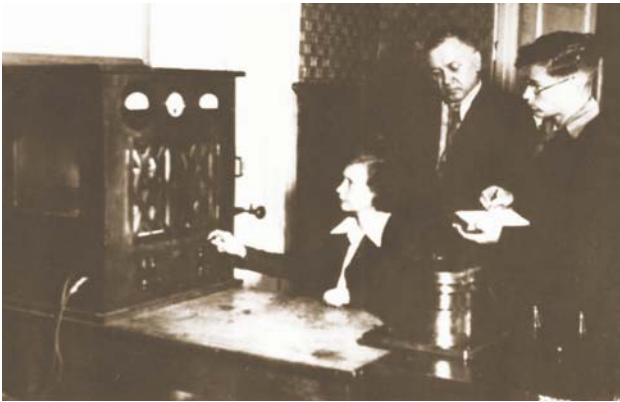


Рис. 3. Работа у экспериментального стенда (на фото слева направо: О.Г. Страхова, С.Я. Соколов, Ю.Ф. Тутуров)



Рис. 4. С.Я. Соколов с учениками в учебной лаборатории (1936 г.)

бинных лопаток в целях обнаружения в них внутренних дефектов (трещин);

- предложено и реализовано несколько типов теневых дефектоскопов с различными методами автоматического сканирования и записью контуров дефектов с помощью различных систем.

Проведенные в этот период исследования, а также изобретения С.Я. Соколова в области ультразвуковой дефектоскопии намного опередили аналогичные работы других ученых и получили высокую оценку: в 1942 г. ему была присуждена Сталинская премия.

Вторым очень важным направлением работ С.Я. Соколова в области ультразвуковой дефектоскопии как до войны, так и в послевоенное время являются работы по звуковидению (рис. 5, 6). Он считал, что необходимо не только обнаружить несплошности в изделии, но и установить их размеры и форму — визуализировать. К этому были все предпосылки, так как ультразвук оказался необычайно чувствителен к малейшим градиентам свойств вещества и способен визуализировать слабые неоднородности, которые не обнаруживаются другими методами.

Первой системой звуковидения, предложенной С.Я. Соколовым еще в 1928 г. [1] и подробно описанной в статье [5], была система, основанная на создании распределения поля на поверхности жидкости, — метод поверхностного рельефа. Ультразвуковой пучок, прошедший через контролируемое изделие, формирует на поверхности жидкости статический рельеф, образуемый постоянным давлением \bar{P} акустической радиации: $\bar{P} = 2J/C$, где J — распределение интенсивности звука в «ультразвуковом изображении» на поверхности, а C — скорость звука в жидкости. Ультразвуковое изображение далее освещается световым пучком, который, отражаясь от поверхности, на вертикальном или горизонтальном экране образует «ультрасонограмму» — световое изображение. Дальнейшие исследования этого метода выполнил аспирант кафедры Е.Д. Пигулевский, который показал [6], что этот метод обладает высокой пороговой чувствительностью — 10^{-3} Вт/см² и разрешающей способностью 2 мм на частоте 3 МГц.

Значительно большей чувствительностью обладала система звуковидения, основанная на акустооптическом преобразовании в так называемой трубке Соколова — акустическом аналоге кинескопа, у которого светочувствительный экран заменен пьезоэлектрическим преобразователем [3]. Этот метод звуковидения, подробно исследованный аспирантом В.Г. Прохоровым [7], показал пороговую чувствительность порядка 10^{-9} Вт/см² и разрешающую способность, как у предыдущего.

Еще более высокая чувствительность этого метода (порядка 10^{-13} Вт/см²) была достигнута аспирантом П.В. Пономаревым [8] путем механического сканирования пьезоэлектрического рельефа, возникающего на пьезомишени под воздействием ультразвукового изображения. Однако из-за длительности механического сканирования он не мог применяться для контроля динамических изображений.

В предложенных С.Я. Соколовым методах и устройствах визуализации не использовался огромный потенциал, заложенный в том принципиальном отличии звуковидения от оптики и рентгена, которое обусловлено возможностью регистрации ультразвуковых сигналов с точностью до фазы. Этот потенциал полностью проявился с появлением оптической голографии.

Парадокс заключается в том, что если в оптике развитие голографии стало возможным только после появления когерентных источников света — лазеров, то в акустике источники звука обладали очень высокой когерентностью. Уже в первых опытах с системами звуковидения [1, 3] регистрировалась интерференция падающих и отраженных от свободной поверхности жидкости когерентных

ультразвуковых волн, т.е. образовывалась акустическая голограмма. Очевидно, это дало основание считать, что С.Я. Соколов является создателем акустической голографии [9].

Бюро отделения общей физики и астрономии АН СССР на своем заседании, состоявшемся 12 января 1972 г., установило, что С.Я. Соколовым сделано открытие со следующей формулировкой: «Экспериментально обнаружено новое физическое явление, состоящее в том, что ультразвуковые волны при прохождении через твердые, жидкие или газообразные среды, содержащие неоднородности, образуют акустическое изображение этих неоднородностей, которое с помощью звукооптических устройств может быть преобразовано в видимое изображение». Приоритет С.Я. Соколова по данному открытию установлен авторским свидетельством [1].

Работы в области звуковидения на кафедре были возобновлены в конце 1960-х гг. первоначально в направлении акустической голографии (Е.Д. Пигулевский, О.В. Клыковский, А.А. Перрен) [10], а впоследствии реконструктивной акустической томографии (А.В. Осетров, В.В. Долганов) [11]. За этот период были решены задачи, связанные с обработкой информации в методах синтезированной апертуры [12] и построением систем неразрушающего контроля объектов сложной формы [13].

После войны работы в области ультразвуковой дефектоскопии на кафедре возобновились лишь в 1947 г. с создания нового промышленного импульсного дефектоскопа (патент Дж. Файерстона Соколову уже был известен). К этой работе были привлечены три дипломника (А.Л. Давыдов, Б.Н. Машарский, Ю.В. Мирохин), а также группа студентов четвертого курса — А.И. Сауков, В.Г. Прохоров, Д.Б. Дианов, А.Е. Колесников и Е.С. Соколова. Несмотря на сложности с обеспечением электронными компонентами, энтузиазм молодых исполнителей позволил к концу 1948 г. изготовить несколько таких приборов, скомплектованных из трофейных материалов. Прибор работал только по раздельной схеме с двумя преобразователями. После сдачи образцов заказчиком С.Я. Соколов перед этим же коллективом поставил новую задачу — перевести блоки прибора на отечественные радиолампы, обеспечить возможность работы прибора на один и два щупа, улучшить его разрешающую способность, уменьшить массу и габариты. К 1950 г., когда было разработано и передано в промышленность несколько еще довольно громоздких приборов, стало известно, что созданием ультразвуковых дефектоскопов усиленно занимаются еще две группы специалистов. Во главе одной из них стоял Д.С. Шрайбер (ВИАМ), второй — С.А.

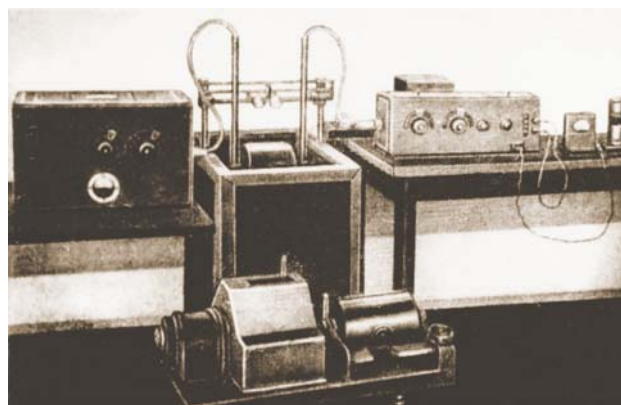


Рис. 5. Одна из первых экспериментальных установок С.Я. Соколова для «сквозного прозвучивания» изделий в масляной ванне

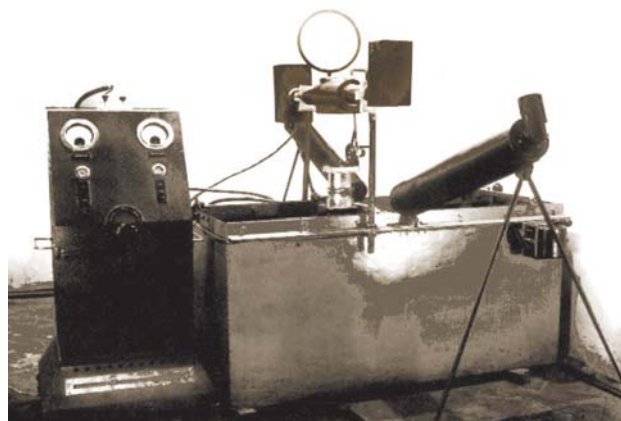


Рис. 6. Лабораторная установка звуковидения по методу поверхностного рельефа

Матвеев (ЦНИИТМАШ). Несмотря на дружеские отношения С.Я. Соколова с руководителями этих групп, дальнейшая работа по разработке дефектоскопов носила конкурентный характер. В лаборатории ЭУТ в работу одновременно были запущены три модели приборов — УЗД-10, УЗД-11, УЗД-12. Первая конструкция была относительно легкой (10 кг), с малой электронно-лучевой трубкой, УЗД-11 выпускался в блочном исполнении, а УЗД-12 — на едином шасси. Последний прибор оказался наиболее удачным и после усовершенствования и замены кварцевых преобразователей пьезокерамическими (титанат бария) стал производиться серийно под маркой УЗД-12Т. Заводских специалистов обучали работе с прибором на предприятиях, куда командировались сотрудники лаборатории, работающие дипломники и некоторые студенты.

За работы в области ультразвуковой микроскопии, разработку и внедрение в заводскую практику ультразвуковых дефектоскопов С.Я. Соколову, его сотрудникам А.Л. Давыдову, Б.Н. Машарскому, механикам Г.Е. Грачеву и И.В. Кулакову, а также



Рис. 7. Лев Григорьевич Меркулов, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой ЭУТ в 1957–1965 гг.



Рис. 8. Опытный образец высокочастотного измерителя скоростей упругих волн «Фонон»

А.С. Матвееву (ЦНИИТМАШ) и Н.И. Барышникову (завод «Электросталь») уже в 1951 г. была присуждена Государственная премия.

В 1951–1957 гг. в лаборатории ультразвуковой дефектоскопии кафедры под руководством С.Я. Соколова работали: А.Л. Давыдов, Б.Н. Машарский, Е.А. Корепин, В.М. Веревкин, А.Е. Колесников, А.С. Голубев, А.В. Гусев, В.А. Шукин, Е.Д. Пигулевский, И.Ф. Лопатко, П.Н. Петров, Ю.М. Быстров, Б.Е. Михалев, Л.А. Яковлев, А.В. Харитонов, К.С. Александров, В.В. Богородский и многие студенты. План выпуска составлял не менее 40 приборов в год, так что за этот период было изготовлено и продано заказчикам более 300 дефектоскопов УЗД-12Т, УЗД-14 и УЗД-16.

Разработка ультразвуковых дефектоскопов для контроля различных материалов требовала проработки вопросов чувствительности, исследования влияния поглощения и рассеяния звука в конструкционных материалах, оптимизации характеристик пьезопреобразователей.

Определение чувствительности контроля изделий эхометодом исследовалось Б.Н. Машарским [14]. Им же выполнен анализ уравнений акустического тракта при отражении от дефектов простой формы (сфера, диск, группа сфер). Было показано, что, измеряя величину отраженного сигнала на различных частотах, можно судить о характере дефекта в изделии.

Теоретические и экспериментальные исследования поглощения и рассеяния звука в поликристаллических средах выполнил аспирант кафедры (будущий ее заведующий, сменивший С.Я. Соколова в 1957 г.) Л.Г. Меркулов (рис. 7). Он установил количественную связь между коэффициентом затухания, средним размером зерна и их упругой анизотропией [15–17].

Эти исследования в настоящее время являются классическими и легли в основу современной спектроскопии. В дальнейшем они были использованы при разработке измерителя скорости «Фонон» (рис. 8) и ультразвукового дефектоскопа-структурометра УЗДС-18 (А.С. Голубев, А.Е. Иванов (рис. 11)).

Исследование пьезопреобразователей, предназначенных для работы на жидкие и твердые среды, начал Н.А. Евдокимов [18]. Анализ работы преобразователей для контроля твердых сред в непрерывном режиме выполнил Д.Б. Дианов [19], а для контроля в импульсном режиме без учета их электрической нагрузки – П.В. Понамарев [20]. Наиболее полные расчеты многослойных пьезопреобразователей для непрерывного режима, ставшие классическими, выполнили Л.Г. Меркулов и Л.М. Яблоник [21, 22], а отдельные аспекты этой проблемы изучались В.Е. Ивановым, А.С. Голубевым, А.И. Сафоновым и Л.А. Яковлевым [23, 24]. Исследование работы преобразователя с нагрузкой на анизотропную среду впервые освещено в статье [25]. Значительный вклад в теорию анализа пьезопреобразователей в импульсном режиме внесли Н.А. Евдокимов, Б.А. Касаткин и А.Ф. Мельканович [26–28]. Полученные ими результаты используются и в настоящее время. Исследовалась также возможность построения двухрезонансных преобразователей, позволяющих возбуждать в твердом теле продольные или поперечные волны [29] (рис. 9, 10).

Применительно к работе наклонного призматического преобразователя исследовался вопрос о прохождении упругих волн через границу раздела двух твердых сред, когда тангенциальные составляющие напряжения обращаются в ноль [30]. Полученные результаты до настоящего времени имеют практическое значение для выбора наилучшего материала призмы и оптимальных углов ввода ультразвуковых колебаний в исследуемое изде-

лие. В дальнейшем [31] были впервые получены выражения характеристики направленности такого преобразователя. Для контроля аустенитных сварных швов при работе на низких частотах, что необходимо из-за большого рассеяния ультразвука, И.Ф. Лопатко [32] была предложена новая конструкция раздельно-совмещенного преобразователя «ДУЭТ».

Одной из задач ультразвукового контроля является измерение толщины стенок объектов при одностороннем доступе. Такой прибор, изготовленный на кафедре электроакустики [33], отличался от аналогичных возможностью измерения временного интервала между любыми донными импульсами, что позволило повысить точность измерения и довести нижний предел измеряемых толщин до 2–3 мм.

Кроме этого впервые отсчет толщины осуществлялся по соответствующей шкале, отградуированной непосредственно в единицах длины (миллиметрах) (рис. 12).

Работы по созданию новых толщиномеров продолжают и в настоящее время. Был разработан, изготовлен и прошел испытания ультразвуковой толщиномер для измерения стенок (толщиной 2–200 мм) металлических объектов, находящихся в подводном положении на глубине до 100 м. Иммерсионный многоканальный внутритрубный толщиномер для инспекции труб диаметром 250–500 мм с толщиной стенки 5–20 мм разработан, изготовлен, успешно прошел натурные испытания и в настоящее время сертифицируется (С.К. Паврос, Е.Г. Пряхин, С.В. Ромашкин, А.Ф. Рыжков, рис. 13) [34].

Одним из важных начинаний С.Я. Соколова в области ультразвуковой дефектоскопии является автоматизация процесса контроля и регистрации его результа-

тов. Так, в авторском свидетельстве [35] он предложил несколько вариантов дефектоскопов с автоматическими сканирующими системами и возможностью фиксации контуров дефектов. После войны первой проработкой в этом направлении стала попытка автоматизации контроля листового проката теньвым методом на заводе им. Г.И. Петровского в г. Днепропетровске, выполненная молодыми инженерами Е.А. Корепиным, В.М. Вережкиным и Д.В. Носиковым. Десятиканальный макет аппаратуры с регистрацией дефектов на электротермической бумаге [36] прошел успешную апробацию на заводе. Однако использованный в ней механический коммутатор не позволял реализовать требуемую высокую скорость контроля.

Автоматизация контроля изделий малой толщины с высокой чувствительностью сталкивается с определенными трудностями. Они были преодолены В.М. Вережкиным и К.В. Жарковым в установке [37] для автоматического контроля заготовок поршневых колец толщиной 3 мм. Для контроля использовалось наклонное падение ультразвуковых волн под углом, близким ко второму критическому. Производительность аппаратуры 420 деталей в час, а ее чувствительность составляла 0,1 мм². Для разбраковки изделий на годные и бракованные использовалось устройство в виде мальтийского креста.

Задача высокоскоростного автоматизированного контроля листового проката была решена после реализации предложенной Л.Г. Меркуловым, В.М. Вережкиным, Н.А. Евдокимовым и К.В. Жарковым системы прозвучивания проката группой одновременно бегущих лучей и электронной коммутации акустических каналов [38]. Эта система легла в основу первой про-



Рис. 9. Измерительная система с «двухрезонансными» датчиками

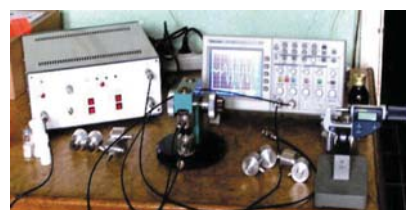


Рис. 10. Аппаратный комплекс прецизионного измерителя скоростей упругих волн типа «АИСТ»

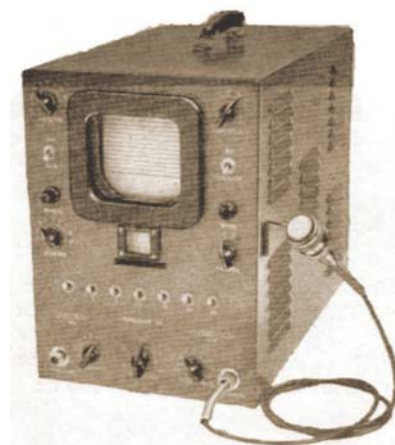


Рис. 11. Ультразвуковой дефектоскоп-структуромер, УЗДС-18 (авторы В.Е. Иванов, А.С. Голубев)



Рис. 12. Общий вид одной из первых моделей ультразвукового толщиномера (автор И.В. Лопатко)



Рис. 13. Неавтономный ультразвуковой внутритрубный толщиномер-снаряд для контроля труб, заглубленных в грунт

мысленной установки УЗУЛ-01, внедренной в 1961 г. на Нижнетагильском металлургическом комбинате. В 1962–1964 гг. на кафедре были разработаны, изготовлены и внедрены еще три такие установки, отличавшиеся от УЗУЛ-01 рядом параметров. В работе [39] дан обзор методов и средств контроля толстолистового проката, разработанных на кафедре в 1964–1997 гг. Здесь хотелось бы выделить следующее:

- предложенный В.М. Веревкиным и Н.А. Евдокимовым новый эхосквозной метод ультразвуковой дефектоскопии [35];
- разработка, изготовление и внедрение на ряде предприятий страны четырех установок типа «ДУЭТ», в которых реализован этот метод (В.М. Веревкин, Н.А. Евдокимов, А.С. Голубев, Д.Д. Добротин, В.А. Каширин, С.К. Паврос, К.Е. Аббакумов и др.) [40];
- разработка, изготовление и внедрение на предприятиях Санкт-Петербурга трех установок с реализацией многократно-теневоего метода (А.С. Голубев, С.К. Паврос, Д.Д. Добротин, К.Е. Аббакумов, В.Е. Артемов, С.В. Мамистов, А.В. Топунов [41];
- разработка, изготовление и внедрение на Ижорском заводе установки для контроля толстых листов и плит с применением эхо- и зеркально-теневоего методов (А.С. Голубев, С.К. Паврос, К.В. Жарков, К.Е. Аббакумов, А.В. Топунов);
- разработка ГОСТ22727–88 «Сталь толстолистовая. Методы ультразвукового контроля сплошности» (А.С. Голубев, В.М. Веревкин, В.А. Каширин).

За комплекс работ по дефектоскопии листового проката, выполненных в этот период, К.Е. Аббакумов, В.М. Веревкин, А.С. Голубев, Д.Д. Добротин, В.А. Каширин, С.К. Паврос отмечены международной премией и медалью «Рентген – Соколов» за 1997 г.

Первые пять лет в начале 2000-х были годами освоения в аппаратуре ультразвукового контроля листового проката новой элементной базы на основе цифровых методов и компьютерных систем

регистрации и обработки информации. В результате была разработана, изготовлена и внедрена на заводе «Азовсталь» уникальная установка «ДУЭТ-5» для контроля проката в технологическом потоке производства со скоростью движения листов до 2 м/с, регистрации всей информации с последующей ее сортировкой по любым стандартам и нормам [42] (В.М. Веревкин, В.А. Каширин, Н.Н. Егоров, С.В. Титов, К.Э. Тоом и др. (рис. 14)).

Для Ижорского завода была разработана установка для контроля проката толщиной 20–300 мм эхоимпульсным методом с автоматическим слежением преобразователей за кривизной поверхности листа с регистрацией всей информации и отображением ее в виде разверток типа В вдоль и поперек листа и плановой развертки типа С [43] (С.К. Паврос, К.Е. Аббакумов, А.В. Топунов, А.Ф. Рыжков, Е.Г. Пряхин, Р.В. Ромашко).

Одновременно с разработкой установок для контроля толстолистового проката на кафедре продолжились исследования по распространению упругих волн в ограниченных средах и их взаимодействию с неоднородностями вещества объекта контроля. Здесь следует отметить пионерские разработки: Д.Б. Дианова по возбуждению нормальных рэлеевских волн в пластине [44, 45], Л.Г. Меркулова, Е.Д. Пигулевского и К.В. Жаркова – по исследованию затухания нормальных волн в свободной пластине и находящейся в жидкости [46, 47], Б.А. Касаткина – по анализу возбуждения и распространения различных нормальных волн в стержнях [48, 49], Л.В. Веревкиной и Л.Г. Меркулова – по теории нормальных волн в трубах [50, 51], К.В. Жаркова – в двухслойных пластинах [52, 53], Л.Г. Меркулова и С.И. Рохлина – по взаимодействию волн Лэмба с расслоениями в пластине [54, 55].

В 1965 г. Л.Г. Меркулова на посту заведующего кафедрой сменил А.Т. Прохоров (рис. 15), до этого работавший в НИИ радиовещания и акустики им. А.С. Попова. Он обладал большим опытом проектирования громкоговорительных, рупорных систем и очень широкими связями с представителями промышленных предприятий. Это нашло свое отражение в обновлении учебных планов и включении в них учебных дисциплин по теории сигналов и статистическим методам обработки информации.

В дальнейшем теоретические и экспериментальные исследования нормальных волн продолжали А.В. Харитонов (рис. 16), его ученики: Л.А. Никифоров [56], А.В. Пашутин [57], С.М. Балабаев [58], Н.Н. Егоров [59], И.В. Ильин [60] и др. В ряду этих работ следует особо отметить разработку электромагнитно-акустических преобразователей с периодической магнитной системой для воз-

буждения и приема нормальных волн различных типов (А.В. Пашутин [61]). Результаты этих работ обобщены в докторской диссертации А.В. Харитонов [62], а обширный список публикаций сотрудников кафедры, посвященных этому вопросу, приведен в статье [63].

Разработка аппаратуры неразрушающего контроля материалов и изделий невозможна без средств контроля акустических характеристик материалов (скоростей распространения продольных и поперечных волн и их коэффициентов затухания). Резонансный метод измерения скорости продольных волн использовал С.Я. Соколов [3] еще в 1929 г. при исследованиях свойств различных материалов. Для измерения скоростей распространения упругих волн в различных материалах, в том числе в кристаллах, на кафедре на основе импульсного фазового метода был разработан измеритель скорости УЗИС-6 (К.С. Александров, О.В. Носиков, рис. 17) [64], в котором величина измеряемой скорости определяется на основании сравнения времени прохождения ультразвуковых импульсов через исследуемый образец и через жидкостную эталонную линию. Этот прибор в течение длительного времени выпускался учебно-экспериментальными мастерскими при ЛЭТИ по заказам различных организаций. Одновременно был разработан прибор для измерения скорости звука в жидкости (О.И. Бабиков) [65], который использовался для измерения скорости протекания химических реакций, концентрации компонентов растворов [66]. Работы по совершенствованию такой аппаратуры [67, 68], улучшению ее метрологических характеристик [69] на кафедре осуществляются постоянно (В.Е. Иванов, В.А. Шукин, Л.А. Яковлев, М.М. Ше-



Рис. 14. Сотрудники кафедры ЭУТ, разработчики установки «ДУЭТ-5» (2005 г.), слева направо: С.В. Титов, Н.Н. Егоров, В.М. Вережкин, Н.Н. Смирнов, В.А. Каширин, В.В. Ковалев, Н.Э. Махов, А.А. Ряднов, К.Э. Тоом



Рис. 15. Анатолий Тимофеевич Прохоров, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой ЭУТ в 1965–1970 гг.



Рис. 16. Александр Владимирович Харитонов, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой ЭУТ в 1970–1991 гг.

велько). Были разработаны новые приборы УЗИС-ЛЭТИ [70], УЗИС-ГЭТУ [71], измеритель скорости и затухания звука «Фонон» [72].

Исследования распространения и затухания ультразвуковых волн в кристаллах, выполненные на кафедре, открыли перспективы их применения для микродефектоскопии кристаллической решетки, в частности дислокаций [73–75]. Глубокий интерес, проявляемый к этим вопросам,

объясняется тем, что от дислокаций и наличия примесных атомов зависят прочностные характеристики материалов. На основании этих исследований удалось разработать прибор УЗПЧ для контроля чистоты сверхчистого алюминия, полученного зонной плавкой (Е.К. Гусева, Л.А. Яковлев, рис. 18) [76, 77], разработать метод и аппаратуру для контроля ферритовых пластин (Е.К. Гусева, С.В. Титов) [78, 79].

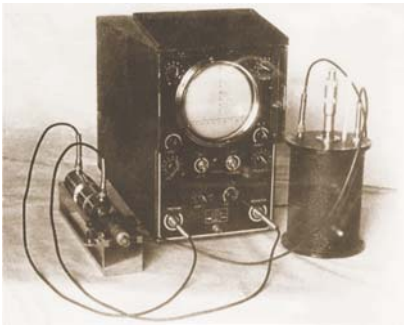


Рис. 17. Ультразвуковой измеритель скорости упругих волн типа УЗИС

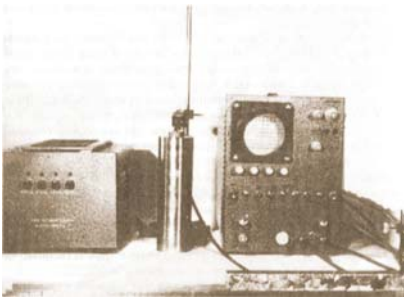


Рис. 18. Аппаратура для контроля механических свойств «сверхчистого» алюминия

В 1970 г. кафедру возглавил А.В. Харитонов, еще один ученик С.Я. Соколова. С середины 70-х до конца 80-х гг. 20-го века особенно бурное развитие получило научное направление, связанное с акустической голографией. Принимали участие в этих событиях и сотрудники кафедры ЭУТ, выполнявшие масштабную для формата страны научно-исследовательскую работу под шифром «Зона», в ходе которой научные сотрудники и преподаватели выезжали в многочисленные и длительные командировки, посетив практически все отечественные морские театры.

Следует особо отметить, что масштабные политические и экономические преобразования, происшедшие в стране в начале 90-х гг. прошлого столетия, не могли не отразиться на работе как СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в целом, так и его отдельных подразделений – кафедр, отделов и т.п.

Коренные изменения условий финансирования учебной и научной деятельности университета заострили кадровую проблему. По разным причинам за непродолжительный период кафедру покинул ряд высококвалифицированных специалистов: В.Е. Артемов, А.Н. Костюк, А.В. Осетров, В.В. Долганов, А.А. Перрен, В.И. Сенчук, Л.А. Никифоров, Н.Н. Егоров, К.Э. Тоом, С.В. Титов, Е.К. Гусева (Кирсанова) и др. Ушли из жизни опытные сотрудники: А.В. Харитонов, А.С. Голубев, Д.Б. Дианов, В.М. Веревкин. С 1991 г. кафедру возглавил доцент, канд. техн. наук С.К. Паврос (рис. 19), на плечи которого пришлось самые трудные и тяжелые годы деятельности кафедры в рамках осуществляемых преобразований.

Происходящие изменения потребовали новых подходов к организации и построению научных исследований, поиску новых заказчиков. В частности, выяснилось, что разработка и изготовление в ЛЭТИ таких высокотехнологичных и сложных устройств, как многоканальные промышленные дефектоскопы, даже с привлечением сторонних подрядчиков, является экономически неэффективным, что вынудило свернуть подобные работы как самостоятельные и переключиться на участие в них в качестве соисполнителей и консультантов. Такие изменения существенно ограничили финансовые возможности кафедры в целом и затруднили ее обновление за счет приобретения новой аппаратуры.

Однако оставшиеся в составе кафедры научно-педагогические работники продолжили исследования и проектные работы в направлении ультразвуковой дефектоскопии. Одним из таких пионерских, масштабных проектов явилось участие сотрудников кафедры в середине 90-х гг. в создании нового средства контроля ма-



Рис. 19. Сергей Константинович Паврос, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ЭУТ в 1991 – 2006 гг.



Рис. 20. Константин Евгеньевич Аббакумов, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ЭУТ в 2007 – по настоящее время

гистральных нефтепроводов – дефектоскопа-снаряда [80]. Участие в подобном проекте позволило не только сохранить коллектив кафедры в трудный период, но и приобрести новый опыт в создании образцов передовой техники, разработку которой за рубежом вели самые высокотехнологичные предприятия таких стран, как Япония, Канада и др.

Как правило, в состав подобного устройства входили: секция



Рис. 21. Установка с ЭМАП для контроля листового проката («Ниппон стил», Япония)

ультразвукового контроля, секция магнитного контроля, навигационная секция и секция электропитания. Шарнирно соединенные между собой последовательно друг за другом эти секции при диаметре трубы 1400 мм образовывали внушительную конструкцию длиной в 10–12 м, которая вместе с потоком перекачиваемой жидкости перемещалась от одной перекачивающей станции до другой на расстояние 200–300 км. На этих станциях с помощью запасов очного устройства из запоминающего устройства вся служебная информация извлекалась и передавалась на служебный компьютер для расшифровки и обработки с помощью специального программного обеспечения. Полученные в процессе исследований наработки были использованы в дальнейшем при создании систем внутритрубной дефектоскопии систем водоснабжения городского водохозяйства [81].

В 2007 г., после ухода из жизни С.К. Павроса, кафедрой возглавил профессор, д-р техн. наук К.Е. Аббакумов (рис. 20).

Как известно, многие недостатки многоканальных дефектоскопических систем с иммерсионным способом создания акустического контакта связаны с необходимостью применения крупногабаритной «иммерсионной ванны», в которую должен погружаться контролируемый лист. Это связано с тем, что габариты ванны не всегда позволяют вписать это оборудование в пространство действующего металлургического цеха. Одновременно с этим возникают потери времени, связанные погрузкой и выгрузкой листа из ванны. Проблема решается переходом от пьезоэлектрических датчиков к бесконтактным, электромагнитно-акустическим, излучение и прием ультразвука с помощью которых не нуждаются в наличии переходных сред [82]. Принципиальным отличием установок с бесконтактными датчиками является возможность контроля листов с температурой поверхности до 650 °С [82]. При технической поддержке сотрудников кафедры специалисты организации «Нординкрафт»



Рис. 22. Лабораторный макет толщиномера с ЭМАП

(а впоследствии «Ультракraft» (г. Череповец, Вологодская обл.) разработали целую серию установок для контроля листового проката типа «Север» (рис. 21) [82], одна из которых была внедрена в листопрокатном цехе на Ижорских заводах (г. Колпино, Ленинградская обл.). Кроме отечественных металлургических заводов, многоканальные дефектоскопы такого типа поставлялись за рубеж в страны Азии и Японию. Помимо чисто дефектоскопических задач с помощью подобных установок решалась и задача определения физико-механических характеристик металлов, что оказалось возможным также благодаря особенностям работы бесконтактных датчиков [82]. Для обеспечения условий повышения параметров контроля были решены также несколько теоретических задач, связанных с особенностями расчетов электроакустических трактов установок с бесконтактными датчиками, что позволило перейти к более рациональному конструированию акустических систем многоканальных установок (рис. 22) [82]. По указанным вопросам А.В. Кириковым была защищена кандидатская диссертация. Творческое сотрудничество со специалистами АО «Ультракraft» (генеральный директор В.А. Бритвин) продолжается и по настоящее время в направлении исследования сверхдальнего распространения крутильных волн в однородных и композиционных металлических волноводах и разработкой новых типов преобразователей для дефектоскопии цилиндрических изделий [83].

Другая актуальная область теоретических исследований связана с изучением влияния граничных условий в приближении «линейного скольжения» на характеристики волновых процессов в сложноструктурированных средах [84–88]. Кандидатские диссертации при выполнении исследований в данном и смежных направлениях защитили: С.В. Ромашкин, С.В. Реука, А.В. Теплякова, Р.С. Коновалов, А.В. Курков, К.С. Паврос.

Работы в направлении акустоэлектроники связаны с деятельностью научной группы, возглавляе-

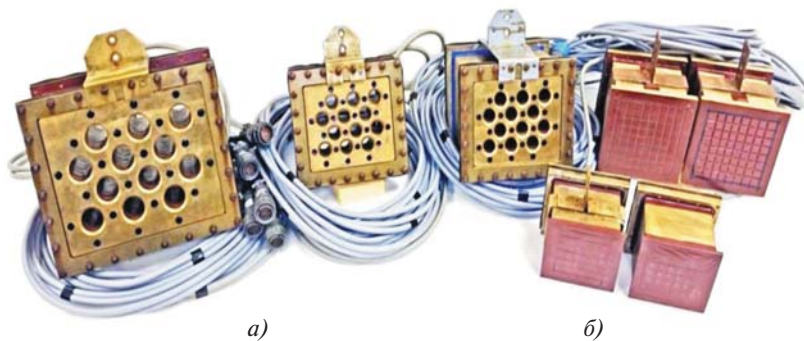


Рис. 23. Макеты гидроакустических антенн, составленных из широкополосных ПВТ (а) и ПАВФ (б)

мой доцентом, канд. техн. наук М.М. Шевелько [89]. Усилиями сотрудников группы разработаны макеты малогабаритных измерителей параметров вращения, использующих чувствительные элементы на поверхностных и объемных волнах [89]. Такое оригинальное исполнение акустоэлектронных компонентов делает их чрезвычайно перспективными при построении малогабаритных виброустойчивых гироскопических систем [89]. Кандидатские диссертации по данному направлению защитили Е.С. Попкова, А.И. Лутовинов. Подготовлены материалы для защиты диссертации аспиранткой Я. Дурукан.

В рабочей группе гидроакустического профиля под руководством доцента, канд. техн. наук Б.Г. Степанова продолжаются исследования по созданию высокоэнергетических сверхширокополосных электроакустических преобразователей [90]. Так, при выполнении одной из работ, заказчиками которой выступали организации РАН и СПбГУ, направленной на моделирование устройств, способных воспроизводить сигналы информационного обмена между морскими млекопитающими (дельфинами, китообразными и др.), были не только разработаны новые конструкции пьезоэлектриче-

ских датчиков волноводного типа (ПВТ) и стержневого типа с фазированным возбуждением (ПАВФ) (рис. 23) [91], но и существенно улучшена лабораторная база кафедры. Был построен и оформлен «акустически» новый измерительный гидроакустический бассейн. Процедуры измерений в нем актуальных характеристик исследуемых подводных антенн полностью автоматизированы и управляются программным способом с помощью персонального компьютера [90]. На основе материалов данного исследования аспирант И.С. Пестерев защитил в 2021 г. кандидатскую диссертацию [91]. Подготовлены материалы для защиты докторской диссертации Б.Г. Степановым.

Профессором, д-ром техн. наук В.М. Цаплевым на кафедре продолжены исследования в области нелинейных методов акустического контроля и измерений [92, 93]. На основании результатов этих исследований были разработаны учебные курсы для подготовки магистров и аспирантов. Значительные результаты получены его сотрудниками при проектировании малогабаритных пьезоэлектрических возобновляемых источников электрической энергии [94]. В области нелинейной акустики для решения гидроакустических задач также ведут-



Рис. 24. Награды кафедры ЭУТ и издания научной и научно-методической литературы, подготовленные сотрудниками кафедры ЭУТ

ся исследования под руководством профессора, д-ра техн. наук Д.Б. Островского [95].

Профессором, д-ром техн. наук С.В. Попковым в содружестве со специалистами Крыловского научного центра ведутся работы по созданию новых поколений средств виброизмерений и виброзащиты [96].

В 2018 г. в ознаменование 90-летия ультразвуковой дефектоскопии коллектив кафедры был награжден почетной грамотой РОНКТД [97].

За рассматриваемый период докторские диссертации защитили: Е.К. Кирсанова (Гусева), С.К. Паврос, А.В. Осетров, К.Е. Аббакумов., С.В. Попков, Е.Л. Шейнман. Всего сотрудниками кафедры получено несколько десятков авторских свидетельств, написано несколько десятков монографий, подготовлено несколько сотен научных статей и докладов (рис. 24). Всего подготовлено более 5000 высококвалифицированных специалистов, бакалавров, магистров [98].

В настоящее время коллектив кафедры продолжает успешно работать над исследованиями и разработкой методов и средств ультразвукового контроля материалов и изделий и акустических измерений.

В учебном процессе заняты: профессора К.Е. Аббакумов, В.С. Давыдов, Д.Б. Островский, С.В. Попков, Е.Л. Шейнман, доценты Д.Д. Добротин, Р.С. Коновалов, С.И. Коновалов, А.А. Вьюгинова, Б.Г. Степанов, А.Н. Перегудов, А.В. Теплякова, Е.С. Попкова, М.М. Шевелько, старший преподаватель К.С. Паврос, ассистенты Н.А. Зайцева, Я. Дурукан, И.Г. Сидоренко и учебно-вспомогательный персонал – зав. лаб. С.В. Баташова, А.Н. Максимов, А.Ф. Рыжков, Р.Г. Львов, И.И. Каземирова.

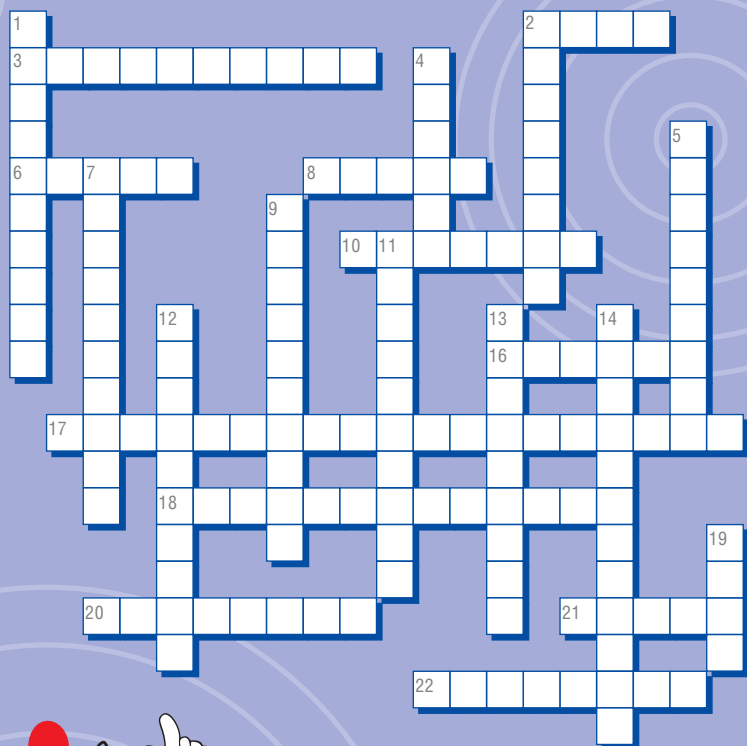
Библиографический список

1. Пат. СССР № 11371. Способ и устройство для испытаний металлов / С.Я. Соколов. Опубл. 30.09.1929. Вест. Комитета по делам изобретений № 6.
2. Sokoloff S. Zur Frage der Fortpflanzung ultra-akustischer Schwingungen in verschiedenem Körpern // *Elecknachz. Techn.* 1929. Bd. 6, H. 11. S. 450–460.
3. Соколов С.Я. Избранные труды / СПбГЭТУ. СПб., 1997.
4. Паврос С.К. Сергей Яковлевич Соколов – основоположник ультразвуковой дефектоскопии и звуковидения // *Изв. ГЭТУ.* 1997. Вып. 505. С. 5–11.
5. Соколов С.Я. Ультразвуковые колебания и их применение // *Заводская лаборатория.* 1935. № 5. С. 527–538.
6. Пигулевский Е.Д. О чувствительности и разрешающей способности акустооптического преобразователя на поверхности жидкости // *Акуст. журн.* 1958. Т. 4, № 4. С. 348–354.
7. Прохоров В.Г. Электронно-акустический преобразователь // *Акуст. журн.* 1957. Т. 3, № 3. С. 348–354.
8. Пономарев П.В. Опытная установка для видения ультразвукового поля // *Изв. ЛЭТИ.* 1958. Вып. 34. С. 224–228.
9. Уэйд Г. Системы акустического изображения / под ред. В.Г. Прохорова. Л.: Судостроение, 1981.
10. Качанов Е.И., Пигулевский Е.Д., Ярыгин Е.М. Методы и средства гидроакустической голографии. Л.: Судостроение, 1989.
11. Осетров А.В. Акустическая томография // *Зарубежная радиоэлектроника.* 1991. № 5. С. 3–29.
12. Долганов В.В., Осетров А.В. Использование нелинейного нормирования в методах синтезированной апертуры при реконструкции ультразвуковых изображений // *Дефектоскопия.* 1995. № 8. С. 13–23.
13. Белов Б.М., Осетров А.В., Яковлев В.А. Идентификация дефектов путем анализа и реконструкции ультразвуковых изображений // *Сб. докл. XVII Петербургской конференции «Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций» УЗДМ-2001, Санкт-Петербург, 6–8 июня 2001 г. СПб., 2001. С. 14–18.*
14. Машарский Б.Н. Исследование однородности изделий из спечсплавов ультразвуковым методом: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1953. 24 с.
15. Меркулов Л.Г. Исследование рассеяния ультразвука в металлах // *ЖТФ.* 1956. Т. 26. С. 64–75.
16. Меркулов Л.Г. Поглощение и диффузное рассеяние ультразвука в металлах // *ЖТФ.* 1957. Т. 27. С. 1045–1050.
17. Меркулов Л.Г. Применение ультразвука для исследования структуры сталей // *ЖТФ.* 1957. Т. 27. С. 1386–1391.
18. Евдокимов Н.А. Исследование пьезоэлектрических кварцевых излучателей ультразвука: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1952. 22 с.
19. Дианов Д.Б. О работе плоского пьезовибратора в условиях одностороннего излучения // *Изв. ЛЭТИ.* 1957. Вып. 31. С. 46–59.
20. Пономарев П.В. Переходные процессы в пьезовибраторах // *Акуст. журн.* 1957. Т. 27, № 3. С. 243–253.
21. Меркулов Л.Г., Яблоник Л.М. Работа демпфированного пьезопреобразователя при наличии нескольких промежуточных слоев // *Акуст. журн.* 1963. Т. 9, № 4. С. 449–453.
22. Меркулов Л.Г., Яблоник Л.М. Теория акустически согласованного многослойного пьезопреобразователя // *Дефектоскопия.* 1966. № 5. С. 3–11.
23. Голубев А.С., Иванов В.Е., Сафонов В.И. О влиянии электрической нагрузки на частотную характеристику искателя ультразвукового дефектоскопа // *Дефектоскопия.* 1966. № 5. С. 40–46.
24. Яковлев Л.А. О возможности построения приближенно согласованного пьезокерамического преобразователя // *Изв. ЛЭТИ.* 1970. Вып. 89. С. 163–167.
25. Меркулов Л.Г., Федоров В.А., Яковлев Л.А. Работа пьезопреобразователя, нагруженного на твердую упруго-анизотропную среду // *Акуст. журн.* 1973. Т. 9, № 1. С. 53–59.
26. Евдокимов Н.А., Касаткин Б.А., Мельканович А.Ф. Импульсный режим работы пьезовибратора // *Дефектоскопия.* 1969. № 6. С. 31–38.
27. Евдокимов Н.А., Касаткин Б.А., Мельканович А.Ф. Исследование импульсного возбуждения пьезовибратора при иммерсионном способе контроля // *Дефектоскопия.* 1969. № 5. С. 36–40.
28. Евдокимов Н. А., Касаткин Б. А., Мельканович А.Ф. Работа пьезовибратора через промежуточный слой в

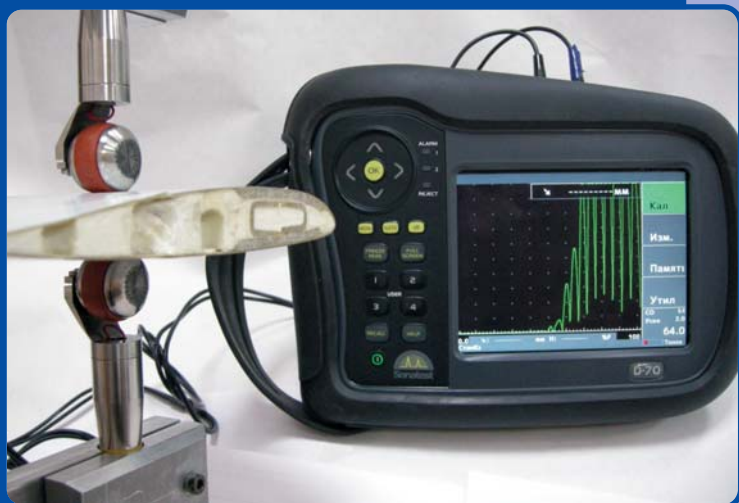
- импульсном режиме // Дефектоскопия. 1971. № 5. С. 80–86.
29. Яковлев Л.А. Работы кафедры ЭУТ в области высокочастотных пластинчатых преобразователей // Изв. ЛЭТИ. 1997. Вып. 505. С. 54–65.
 30. Дианов Д.Б. Некоторые вопросы ультразвуковой оптики: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1956. 18 с.
 31. Дианов Д.Б. Исследование направленности призматических преобразователей // Дефектоскопия. 1965. № 1. С. 3–22.
 32. А.с. № 107832 СССР. Призматический шуп к ультразвуковому дефектоскопу / И.Ф. Лопатко, Д.Б. Дианов (СССР). Опубл. 12.09.57, Бюл. № 10.
 33. Лопатко И.Ф. Ультразвуковой импульсный толщиномер и прибор для измерения скорости ультразвука в образцах малых размеров / Московский дом науч.-техн. пропаганды. М., 1957.
 34. Паврос С.К., Пряхин Е.Г., Ромашкин С.В., Рыжков А.Ф. Ультразвуковой многоканальный внутритрубный толщиномер // Изв. СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2003. № 2. С. 29–32.
 35. А.с. № 58423 СССР. Устройство для обнаружения и регистрации скрытых дефектов в металлических изделиях / С.Я. Соколов (СССР). Опубл. 16.10.40. Вест. Комитета по делам изобретений № 11.
 36. Корепин Е.А., Качнельсон Г.М. Ультразвуковой контроль внутренних дефектов в толстых листах // Заводская лаборатория. 1953. № 10. С. 1172–1177.
 37. Вережкин В.М., Жарков К.В. Ультразвуковой иммерсионный дефектоскоп-автомат // Заводская лаборатория. 1956. № 5. С. 3–7.
 38. А.с. № 133667 СССР. Устройство для ультразвуковой дефектоскопии листовых материалов / Л.Г. Меркулов, В.М. Вережкин, Н.А. Евдокимов, К.В. Жарков (СССР). Опубл. 27.04.59, Бюл. № 7.
 39. Вережкин В.М., Паврос С.К. Развитие ультразвуковых методов и средств автоматизированного контроля толстолистового проката // Изв. ГЭТУ. 1997. Вып. 505. С. 11–31.
 40. А.с. № 216354 СССР. Способ ультразвукового обнаружения дефектов в изделиях / В.М. Вережкин, Н.А. Евдокимов (СССР). Опубл. 19.05.68, Бюл. № 14.
 41. А.с. № 1355925 СССР. Способ ультразвуковой дефектоскопии / А.С. Голубев, С.К. Паврос, А.В. Топунов. Опубл. 25.11.87, Бюл. № 44.
 42. Вережкин В.М. Высокоэффективный ультразвуковой контроль листового проката для машиностроения и судостроения // В мире неразрушающего контроля. 1999. № 4. С. 18–21.
 43. Паврос С.К., Пряхин Е.Г., Ромашко Р.В. и др. Результаты опытной эксплуатации установки УЗУП-М2 для ультразвукового контроля толстолистового проката на ОАО «Ижорские заводы» // Сб. докл. XVII Петербургской конф. «Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций» УЗДМ-2001, Санкт-Петербург, 6–8 июня 2001 г. СПб., 2001. С. 153–157.
 44. Дианов Д.Б., Жарков К.В. Возбуждение нормальных волн в пластинах методом наклонно падающего звукового пучка // Акуст. журн. 1964. Т. 13, № 5. С. 761–765.
 45. Дианов Д.Б., Серебренникова Н.П. К вопросу возбуждения рэлеевских волн с помощью призматического преобразователя // Дефектоскопия. 1965. № 2. С. 22–27.
 46. Жарков К.В., Меркулов Л.Г., Пигулевский Е.Д. Затухание нормальных волн в пластине со свободными границами // Акуст. журн. 1964. Т. 10, № 2. С. 163–166.
 47. Меркулов Л.Г. Затухание нормальных волн в пластинах, находящихся в жидкости // Акуст. журн. 1964. Т. 10, № 2. С. 206–212.
 48. Касаткин Б.А. Расчет ультразвукового поля в стержне при осесимметричном возбуждении // Дефектоскопия. 1966. № 4. С. 3–9.
 49. Касаткин Б.А. Антисимметричные колебания бесконечного стержня // Дефектоскопия. 1966. № 4. С. 9–15.
 50. Меркулов Л.Г., Вережкин Л.В. Задачи ультразвуковой дефектоскопии труб // Изв. ЛЭТИ. 1967. Вып. 5–6. С. 50–53.
 51. Вережкин Л.В., Меркулов Л.Г. Фазовые скорости ультразвуковых волн, распространяющихся по окружности трубы // Дефектоскопия. 1967. № 5. С. 39–46.
 52. Жарков К.В. Дисперсионное уравнение интерференционных волн в двухслойной пластине // Изв. ЛЭТИ. 1971. Вып. 95. С. 38–45.
 53. Жарков К.В. Групповые скорости сдвиговых нормальных волн в двухслойной пластине // Изв. ЛЭТИ. 1987. Вып. 385. С. 72–75.
 54. Меркулов Л.Г., Рохлин С.И. Дифракция волн Лэмба в пластине на полубесконечном разрезе // Дефектоскопия. 1969. № 4. С. 24–36.
 55. Меркулов Л.Г., Рохлин С.И. Прохождение волн Лэмба через участок с расслоением // Дефектоскопия. 1970. № 3. С. 19–22.
 56. Никифоров Л.А. Исследование возбуждения и приема волн Рэля и Лэмба клиновыми преобразователями: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук / ЛЭТИ. Л., 1971. 20 с.
 57. Пашутин А.В. Исследование и разработка электромагнитно-акустических преобразователей с периодическим магнитным полем: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1976. 21 с.
 58. Балабаев С.М. Исследование импульсного режима работы клиновых преобразователей для волн Рэля и Лэмба: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1976. 18 с.
 59. Егоров Н.Н. Исследование дифракции нормальных волн на неоднородностях пластины и характеристик электроакустических трактов ультразвуковых дефектоскопов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1978. 22 с.
 60. Ильин В.В. Исследование электромагнитно-акустического метода возбуждения и приема волн Рэля в ферромагнетиках: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1979. 19 с.
 61. А.с. № 380364 СССР. Электромагнитно-акустический преобразователь / А.В. Пашутин, А.В. Харитонов (СССР). Опубл. 13.05.73, Бюл. № 21.
 62. Харитонов А.В. Возбуждение, прием и рассеяние ультразвуковых нормальных волн в пластинах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Акустический ин-т. Л., 1982. 18 с.
 63. Егоров Н.Н., Никифоров Л.А. Развитие теории и техники поверхностных и нормальных волн // Изв. ГЭТУ. 1997. Вып. 505. С. 32–43.
 64. Александров К.С., Носиков О.В. Прибор для измерения упругих модулей кристаллов // Акуст. журн. 1956. № 2. С. 244–247.

65. **Бабиков О.И.** Импульсные ультразвуковые методы исследования физико-химических процессов // Заводская лаборатория. 1953. № 7. С. 811–814.
66. **Бабиков О.И.** Ультразвук и его применение в промышленности. М.: Физматлит, 1958.
67. **Иванов В.Е., Меркулов Л.Г., Шукин В.А.** Метод прецизионного измерения скорости ультразвуковых волн в твердых телах // Ультразвуковая техника. 1965. Вып. 2. С. 3–12.
68. **Иванов В.Е.** Разработка прецизионных методов измерения скорости распространения ультразвука в твердых телах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1970. 20 с.
69. **Шукин В.А., Яковлев Л.А.** Влияние контактирующих слоев на точность измерения ультразвука в твердых телах // Акуст. журн. 1963. № 9. С. 3.
70. **Яковлев Л.А., Шевелько М.М., Несмашная О.М.** Ультразвуковой прибор для определения характеристики пьезокерамики // Дефектоскопия. 1979. № 5. С. 70–74.
71. **А.с. № 1442838 СССР.** Устройство для измерения скорости звука в материалах / С.К. Паврос, М.М. Шевелько, Л.А. Яковлев, А.Н. Ленков (СССР). Опубл. 22.10.88, Бюл. № 45.
72. **Иванов В.Е., Меркулов Л.Г.** Прибор «Фонон-1» для прецизионных измерений скоростей распространения ультразвуковых волн в твердых телах // Тр. Всесоюз. конф. по вопросам ультразвуковой спектроскопии, Каунас, 24–26 июня 1969 г. Каунас, 1969. С. 56–57.
73. **Меркулов Л.Г., Яковлев Л.А.** Ультразвуковые исследования деформированных кристаллов NaCl // Акуст. журн. 1960. Т. 6, № 2. С. 244–251.
74. **Яковлев Л.А.** Исследование частотной и амплитудной зависимостей дислокационного поглощения ультразвука в алюминии // Акуст. журн. 1965. Т. 11, Вып. 2. С. 239–242.
75. **Гусева Е.К.** Зависящее от времени поглощение ультразвука // Акуст. журн. 1966. Т. 12, № 2. С. 185–187.
76. **Пат. Франции № 1457437 G01n.** Procédé de dosage des impuretés dans les matériaux cristallins et dispositif pure ou mise ou acure / Л.Г. Меркулов, Е.К. Гусева, Л.А. Яковлев // Bulletin officiel de la Propriété industrielle. 1966. No. 45.
77. **Меркулов Л.Г., Яковлев Л.А., Гусева Е.К.** Новый способ ультразвукового контроля чистоты слитков, очищенных зонной плавкой // Производство алюминия. Вып. 71. М.: Металлургия, 1970. С. 128–134.
78. **Гусева Е.К., Титов С.В., Тоом К.Э.** Автоматизированная ультразвуковая установка для контроля ферритовых пластин // Дефектоскопия. 1990. № 12. С. 25–27.
79. **Титов С.В.** Разработка акустических методов исследования и контроля ферритов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / ЛЭТИ. Л., 1988. 22 с.
80. **Аббакумов К.Е., Добротин Д.Д., Мамистов С.В. и др.** Ультразвуковая секция дефектоскопа – снаряда для контроля магистральных трубопроводов // Тез. докл. XIV науч.-техн. конф. по ультразвуковому контролю сварных металлоконструкций, Санкт-Петербург, 30 мая–2 июня 1992 г. СПб., 1992. С. 80–81.
81. **Аббакумов К.Е., Добротин Д.Д., Паврос С.К. и др.** Исследование способов и разработка аппаратуры измерения толщины стенки трубы нефтепровода со стороны внутренней поверхности // Ультразвуковая дефектоскопия металлоконструкций – 95: Сб. тр. 15-й Петербургск. конф. Репино, 12–14 сентября 1995 г. СПб., 1995. С. 82–83.
82. **Аббакумов К.Е., Добротин Д.Д.** Многоканальные ультразвуковые дефектоскопы. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 446 с.
83. **Аббакумов К.Е., Степаненко Н.В.** Распространение крутильных волн в двухслойной трубе // Тр. XIV Всерос. науч.-техн. конф. «Приборостроение в XXI веке – 2018. Интеграция науки, образования и производства». Ижевск, 12–14 дек. 2018 г. Ижевск: Изд-во ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2018. С. 98–104.
84. **Аббакумов К.Е.** Рассеяние плоских упругих волн на микрошероховатой границе раздела твердых сред // Дефектоскопия. 2017. Вып. 7. С. 3–13
85. **Abbakumov K.E.** Influence of non-rigid connection on the scattering properties of a cylindrical inclusion // Proc. of the IV Intern. Forum «Instrumentation Engineering, Electronics and Telecommunications – 2018», December 12–14, 2018, Izhevsk, Russia. Izhevsk: Publishing House of Kalashnikov ISTU, 2018. P. 6–10.
86. **Аббакумов К.Е., Вагин А.В.** Волновые процессы в мелкослоистой среде // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2018. № 8. С. 87–90.
87. **Аббакумов К.Е., Вагин А.В.** Дисперсионное уравнение для продольной волны в слоистой среде с неоднородными граничными условиями при различных направлениях распространения // Дефектоскопия. 2020. № 1. С. 7–13.
88. **Аббакумов К.Е., Цаплев В.М.** Волновые задачи акустических методов неразрушающего контроля. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 336 с.
89. **Дурукан Я., Перегудов А.Н., Шевелько М.М.** Эффекты объемных акустических волн, распространяющихся ортогонально оси вращения среды // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 2. С. 17–26.
90. **Степанов Б.Г.** Пьезоэлектрические преобразователи волноводного типа. Задачи анализа и синтеза. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. 180 с.
91. **Степанов Б.Г., Пестерев И.С., Сосновский Н.Н.** Излучение преобразователя волноводного типа в соосные с ним конусные полупространства // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. 2020. Т. 23. С. 70–82.
92. **Koynalov S., Koynalov R., Tsaplev V., Nikolaev S.** Impregnation of Porous Constructions and Natural Materials Using Ultrasound // International Journal of Geomate. 2020. V.18, Is. 69. P. 104–110.
93. **Цаплев В.М.** Нелинейная акустоупругость пьезокерамических материалов. Часть II. Акустические методы измерений. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015.
94. **Цаплев В.М., Аббакумов К.Е., Коновалов Р.С.** Нелинейные пьезокерамические материалы и малогабаритные генераторы энергии. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 215 с.
95. **Островский Д.Б.** Введение в нелинейную гидроакустику: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 2020. 140 с.
96. **Попков С.В.** Колебания и излучение сферических и полисферических конструкций. СПб.: Изд-во ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2020. 192 с.
97. **Аббакумов К.Е.** К 90-летию ультразвуковой дефектоскопии. Сергей Яковлевич Соколов – основоположник ультразвуковой дефектоскопии и звуковидения // Территория NDT. 2018. № 3. С. 10–19.
98. **Выпускники** кафедры электроакустики и ультразвуковой техники 1931 – 2021 гг. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. 228 с.

Общие термины и определения НК



*Трубопровод проложили,
Про дефекты позабыли...
Чтоб протечек было ноль,
Нужен всем УЗ-контроль!*



Контроль композитов в режиме Dryscan с помощью ультразвукового дефектоскопа Sonatest D70

По вертикали

1. Положение, содержащее критерии, которые должны быть соблюдены. **2.** Документ, в котором в целях многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг в области НК. **4.** Документ, в котором кратко изложены установившиеся практики проектирования, изготовления, монтажа, технического обслуживания или эксплуатации оборудования, конструкций или изделий. Может быть стандартом, частью стандарта или самостоятельным документом. **5.** Установленная оценка соответствия объекта контроля предъявляемым ему техническим требованиям. **7.** Крупная промышленная авария, повлекшая за собой разрушение и уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей природной среде. **9.** Сотрудник, допущенный к выполнению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах. **11.** Совокупность операций, выполняемых в целях определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору. **12.** Документ, ориентированный на решение задачи неразрушающего контроля конкретного объекта с указанием операций контроля и их параметров. **13.** Логическая единица содержания нормативного документа, которая имеет форму сообщения, инструкции, рекомендации или требования. **14.** Положение, содержащее совет. **19.** Объект контроля, содержащий недопустимый дефект.

По горизонтали

2. Самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора. **3.** Способность надежно различать близко расположенные дефекты. **6.** Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. **8.** Характеристика неразрушающего контроля, определяемая количеством (в том числе и в размерных единицах: длиной, площадью) объектов и применяемых видов (методов) контроля. **10.** Специалист, осуществляющий проведение экспертизы промышленной безопасности. **15.** Условная группа методов неразрушающего контроля, объединенная общностью физических принципов. **16.** Техническое устройство, здание или сооружение, подвергаемое неразрушающему контролю. **17.** Свойство объекта НК, обеспечивающее возможность, удобство и надежность его контроля на всех стадиях жизненного цикла. **18.** Документ, выдаваемый независимым органом, удостоверяющий, что специалист компетентен в осуществлении неразрушающего контроля одним или несколькими видами (методами) неразрушающего контроля в определенной области аттестации в соответствии с присвоенным уровнем квалификации. **20.** Признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативной технической документации и (или) конструкторской (проектной) документации. **21.** Документ в виде таблицы, содержащий основные данные технологической инструкции. **22.** Документ, содержащий описание способов, приемов и режимов контроля объектов, правил использования оборудования и приборов, а также требований безопасности.