

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

№ 3, 2003

Издается с января 1989 г.

Учредители: *Национальная академия наук Украины*
Институт электросварки им. Е. О. Патона
Международная ассоциация «Сварка»

Издатель: *Международная ассоциация «Сварка»*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Б. Е. ПАТОН

А. Я. Недосека (зам. гл. ред.),
В. А. Троицкий (зам. гл. ред.),
З. А. Майдан (отв. секр.),
И. П. Белокур, Ю. К. Бондаренко,
В. Л. Венгринович, Э. Ф. Гарф,
А. А. Грузд, Ю. Б. Дробот,
Н. Н. Зацепин, В. И. Иванов,
О. М. Карпаш, В. В. Клюев,
Л. М. Лобанов, А. А. Лебедев,
В. К. Лебедев, Г. Г. Луценко,
Н. В. Новиков, Е. С. Переверзев,
П. П. Прохоренко, В. П. Радько,
В. Н. Учанин, А. А. Улитко,
А. И. Степаненко,
В. А. Стрижало, А. Я. Тетерко,
Т. М. Швец, И. Я. Шевченко

Адрес редакции

03680, Украина, г. Киев-150,
ул.Боженко, 11
Институт электросварки
им.Е.О.Патона НАН Украины
Тел.: (044) 261-58-81,
Факс: (044) 268-34-84, 269-26-23
E-mail: journal@paton.kiev.ua
http://www.nas.gov.ua/pwj

Научные редакторы

Н. Г. Белый, А. А. Грузд

Электронная верстка

А. И. Сулима, И. Р. Наумова,
Н. Н. Приймаченко, И. В. Петушков

Свидетельство

о государственной регистрации
КВ 4787 от 09.01.2001

Журнал входит в перечень
утвержденных ВАК Украины
изданий для публикации трудов
соискателей ученых степеней

При перепечатке материалов
ссылка на журнал обязательна

За содержание рекламных
материалов редакция журнала
ответственности не несет

Цена договорная

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА

НЕДОСЕКА А. Я., ЯРЕМЕНКО М. А., ОВСИЕНКО М. А., ХАРЧЕНКО Л. Ф.
О применении метода акустической эмиссии для контроля промышлен-
ных конструкций 3
ГОРДЕЛИЙ В. И., ЧАБАНОВ В. Е. Диффузионное рассеяние ультразву-
ка в металлах 7

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

ЛУЦЕНКО Г. Г., БЕРКУТА В. Г. К расчету донных эхо-сигналов для пря-
мых преобразователей с произвольной формой активной поверхности 11
ТЕРЕХОВ П. В., КАЛЕНТЬЕВ В. К., МУРАТОВ Д. Ш. Сравнительный
анализ радиографических технических пленок для промышленного
неразрушающего контроля, исследования и регистрации
ионизирующих излучений 15
ЛЕВИЦКИЙ О. Е. Определение пространственного распределения
радиальных напряжений в образце с цилиндрическим концентратором
напряжений методом ультразвуковой реконструктивной томографии 21
ВОРОБЕЛЬ Р. А., ЖУРАВЕЛЬ I. М., ЗИЧЧАК Я. М., КАРПАШ О. М.,
ОПИР Н. В., СУЩИК К. В. Обработка данных в оптоэлектронной системе
контролю профілю різьби 27

СЕРТИФИКАЦИЯ И КАЧЕСТВО

БОНДАРЕНКО Ю. К., ЯРЦЕВ А. В. Обеспечение качества и безопас-
ности — проблема сварочно-монтажных работ, технического контроля
и диагностики 30

ХРОНИКА И ИНФОРМАЦИЯ

Международной ассоциации академий наук — 10 лет 35
II Международная конференция и специализированная
выставка приборов и оборудования для неразрушающего
контроля и технической диагностики в промышленности —
NDT RUSSIA-2003 36
4-я Национальная научно-техническая конференция и выставка
«Неразрушающий контроль и техническая диагностика-2003» 41
III Всеукраинский съезд качества — «Качество как национальный
приоритет Украины» 45
10 лет творческих поисков и технических достижений
НПФ «Ультракон-Сервис» 47

РЕКЛАМА

Разработанные НПФ «Вигор» новые методы и средства
неразрушающего контроля рельсов гарантируют безопасность
движения поездов 50
Центровка оборудования — проблемы и перспективы 54
Технология ремонта оборудования «по состоянию» 56
Выставки, конференции, рекламы фирм 58

ИЗДАНИЕ ЖУРНАЛА ПОДДЕРЖИВАЮТ:

Технический комитет по стандартизации "Техническая диагностика и неразрушающий контроль" ТКУ-78



Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики

TECHNICAL DIAGNOSTICS and NON-DESTRUCTIVE TESTING

№ 3, 2003

Founded in January, 1989

Founders: *The National Academy of Sciences of Ukraine
The E. O. Paton Electric Welding Institute
International Association «Welding»*

Publisher: *International Association «Welding»*

EDITORIAL BOARD:

Editor-in-Chief

B. E. PATON

A. Ya. Nedoseka (vice-chief ed.),
V. A. Troitsky (vice-chief ed.),
Z. A. Maidan (exec. secr.),
I. P. Belokur, Yu. K. Bondarenko,
V. L. Vengrinovich, E. F. Garf,
A. A. Gruzd, Yu. B. Drobot,
V. I. Ivanov, O. M. Karpash,
V. V. Klyuev, L. M. Lobanov,
A. A. Lebedev, V. K. Lebedev,
G. G. Lutsenko, N. V. Novikov,
E. S. Pereverzev,
P. P. Prokhorenko, V. P. Radko,
I. Ya. Shevchenko,
A. I. Stepanenko, V. A. Strizhalo,
A. Ya. Teterko, V. N. Uchanin,
A. F. Ulitko, T. M. Shvets,
N. N. Zatselin,
A. V. Shimanovsky

Address:

The E. O. Paton Electric
Welding Institute
of the NAS of Ukraine,
11 Bozhenko str., 03680,
Kyiv, Ukraine
Tel.: (38044) 261-58-81,
Fax: (38044) 261-34-03, 269-26-23
E-mail: journal@paton.kiev.ua
tp://www.nas.gov.ua/pwj

Scientific editors:

N. G. Bely, A. A. Gruzd

Electron galley:

I. R. Naumova, A. I. Sulima,
N. N. Priymachenko,
I. V. Petushkov

State Registration Certificate
KV 4787 of 09.01.2001

All rights reserved.
This publication and
each of the articles
contained here in are
protected by copyright.

Permission to reproduce material
contained in this journal
must be obtained
in writing from the Publisher.

CONTENTS

TECHNICAL DIAGNOSTICS

- NEDOSEKA A. Ya., YARYOMENKO M. A., OVSIENKO M. A.,
KHARCHENKO L. F.* About application of acoustic emission method
for control of industrial structures 3
GORDELIY V. I., CHABANOV V. E. Diffusion scattering of ultrasound
in metals 7

NON-DESTRUCTIVE CONTROL

- LUTSENKO G. G., BERKUTA V. G.* Towards the calculation of bottom
echo-signals for direct transducers with a random shape of active surface 11
TEREKHOV P. V., KALENTJEV V. K., MURATOV D. Sh. Comparative
analysis of radiographic technical films for industrial non-destructive
testing, examination and recording of ionizing radiations 15
LEVITSKIY O. E. Determination of space distribution of radial stresses
in sample with a cylindrical stress raiser using the method of ultrasonic re-
constructive tomography 21
*VOROBEL R. A., ZHURAVEL I. M., ZINCHAK Ya. M., KARPASH O. M.,
OPIR N. V., SUSHCHIK K. V.* Processing of data in electronic system
for control of thread profile 27

CERTIFICATION AND QUALITY

- BONDARENKO Yu. K., YARTSEV A. V.* Quality assurance and safety is the
problem of welding-assembly jobs, technical inspection and diagnostics 30

NEWS AND INFORMATION

- International Association of Academies of Sciences is 10 35
II International Conference and specialized exhibition of instruments and
equipment for NDT and technical diagnostics in industry —
«NDT RUSSIA-2003» 36
4th National Scientific Conference and Exhibition «NDT and Technical
Diagnostics — 2003» 41
III All-Ukrainian Congress of Quality — «Quality as National Priority
of Ukraine» 45
10 years of creative searches and technical achievements of
SPF «Ultracon-Service» 47

ADVERTIZING

- New methods and equipment for NDT of rails, developed by
SPE «Vigor», guarantee safety in train traffic 50
Alignment of equipment — problems and prospects 54
Technology of equipment repair «by its condition» 56
Exhibitions, conferences, advertisements of companies 58

Concerning publication of articles, subscription and advertising, please, contact the editorial board



О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Я. НЕДОСЕКА, М. А. ЯРЕМЕНКО, М. А. ОВСИЕНКО, Л. Ф. ХАРЧЕНКО

Представлены результаты контроля ряда объектов нефтехимической промышленности и газопроводного транспорта. Показана высокая эффективность акустико-эмиссионного метода, который применяли при выполнении контрольных работ.

Nedoseka Results of inspection of a number of facilities in petrochemical industry and gas pipeline transportation. The high effectiveness of the acoustic emission method, used for performance of control is demonstrated.

Применение метода акустической эмиссии в качестве инструмента неразрушающего контроля (НК) в настоящее время значительно расширилось. Это обусловлено значительным сокращением объема контрольных операций и осуществлением контроля больших поверхностей конструкций за счет фиксирования только тех участков, где возникают акустические излучения. Метод АЭ применим как для регистрации дефектных областей, так и для оценки степени их опасности.

Рассмотрим первый режим работы метода — режим целеуказания мест роста дефектов в материале. Степень допустимости обнаруженных дефектов определяли традиционными методами в соответствии с существующей нормативно-технической документацией. Как показали испытания, наиболее эффективно применение данного метода при оценке технического состояния сосудов, работающих под давлением, а также отдельных участков трубопроводов.

Не останавливаясь на физических основах метода, следует отметить его высокую чувствительность к растущим дефектам. Это позволяет в производственных условиях выявить приращение трещины на десятые доли миллиметра, что недоступно для традиционных методов НК.

Характерной особенностью метода является его интегральность. Используя один или несколько преобразователей АЭ, установленных на поверх-

ности изделия, можно проконтролировать весь объект, включая основной материал, сварные швы, фланцевые соединения и т.п. Координаты дефектов определяются в пассивном режиме, без сканирования поверхности объекта испытаний. Таким образом, результаты контроля мало зависят от обработки поверхности контролируемого изделия.

Специалистами отдела технической диагностики ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины проведено достаточно много работ по оценке технического состояния сварных металлоконструкций на нефтехимических предприятиях Украины. Объектами исследований были реакторы синтеза аммиака, хранилища пропилена, печи каталитического крекин-



Рис. 1. Теплообменник (места установки АЭ датчиков показаны стрелками)

© А. Я. Недосека, М. А. Яременко, М. А. Овсиенко, Л. Ф. Харченко, 2003

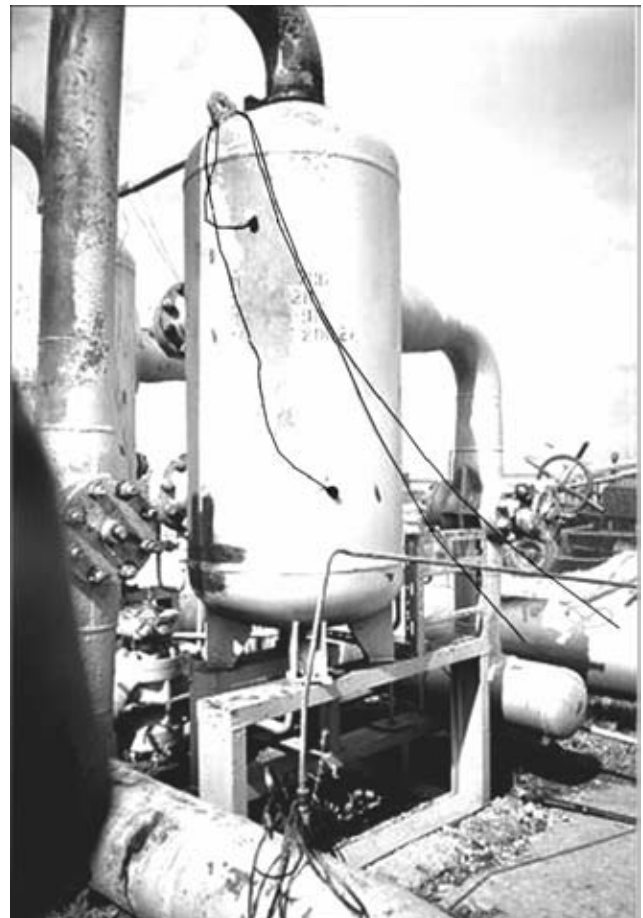


Рис. 2. Пылеуловители, обвязки ГРС (на корпусе пылеуловителя видны прикрепленные АЭ датчики)



Рис. 3. Слева — печь каталитического крекинга

га, охладители газа, теплообменники и другие изделия. Типичные конструкции, подвергавшиеся АЭ контролю, показаны на рис. 1–3.

Представляют интерес результаты работ по обследованию трубчатого змеевика печи П101 производства каталитического крекинга (радиационной и конвективной частей), выполненного из стали 12Х18Н10Т, диаметр трубы 219, толщина 10 мм (рис. 4). Общая длина четырех потоков составляла ≈ 1200 м. Трубопроводы печи насчитывают около 500 монтажных и заводских сварных кольцевых швов.

Традиционными методами НК очень трудно установить наличие внутренних дефектов в основном материале, а также в швах и околошовной зоне. Еще большие трудности возникают при контроле протекания процессов межкристаллитной коррозии металла, его деградации.

Для контроля трубчатого змеевика была выбрана и уточнена схема звуколокации АЭ источников. Измерение коэффициента затухания АЭ волн в материале трубопровода позволило выбрать

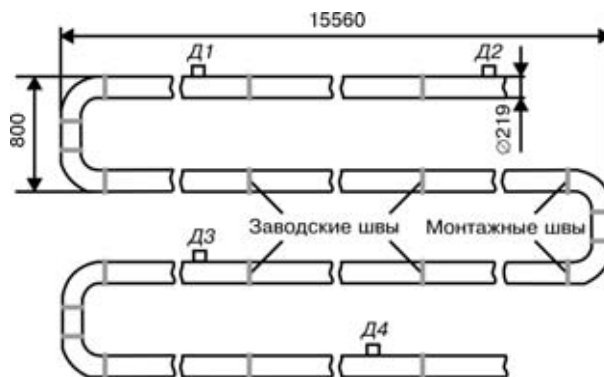


Рис. 4. Схема расположения датчиков АЭ и сварных швов на змеевике радиации печи каталитического крекинга из стали Ст.12Х18Н10Т (Д1–Д4 — датчики АЭ)



Рис. 5. АЭ датчик на поверхности трубопровода

расстояние между датчиками и определить необходимое их количество. АЭ датчики были установлены на заранее подготовленные места и зафиксированы специальным акустопрозрачным материалом (рис. 4). После проведения настроечных работ и контрольного «прозвучивания» объекта контроля определили оптимальные рабочие параметры приборов АЭ контроля.

Внешний вид участка радиации и датчик АЭ сигналов, установленный на поверхности трубопровода показан на рис. 5.

АЭ контроль продуктового змеевика осуществлялся по типовой методике (СТП 50.02-2000, Р 50-01-01) в режиме линейной локации с поднятием внутреннего давления до 10 МПа в соответствии с заранее согласованным графиком нагружения (рис. 6).

Учитывая незначительное затухание волн АЭ в данном объекте (меньше 0,05 Нп/м), расстояние между датчиками достигало 60...70 м. Испытание трубопроводов проводили в два этапа. На каждом этапе контролировали по два участка длиной до 600 м каждый.

В результате АЭ контроля трубчатого змеевика печи П-101 при проведении пневмоиспытания были обнаружены развивающиеся дефекты и определены их координаты.

Для подтверждения полученных результатов дополнительно провели рентгенографию и цветную дефектоскопию

Технические характеристики продуктового змеевика ПЗ-392.00.00.00, изготовленного в 1989 г.

Параметры	Радиационная часть змеевика	Конвективная часть змеевика
Производительность, кг/ч	58380	
Поверхность нагрева, м ²	622,5	544
Давление рабочее, МПа	5,5	6,0
Давление расчетное, МПа	6,0	6,0
Давление пробное при гидравлическом испытании, МПа	9,5	9,5
Температура рабочей среды:		
на входе	—	240
на выходе	420	—
Температура расчетная стенки	523	523
Среда	вакуумный	дистиллят
Характеристика среды	взрывоопасная	
Прибавка на коррозию, мм	1	1
Количество потоков	4	8
Габаритные размеры, мм		
длина	17028	
ширина	4028	
высота	18000	



Таблица 1. Сравнение результатов контроля методами АЭ, цветной дефектоскопии, рентгенографии

Вид контроля		Выявленные дефекты
цветная дефектоскопия	рентгенография	
I поток		
Радиация		
+	+	2Т-4 мм Н-2 мм
+	+	Пдр-300 мм, Т-60 Н-3 мм
+	+	2П-2 мм, 3Пдр-200 мм
+	+	3Т-8 мм Н-3 мм, 2Пдр-200 мм
+	+	2Т-5 мм Н-2 мм, 2П-2 мм
+	+	2Т-6 мм Н-3 мм
+	+	3П-3 мм, Пдр-100 мм
+	+	2Т-8 мм Н-3 мм
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
Дефекты швов, не обнаруженные АЭ методом		
+	-	Дефекты типа Т не обнаружены
+	-	2П-2 мм
+	-	6Т-5 мм Н-1 мм
+	-	4Т-4 мм Н-1 мм
Конвекция		
+	+	2Т-6 мм Н-2 мм
+	+	3П-2 мм
+	+	4Т-8 мм Н-2 мм
Переход из радиации в конвекцию		
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
+	+	2П-3 мм
+	+	Пдр-60 мм
II поток		
+	+	3П-2 мм, 4Т-6 мм Н-2 мм
+	+	Т-8 мм Н-3 мм
Швы, рекомендованные к дополнительному контролю после проведения АЭ диагностирования		
+	+	Пдр-200 мм
+	+	3Т-6 мм Н-2 мм
+	+	2П-2 мм, Пдр-100 мм
Переход из радиации в конвекцию		
+	+	Пдр-100 мм
+	+	2Т-10 мм Н-2 мм
+	+	3П-2 мм
+	+	2Т-6 мм Н-2 мм
+	+	2Т-8 мм Н-3 мм
+	+	3П-3 мм Пдр-100 мм
+	+	2П-3 мм Т-10 мм Н-3 мм
+	+	2Т-12 мм Н-3 мм, П-3 мм
+	+	2П-3 мм, Пдр-100 мм
+	+	2Т-10 мм, Пдр-80 мм
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
+	+	Пдр-100 мм
+	+	2П-2 мм Т-8 мм Н-2 мм
+	+	3Т-4 мм Н-2 мм

Продолжение табл. 1

Вид контроля		Выявленные дефекты
цветная дефектоскопия	рентгенография	
IV поток		
Радиация		
+	+	3Т-10 мм Н-2 мм, П-2 мм
+	+	2Т-6 мм Н-3 мм, 2П-3 мм
+	+	2П-2 мм, Пдр-150 мм
+	+	2Т-10 мм Н-2 мм
+	+	3П-2 мм, 2Т-12 мм Н-3 мм
+	+	Пдр-2 мм, 2Т-12 мм Н-3 мм
Конвекция		
+	+	2Т-15 мм Н-3 мм, 2П-2 мм
+	+	2Т-8 мм Н-3 мм, 2П-3 мм
+	+	Пдр-100 мм, 2Т-8 мм Н-3 мм
Переход из радиации в конвекцию		
+	+	3Т-15 мм Н-3 мм, Пдр-100 мм
+	+	2П-3 мм, 3Т-20 мм Н-3 мм
Швы, не давшие повышенного АЭ сигнала, доступные для дополнительного контроля		
+	+	Пдр-100 мм
+	+	Дефекты типа Т не обнаружены
+	+	П-2 мм
+	+	Пдр-80 мм

Примечание: Т – трещина (указано число трещин наибольшей длины); Н – глубина трещин, мм; П – пора (указан диаметр, мм); Пдр – подрез (указана длина, мм).

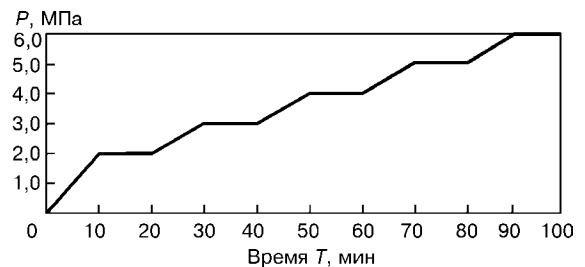


Рис. 6. График нагружения продуктового змеевика

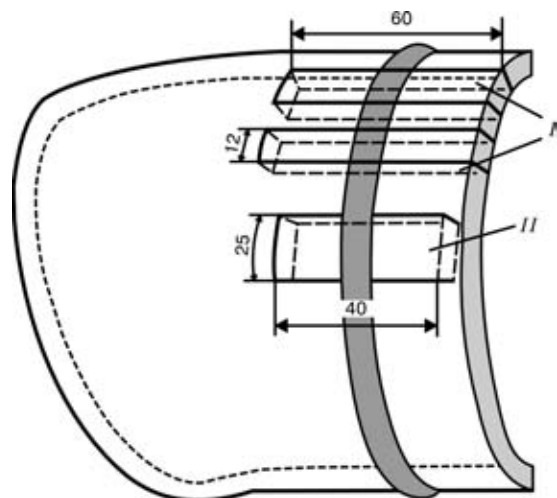


Рис. 7. Схема разрезки фрагмента калача на заготовки для изготовления образцов МИ-14 (I – 2 шт.) и образца для определения межкристаллической коррозии (II – 1 шт.)



Таблица 2. Результаты испытания на растяжение образцов МИ-14 из материала трубы печи

Место вырезки (участок)	Выполнение	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
Радиации	Автоматическая	290,5	572,5	58	78
Конвекции	Ручная	307	551	38	68
»»	»»	383	595	23	42
»»	»»	341	565	31	51
»»	»»	354	587	44	67

Примечание. Марка сварочной проволоки 07X19H10Б.

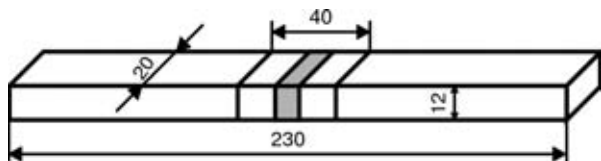


Рис. 8. Заготовка из фрагмента змеевика радиации с кольцевым заводским швом для металлографии (средняя часть) и изготовления образцов МИ-14

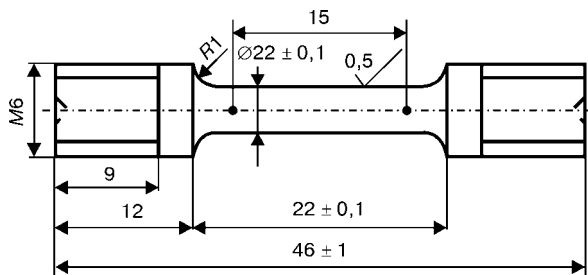


Рис. 9. Образец МИ-14 для испытаний металла шва, околошовной зоны на растяжение

областей повышенной АЭ активности. В табл. 1 приведены результаты сравнения различных методов контроля, а также классификация найденных дефектов.

Для проведения дальнейших исследований были подготовлены образцы из фрагментов змеевика радиации и конвекции (рис. 7–9).

Проведены испытания на растяжение образцов из материала трубы печи каталитического крекинга. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Исследована структура сварных соединений и основного металла трубы из стали 12X18H10T. В результате исследования установлено наличие горячих трещин в металле сварного шва (рис.10), наличие межкристаллитной коррозии на внутренней поверхности трубы в районе зоны термического влияния сварки. Также обнаружены шлаковые включения в металле шва монтажного стыка трубы, очаги межкристаллитной коррозии в основном металле сварного соединения. Таким образом, показано, что метод АЭ достаточно надежно регистрирует наличие в изделии развивающихся дефектов.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев

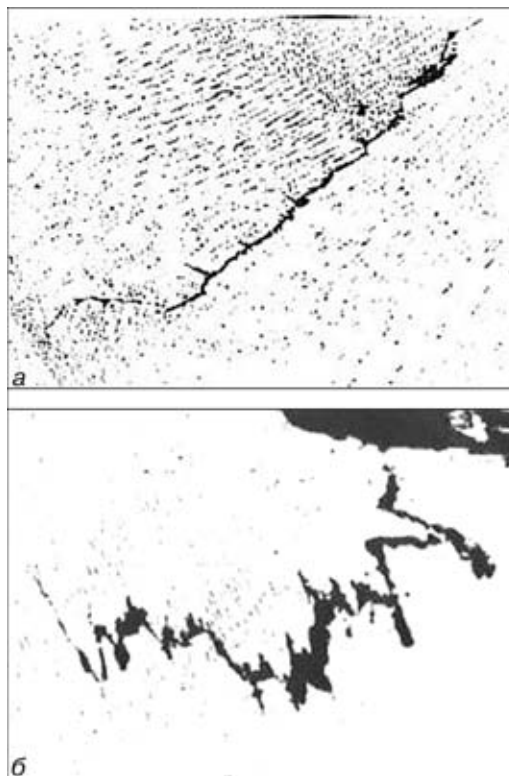


Рис.10. Горячие трещины в верхнем валике сварного соединения (X120, монтажные швы)

Выводы

1. АЭ метод обеспечил 100 % контроль поверхности трубчатого змеевика печи, включая сварные монтажные и заводские соединения.

2. При выполнении контрольных работ метод АЭ обеспечил регистрацию развивающихся дефектов типа трещин, непроваров и др. в изделиях из стали 12X18H10T, традиционно сложных для других методов контроля. Результаты АЭ контроля подтверждены другими методами НК.

3. Опыт применения АЭ метода показывает его высокую оперативность и производительность при достоверности, соответствующей требованиям принятых нормативных документов.

1. Недосека А. Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. — Киев, Индпром. — 2001.
2. Р 50-01-01. Рекомендації щодо акустико-емісійного контролю об'єктів підвищеної небезпеки. — Київ, ТКУ-78 «ТДНК».
3. СТП 50.02-2000. Технічна діагностика. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Загальні технічні вимоги. — Київ, ТКУ-78 «ТДНК».
4. Патон Б. Е., Недосека А. Я., Яременко М. А., Харченко Л. Ф., Овсienко М. А. Акустико-емісійна діагностика работоспособности трубопроводных систем и сосудов нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств, работающих под давлением до 16 МПа (Методика утверждена ТКУ-78 и согласована с Госнадзоромхрантруда Украины).

Поступила в редакцию 20.04.2003



ДИФФУЗИОННОЕ РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В МЕТАЛЛАХ

В. И. ГОРДЕЛИЙ, В. Е. ЧАБАНОВ

Предложена физическая модель частотной зависимости коэффициента рассеяния звука в металлах. Это позволило получить математические выражения для коэффициента рассеяния, справедливые в широком диапазоне частот. В их основе лежит средний (наиболее вероятный) диаметр зерен и конкретные значения указанных коэффициентов на двух частотах.

A physical model is proposed of description of frequency dependence of sound scattering coefficient in metals. This permitted deriving mathematical expressions for the coefficients of scattering, valid in a broad range of frequencies. They are based on the average (most probable) diameter of grains and specific values of the above coefficients on two frequencies.

О природе и физических особенностях распространения звука в металлах написано достаточно много [1–5] и др. При этом установлено, что ослабление звука в твердых телах обусловлено его поглощением и рассеянием на микронеоднородностях и границах кристаллитов. Причем, на величину поглощения, т. е. на преобразование энергии звука в тепло, влияют потери на дефектах кристаллической решетки, термоупругие эффекты, дислокационное трение, взаимодействие фононов с электронами проводимости в металлах, магнитоупругие эффекты в ферромагнетиках, взаимодействие звука с колебаниями решетки (фононофононное взаимодействие) и др. [3]. Для большинства указанных эффектов поглощение монотонно увеличивается с частотой звука. При наличии дислокационного трения и термоупругости наблюдаются резонансные изменения коэффициентов поглощения, однако обычно они имеют место только на сравнительно высоких частотах. В целом можно полагать, что влияние поглощения звука на этих частотах в наибольшей степени зависит от его рассеяния на различного рода неоднородностях структуры.

Рассеяние ультразвуковых (УЗ) сигналов в чистых металлах зависит от степени упругой анизотропии кристаллитов и от их размеров. В металлах, имеющих всякого рода примеси, вакансии, многофазную структуру и др., наибольшую роль в рассеянии колебаний играют именно эти неоднородности.

Первые теоретические оценки влияния рассеяния на коэффициент ослабления звука были выполнены В. Мэзоном и Х. Скимагом [6]. Им изучалось влияние изолированных сферических отражателей на величину рассеянного звука. Более полное изучение этого механизма выполнялось И. М. Лифшицем и Г. Д. Пархомовским [7]. Они принимали во внимание многократность рассеяния ультразвука на границах кристаллитов при его распространении в металлах и его воздействие на полный коэффициент рассеяния. Л. Г. Меркулов существенно усовершенствовал эти результаты [8–10]. Им были получены еще более строгие теоретические решения, уточнены границы его применимости и физика рассеяния ультразвука кристаллитами в различных диапазонах частот.

В. Н. Данилов [11] оценил влияние отклонения размеров микрокристаллов от их среднего значения на величину коэффициента рассеяния. Делались попытки использовать частотные характеристики коэффициентов рассеяния для диагностики материалов, в частности чугуна [12]. Проводилась оценка величины зерен по затуханию УЗ волн [13], осуществлялось измерение твердости в закаленных слоях металлов [14] по их акустическим характеристикам и др.

Результаты выполненных исследований привели к убеждению, что на низких частотах ультразвука, т. е. при $\lambda > 2\pi D$, где λ — длина звуковой волны, D — средний (наиболее вероятный) размер зерна, доминирующую роль играет рэлеевское рассеяние. При нем коэффициент рассеяния пропорционален четвертой степени частоты. В области средних частот, когда $D < \lambda < 2\pi D$, характерным является фазовое рассеяние звука на границах кристаллитов, величина которого пропорциональна квадрату частоты. Если $\lambda < D$, то имеет место диффузное рассеяние ультразвука, при котором коэффициент рассеяния уже не зависит от частоты. На еще более высоких частотах заметную роль начинает играть физическое поглощение звука, т. е. его преобразование в тепло. Известно решение [15], в котором коэффициент поглощения имеет произвольную степень частоты, а акустический сигнал описывается ступенчатой функцией.

Вместе с тем указанные границы применимости различных законов ослабления звука в твердых телах являются условными, а сами эти законы — сомнительными. В самом деле, они были получены исходя из предположения, что рассеиватель представляет собой однородный и изотропный шар, который располагается вдали от других таких же шаров в однородном и изотропном теле с отличными от шара параметрами. При падении на него звуковой волны этот шар частично ее рассеивает, оставаясь, тем не менее, в покое. Т. е. не осциллирует под действием падающей волны, а представляет собой некоторую пространственную константу.

В действительности такая модель является слишком упрощенной. В самом деле, в реальности кристаллиты не являются ни шарообразными, ни изотропными. Более того, они имеют острые углы, наличие которых совершенно искажает характер



рассеяния ими звука, особенно на высоких частотах. Не обладают осевой симметрией, что ведет к появлению крутильных колебаний в поле падающей звуковой волны. Поскольку размеры кристаллитов экспериментально определяются с помощью плоских шлифов, в действительности они оказываются всегда больше измеренных. На рассеяние влияет не только структура металлов, но и их субструктура, наличие дислокационных блоков, в результате чего каждый отдельный кристаллит уже нельзя считать однородным. Кроме того, они совсем не окружены изотропным твердым телом, поскольку такового в металлах просто нет. Рассеивающие звук кристаллиты находятся в механическом контакте с точно такими же анизотропными кристаллитами. Причем, физико-механические характеристики последних примерно такие же, как и самого рассеивающего звук кристаллита, а разность граничных импедансов определяется всего лишь угловой разориентацией их осей. Поэтому, если на одной части кристаллита разность граничных импедансов будет положительной, то на другой она оказывается отрицательной. И переход ее от одного значения к другому является не равномерным, как считалось в теоретических моделях, не плавным, а кусочно-прерывистым.

Кроме того, поскольку прохождение акустической волны в металлах представляет собой осцилляцию кристаллитов (особенно на низких частотах), не может не осциллировать и сам рассеивающий звук кристаллит. Отсюда на рассеяние им звука не меньшее влияние оказывает разница инерционных качеств соседних кристаллитов, степень упругости их связей и др., чем его собственные параметры.

Вместе с тем размеры кристаллитов, распределение энергии по их поверхности также оказывается неодинаковым. Упругие характеристики материала вблизи границы кристаллитов часто не являются однородными. Границы служат стоками дислокаций, концентратами вакансий, примесей и других фаз. В результате здесь возникает нелинейность связи между напряжением и деформацией, особенно при возникновении радиационных и усталостных повреждений и на сравнительно высоких частотах ультразвука.

Кроме того, рэлеевское рассеяние на низких частотах ультразвука может наблюдаться только при малой концентрации рассеивателей [3], т. е. когда корреляционная связь между ними отсутствует, что для металлов невозможно.

В то же время, относительное изменение характеристических импедансов на границах зерен чистых металлов незначительно и обычно не превышает нескольких процентов. Вследствие этого имеет смысл принимать во внимание только однократное рассеяние звука. В результате этого соизмеримыми по воздействию на рассеяние звука оказываются не только отдельные кристаллиты, но также целые их группы, образованные соседними кристаллами. Отсюда на частотные характеристики рассеяния начинают влиять размеры не только самих зерен, но также целых кристаллических конгломератов, что существенно изменяет границы между сформулированными законами рас-

сеяния ультразвука в металлах. Причем, это влияние оказывается тем более заметным, чем слабее анизотропия твердых тел.

На эти процессы оказывают специфическое влияние также примеси, наличие микродефектов и т. д. Все это делает получение в какой-то степени адекватного реальности аналитического решения крайне затруднительным, а выполненные ранее теоретические результаты и следуемые из них выводы сомнительными.

Но даже при наличии таких грубых допущений отсутствует достаточно корректное решение, которым было бы удобно пользоваться при оценке ослабления звука в твердых телах в широком диапазоне частот. А значит невозможно анализировать его влияние на прохождение импульсных сигналов, воздействие среды на их спектральные и временные характеристики и проч. Отсюда практическое значение имеющихся решений оказывается незначительным.

В этой связи представляется, что классический подход к решению данной задачи путем анализа дифракционных свойств каждого рассеивателя является малоперспективным. Здесь требуется качественно другой метод, а именно статистический способ решения проблемы. В чем он может заключаться?

Известно, что ослабление акустических сигналов при распространении в поглощающей среде математически описывается введением мнимой компоненты в формулу их фазовой скорости. Тогда получаем комплексное волновое число, применение которого приводит к экспоненциальному затуханию сигнала при его распространении. Однако при этом остается открытым вопрос о физическом смысле указанной мнимой составляющей скорости.

В реальности ослабление акустического сигнала при распространении определяется характером распределения микронеоднородностей в материалах, т.е. вариацией их размеров, взаимной ориентацией соседствующих кристаллитов, степенью анизотропии упругих свойств в различных кристаллических осях и проч. При этом часть акустической энергии задерживается в микрокристаллах вследствие переотражения на их гранях. И как во всяких частично ограниченных объемах проявляются резонансные свойства кристаллитов и их конгломератов. Часть энергии продольных падающих волн переходит в энергию поперечных, рэлеевских, ползущих и других типов волн, которые распространяются медленнее, чем продольные волны в свободном пространстве. И они также обладают резонансными качествами. Кроме того, в результате дифракционного огибания звуком микрокристаллитов увеличивается проходимый им путь. Влияние каждого из кристаллитов на эти процессы сравнительно мало, однако число их настолько велико, что пренебрегать этими эффектами нельзя. В конечном итоге все это ведет к некоторому замедлению распространения акустической энергии в твердых телах, к размыванию импульсных сигналов. Деформация начинает отставать от напряжения, появляется дисперсия звука, возникает разница между фазовой и групповой скоростями волн



в твердых телах, которые, в конечном итоге, и формируют частотную характеристику рассеяния звука в металлах. Т. е. на статистическую скорость распространения акустических волн оказывает влияние структурная неоднородность характеристик материалов.

Определим возможность получения выражений для коэффициентов рассеяния сигналов. Для этого рассмотрим различные статистические законы, описывающие закономерности изменения акустических параметров различных сред.

Первоначально предположим, что вариации волнового числа x звуковых волн в кристаллическом теле относительно наиболее вероятного k описываются законом распределения Коши

$$\varphi(x) = \frac{1}{\pi\alpha} \frac{1}{1 + \left(\frac{k-x}{\alpha}\right)^2},$$

где α — коэффициент рассеяния монохроматических сигналов.

Кстати, многочисленные измерения характера распределения кристаллитов различных металлов по их размерам показали, что при условии $x \geq 0$ они вполне могут быть описываемы этим законом.

Тогда плоскую гармоническую волну можно рассматривать как математическое ожидание волны после преодоления ею дистанции ξ с распределенными препятствиями, воздействие которых на сигналы описывается плотностью вероятности $\varphi(x)$, или

$$P = P_0 \int_{-\infty}^{\infty} e^{ix\xi} \varphi(x) dx = \frac{P_0}{\pi\alpha} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{ix\xi}}{1 + \left(\frac{k-x}{\alpha}\right)^2} dx = P_0 e^{ix\xi} (ik\xi - \alpha\xi).$$

Интеграл вычисляли с помощью вычета в полюсе $x = k + i\alpha$. В результате получено известное экспоненциальное ослабление монохроматической волны при ее распространении.

Если предположить, что вариация волнового числа относительно вероятного определяются другим законом распределения, то затухающая волна будет описываться другим выражением. В частности, при использовании нормального закона распределения волнового числа она примет вид:

$$P = P_0 \exp\left(ik\xi - \frac{\alpha^2\xi^2}{2}\right).$$

Таким образом, здесь уже ослабление звука оказывается пропорциональным квадрату расстояния, и нет оснований считать, что для некоторых материалов такая закономерность не может наблюдаться.

При использовании закона распределения Лапласа $\varphi(x) = \frac{1}{2\alpha} \exp(-|k-x|/\alpha)$ получаем:

$$P = \frac{P_0 e^{ix\xi}}{1 + \alpha^2\xi^2}.$$

Или в случае малых значений $\alpha\xi$ такое решение будет $P \approx P_0 \exp(ik\xi - \alpha^2\xi^2)$. Т. е. здесь наблюдается такая же закономерность ослабления звука, как и при нормальном законе распределения. Вместе с тем для нас наиболее важным является закон Коши, поскольку его применение приводит к наиболее распространенному закону ослабления звука. В этой связи попытаемся оценить частотную зависимость коэффициента ослабления звука от частоты, пользуясь именно этой зависимостью.

Известно, что коэффициент ослабления звука существенно зависит от структуры твердого тела и частоты акустической волны. При этом можно предположить, что чем ближе оказывается частота колебаний звука к наиболее вероятной резонансной частоте микрорассеивателей (кристаллитов), тем сильнее меняется коэффициент рассеяния при вариации частоты звука. Поскольку случайные изменения волновых чисел при распространении звука мы приняли соответствующими закону Коши, естественно предположить, что и закон изменения коэффициента рассеяния от частоты, т. е. спектральная плотность коэффициента рассеяния звука $G(f)$, также описывается законом Коши:

$$G(f) = \frac{d\alpha}{df} = \frac{Qf_p}{\pi} \frac{\alpha_0}{1 + Q^2(f/f_p - 1)^2}, \quad (1)$$

где α_0 — параметр, определяющий величину рассеяния звука данным материалом; f_p — резонансная частота наиболее вероятных кристаллитов. Данная частота не зависит от окружающих кристаллитов и определяется только геометрической формой, размерами и скоростью звука в самих их. В случае, когда геометрическая форма кристаллита близка к сферической, тогда $f_p = c/(\pi D)$, где c — скорость распространения продольной волны.

Если кристаллиты вытянуты в результате различного рода механической обработки металлов (ковки, прессования и др.), то, очевидно, могут иметь место две резонансные частоты, одна из которых определяется резонансом длины, а другая — радиальными колебаниями (те же рассуждения применимы и для поперечных волн). Влияние трансформации волн в другие типы колебаний в приведенных рассуждениях не учитывалось, поскольку при наблюдении звука в направлениях, близких к направлению распространения волны, такая трансформация минимальна.

В предложенной выше закономерности величина Q эквивалентна добротности рассеивателей в среде. Она зависит от того, насколько различаются импедансы кристаллитов по различным осям, углам их разориентации, а также разностью поверхностной энергии различных составляющих в сплавах металлов. Она зависит также от величины дисперсии размеров кристаллитов.

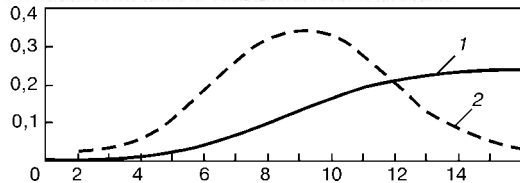


Рис. 1. Экспериментальные значения коэффициента ослабления звука (1) и его спектральной плотности (2)

Если принять во внимание все изложенное, то коэффициент рассеяния звука описывается выражением:

$$\alpha(f) = \frac{Q\alpha_0}{f_p} \int \frac{df}{1 + Q^2(f/f_p)^2} = \alpha_0 \operatorname{arctg}[Q(f/f_p - 1)] + C.$$

Константу C находим из условия, что при нулевой частоте коэффициент рассеяния должен быть равен нулю. Откуда следует, что $C = \alpha_0 \operatorname{arctg}Q$. В результате получаем:

$$\alpha(f) = \alpha_0 \operatorname{arctg} \frac{Qf/f_p}{1 - Q^2(f/f_p - 1)} \text{ при } f \leq f_p(1 + Q^{-2}), \quad (2)$$

$$\alpha(f) = \alpha_0 \left[\pi + \operatorname{arctg} \frac{Qf/f_p}{1 - Q^2(f/f_p - 1)} \right] \text{ при } f > f_p(1 + Q^{-2}).$$

Рассмотрим случай, когда спектральная плотность коэффициента рассеяния акустических сигналов зависит от частоты:

$$G(f) = \alpha_0 e^{\exp\{-[f - f_p/\Omega]^2\}}. \quad (3)$$

Интегрирование данного распределения по частоте дает:

$$\alpha(f) = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \alpha_0 \Omega \left[\operatorname{erf}(f_p/\Omega) + \operatorname{erf}(f - f_p/\Omega) \right]. \quad (4)$$

При этом в выражениях (1)–(4) параметры α_0 , Q и Ω характеризуют поведение кристаллитов как объемных резонаторов и определяются экспериментально. Для этого требуется измерить коэффициенты рассеяния ультразвука в изучаемом материале на двух частотах, а также знать средние диаметры кристаллитов, и решить систему из двух уравнений (2) или (4). Или иметь результаты измерений на трех частотах, если неизвестна величина D , и решить систему из трех уравнений.

Для проверки справедливости выбранных статистических распределений (1) и (3) воспользуемся типовой частотной характеристикой коэффициента рассеяния железа-армко со средним диаметром зерна 0,23 мм из работы [16] (рис. 1). При этом оказывается, что $f_p = 8,11$ МГц, для случая (1) можно считать $\alpha_0 = 1,1$ Нп/м и $Q = 2,2$, а для распределения (3) — $\alpha_0 = 0,34$ Нп/м, $\Omega = 3,94$. Данные распределения и их спектральные плотности приведены на рис. 2.

Таким образом, могут иметь место оба полученных распределения, однако в большей степени отвечает экспериментальной зависимости распределение (4), особенно на низких частотах. Характерно, что полученное выражение оказывается

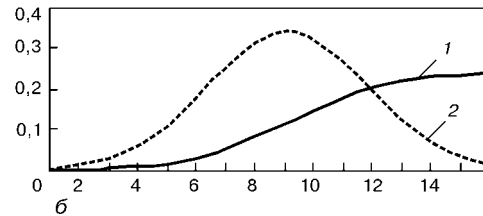
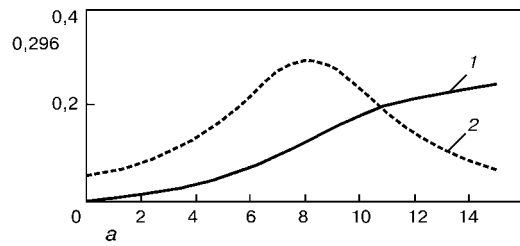


Рис. 2. Экспериментальные распределения коэффициента ослабления звука $\alpha(f)$ (1) и его спектральной плотности $\beta(f)$ (2) с применением распределений по формуле (2) — (а) и (4) — (б)

справедливым и для многих других металлов, а также для поперечных волн. Причем, как показал анализ, для получения истинного значения среднего размера зерна следует значения, полученные с помощью шлифов, умножить на 1,27.

1. Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Механика сплошных сред. М.: Наука 1953. — 137 с.
2. Физическая акустика / Под ред. У.Мэзона. Пер. с англ. Т.1. 4.А. — М.: Наука — 1966. — 232 с.
3. Труэлл Р., Эльбаум Ч., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела / Пер. с англ. — М.: Наука, 1972. — 340 с.
4. Ноздрев В. Ф., Федорищенко Н. В. Молекулярная акустика. — М.: Высшая школа, 1974. — 228 с.
5. Меркулов Л. Г. Поглощение и диффузное рассеяние ультразвука в металлах // Журн. техн. физ. — 27. — Вып.5. — 1957. — С. 1045–1050.
6. Mason W. P., Mcskiman H. F. Attenuation and scattering of high frequency sound waves in metals and glasses // J. Acoust. Soc. Amer. — 1947. — №19. — P. 467–472.
7. Лившиц И. М., Пархомовский Г. Д. К теории распространения ультразвуковых волн в поликристаллах // Журн. теор. физ. — 20. — Вып.1 — 2. — 1950.
8. Меркулов Л. Г. Исследование рассеяния ультразвука в металлах // Там же. — 26. — Вып.1. — 1956. — С. 64–75.
9. Меркулов Л. Г. Применение ультразвука для исследования структуры сталей // Там же. — 27. — Вып.6. — 1957. — С.1386–1391.
10. Меркулов Л. Г., Меркулова В. М. Лекции по физике ультразвука. — Таганрог, 1976. — 71 с.
11. Данилов В. Н. К расчету коэффициента затухания упругих волн при рассеянии в поликристаллических средах // Дефектоскопия. — № 8. — 1989. — С. 18–23.
12. Воронкова Л. В., Воронков С. Н. Спектральный метод определения твердости чугуна. // Там же. — 1990. — № 6. — С. 24–28.
13. Химченко Н. В., Бобров В. А. Неразрушающий контроль в химическом и нефтяном машиностроении. — М.: Машиностроение, 1978. — 264 с.
14. Дорофеев А. Л., Рожков В. И. Неразрушающие физические методы измерения твердости. — М.: Машиностроение, 1979. — 60 с.
15. Горшков Н. Ф. О влиянии поглощения на распространение упругих импульсов / Автореф. дис. — М.: — 1957.
16. Неразрушающий контроль. Книга 2. Акустические методы контроля / И. Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов // Под ред. В.В.Сухорукова. — М.: Высш. шк., 1991. — 281 с.
17. Неразрушающий контроль и диагностика / Под ред. В. В. Клюева. — М.: Наука, 1995. — 480 с.



К РАСЧЕТУ ДОННЫХ ЭХО-СИГНАЛОВ ДЛЯ ПРЯМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМОЙ АКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Г. Г. ЛУЦЕНКО, В. Г. БЕРКУТА

Исследуется зависимость амплитуды донных сигналов на выходе прямого пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП) при различной длительности излучаемых импульсов и различной форме активной поверхности преобразователя.

Dependence of the amplitude of bottom signals at the output of a direct piezoelectric transducer is studied at different duration of the emitted pulses and different shape of the active surface of the transducer.

Зависимость амплитуды донного сигнала от расстояния между преобразователем и отражающей плоскостью имеет большое прикладное значение. Она используется при измерении эквивалентного размера дефекта с помощью АРД-диаграмм (при условии, что калибровка электроакустического тракта дефектоскопа проводится по донному эхо-сигналу), а также при измерении коэффициента поглощения продольных волн по методу многократных отражений. Во всех этих случаях используют стандартную зависимость, приведенную на графике совместно с АРД-диаграммами [1]. Однако известно, что эта зависимость получена для ПЭП с активной поверхностью круглой (или близкой к ней) формы и, по-видимому, при использовании импульсных сигналов некоторой определенной длительности. Если форма ПЭП, которую приходится использовать по тем или иным соображениям, и длительность используемого сигнала отклоняются от указанных выше, то и сама зависимость амплитуды донного сигнала от расстояния может измениться. Тогда использование стандартной кривой повлечет за собой погрешности измерения. Задача данной работы состоит в том, чтобы, получив зависимость амплитуды донного сигнала от расстояния расчетным путем, исследовать влияние на эту зависимость двух факторов: формы апертуры ПЭП и длительности импульсного сигнала.

Расчетный алгоритм. С привлечением преобразования Фурье расчет эхо-сигнала на выходе ПЭП сводится к последовательности расчетов для каждой из частот спектра сигнала (при соответствующей его дискретизации) с последующим применением обратного преобразования Фурье. В свою очередь, расчет на каждой из частот спектра включает в себя решение задачи излучения, отражения и приема отраженных преобразователем волн. Решение первой и третьей задач в строгой постановке труднодостижимо. Поэтому [2, 3] мы прибегнем к упрощениям, более детальное обсуждение которых можно найти в работах [4, 5]. Упрощения сводятся к тому, что воздействие ПЭП на среду аппроксимировано сторонними нормальными напряжениями, равномерно распределенными на пло-

щадке контакта, а электрический сигнал на выходе ПЭП в режиме приема считается пропорциональным интегралу по поверхности контакта от величины нормального смещения в отраженной от дна волне. Расчет поля сигнала, отраженного от дна, проводится в строгой постановке.

Применяя двумерное преобразование Фурье к распределению механических напряжений, создаваемых ПЭП на поверхности упругого слоя, представим это распределение в виде совокупности пространственных гармоник, каждой из которых соответствуют в объеме среды две волны: продольная и сдвиговая. Эти волны испытывают многократные отражения на границах слоя, претерпевая при каждом отражении взаимную трансформацию. При расчете амплитуды импульсного сигнала, получаемого в результате N -кратного отражения, предположим, что: 1) обе границы при расчете отражения можно рассматривать как свободные; 2) расстояние между границами слоя и длительность импульса таковы, что сигналы, претерпевшие трансформацию из продольной волны в сдвиговую и обратно, разделены во времени.

Таким образом, следствием трансформации волн при отражении может быть лишь частичный отбор энергии из продольной волны и некоторое ее дополнительное ослабление. При расчете отраженного поля можно также не принимать во внимание вклад неоднородных волн, имеющих в пространственном спектре излученных волн.

Нетрудно найти коэффициент преобразования однородной продольной волны, соответствующей пространственной гармонике с частотами из спектра внешнего воздействия, в продольную волну:

$$R(\kappa) = \frac{(2\kappa^2 - k_s^2)^2 + 4\kappa^2\gamma_l\gamma_s}{(2\kappa^2 - k_s^2)^2 - 4\kappa^2\gamma_l\gamma_s} \quad (1)$$

Здесь $\kappa^2 = \alpha^2 + \beta^2$; $\gamma_l^2 = \kappa^2 - k_l^2$; $\gamma_s^2 = \kappa^2 - k_s^2$; k_l — волновые числа сдвиговых и продольных волн соответственно.

Опуская промежуточные выкладки, приведем выражение для комплексной амплитуды нормального смещения частиц поверхность, где расположен преобразователь, соответствующее волне N -кратного отражения:

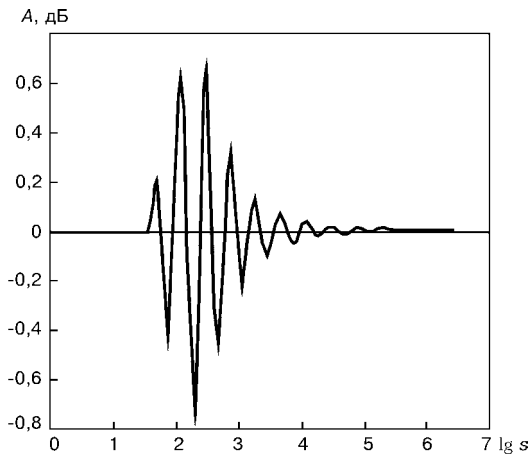


Рис. 1. Форма импульсного сигнала, принятая при расчетах

$$W(\omega, x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(\alpha, \beta) F(\alpha, \beta) \frac{\gamma_l}{\rho c_s^2} R^{2N-1}(\kappa) \times \exp(-\gamma_l H) \exp(i(\alpha x + \beta y)) d\alpha d\beta, \quad (2)$$

где $S(\alpha, \beta)$ — преобразование Фурье пространственного распределения нормальных напряжений, приложенных со стороны преобразователя, на плоскости; $F(\alpha, \beta) = (k_s^2 - 2\kappa^2) / ((2\kappa^2 - k_s^2)^2 - 4\kappa^2 \gamma_l \gamma_s)$; H — толщина слоя; ρ — плотность материала слоя; c_s — скорость сдвиговых волн в слое.

После интегрирования выражения (2) по площади контакта преобразователя со средой получаем:

$$K_{ak}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |S(\alpha, \beta)|^2 F(\alpha, \beta) \frac{\gamma_l}{\rho c_s^2} \times R^{2N-1}(\kappa) \exp(-\gamma_l H) d\alpha d\beta. \quad (3)$$

Это выражение можно рассматривать как акустическую частотную характеристику, определяющую изменение комплексной амплитуды спектра сигнала за счет процессов пространственной фильтрации при излучении, распространении, отражении и приеме. При известных предположениях (см. [5]), спектр эхо-сигнала на выходе преобразователя получается из спектра возбуждающего импульса, поданного на преобразователь, в результате умножения на частотные характеристики

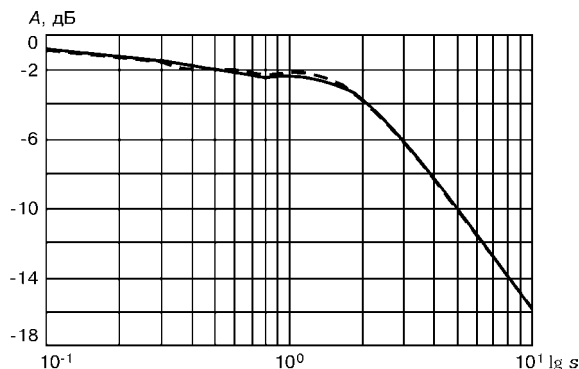


Рис. 2. Стандартная (штриховая) и расчетная (сплошная линия) зависимости амплитуды донного сигнала от нормированного расстояния

ПЭП в режиме излучения, в режиме приема и на акустическую частотную характеристику. Так как частотные свойства собственно ПЭП при излучении и приеме хорошо известны, то в нашей задаче предпочтительно задавать форму сигнала (рис. 1), уже подвергнутого фильтрации пьезопластиной при излучении и приеме (или соответствующий ей спектр $S_0(\omega)$). Тогда можно найти амплитуду эхо-сигнала на выходе ПЭП после N -кратного отражения:

$$s(t, N) = \max \left(\left| \operatorname{Re} \left(\int_0^{\infty} S_0(\omega) K_{ak}(\omega, N) \exp(-i\omega t) d\omega \right) \right| \right). \quad (4)$$

Формулы (3), (4) являются основой для вычислительного алгоритма на ЭВМ (по методу пространственных спектров). Однако при больших значениях NH подынтегральное выражение в (3) часто меняет знак, и алгоритм, заданный формулой (3), становится неудобным для вычислений. В этом случае целесообразно перейти на сверточный алгоритм, описанный ниже. Рассматривая интеграл (3) как двумерный интеграл Фурье при значениях аргументов, равных нулю, замечаем, что он является преобразованием Фурье от двух множителей:

$$Q_1(\alpha, \beta) = |S(\alpha, \beta)|^2 F(\alpha, \beta) \frac{\gamma_l}{\rho c_s^2} R^{2N-1}(\kappa) \exp(-\gamma_l H_0),$$

$$Q_2(\alpha, \beta) = \exp(-\gamma_l(NH - H_0)),$$

где $H_0 > 0$. По теореме Парсеваля:

$$K_{ak}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} q_1(x, y) q_2(x, y) dx dy. \quad (5)$$

Здесь $q_1(x, y)$ — двумерное преобразование Фурье от $Q_1(\alpha, \beta)$, а $q_2(x, y)$ (как преобразование Фурье от $Q_2(\alpha, \beta)$) представляет собой распределение на горизонте $z = NH$ скалярного поля дипольного источника, расположенного в начале координат на глубине H_0 .

Зависимость амплитуды сигнала от расстояния до дна. Расчеты, основанные на формулах (3)–(5), направлены на выяснение влияния на зависимость амплитуды донного сигнала от глубины следующих факторов: 1) взаимной трансформации волн при неоднократных отражениях; 2) длительности импульса; 3) отклонения формы апертуры датчика от круга. Но прежде всего следовало убедиться, что приближенный алгоритм расчета дает результаты, достаточно близкие к известной стандартной зависимости при однократном отражении. Положительный ответ на этот вопрос дает пример расчета для ПЭП с круглой апертурой диаметром 20 мм на частоте 2,5 МГц (материал: сталь, $c_l = 6000$ м/с, $c_s = 3230$ м/с), представленный на рис. 2.

Здесь и далее амплитуда эхо-сигнала выражена в децибеллах, расстояние до дна нормировано к расчетному значению размера ближней зоны $s = H/Z$, где $Z = S/\pi\lambda$ (S — площадь апертуры преобразователя, λ — длина волны на центральной

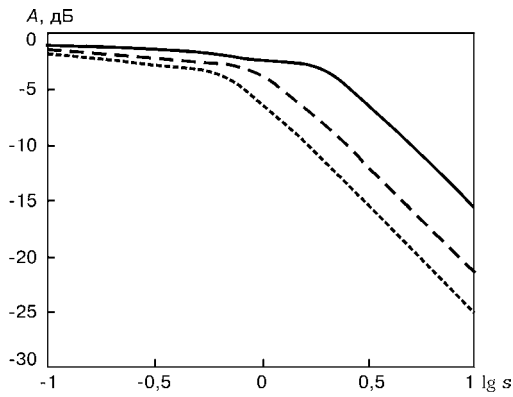


Рис. 3. Зависимости амплитуд донных сигналов для однократного (сплошная линия), двукратного (штриховая) и трехкратного (пунктирная) отражений

частоте). Как видно из рис. 2, расчетная и стандартная зависимости достаточно близки (расхождения, заметные в ближней зоне, не превышают 0,3 дБ). Это свидетельствует о том, что принятые приближения позволяют провести расчеты с достаточной для практики точностью.

Существенное влияние взаимной трансформации продольных и сдвиговых волн можно выяснить следующим образом. Если влияние незначительно, то поверхности слоя играют роль идеальных зеркал. Тогда, применяя понятие мнимого источника, следует предположить, что значение амплитуды N -кратного отражения совпадает со значением, найденным по кривой однократного отражения для расстояния, равного $z = NH$.

На рис. 3 показаны зависимости для одно-, двух- и трехкратного отражений для преобразователя диаметром 12 мм на частоте 2,5 МГц. По оси абсцисс отложен логарифм нормированного расстояния ($\lg s$). Для того, чтобы перестроить кривые N -кратного отражений в координатах, соответствующих однократному отражению, достаточно сдвинуть их вправо на $\lg N$. Как показано на рис. 4, такой сдвиг приводит к практически полному совпадению в дальней зоне. Отличия в ближней зоне не превышают 0,2...0,3 дБ (они становятся еще меньше с увеличением волнового размера апертуры). Таким образом, для реальных размеров прямых ПЭП эффектами трансформации волн при кратных отражениях ($N = 2...3$) можно пренебречь. Однако с ростом количества отражений этот эффект усиливается и в приведенном выше приме-

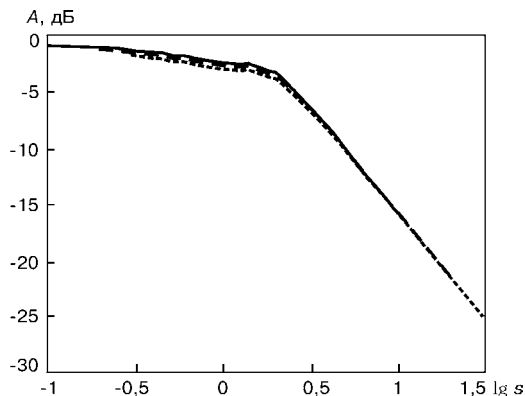


Рис. 4. Кривые донных отражений после совмещения

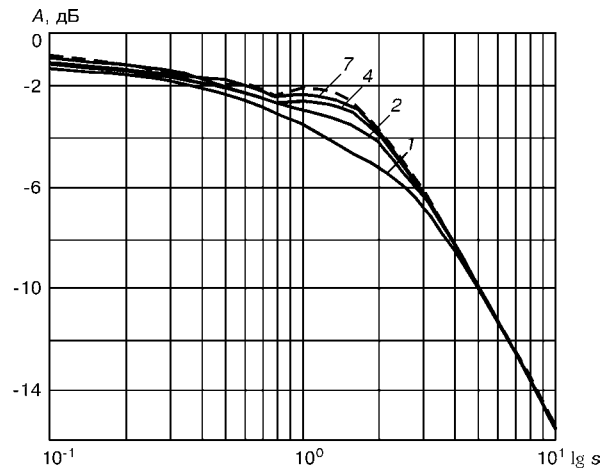


Рис. 5. Зависимости амплитуды донного сигнала от нормированного расстояния для импульсов разной длительности (длительность в периодах центральной частоты указана на кривых). Штриховой линией показана стандартная зависимость

ре отличие амплитуды 8-го отражения от значения, рассчитанного по кривой однократного отражения, достигает в пределах ближней зоны 2 дБ (при этом отличия в дальней зоне незначительны).

При исследовании влияния длительности импульса использовались импульсы с такой же огибающей, как и на рис. 1, но с разным количеством периодов центральной частоты, которые помещаются на интервале эффективной длительности импульса (на рис. 1 — четыре периода). Результаты расчетов для преобразователя с центральной частотой 2,5 МГц и диаметром 20 мм показаны на рис. 5.

Зависимости нормированы так, чтобы они совпадали в наиболее удаленной точке. Видно, что все зависимости сближаются в дальней зоне. Различия наблюдаются лишь в ближней и промежуточной зонах. При этом, если длительность больше двух периодов частоты заполнения, то отличия рассчитанных донных кривых от стандартной зависимости незначительны. Они возрастают при уменьшении длительности импульса.

Рассмотрим влияние формы апертуры ПЭП на характер зависимости амплитуды донного сигнала от расстояния. При расчетах была выбрана прямоугольная форма пластины ПЭП с различным

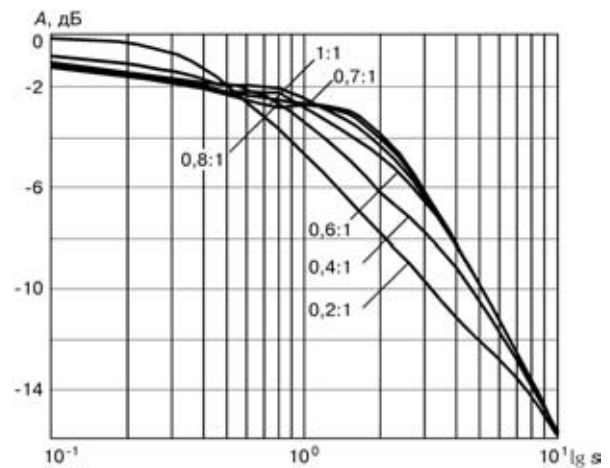


Рис. 6. Зависимости амплитуды донного сигнала от нормированного расстояния для преобразователей разной формы (соотношение сторон прямоугольника указано на кривых)



соотношением сторон при условии сохранения площади пластины. Предполагалось, что эффективная длительность импульса составляет четыре периода частоты заполнения. Результаты расчетов приведены на рис. 6.

Кривые нормированы таким образом, чтобы они совпадали в точке, соответствующей наибольшему расстоянию между ПЭП и дном. По мере увеличения диспропорции сторон прямоугольника отличия донных кривых (по сравнению со случаем квадратной пластины) увеличиваются. До тех пор, пока меньшая сторона составляет 0,7 от большей стороны, отличия от кривой для квадратной апертуры можно признать незначительными. При соотношении сторон 0,6:1 заметны отличия в промежуточной зоне.

При большей диспропорции (0,4:1, 0,2:1) заметны значительные отличия как в ближней, так и в дальней зоне. Донные кривые для преобразователей с круглой и квадратной апертурой близки, но не совпадают: наибольшее расхождение (0,6 дБ) наблюдается в ближней зоне.

НПО «Ультракон-Сервис»,
г. Киев
НТУУ «КПИ»

Выводы

Сходство стандартной донной кривой и донной кривой, рассчитанной для ПЭП с круглой апертурой, указывает на приемлемость приближений, принятых при расчетах.

Отличие донных кривых для ПЭП с круглой апертурой от стандартной кривой заметно проявляется лишь при использовании достаточно коротких импульсов (с длительностью, меньшей двух периодов частоты заполнения).

Ход донных кривых в ближней и дальней зонах существенно зависит от формы апертуры: чем больше вытянутость формы при условии равенства площадей, тем значительнее отличия.

1. *Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник* / Под ред. Ключева В. В. — М.: Машиностроение, 1995. — 488 с.
2. *Dielouah H., Baboux J. C. Transient Ultrasonic Field Radiated by a Circular Transducer in a Solid Medium* / Journ. Acoust. Soc. Am. — 1992. — 92. — P. 2932–2941.
3. *Данилов В. Н. К вопросу о моделировании действия прямых преобразователей при излучении упругим напряжением на контролируемой поверхности* / Дефектоскопия. — 1998. — № 8. — С. 20–27.

Поступила в редакцию
06.06.2003

ИТОГИ СЕМИНАРА ПО НК В БЕЛЕКЕ (Турция)

С 26 апреля по 3 мая 2003 г. в туристическом центре г. Белек (в 30 км от всемирно известной Анталии, Турция) Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики, НПФ «Диагностические приборы» и НПФ «Ультракон» провели Научно-практический семинар на тему «Современные аспекты организации неразрушающего контроля качества продукции на промышленном предприятии». Тематика докладов и сообщений семинара включала в себя: *Общие вопросы неразрушающего контроля качества продукции; Нормативно-техническое обеспечение деятельности служб; Приборное оснащение лабораторий НК; Вопросы подготовки и аттестации специалистов, аккредитация подразделений НК.* В семинаре приняли участие 31 специалист из Украины, России и Грузии, которые выступили с 15 докладами. Значительный интерес, проявленный к семинару — всего было подано около 80 заявок — был значительно снижен из-за военных действий в Ираке. Однако, по общему признанию участников, семинар удался и эксперимент может быть признан удачным.

Особый интерес участников семинара был проявлен к докладам известных в НК специалистов: проф., докт. техн. наук *Белокура И. П.* (Национальный авиационный университет, г. Киев), канд. техн. наук *Радько В. И.* (Ассоциация «Укрэксперт», г. Киев), *Балакирева П. А.* (ОАО «Мотор Сич»), *Павлия А. В.* (НПФ «Диагностические приборы», г. Киев), которые были посвящены вопросам организации неразрушающего контроля. Доклады проф., докт. техн. наук *Рыжикова В. Д.* (Центр радиационного приборостроения, г. Харьков), канд. техн. наук *Лозенко* (СКБ «Полисвит», г. Харьков), *Козина А. Н.* (НПФ «Диагностические приборы», г. Киев), *Павлия И. В.* (НПФ «Ультракон», г. Киев), *Мартыновского В. А.* («ДП-Тест», г. Киев) в основном касались вопросов разработки, внедрения и применения новых типов оборудования для НК. По общему мнению участников, семинар прошел на высоком организационном и техническом уровне.

Особенно высокой оценки были удостоены бытовые и природно-климатические условия проведения семинара — пятизвездочный отель «Бельконтис», среди хвойных и эвкалиптовых лесов, на самом берегу Средиземного моря. Почти полный состав участников семинара в один из дней принял участие в «выездном заседании» — была организована рыбалка и отдых с шашлыками из баранины и жареной форелью на берегу чудесного высокогорного озера. Также состоялся целый ряд других неформальных мероприятий, которые оставили прекрасные впечатления об этом райском уголке.

Надеемся, что новая встреча обязательно состоится весной следующего года!

Александр Козин, Бюро Правления УО НКД,
НПФ «Диагностические приборы»



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

П. В. ТЕРЕХОВ, В. К. КАЛЕНТЬЕВ, Д. Ш. МУРАТОВ

Впервые сделана попытка систематизировать рентгеноскопические и структурометрические показатели, поверхностную концентрацию металлического серебра, толщину эмульсионных слоев российских и зарубежных технических радиографических пленок (РП). Пленки сгруппированы по классам в соответствии с рекомендованным в Российской Федерации (РФ) стандартом «Контроль неразрушающий. Радиографический метод». Проведено сравнение цен технических РП на российском рынке.

A first attempt has been made to systematize the X-ray sensitometric and structurometric indices, surface concentration of metallic silver, thickness of emulsion layers of Russian and foreign technical X-ray films. Films are grouped into classes according to the «Nondestructive Testing. X-ray method» standard, recommended in the Russian Federation (RF). Prices of technical X-ray films in the Russian market are compared.

В настоящее время в РФ нет стандартов по классификации РП и методам их испытаний, а также стандарта, регламентирующего применение химических реактивов для химико-фотографической обработки радиографических снимков, которые соответствовали бы европейским стандартам [1]. В 80-х годах XX в. в зарубежной литературе появилась информация о новых методах оценки качества изображения на РП, применяемых при неразрушающем контроле (НК), в зависимости от качества самих пленок, а также о методах классификации последних. В современных зарубежных стандартах принята классификация качества РП по четырем и по шести классам [1–6]. Определяющими критериями качества РП для НК являются гранулярность (шум) и квантовая эффективность детектирования (КЭД), т. е. отношение сигнал/шум падающего на пленку потока излучения (экспонирования) к отношению сигнал/шум, поглощенного в эмульсионном слое излучения (изображение на пленке). В этом случае информационная емкость РП учитывает свойства самого эмульсионного слоя. При переходе от РП одной чувствительности к пленке другой чувствительности наблюдается следующая закономерность: во сколько раз уменьшается чувствительность, во столько же раз увеличивается количество информации, которая может быть зарегистрирована РП. Поэтому КЭД позволяет сравнивать различные РП применительно к объекту радиографического контроля. При большом значении отношения сигнал/шум излучения, прошедшего через объект контроля, нужно применять РП низкой чувствительности. Они позволяют регистрировать мельчайшие детали объекта на полученном после экспонирования и химико-фотографической обработки изображении. Увеличению информационной емкости РП способствует и ее высокий

градиент (контраст), который определяется как сигнал.

Таким образом, главными критериями информационной емкости РП в зарубежных системах классификации являются градиент G и гранулярность σ . На основе этих критериев и были разработаны и приняты в 1994–1997 гг. международные и европейские стандарты классификации технических РП, применяемых для НК [6–12].

Для российских пленок наиболее оптимальна классификация качества РП по четырем классам в зависимости от параметров (радиационной чувствительности, коэффициента контрастности и градиента), предложенная в работах [1, 2].

Целью настоящей статьи является систематизация сведений по рекомендованной [2] для РФ классификации РП, сравнительный анализ российских и зарубежных пленок по рентгенометрическим и структурометрическим показателям, по поверхностной концентрации металлического серебра в эмульсионных слоях, а также стоимости. Такие данные публикуются впервые и основаны на результатах испытаний радиографических материалов, выпускаемых промышленностью РФ и различными зарубежными фирмами.

Перед изложением результатов испытаний радиографических материалов для исключения разночтений приведем стандартную терминологию.

Под *классом чувствительности радиографического контроля* понимают требование к его чувствительности, установленное нормативной (конструкторской) документацией на объект контроля [2].

Под *классом РП* авторы российского стандарта понимают совокупность требуемых рентгенометрических параметров пленок, обеспечивающих получение радиографического изображения соответствующего класса [2].

Под *чувствительностью РП S* понимают величину, обратную экспозиционной дозе H (дозе излучения), необходимой для получения оптичес-

кой плотности вуали D_o , принимаемой в качестве критерия чувствительности: $S_{кр} = 1/H_{(D_{кр})}$. По российским нормам для РП в качестве критериальной чувствительности $D_{кр}$ приняты значения $0,85 + D_o$ [14] и $2,0 + D_o$ [2, 14].

В международном и европейском стандартах радиационная чувствительность выражается в греях. Единицей измерения радиационной чувствительности в РФ является внесистемная единица — обратный рентген (P^{-1}), а в предлагаемом российском стандарте — Кл/кг.

Соотношения между дозами излучения определены в принятом в 1985 г. Международном стандарте ISO 5799 [13] 1 грей = 114,5 P^{-1} = 0,195 Кл/кг. Соотношения между единицами радиационной чувствительности следующие: $1P^{-1} = 7750$ Кл/кг для критерия $S_{0,85}$ и $1P^{-1} = 3966$ Кл/кг для $S_{2,0}$.

Под *коэффициентом контрастности РП* γ понимают тангенс угла наклона прямолинейного участка характеристической кривой к оси абсцисс (логарифмов экспозиции) [14], или, другими словами, градиент прямолинейного участка характеристической кривой [15].

В проекте российского стандарта приведено другое, отличное от принятого ГОСТ 2653–80 [15], буквенное обозначение коэффициента контрастности РП — g [2].

Градиент характеристической кривой g — это производная оптической плотности по десятичному логарифму экспозиции в данной точке характеристической кривой [15]. Средний градиент g — это градиент участка характеристической кривой, равный отношению приращения оптической плотности к приращению десятичного логарифма экспозиции на данном участке [15].

Под *градиентом G РП* понимают отношение приращения оптической плотности к приращению десятичного логарифма экспозиции на участке характеристической кривой РП между значениями оптических плотностей $D_a + D_o$ и $D_b + D_o$. Для российских РП значения D_a и D_b соответственно равны 0,25 и 2,0, а для некоторых (например, РТ-11, -12, -14, -15) — 1,5 и 2,5 при напряжении на рентгеновской трубке 80 кВ, для зарубежных [5] — 1,5 и 3,5 при напряжении 200 кВ. Авторы проекта российского стандарта [1, 2] предлагают измерять градиент РП в точках с оптической плотностью $D = 0,85 + D_o$ для напряжения на рент-

геновской трубке 80 кВ и $D = 2,0 + D_o$ для напряжения 220 кВ.

Под оптической плотностью вуали D_o понимают оптическую плотность неэкспонированного радиографического материала, подвергнутого химико-фотографической обработке, с вычетом плотности нулевого фона (D_{o0}), равного оптической плотности неэкспонированного материала, прошедшего все стадии химико-фотографической обработки при отсутствии в растворе проявляющих веществ [15]. Единица измерения — белл (Б).

Под *гранулярностью* понимают флуктуации оптической плотности равномерно экспонированного и проявленного радиографического материала, оцениваемые инструментальными методами [15].

Под *среднеквадратической гранулярностью* σ_d понимают среднеквадратическое отклонение оптической плотности [15].

Необходимо отметить, что практики часто путают понятия гранулярности и зернистости радиографического материала — последняя трактуется как визуально обнаруживаемая неоднородность на равномерно экспонированном и проявленном участке радиографического материала [15].

Разрешающая способность радиографического материала R характеризуется наибольшей пространственной частотой в фотографическом изображении резольвометрической миры, соответствующем максимуму кривой разрешения. Этот параметр выражается в лин./мм и является для РП дополнительной характеристикой, поскольку определяется посредством экспонирования светом.

Введено три класса радиографического изображения для дифференциации требований к контролю объектов, имеющих различные области применения (изделия, поднадзорные Госатомнадзору и Госгортехнадзору РФ; металлоконструкции, гидросооружения и другие, не подведомственные надзорным органам). Классы радиографического изображения определяются совокупностью значений определенных показателей [2–4].

Класс I. Оптическая плотность изображения контролируемого участка на снимке, не менее: при контроле сварных соединений — 2 Б, отливок — 1,5 Б; чувствительность радиографического контроля — класс 1; тип источника излучения: при контроле сварных соединений — рентгеновские аппараты непрерывного действия, гамма-дефектоскопы с радионуклидными источниками иттербий-

Таблица 1. Классы технических РП в зависимости от их параметров

Классы радиографических пленок	Радиационная чувствительность, P^{-1} , не менее		Коэффициент контрастности γ , не менее		Градиент G , не менее, при $D = 2,0 + D_o$	
	$S_{0,85} + D_o$ ($U = 80$ кВ)	$S_{2,0} + D_o$ ($U = 220$ кВ)	$U = 80$ кВ	$U = 220$ кВ	$U = 80$ кВ	$U = 220$ кВ
1. Особомелкозернистые низкочувствительные	1,2	0,20	5,2	4,8	3,2	3,0
2. Мелкозернистые низкочувствительные	3,0	0,5	4,2	3,8	2,8	2,5
3. Мелкозернистые, среднезернистые среднечувствительные	8,0	1,2	4,0	3,5	2,4	2,2
4. Зернистые высокочувствительные	25	2,5	2,5	2,5	1,8	1,6

Примечание. P^{-1} — радиационная чувствительность приведена в обратных рентгенах, т. е. в единицах, указанных на упаковке пленки; U — напряжение на рентгеновской трубке.



Таблица 2. Классы РП различных марок в зависимости от их чувствительности

Класс	Марка	Фирма-производитель	Страна	Чувствительность пленки $S_{0,85 + D_0}$
1	PT-14	ОАО «Тасма»	РФ	2,6
	PT-15	»»	»»	1,4
	DR50	*Кодак	Франция	1,4
	M100	Кодак	»»	2,6
	D2	*Агфа-Геверт	Бельгия	1,4
	D3	Агфа-Геверт	»»	2,6
	NDT35, NDT45	Дюпон	Германия	1,5; 2,7
	IX25, IX50	Фуджи	Япония	1,5; 2,7
2	PT-5Д, PT-К	ОАО «Тасма»	РФ	5,0; 7,0
	PT-4М	ОАО «Свема»	Украина	6,5
	MX125	Кодак	Франция	4,5
	T200	»»	»»	6,5
	D4	Агфа-Геверт	Бельгия	4,5
	D5	»»	»»	6,5
	P4, R5	Фома	Чехия	4,5
	P5, R5	*Фома	»»	5,5
	NDT45, NDT55	Дюпон	Германия	2,7; 6,5
	IX80	Фуджи	Япония	4,5
3	PT-12, PT-7Т	ОАО «Тасма»	РФ	12; 8,0
	P7, R7	Фома	Чехия	11,0
	P8, R8	»»	»»	17
	D7	Агфа-Геверт	Бельгия	11
	D8	»»	»»	15
	AX	Кодак	Франция	9,0
	AA400	»»	»»	11
	CX	»»	»»	16
	NDT65, NDT70	Дюпон	Германия	12; 16
	IX100	Фуджи	Япония	11
	IX150	»»	»»	17
4	PT-1, PT-11	ОАО «Тасма»	РФ	30; 40
	PT-1В	ОАО «Свема»	Украина	30
	PT-6-1	»»	»»	60
	*P1, RX	Фома	Чехия	27

Примечания. Пленочные радиографические системы выпускаются фирмами под следующими торговыми марками: Кодак — KODAK INDUSTREX; Агфа-Геверт — СТРУКТУРИКС; Фома — FOMADUX; P — из полуфабриката, произведенного в Чехии, R — поставлена из Чехии, «Фома»; Дюпон — DUPON; Лаки — INDUSTRIAL X-RAY FILM.

169, тулий-170, селен-75, иридий-192, кобальт-60, источники тормозного излучения; при контроле отливок — рентгеновские аппараты непрерывного и импульсного излучения, гамма дефектоскопы с радионуклидными источниками иттербий-169, тулий-170, селен-75, иридий-192, цезий-137, кобальт-60, источники тормозного излучения.

Класс II. Оптическая плотность изображения контролируемого участка на снимке, не менее: при контроле сварных соединений — 1,8 Б, отливок — 1,5 Б; чувствительность радиографического контроля — класс 2; тип источника излучения: при контроле сварных соединений и отливок — рент-

геновские аппараты непрерывного и импульсного излучения, гамма-дефектоскопы с радионуклидными источниками иттербий-169, тулий-170, селен-75, иридий-192, цезий-137, кобальт-60, источники тормозного излучения.

Класс III. Оптическая плотность изображения контролируемого участка на снимке: при контроле сварных соединений и отливок — не менее 1,5 Б; чувствительность радиографического контроля — класс 3; тип источника излучения: при контроле сварных соединений и отливок — рентгеновские аппараты непрерывного и импульсного излучения, гамма дефектоскопы с радионуклидными источниками иттербий-169, тулий-170, селен-75, иридий-192, цезий-137, кобальт-60, источники тормозного излучения.

Классы РП определяются в зависимости от энергии излучения, радиационной толщины и металла объекта контроля.

Предлагаемый российский стандарт отличается от существующего по трем важным пунктам.

1. Сенситометрические параметры определяются не только при напряжении на трубке рентгеновского аппарата 80 кВ, как рекомендовано в [16], но и при 220 кВ.

2. Помимо определения коэффициента контрастности вводится понятие градиента, ранее определявшегося только для медицинских пленок.

3. Сенситометрические параметры определяются при напряжении на трубке рентгеновского аппарата 80 кВ как и ранее при плотности $0,85 + D_0$, а при напряжении 220 кВ — при плотности $2,0 + D_0$.

По этим пунктам проект российского стандарта на радиографические материалы приближается к европейским и международным стандартам.

Однако принципиальное отличие проекта стандарта РФ от международных и европейских заключается в отсутствии в нем главного критерия, определяющего качество изображения на пленке — отношения сигнал/шум. Кроме того, в проекте не приведен стандартный метод химико-фотографической обработки. Несущественным отличием предлагаемого проекта стандарта от международных

и европейских является использование для классификации пленок наряду с источником постоянного излучения источника импульсного излучения.

Классы технических РП (табл. 1) определяются совокупностью предлагаемых проектом стандарта РФ показателей [1–3].

Методика эксперимента. Критерием принадлежности РП, выпускаемых зарубежными фирмами, к тому или иному классу по принятой в РФ классификации служит чувствительность. Для определения этой характеристики и других сенситометрических показателей радиографические материалы подвергали экспонированию на рент-

Таблица 3. Рентгенсинометрические показатели РП различных фирм-производителей

Тип пленки	Время эксп., с	Рентгенсинометрические показатели							Толщина слоев, мкм
		$S_{0,85+D_0}$, P^{-1}	γ	G	D_0 , Б	R , mm^{-1}	$\sigma_D \cdot 10^3$ при $D = 2,0$	G/σ_D	
ОАО «Тасма-Холдинг»									
РТ-15	100	1,3	4,9	4,5	0,05	195	16	281	22
РТ-14	100	2,6	5,1	4,4	0,06	180	18	232	23
РТ-5Д	100	5,0	4,6	4,0	0,03	180	25	160	17
РТ-К	100	6,0	4,7	4,2	0,04	180	24	191	18
РТ-7Т	100	8,5	4,9	4,4	0,04	180	26	161	19
РТ-12	100	12	4,5	3,8	0,06	160	30	125	22
РТ-11	50	30	4,2	3,9	0,10	65	61	64	27
РТ-1	50	40	4,5	3,9	0,08	65	62	63	23
ОАО «Свема»									
РТ-4Ш	100	6,0	4,0	3,5	0,06	160	30	116	
РТ-4М	100	6,0	4,0	3,5	0,06	160	30	116	
РТ-1В	50	30	3,3	2,1	0,09	65	63	33	40
РТ-6-1	50	60	3,1	1,8	0,26				
Фома									
Р5	100	7,0	5,0	4,0	0,06	160	25	160	25
Р7	100	12	5,0	4,0	0,05	145	32	125	32
Р8	50	24	4,5	3,9	0,04	135	39	100	31
Р1	50	30	4,0	3,2	0,08	65	64	50	22
Агфа-Геверт									
Д2	100	1,5	6,4	5,1	0,04	195	13	392	
Д3	100	2,6	5,2	4,8	0,05	180	16	303	
Д4	100	3,4	5,3	4,6	0,05	180	20	232	20
Д5	100	7,0	5,2	4,6	0,06	160	26	177	21
Д7	100	11	5,1	4,6	0,06	145	32	144	25
Д8	50	15	4,7	4,1	0,08	120	35	117	
Кодак									
DR	100	1,5	6,5	4,9	0,02	215	13	378	
М	100	2,7	5,2	4,8	0,02	195	15	320	26
MX125	100	4,0	5,3	4,3	0,03	180	19	226	19
T200	100	6,0	4,8	4,1	0,04	180	24	170	
AX	100	11	5,1	4,2	0,06	160	30	140	22
AA400	100	11	5,3	4,2	0,06	160	30	140	22
CX	50	18	4,1	3,7	0,08	145	30	124	
Лаки									
KX221	50	19	3,8	3,1	0,05	145	34	90	22

Примечание. $S_{0,85+D_0}$ – радиационная чувствительность при критерияльной плотности $0,85 + D_0$; γ – коэффициент контрастности; G – градиент; D_0 – оптическая плотность вуали; R – разрешающая способность; $\sigma_D \cdot 10^3$ – среднеквадратичная гранулярность; G/σ – отношение сигнал/шум.

генсинометрической установке типа «Ренекс» без применения усиливающих экранов. Использовали рентгеновскую трубку РИД-1 типа 20-50БД22-150 с вращающимся анодом и напряжением на трубке 80 кВ. Время экспонирования 50 и 100 с, скорость вращения кассеты 90 об./мин. После экспонирования сенситограмму проявляли в стандартном проявителе «Рентген-2» в термостате с качающейся кюветой (количество покачиваний 33,5 в минуту) при температуре 20 °С в течение

Таблица 4. Поверхностная концентрация металлического серебра в эмульсионных слоях РП различных фирм-производителей

Марка пленки	Поверхностная концентрация серебра, $г/м^3$	Российский аналог пленки по чувствительности
Фома, Чехия, FOMADUX		
Р5	14,91	РТ-К, РТ-5Д
Р7	18,07	РТ-7Т, РТ-12
Р8	20,22	–
РХ	22,14	РТ-1
Р1	13,56	РТ-1
Агфа-Геверт, Бельгия, СТРУКТУРИКС		
Д4	12,20	РТ-К
Д5	14,46	РТ-4М
Д7	15,36	РТ-7Т, РТ-12
Кодак, Франция, KODAK INDUSTREX		
М	17,62	РТ-К
МХ	13,55	РТ-К
АХ	17,17	РТ-7Т, РТ-12
AA400	14,91	РТ-7Т, РТ-12
КНК «Лаки», Китай		
KX221	18,91	–
ОАО «Тасма», РФ		
РТ-1	13,50	–
РТ-К, РТ-5Д	11,50	–
РТ-11	23,00	–
РТ-12	16,00	–
РТ-14	17,00	–
РТ-15	17,00	–
РТ-7Т	13,00	–
ОАО «Свема», Украина		
РТ-6-1	30,00	–

6 мин. Промывание и фиксирование, сушку, а также определение сенситометрических показателей проводили в соответствии с действующим ОСТ6-17-54-80 [16].

Полные рентгенсинометрические характеристики некоторых зарубежных [3, 4] и российских [17] рентгеновских РП представлены в табл. 3.

С практической точки зрения немаловажное значение имеет поверхностная концентрация металлического серебра в эмульсионных слоях РП. Эти сведения необходимы, например, при утилизации использованного фиксажа после химико-фотографической обработки пленок, расчета нужного количества фиксажа и т. п. Зарубежные фирмы-производители, как правило, таких сведений не предоставляют.

Определение поверхностной концентрации металлического серебра в эмульсированных слоях РП проводили методом цианометрического титрования (табл. 4).

Цена применяемых пленок значительно влияет на стоимость радиографического контроля. На российском рынке представлены в основном РП фирм «Кодак» и «Агфа-Геверт». В последние годы по-



Таблица 5. Оптовые цены РП на российском рынке

Наименование фирмы или дилера, город	Марка пленки	Производитель	Тип упаковки и цена за м ² , EURO				
			P	NIF	FW	VacuPak Pb	Рулонная
ОАО «Тасма», Казань	PT-1	ОАО «Тасма-Холдинг» »»	16,2	—	—	—	—
	PT-K		12,8	—	—	—	—
ОАО «Свема», Шостка	PT-1B	ОАО «Свема»	15,5	—	—	—	—
Лигас, Казань	D4, D5, D7	Агфа-Геверт	—	19,2	—	—	—
	P5, P7, P1	Фома	—	17,4	—	—	—
	P8	»»	—	19,6	—	—	—
Индфо, Москва	D8	Агфа-Геверт	—	—	33,3	—	—
	D4, D7	»»	—	17,8	32,9	—	—
	FD8p	»»	—	—	—	—	36
БЭЛФИ, Санкт-Петербург	D8	»»	—	23,25	30,8	—	—
	D4, D7	»»	—	17,00	30,8	68,25	48
ООО «МедФом», Москва	D8	»»	—	27,0	—	—	—
	D4, D7	»»	—	19,6	—	68,6	—
	RT-1	ОАО «Тасма-Холдинг»	16,5	—	—	—	—
	RT-K	»»	14,3	—	—	—	—
	R5, R7, RX	Фома	—	18,97	—	—	—
ЗАО «Химпром», Самара	D2–D8	Агфа-Геверт	—	—	35,9	—	—
	D4–D7	»»	—	—	—	75,0	—
ООО «Северо-западные технологии», Санкт-Петербург	D4, D5, D7	»»	—	19,0	34,4	71,8	—
	D8	»»	—	25,9	34,4	—	—
«Ультратест», Санкт-Петербург	D4, D5, D7	»»	—	19,0	34,4	—	—
	D7	»»	—	—	—	68,4	68,4Pb
	D8	»»	—	25,9	34,4	—	—
«AKROPOL», Москва	AA400	Кодак	—	—	—	—	87,4Pb
	D7	Агфа-Геверт	—	—	—	—	76,5Pb
ООО «Сваркон», Уфа	D4, D7	»»	—	19,9	—	—	—

Примечание. P — пленка в коробке проложена листами бумаги; NIF — пленка в коробке не проложена, без конвертов; FW — каждый лист в бумажном конверте; VacuPak Pb — светонепроницаемая вакуумная упаковка со свинцовым экраном 0,027 мм, кассета не требуется.

пытки завоевать российский рынок предпринимают чешская фирма «Фома» и китайская «Лаки Филм Корпорэйшн».

В последнее время на ОАО «Тасма-Холдинг» проводятся работы по повышению качества РП. Они ведутся в двух направлениях: улучшения структурометрических показателей и модификации состава эмульсионных слоев с целью изменения физико-механических показателей пленок для возможности их химико-фотографической обработки в проявочных автоматах. Для синтеза мелкозернистых контрастных эмульсий применяется так же, как и для пленок фирмы «Агфа-Геверт», технология «Cubic grain» [3, 4], позволяющая существенно уменьшить отношение сигнал/шум, повысить коэффициент контрастности и разрешающую способность, и, как следствие, улучшить выявляемость дефектов. Для полива высокочувствительных пленок так же, как и пленок «KODAK INDUSTREX», применяются плоские, T-GRAIN, так называемые T-кристаллы. Их использование улучшает качество высокочувствительных эмульсий так же, как и применение для синтеза низкочувствительной эмульсии «Cubic grain» технологии. Все эти мероприятия

позволили повысить качество технических РП, выпускаемых ОАО «Тасма-Холдинг», что, в сочетании с более низкой ценой по сравнению с импортными аналогами, способствует привлечению потребителей. Сравнительный анализ оптовых цен российских и зарубежных пленок у различных дилеров приведен в табл. 5. Цена российских пленок и их импортных аналогов (с НДС) приведена на апрель 2002 г.

Выводы

1. Впервые проведен сравнительный анализ российских и зарубежных РП по рентгенсициметрическим и структурометрическим показателям, по поверхностной концентрации металлического серебра в эмульсионных слоях, а также по стоимости.

2. Российские и зарубежные РП сгруппированы в классы в соответствии с рекомендованным в РФ стандартом «Контроль неразрушающий. Радиографический метод».

3. Проведен анализ отличий российского стандарта, предлагаемого для классификации РП, от международных и европейских.



4. Проведено сравнение цен фирм-производителей и дилеров, реализующих радиографические технические пленки на территории РФ.

5. Показана возможность использования российских и украинских РП взамен импортных аналогичного назначения, имеющих довольно большую стоимость.

1. Основные направления стандартизации радиографического метода контроля / В. И. Капустин, Т. Н. Максимова, В. Г. Стасев и др. // Дефектоскопия. — 2001. — № 12. — С. 80–86.
2. Стандартизация радиографического метода контроля / В. И. Капустин, Т. Н. Максимова, В. Г. Стасев и др. // Стандарты и качество. — 2002. — № 2. — С. 27–29.
3. Сосни Ф. Р. Квалификационные характеристики стандартов на промышленные рентгеновские пленочные системы // В мире неразруш. контроля. — 1999. — № 6. — С. 8–11.
4. Оборудование и материалы для неразрушающего контроля: Каталог фирмы «Кодак». — М.: АО «Индустрия-сервис», 2000. — 12 с.
5. Радиографические пленочные системы СТРУКТУРИКС: Каталог фирмы «Агфа-Геверт». — ЗАО «БЕЛФИ», 2001. — 52 с.
6. BS EN 584-1:1995. Неразрушающий контроль — промышленная радиографическая пленка. Часть 1: Классификация систем пленок для промышленной радиографии.
7. BS EN 584-2:1995. Неразрушающий контроль — промышленная радиографическая пленка. Часть 2: Контроль

процессов обработки пленки с помощью справочных данных.

8. BS EN 444:1994. Неразрушающий контроль — общие принципы радиографического контроля металлических материалов рентгеновскими и γ -лучами.
9. ISO 11699-1. Неразрушающий контроль: промышленные радиографические пленки. Часть 1: Классификация систем пленок для промышленной радиографии.
10. ISO 11699-2. Неразрушающий контроль: промышленные радиографические пленки. Часть 2: Классификация систем пленок для промышленной радиографии.
11. BS EN 30042:1994. Arс-welded joints in aluminium and its weldable alloys — Guidance on qualitative levels for imperfections.
12. BS EN 462-5:1996. Неразрушающий контроль — качество изображения на радиограммах. Индикаторы качества изображения, определение величины нерезкости изображения.
13. ISO 5799-1985. Фотография. Прямое экспонирование медицинских и зубных радиографических пленок/процесс соотношения. Определение ISO чувствительности и среднего градиента.
14. Августинович К. А. Основы фотографической метрологии. — М.: Легпромбытиздат, 1990.
15. ГОСТ 2653–80. Фотографическая сенситометрия. Термины, определения и буквенные обозначения величин. — М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1980.
16. ОСТ 6-17-54–80. Материалы фотографические черно-белые на прозрачной подложке. Метод рентгеносенситометрического испытания рентгенографических и флюорографических пленок. — М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1980.
17. Номенклатурный каталог серийно выпускаемой продукции. — ОАО «Тасма-Холдинг», 2001. — 32 с.

ОАО «Тасма-Холдинг»,
Казань, РФ

Поступила в редакцию
05.10.2002

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» входит в перечень утвержденных ВАК Украины изданий, публикации в котором засчитываются как обязательные для соискателей ученых степеней.

ВАК Украины принял новое постановление от 15.01.2003 г. № 7-05/01 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». В соответствии с этим постановлением редакционные коллегии научных специализированных изданий, признаваемых ВАК, должны принимать к печати только те статьи, которые имеют следующие необходимые элементы:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важнейшими научными или практическими заданиями
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые ссылается автор
- выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которой посвящена данная статья
- формулировка целей статьи (постановка задачи)
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов
- выводы из представленного исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

Специализированным ученым советам при приеме к защите диссертационных работ предписано засчитывать статьи, опубликованные, начиная с февраля 2003 года, только при условии выполнения изложенных выше требований.

В связи с этим редакция журнала «Техническая диагностика и контроль» будет принимать к печати только те статьи, которые отвечают требованиям ВАК Украины.

Редакционная коллегия журнала



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОБРАЗЦЕ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ КОНЦЕНТРАТОРОМ НАПРЯЖЕНИЙ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ТОМОГРАФИИ

О. Е. ЛЕВИЦКИЙ

Рассматривается модельная задача восстановления пространственного распределения радиальных напряжений в стальном листовом образце с концентратором напряжений в виде цилиндрического штифта методом ультразвуковой (УЗ) реконструктивной томографии. Приводятся результаты теоретического анализа модельной задачи относительно получения расчетных соотношений для оценки радиальных напряжений в теле штифта и в окрестности границы штифт-плита, а также результаты экспериментальных исследований, проведенных на УЗ томографе UST-2000.

The paper analyses the model problem of restoration of the spatial distribution of radial stresses in a steel sheet sample with a stress raiser in the form of a cylindrical pin by the method of ultrasonic reconstructive tomography. Results of theoretical analysis of a model problem are given in relation to the calculated relationships for evaluation of radial stresses in the pin body and in the vicinity of pin-plate, as well as the results of experimental investigations, conducted in UST-2000 ultrasonic tomograph.

Одной из наиболее актуальных технических проблем является проблема неразрушающего контроля (НК) напряженно-деформированного состояния материала конструкций на всех этапах монтажа, испытаний и эксплуатации. С этой целью используются разнообразные физические методы тензометрии (электрические, магнитные, рентгеновские и т.п.). В последние 10–15 лет интенсивно развиваются акустические, а особенно УЗ методы диагностики и оценки напряженно-деформированного состояния, которые базируются на эффекте акустоупругости [1–3].

Как известно, при внутренних или приложенных извне напряжениях материал, сам по себе изотропный, становится двоякопреломляющим. Физически это означает, что скорость поперечной УЗ волны, нормальной к направлению напряжения, разная в зависимости от того, направление ли его колебаний (поляризация) параллельно или перпендикулярно направлению напряжений. Хотя разность в скоростях, как свидетельствуют экспериментальные исследования, незначительна, однако характер изменения скоростей заметно различается. Согласно результатам экспериментальных исследований на листовых образцах из разных материалов, приведенных в итоговой работе по исследованию акустоупругости материалов [2], при одноосном сжатии закономерности характера изменения скорости поперечных УЗ волн с разной поляризацией можно сформулировать следующим образом:

1) *характер изменения скорости поперечных волн с ростом сжимаемых (растягивающих) напряжений для обеих поляризаций носит линейный характер;*

2) *если направление сжатия (напряжений) перпендикулярно направлению поляризации — скорость поперечной УЗ волны падает с ростом сжимаемых напряжений;*

3) *если направления сжатия (напряжений) и поляризации совпадают (лежат в параллельных плоскостях) — скорость поперечной УЗ волны возрастает с ростом сжимаемых напряжений.*

Для растягивающих напряжений характер зависимостей скорость–напряжение для случаев 2) и 3) имеют противоположный ход.

Полученные выводы касаются как листовых материалов с выраженной незначительной ортотропией свойств (листовые алюминиевые сплавы, листовая прокатная сталь), так и материалов без выраженной ориентации свойств (листовое оргстекло) [2, 3].

В последние годы широким фронтом ведутся работы по изучению возможностей применения методов УЗ вычислительной томографии (УЗВТ) как для исследования физико-механических свойств материалов до и после технологической обработки, так и для технической диагностики их состояния, в том числе напряженно-деформированного [4–7].

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований по восстановлению поля радиальных напряжений методом реконструктивной УЗВТ с использованием наклонного зондирования зоны напряжений поперечными УЗ волнами с вертикальной поляризацией.

Контрольный образец. Эксперименты проводились на контрольном образце из листовой стали марки Ст3 в виде прямоугольной плиты из плоскопараллельными поверхностями и стандартными для данных исследований размерами 600×450×28 мм. Для моделирования в материале радиальных нап-

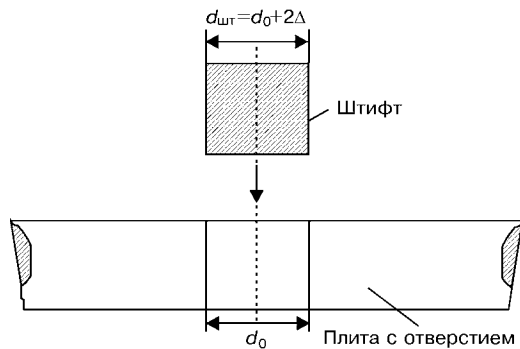


Рис. 1. Плита с цилиндрическим штифтом

ряжений в исследуемой плите (в ее центральной зоне) был вставлен с натяжением сплошной цилиндрический штифт (рис. 1). Материал штифта тот же, что и материал плиты. Для этого в плите низкооборотным сверлом просверлено отверстие диаметром d_0 , в которое вставлен сплошной цилиндр, диаметр которого несколько превышает диаметр отверстия — $d_{шт} = d_0 + 2\Delta$. Установление штифта проводили тепловым способом. Технологически изготовление модельного образца проводили по следующей схеме.

Плита с отверстием $d_0 = 30$ мм предварительно равномерно нагревалась по периферийной области от отверстия до температуры порядка 195°C ; после чего в отверстие вставлялся цилиндрический штифт диаметром $d_{шт} = 30 + 0,1$ мм, охлажденный до температуры 10°C . Такой температурный режим был выбран из расчета обеспечения свободной посадки (без прикладывания внешних усилий) штифта в отверстие плиты. После остывания плиты по поверхности соприкосновения возникает контактное давление, которое является внешним (сжимаемым) для материала штифта и внутренним (растягивающим) для материала плиты в окрестности отверстия. В результате возникают радиальные напряжения в окрестности поверхностей соприкосновения.

Анализ модельной задачи. Для предварительной оценки качественной картины распределения радиальной составляющей напряжений, которые возникают в данном случае в окрестности границ контакта плита–штифт, и сравнения его с экспериментальными данными пространственного рас-

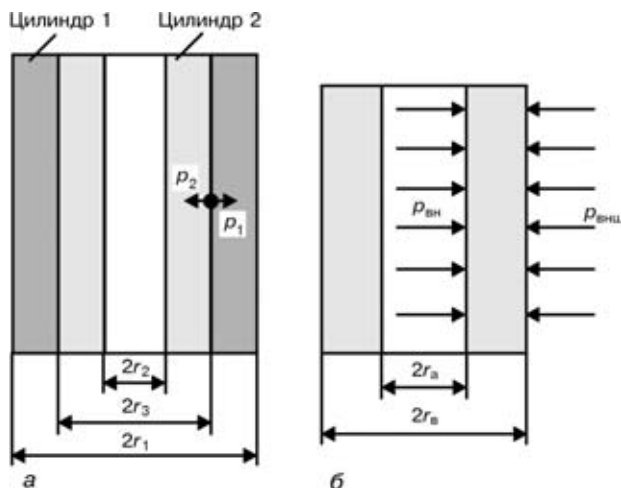


Рис. 2. Расчетная модель составного цилиндра

пределения скоростей УЗ волн в этой зоне плиты, полученных в результате 3D-реконструкции по данным УЗ прозвучивания, был проведен теоретический анализ модельной задачи плита–штифт с целью получения соответствующих расчетных соотношений. Для получения расчетных соотношений для напряжений в окрестности границ штифт–плита была использована модельная задача расчета напряжений для случая составного толстостенного цилиндра: цилиндр изготовлен из двух толстостенных цилиндров, вставленных один в другой (рис. 2). При этом внешний диаметр внутреннего цилиндра d_2 несколько больший (на величину 2Δ) внутреннего диаметра внешнего цилиндра.

В такой постановке модельной задачи для определения распределения основных составляющих напряжений (радиальных σ_r и тангенциальных σ_θ) можно использовать известные соотношения для упомянутых выше напряжений, полученные для случая толстостенного цилиндра, на стенки которого действуют внутреннее и внешнее давления $P_{вн}$ и $P_{внш}$ (см. рис. 2, б) [8].

Общеизвестно, что если вставить один цилиндр во второй с натяжением, то на границе соприкосновения цилиндров возникают усилия, которые вызывают начальные напряжения. Последние определяются исключительно контактным давлением p_0 , что возникает по границе стыка цилиндров. Можно заметить (рис. 2, а), что это давление будет внешним для цилиндра 2 и внутренним для цилиндра 1. Таким образом, задача сводится к расчету напряжений в толстостенном цилиндре для двух случаев давления:

1 случай — на цилиндр 2 действует внутреннее давление $p_1 = p_0$;

2 случай — на цилиндр 1 действует внешнее давление $p_2 = p_0$.

Для корректности, а также наглядности рассмотрим решение модельной задачи поэтапно.

I этап — получаем необходимые соотношения для основных составляющих напряжений в случае простого толстостенного цилиндра (см. рис. 2, б):

$$\sigma_r = \frac{p_2 r_a^2 - p_1 r_b^2}{r_b^2 - r_a^2} - \frac{(p_2 - p_1) r_a^2 r_b^2}{(r_b^2 - r_a^2) r^2},$$

$$\sigma_\theta = \frac{p_2 r_a^2 - p_1 r_b^2}{r_b^2 - r_a^2} - \frac{(p_2 - p_1) r_a^2 r_b^2}{(r_b^2 - r_a^2) r^2},$$

где $p_1 = p_{внш}$, $p_2 = p_{вн}$.

II этап — из рассмотрения модели составного цилиндра на основе соотношений (1) находим величину начального давления $p_0 = p_3$ за счет положительной разности диаметров внешнего цилиндра 1 и внутреннего цилиндра 2 ($d_{2звн} - d_{1вн} = 2\Delta$):

$$p_3 = E \frac{\Delta d_3 (r_1^2 - r_3^2) (r_3^2 - r_2^2)}{4 r_3^3 (r_1^2 - r_2^2)}.$$

Здесь обозначения те же, что и на рис. 2, а; E — модуль Юнга.

III этап — используя найденное соотношение для величины $p_0 = p_3$, по формулам (1) находим расчетное значение радиальной составляющей напряжений в стенке каждого из цилиндров.

Внутренний цилиндр. Чтобы получить соотношение для радиальной составляющей напряжений в соотношения (1) надо подставить следующие параметры: $p_2 = 0$; $r_1 = r_3$; $p_1 = p_3$. В результате получим:

$$\sigma_{r_2} = -\frac{p_3 r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} \left[1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right]. \quad (3)$$

Внешний цилиндр. В этом случае в соотношения (1) необходимо подставить $p_2 = p_3$; $r_2 = r_3$; $p_1 = 0$. Получаем:

$$\sigma_{r_1} = -\frac{p_3 r_3^2}{r_3^2 - r_1^2} \left[1 - \frac{r_1^2}{r^2} \right]. \quad (4)$$

IV этап — адаптация полученных соотношений для случая «сплошного цилиндрического штифта в плите», что можно представить в виде толстостенного виртуального цилиндра ($r_1 \rightarrow \infty$), в который вставлен сплошной цилиндр радиусом r_3 ($r_2 \rightarrow 0$). Очевидно, что расчетное соотношение для радиальной составляющей напряжений, которые возникают в теле цилиндра, можно получить из соотношения (3), если положить $r_2 = 0$ (внутренний радиус внутреннего цилиндра равен 0). Отсюда получаем:

$$\sigma_{r_3} = -p_3. \quad (5)$$

Как видим, по всему сечению штифта величина напряжений постоянна и равна величине давления p_3 с обратным знаком, которое возникает на его внешней поверхности, т. е. это — чистое упругое сжатие материала штифта.

Что касается окрестности плиты, которая примыкает извне к штифту, то ее (окрестность), в принципе, можно представить в виде условного цилиндра с внутренним радиусом r_3 и некоторым условным внешним радиусом r_1 . Тогда составляющие напряжений в стенке этой трубы (здесь стенка трубы представляет некоторую окрестность, которая примыкает извне к штифту с условной шириной $(r_1 - r_3)$ в первом приближении можно оценить согласно полученным выше соотношениям. Для этого из (2) определим величину начального давления p_3 при условии $r_2 = 0$ и подставим полученное соотношение в формулу (4). В результате получаем:

$$\sigma_{r_1} = -\frac{E}{2} \delta r_3 \frac{r_3^2}{(r_3 + \Delta r)^2}, \quad (6)$$

где Δr — расстояние от поверхности цилиндрического штифта в радиальном направлении в теле внешней трубы.

Эпюра радиальной составляющей напряжений приведена на рис. 3.

Результаты экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования проводили на образце УЗ вычислительного томографа UST-

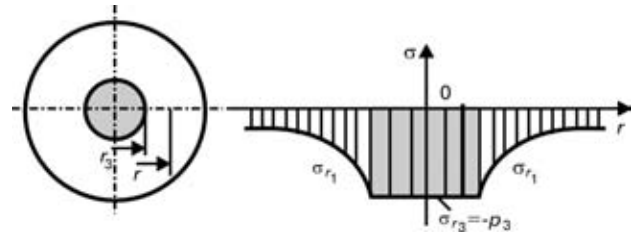


Рис. 3. Эпюра радиальной составляющей напряжений

2000, разработанного в Физико-механическом институте им. Г. В. Карпенко НАНУ для исследований пространственного распределения (ПР) физико-механических характеристик материалов методом реконструктивной УЗ томографии. Сканирование образца проводили многоканальным томографическим УЗ блоком поперечных волн с вертикальной поляризацией. Схема прозвучивания — зеркально-теневая с углом ввода УЗ колебаний $\beta = 59^\circ$ на рабочей частоте 2,5 МГц. Сканирование проводили по полю 320×240 мм с шагом 5 мм.

На рис. 4 представлены основные томографические изображения для модельного образца, полученные после 3D-реконструкции. Вертикальные сечения b и $в$ проходят через координаты центра зоны штифта, как показано на рис. 4, $г$. На томографических изображениях четко проявился локальный контраст в пространственном распределении изменения медленности $\delta B \%$ (B — величина, обратная скорости), который по геометрии размещения и форме полностью отвечает геометрическому размещению и форме тела штифта в плите.

На рис. 5 приведены графики распределений вдоль координаты x относительного изменения медленности распространение УЗ поперечной волны $\delta B \%$ в плоскости центрального сечения XO (рис. 4, $б$) для двух разных глубин z . Видно, что полученные графики в первом приближении качественно повторяют эпюру радиальной составляющей напряжений для центрального сечения штифта, показанную на рис. 3: в зоне штифта изменение скорости максимальное и имеет отрицательный знак; от границ тела штифта величина изменения скорости спадает (в первом приближении по закону $1/x$) по мере увеличения расстояния от этих границ, которая качественно совпадает с ходом эпюры радиальной составляющей, полученной аналитически (рис. 3, $б$).

С целью качественного сравнения характера изменений радиальной составляющей напряжений и величины скорости распространения УЗ волны в областях слева и справа от границы тела штифта на рис. 6 приведены совмещенные графики этих зависимостей, предварительно пронормированных по оси ординат к 1. Видна совместимость кривых соответствующих зависимостей в границах допустимой погрешности, вызванной «начальным фоном» медленности, что существовал в материале плиты до посадки цилиндрического штифта.

Для проверки достоверности полученных результатов по томографическому восстановлению картины распределения радиальных напряжений были проведены эксперименты на аналогичном модельном образце с цилиндрическим штифтом диаметром 16 мм, изготовленными из стали Ст20.

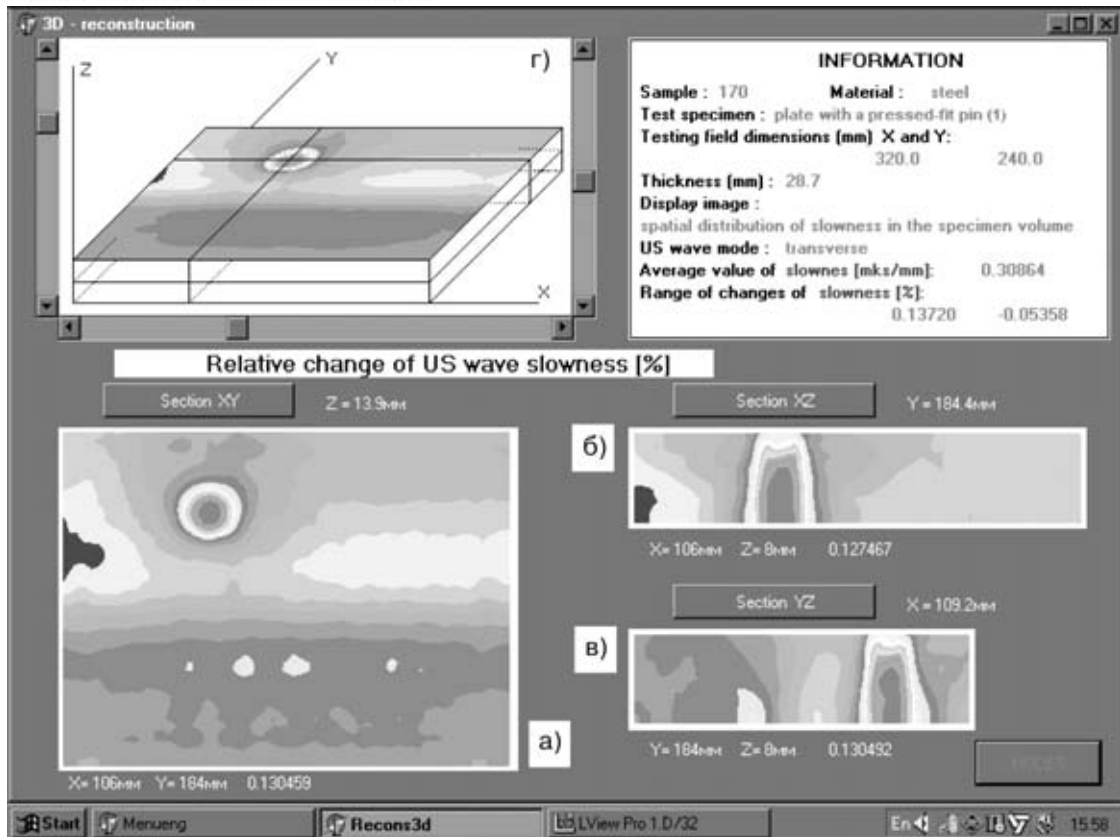


Рис. 4. 3D-изображения ПР относительного изменения медленности в объеме поля прозвучивания сечений: горизонтального XY (а), вертикального XZ (б); вертикального YZ (в), геометрия сечений (г)

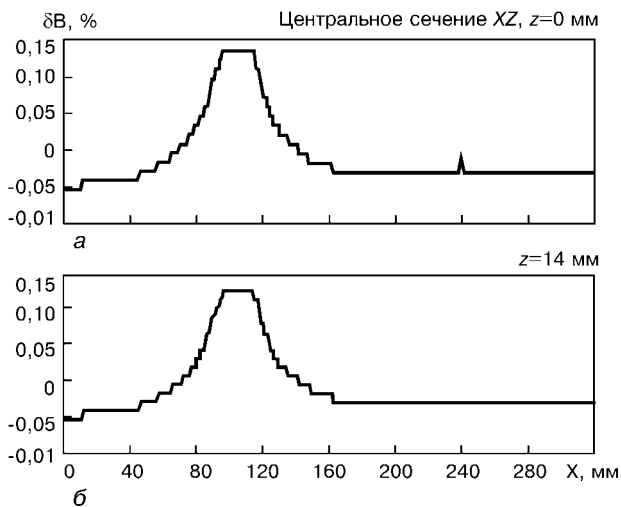


Рис. 5. Графическая зависимость изменения относительной величины медленности вдоль координаты X по высоте центрального вертикального сечения в зоне напряжений

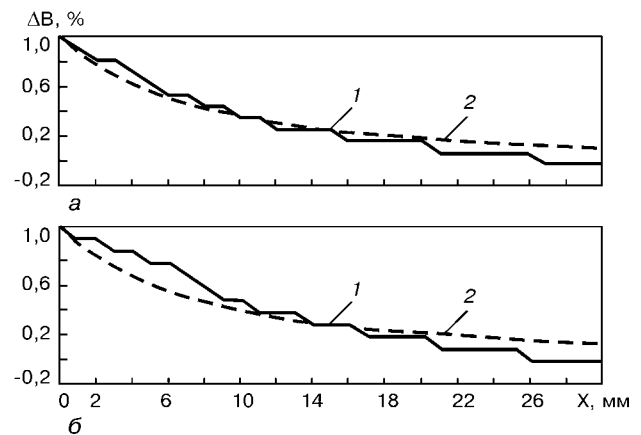


Рис. 6. Совмещенные графики пронормированных зависимостей относительного изменения медленности δB и напряжений σ_r в материале плиты: а — справа от края границы; б — слева от края границы штифт-плита; 1 — изменение медленности согласно экспериментальным данным; 2 — изменение напряжений согласно расчету модельной задачи

Данный модельный образец отличался от предшествующего тем, что посадка цилиндрического штифта проводилась способом запрессовки с предшествующим нагревом плиты до температуры порядка 100 °С. Ниже представлены характерные результаты для образца с диаметром цилиндрического штифта 16 мм.

На рис. 7 приведены реконструированное 3D-изображение пространственного распределения относительного изменения медленности поперечных УЗ колебаний в характерных сечениях объема образца в исследуемой зоне штифт-плита:

- а) горизонтальное сечение XOY на глубине $z = 0$ (плоскость донной поверхности образца);
- б) центральное сечение XOZ;
- в) центральное сечение XOY;

Геометрия сечений показана на рис. 7, г.

На рис. 8 приведены графики распределения относительного изменения медленности поперечных УЗ колебаний в центральном сечении XOZ вдоль координаты X для двух разных значений глубины z , полученных на основе томографического изображения центрального сечения (рис. 7, б).

Анализ пространственной динамики изменения скорости поперечной УЗ волны в разных гори-

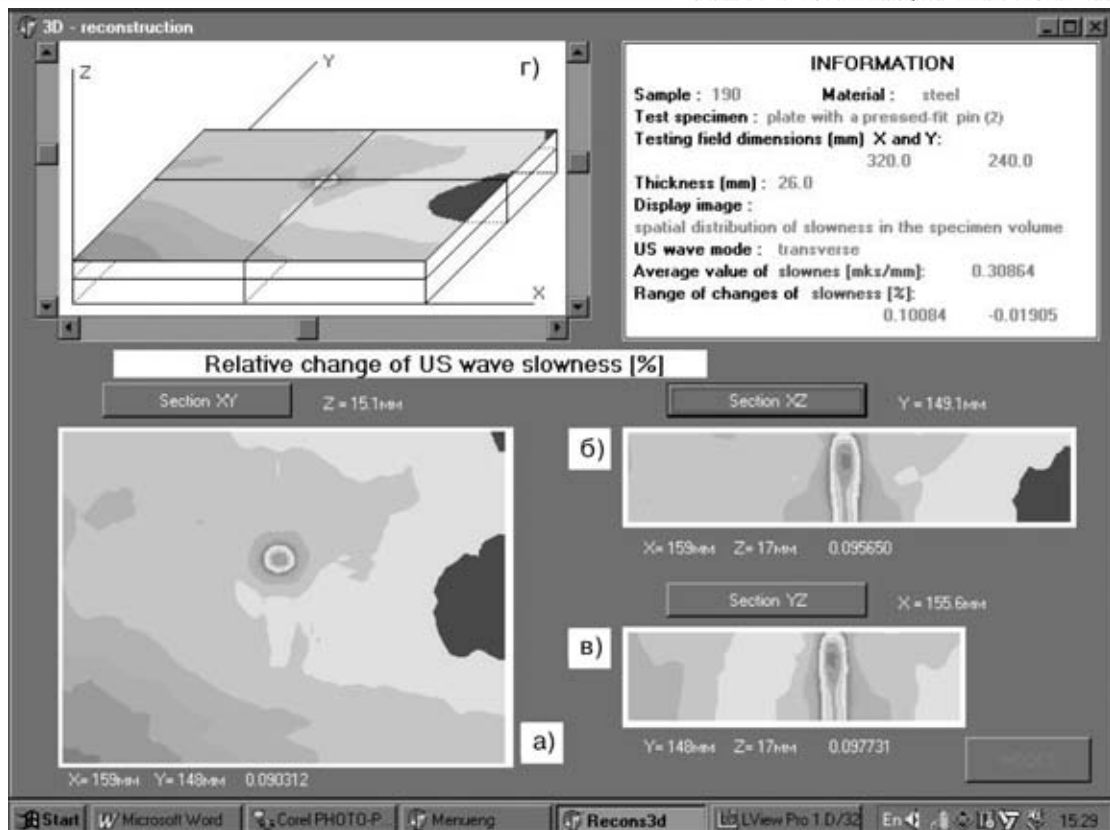


Рис. 7. 3D-изображения ПР относительного изменения медленности в объеме поля прозвучивания образца 2: а — горизонтальное сечение XY; б — вертикальное сечение XZ; в — вертикальное сечение YZ; z — геометрия сечений

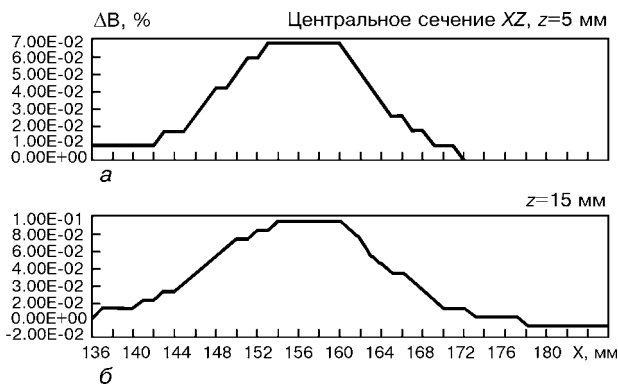


Рис. 8. Зависимости изменения медленности в центральном сечении XOZ по координате X для разных глубин z от донной поверхности

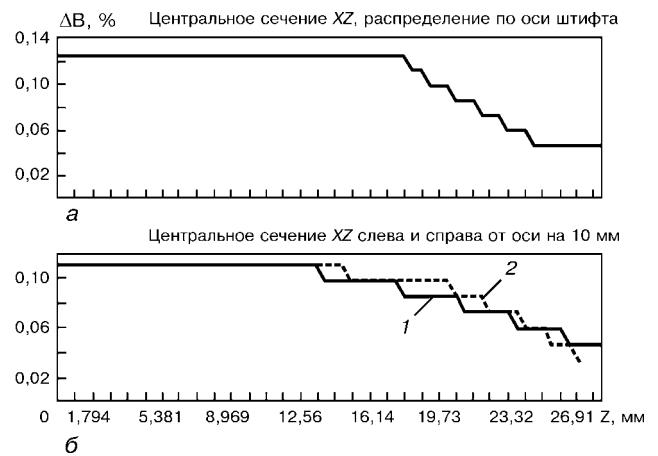


Рис. 9. Зависимости относительного изменения медленности в зоне вертикального центрального сечения ZX: а — по оси Z цилиндрического штифта; б — слева (1) и справа (2) от оси Z на 10 мм

горизонтальных сечениях области наведенных напряжений в модельном образце согласно приведенным томографическим изображениям и полученным на основе их графическим зависимостям показывает, что эти изменения довольно точно повторяют зависимости пространственных изменений радиальной составляющей напряжений как в зоне штифта, так и в зоне плиты, полученные теоретически из анализа расчетной модели штифт-плита. В зоне тела штифта величина изменения скорости относительно среднего значения скорости поперечной УЗ волны максимальна и имеет отрицательный знак. Последнее, собственно, отвечает характеру изменения поперечной УЗ волны с вертикальной поляризацией.

Распределение отклонения скорости от среднего значения по плите в горизонтальных сечениях имеет осесимметричный характер (рис. 4, а, рис. 7, а),

причем, в области, которая отвечает телу собственно штифта величина отклонения скорости постоянна, а в области, которая отвечает телу собственно плиты, величина отклонения скорости спадает по мере удаления от границ штифта по закону $1/x$, т. е. значение скорости УЗ волн за пределами зоны действия напряжений стремится к своему стационарному (среднему) значению.

Однако следует отметить, что в полученных томограммах центральных сечений зоны напряжений (см. рис. 4, б, в) наблюдается некоторая неоднородность распределения в верхней части тела штифта, а собственно спад относительного изменения медленности по ординате z.

На рис. 9 приведены графические зависимости относительной величины медленности δB % вдоль координаты z : по оси симметрии штифта (рис. 9, а), по левую сторону и по правую сторону от оси штифта на 10 мм (рис. 9, б), полученных на основе приведенных выше томограмм центральных сечений. Как видно из приведенных графиков, величина относительного изменения δB % в зоне тела штифта, которая прилегает к верхней поверхности плиты, несколько меньше, чем в донной зоне. Наиболее вероятное объяснение этому — артефакты восстановления, вызванные зеркально-теневой схемой сканирования при одноракурсном прозвучивании.

Для проверки этого предположения проводилось дополнительное томографическое сканирование модельных образцов из противоположной поверхности — донной (для этого образец был повернут на 180° относительно горизонтальной оси X). После реконструкции получили томографические изображения, полностью идентичные соответственно изображениям на рис. 4 и 7. Таким образом, высказанное предположение несовершенства одноракурсного сканирования подтвердилось, т. е. «проблема конуса» [9] в случае толстолистовых изделий проявляется как в пространственной области, так и в области пространственных частот (потеря части пространственного спектра возобновляемого объекта в области пространственных час-

тот, которая образует пространственный конус по оси z с вершиной в нуле и углом в вершине $90^\circ - \beta$, где β — угол ввода УЗ колебаний).

1. *Бобренко В. М., Вангели М. С., Куценко А. Н.* Акустическая тензометрия (Теория и практика). — Кишинев: Штиинца, 1991. — 202 с.
2. *Гузь А. Н., Махорт Ф. Г.* Физические основы ультразвукового неразрушающего метода определения напряжений в твердых телах // Прикладная механика. — 2000. — 36, № 9. — С. 3–34.
3. *Гузь А. Н., Махорт Ф. Г., Гуца О. И.* Введение в акустопругость. — Киев: Наук. думка, 1977. — 152 с.
4. *Ковшовой В. В., Кривин Е. В., Романишин И. М.* Ультразвуковая обчислювальна томографія в задачах неруйнівного контролю та технічної діагностики // Фіз.-хім. механіка матеріалів. — 1997. — № 5. — С. 31–42.
5. *Harting M., Steindl R* Visualization of a Three Dimensional Residual Stress State with Depth Resolution / Computer Methods and Inverse Problems in Nondestructive Testing and Diagnostics. International Conference (CM NDT). November 21–24, 1995. — Minsk, Belarus. — Proceedings. — P. 132.
6. *Kazys R., Mazeika L., Jasiumiene E.* Ultrasonic Tomography of Objects with Non-Planar Boundaries / 15-th World Conference on Non-Destructive Testing. Rome (Italy), 15–21 October 2000. — Proceedings on CD. — IDN 247. — 4 p.
7. *Nazarchuk Z. T., Koshovy V. V., Krivin E. V., Romanishyn I. M.* Ultrasonic Tomography Technologies for NDT and Monitoring of Material Degradation / In book: Proc. of the Joint EC-IAEA Specialists Meeting, 10–12 March 1999, Petten, Netherlands / Edit. U. von Estorff, L. M. Davies, P. Trampus. — Luxemburg, 1999. — P. 79–89.
8. *Беляев Н. М.* Сопротивление материалов. — М.: Физматгиз, 1959. — 856 с.
9. *Chin M., Barrett M., Simpson R. G. et al.* Three-dimensional radiographic imaging with a restricted view angle // JOSA. — 69, № 10. — P. 1323–1333.

Физ.-мех. ин-т им. Г. В. Карпенко НАН Украины,
г. Львов

Поступила в редакцию
19.05.2003

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Приглашаем Вас и Ваших сотрудников принять участие в работе ежегодных научно-практических конференций, семинаров, круглых столов, выставок, организуемых Украинским Информационным Центром «НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ» под научным руководством известных ученых и специалистов Украины, России, Беларуси

ЦЕНТР опирается на многолетний опыт его сотрудников и поименный банк данных, собранных кропотливым трудом в течение 20-летней деятельности по проведению конференций в Украинском Доме экономических и научно-технических знаний и двухлетней самостоятельной работы центра.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ МЕРОПРИЯТИЙ — обмен научно-технической информацией, выявление наилучших результатов практической деятельности и их распространение в промышленности, обобщение опыта производства в условиях информационной разобщенности производителей, ученых и специалистов.

ЦЕНТР ПРЕДЛАГАЕТ: участие, очное и заочное, в работе Международных конференций и выставок (перечень прилагается); организацию бизнестуров на международные конференции и выставки дальнего зарубежья (план формируется); проведение презентаций предприятий и организаций в рамках конференций; издание сборников материалов конференций; организацию

издания лучших докладов в профессиональных журналах Украины, России, Беларуси.

Перечень проводимых мероприятий:

- Одинадцатый ежегодный международный семинар-выставка «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ».

Место и время проведения: г. Ялта, 6–10 октября 2003 г.

- Десятая юбилейная научно-практическая конференция «ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА МАШИН, МЕХАНИЗМОВ, ОБОРУДОВАНИЯ» в рамках выставки «Машпром».

Место и время проведения: г. Днепропетровск, октябрь 2003 г., ЭКСПОЦЕНТР «Метеор».

Подробные сведения можно запросить:

тел./факс: (044) 573–30–40; e-mail: office@conference.kiev.ua;
glavackaya@softhome.net



ОБРОБКА ДАНИХ В ОПТОЕЛЕКТРОННІЙ СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ПРОФІЛЮ РІЗЬБИ

Р. А. ВОРОБЕЛЬ, І. М. ЖУРАВЕЛЬ, Я. М. ЗІНЧАК, О. М. КАРПАШ, Н. В. ОПИР, К. В. СУЩИК

Розглядаються етапи обробки даних, що введені в пам'ять комп'ютера, за допомогою оптоелектронної системи в вигляді багатотонадційних зображень профілю різьби. Показано особливості обробки зображень при одержанні параметрів профілю різьби в інформаційно-вимірній системі.

Stages are considered of processing the data, entered into the computer memory, using an optoelectronic system, in the form of multishade images of the thread profile. Features of image processing are demonstrated, when obtaining the parameters of the thread profile in the information-measurement system.

Діапазон засобів та методів перевірки різьб дуже широкий — від різного роду механічних вимірювальних приладів до лазерних [1–4]. Останнім часом найбільшого поширення набули оптоелектронні методи, а серед них — оптичні компаратори [1]. Ці вимірювальні системи призначені, в основному, для контролю якості форми об'єктів невеликих розмірів. Тому актуальна задача контролю зношення різьб труб нафтогазового сортаменту, оскільки внаслідок виходу з ладу різьбових з'єднань при будівництві та експлуатації свердловин для добування нафти і газу відбувається до 50 % аварій [5]. Контроль експлуатаційних характеристик різьбового з'єднання є одним з способів запобігання аваріям і своєчасного виявлення дефектності. Існуючі лазерно-оптичні системи для вимірювання геометричних параметрів різьб насосно-компресорних труб і муфт [4] вузькоспеціалізовані і досить дорогі. Тому доцільно розробити більш простий спосіб контролю зношення різьби. У роботах [6, 7] запропоновано використовувати для цієї мети «тінювий» метод. Його застосування в оптоелектронній системі дає можливість створювати автоматизовані системи контролю параметрів профілю різьби, які були б дешевші і мали ширші функціональні можливості. Визначення дефектності профілю різьби відбувається подібно до аналогічної процедури в оптичних компараторах, де замість шаблонів використовують представлення ліній допусків профілю у вигляді наперед заданих функцій. Формують контур профілю контрольованої різьби у вигляді масиву значень (x_i, y_i) і програмним способом визначають ймовірність знаходження цього контура в межах зони допуску. Таким чином автоматизовують процес відбраковки різьб.

Інформація про об'єкт в оптоелектронній системі формується у вигляді зображення, яке представлено в пам'яті комп'ютера масивом елементів з певним рівнем «сірого». Реальна оптична система спотворює зображення предмета. Тому, використовуючи відповідне програмне забезпечення, яке враховує спосіб отримання інформації, вдається компенсувати спотворення, відкалібрувати систему

і автоматизувати процедуру вимірювання параметрів профілю різьби в цілому.

Розглянемо основні етапи формування і обробки зображення профілю різьби. Адже алгоритми і методи обробки зображень у вимірювальних системах мають свої особливості. При цьому будемо виходити з того, що зовнішня різьба труби освітлюється джерелом світла з паралельним пучком променів, утворюючи тіньове зображення в ортографічній площині. Це тіньове зображення профілю різьби проектується оптичною системою на оптоелектронний перетворювач на основі ПЗС-матриці (відео-сенсор), який є основою цифрової відеокамери з роздільною здатністю 640×480 елементів.

В цілому можна виділити п'ять основних етапів обробки даних в такій системі. *Це формування, ввід та представлення зображення, попередня обробка зображення, виділення контура профілю різьби, визначення параметрів профілю та формування бази даних з результатами контролю.*

Формування, ввід і представлення зображення. Зображення профілю різьби формується спеціальною оптикою, що розрахована за методикою, описаною у роботі [8]. Воно вводиться через відеокамеру в пам'ять персонального комп'ютера у вигляді серії кадрів, сформованих при обертанні об'єкта (труби). При цьому використовується безвтратний формат запису даних у файл. Далі спеціалізованими програмними засобами аналізується кожен кадр з профілем різьби і на основі аналізу всіх кадрів та у відповідності з методикою контролю якості і відбраковки приймається рішення щодо дефектності всього виробу.

Попередня обробка зображення. Основним джерелом спотворень зображень є відеосенсор, який перетворює світло від візуальної сцени в електричний сигнал, що додатково оцифровується. Шум відеосенсора і флуктуації сигналу змінюють первісне представлення об'єкта досліджень. Тому в вимірювальних системах необхідно використовувати високоякісні відеокамери з високим співвідношенням сигнал/шум. Водночас при проектуванні алгоритму виділення об'єктів необхідно враховувати природу шуму в створенні відповідної моделі відеосенсора. За модель шуму, який вно-

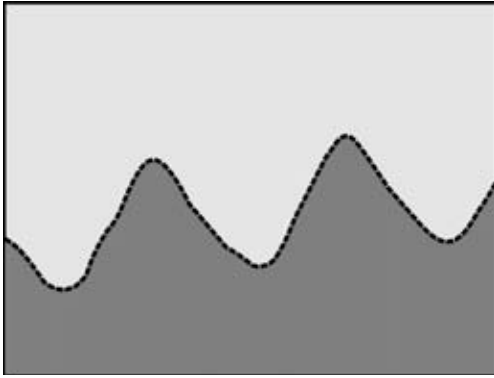


Рис. 1. Виділені контури профілю різби (чорними точками зображений «грубий» контур, білими — уточнений)

ситься більшістю відеосенсорів, приймається білий шум. Для однорідної темної сцени він має гаусів розподіл, а для світлої сцени містить комбінацію гаусового і пуассонового розподілів [9]. Для практичного використання шум відеосенсорів, змодельований адитивним гаусовим шумом, переважає над іншими підходами врахування шуму [10]. Тому алгоритми відновлення зображення повинні адаптуватися до рівня яскравості і співвідношення сигнал/шум. Враховуючи об'єкт дослідження (профіль різби), алгоритми фільтрації не повинні розмивати границь і кутів на зображенні. Ядра фільтрів теж повинні адаптуватися до зашумленості в певному околі, опосередковано враховуючи середньоквадратичне відхилення σ рівня «сірого». Тому часто використовують гаусові ядра для порушення чіткості зображення чи ядро типу лапласіан гаусіана. Кращий результат отримують при використанні ядер, які залежать, крім параметра σ , ще і від порогів фільтрації. Це детектори країв Канні [11] і ядра, запропоновані Сміс [12]. Ефективне також використання методів виділення границь на зашумленому зображенні, що враховують особливості виділених об'єктів [13].

Виділення контура профілю. На якість зображення також впливають аберації оптичної системи та дифракція світла, через що отримуваний профіль об'єкта буде розмитий. Тому нами запропоновано алгоритм виділення контура з розмитого профілю. Його реалізація полягає в розпізнаванні профілю об'єкта, для чого використовується фільтрація зі збереженням границь та оператори виділення країв. Застосування ж слідуючих алгоритмів, наприклад, описаного в роботі [14], прискорює «грубий» пошук профілю, який формує його контур у вигляді масиву координат (y_i, x_i) ($i = 1, \dots, n$, де n — кількість точок

контур) і $G(y_i, x_i)$ — значення рівня «сірого» для елемента, що належить контуру. Далі проводиться апроксимація «грубого» контура методом найменших квадратів з умови знаходження найменшої абсолютної похибки. Наближаюча функція вибирається з врахуванням зміни рівнів «сірого» на профілі. Якщо вважати, що профіль представляється однією градацією рівня «сірого», то наближення шукається у вигляді константи. За наближеними значеннями рівня «сірого» контура для значень y_i знаходять відповідно уточнені значення координати x_i^* , з умови

$$\min_{i - \Delta_i \leq k \leq i + \Delta_i} (G(y_i, x_k) - G^*(y_i, x_k)), \quad (1)$$

де $G(y_i, x_k)$ — яскравість точки з розмитої смуги профілю шириною $2\Delta_i$; $G^*(y_i, x_i)$ — наближене значення рівня «сірого» в точці (y_i, x_i) .

Для прикладу на рис. 1 показано профіль різби, отриманий цифровою відеокамерою з додатковою оптикою. Чорними точками зображений «грубий» контур, а білими — уточнений.

Градації контура $G(y_i, x_i)$ наближалися за допомогою константи. Тому, використовуючи метод найменших квадратів для визначення константи з найменшою абсолютною похибкою, отримуємо

$$G^*(y_i, x_i) = C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G(y_i, x_i). \quad (2)$$

Безпосередні ж елементи зображення, що належать уточненому контуру, знаходились з умови (1). Однак через те, що ми розглядаємо оптикоелектронну систему як складову засобу для вимірювання параметрів різби, то точність представлення профілю має першочергове значення. В деяких роботах [15, 16] пропонується оцінювати оператори виділення границь з точки зору їх неперервності, однозначності, з врахуванням виявленої ширини контура, відхилення від дійсного контура в точці. Якщо ж використовувати запропонований нами алгоритм виділення контура, то деякі похибки, що розглядаються в роботі [15], можна не враховувати. Моделлю границі для оцінки точності представлення контура вибирається пряма лінія, зашумлена гаусовим шумом, з заданим відношенням сигнал/шум [16]. Загальна ж похибка визначається як сума похибок різних типів з певними вагами. Оцінюючи похибки представлення контура різними методами, вибираємо оптимальний метод, що забезпечує найменшу похибку.

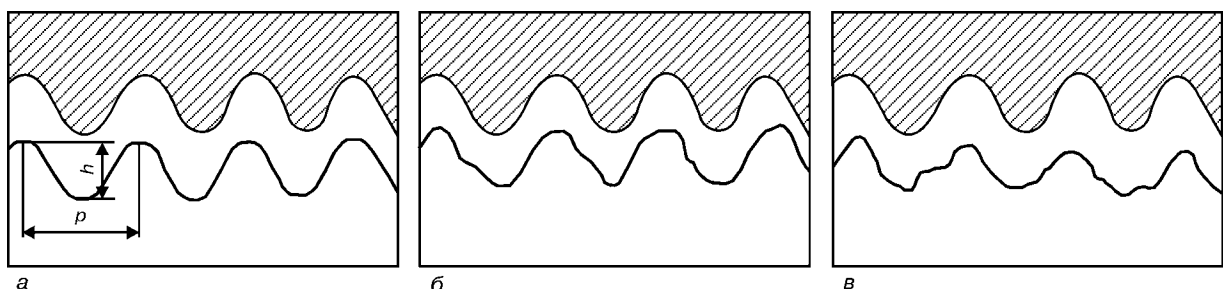


Рис. 2. Контури профілю різби, що належать до різних груп якості: першої (а), другої (б) та третьої (в)



Рис. 3. Профіль конусної трубної різьби і його контур

Визначення параметрів профілю. Згідно зі стандартами [17], регламентуються наступні параметри профілю трубної різьби: крок різьби, конусність, висота гострокутного профілю, висота профілю різьби, робоча висота профілю, висота зрізу вершини, радіус заокруглення, кут нахилу. На основі отриманого контура профілю, який представлений масивом пар точок (x_i, y_i) , проводиться аналіз відхилень отриманого профілю різьби від еталонного та обчислюються параметри різьби. Аналізуючи масив точок (x_i, y_i) , знаходимо локальні максимуми (Y_{\max}^k) і мінімуми (Y_{\min}^k) на кожному k -му витку. Тоді висота профілю на k -му витку визначається як $h_k = Y_{\max}^k - Y_{\min}^k$, а крок різьби відповідно: $P_k = X_{\max}^k - X_{\min}^k$.

Маючи засоби виділення контура профілю різьби, необхідно кількісно оцінити його якість. Оцінюючи якість різьбових з'єднань, що були в експлуатації, слід використовувати відповідні методики контролю та відбраковки. Стосовно труб нафтогазового сортаменту залишається актуальною і на сьогодні методика [18], за якою існуючі критерії відбраковування поділяються на чотири групи якості. *Перша група якості* різьбового з'єднання має різьбу, яка під час експлуатації зберегла геометричні розміри, забезпечує герметичність з'єднання та придатна до подальшої експлуатації. Приклад контура такої різьби з позначенням її висоти (h) та кроку (p) показані на рис. 2, а. *Друга група* якості різьбового з'єднання відповідає різьбі, яка зберегла свої геометричні розміри, забезпечує герметичність з'єднання, частково зношена і при задовільному змашуванні придатна до подальшої експлуатації (рис. 2, б). *Третя група* якості різьбового з'єднання відповідає різьбі, що частково зношена, геометричні розміри виходять за межі допусків, з'єднання не забезпечує герметичності і, як наслідок, не придатне до подальшої експлуатації (рис. 2, в). Так, для конічної циліндричної різьби труб нафтового сортаменту допуски регламентуються стандартом [17]. *Четверта група* якості різьбового з'єднання відповідає різьбі, що має значне зношення, не забезпечує герметичності, повністю втратила геометричну форму профілю і не придатна до подальшої експлуатації.

Маючи табличне представлення контура (x_i, y_i) , знаходимо і інші згадані вище параметри різьби. Визначаючи параметри кожного витка у певному положенні, можна отримати також інтегральну оцінку як параметрів різьби об'єкта в цілому, так і кожного окремого витка, оскільки отримуємо серію зображень профілю різьби для різних положень. На рис. 3 показано профіль різьби труби нафтового сортаменту, яка вже була

в експлуатації. Алгоритмічно виділений контур зображено чорними точками.

Для автоматизованого визначення якості різьби використовуються отримані параметри контура профілю, які співставляються з еталонами в межах допусків. Формується база даних оперативного контролю. Результатом контролю є паспорт відхилень профілю різьби. Запропоновані підходи до обробки інформації використовуються при побудові програмного забезпечення комп'ютерної вимірювальної системи визначення параметрів профілю різьб.

1. Adams L. Follow the thread // QUALITY, June 2002 (www.qualitymag.com)
2. Автомат безконтактного контролю наружных резьб / Иванов А. А., Миронченко В. И., Мицуро Р. Т., Родин В. М., Шишов В. Н. // Измерит. техника, — 1991. — № 9. — С. 31–32.
3. Воробьев В. А., Магдеев В. Ш. Измерение параметров наружной цилиндрической резьбы в цеховых условиях // Там же. — 1990. — № 5. — С. 21–23.
4. Калишин О. Б. Автоматизированные лазерно-оптоэлектронные системы для измерения параметров резьбы насосно-компрессорных труб и муфт к ним // НИСОНГ. — 2002. — №1. — С. 41–43.
5. Калишин О. Б. Новая технология ремонта и повышения износостойкости насоснокомпрессорных труб // НИСОНГ 2002. — №2, С. 49–52.
6. Методологічні аспекти обробки даних в оптоелектронній системі контролю профілю різьби / Воробель Р. А., Журавель І. М., Опир Н. В., Суцник К. В., Зінчак Я. М. / Мат. конф. «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання». — Івано-Франківськ, 2002. — С. 55–57.
7. Комп'ютеризована оптоелектронна система контролю параметрів профілю різьби / Воробель Р. А., Журавель І. М., Зінчак Я. М., Карпаш О. М., Опир Н. В., Суцник К. В. / 36. наук. праць «Неруйнівний контроль та діагностика неоднорідних об'єктів» (ЛЕОТЕСТ 2003). — Львів, 2003. — С. 136–138.
8. Вороняк Т.І., Муравський Л. І. Розрахунок параметрів оптичної схеми для систем дистанційного вимірювання розмірів кулястих тіл // Там же. — Львів, 2003. — С. 145–150.
9. Roie R. A., Cox I. J. An analysis of camera noise // Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1992, 14, № 6. — P. 671–674.
10. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Т.1,2. — М.: Мир, 1982. — 790 с.
11. Sanny J. A computation approach to edge detection // IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1986, 8, № 6. — P. 679–698.
12. Smith S., Brady S. J. A new approach to low level image processing // Internat. jour. of computer vision. — 1997. — 23 (1). — P. 45–78
13. Garnica C., Boochs F., Twardochlib M. A new approach to edge-preserving smooth for edge extraction and image segmentation. IAPRS, Amsterdam, 2000, XXXIII. — 242 c.
14. Алгоритм автоматизированного прослеживания контура объекта на изображении / Демидов А. А., Ковтун А. Д., Макаров Ю. М., Садунова Л. Б., Толстикова Л. А. // Автометрия. — 1993. — № 5. — С. 85–88.
15. Abdou I. E., Pratt Quantitative design and evolution of enhancement/thresholding detectors/Proc. IEEE, 1979, 67 (5). — P. 753–763.
16. Venkatesh S. Edge evolution using necessary components / CVGIP: Graphical models and image processing. — 1992, 54, № 1. — P. 23–30.
17. ГОСТ 6211–81. Резьба трубная коническая. — М.: Изд.-во стандартов, 1981.
18. Временная методика способа контроля качества отбраковки насосно-компрессорных труб по степени износа резьбового соединения. РД 39-0125391-023-88. — Куйбышев, 1988. — 40 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ — ПРОБЛЕМА СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ, ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

Ю. К. БОНДАРЕНКО, А. В. ЯРЦЕВ

Рассмотрены факторы, влияющие на качество сварки и безопасность сварных конструкций при выполнении сварочно-монтажных работ, технического контроля и диагностики в соответствии с требованиями ДСТУ 3834-2001. Предоставлена информация о новых нормативных документах в области сварки и неразрушающего контроля. Приведены рекомендации по обеспечению качества и безопасности при выполнении сварочно-монтажных работ в соответствии с требованиями ДСТУ 9004-2001.

Factors are considered, which influence the quality of welding and safety of welded structure in performance of welding-erection operations, technical control and diagnostics, in keeping with the requirements of DSTU 3834-2001. Information is given on new standards in the field of welding and non-destructive testing. Recommendations are given on provision of quality and safety in performance of welding-erection operations, in keeping with the requirements of DSTU 9004-2001.

Повышение качества и конкурентоспособности отечественной продукции (услуг) — проблема актуальная. Низкий уровень качества приводит к снижению доли продукции национального производства на внутреннем и внешнем рынках.

Как свидетельствует опыт развития рыночной экономики, успешное решение проблемы повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции (услуг) определяется эффективностью системы организации и управления производством. Один из критериев эффективного производства высококачественной продукции (услуг) — признаваемая на внешнем рынке сертификация систем качества (СК) на соответствие международным стандартам ISO серии 9000.

Отличительной особенностью стандартов серии ДСТУ ISO 9000-2001 является требование реализации в СК принципов TQM, а также процессного подхода в рамках системы управления качеством производства при выпуске продукции (услуг).

Необходимо, чтобы в процедурах (структуре и функциях) системы управления качеством были отражены не только процессы управления качеством продукции (услуги) на всех этапах *жизненного цикла (ЖЦ)*, но и *взаимодействие* этих процессов на основе связывающих их материальных, информационных и финансовых потоков.

Одним из условий *эффективности* функционирования системы управления качеством продукции и информационного взаимодействия участников поддержки ЖЦ продукции (услуги) является наличие интегрированной информационной системы (ИИС) по сбору и анализу информации о качестве продукции (услуги) на всех этапах ее ЖЦ. Поэтому для конструкций важно, чтобы сварка выполнялась наиболее качественно и эффективно, чтобы на всех этапах процесса осуществлялся соответствующий контроль, а также сбор информации о текущих параметрах процесса и их соответствии требованиям нормативных документов.

В стандартах, описывающих систему управления качеством серии ISO 9000, сварка рассматривается как «специальный процесс», потому что требуемое стандартами качество сварных соединений не может быть полностью определено последующим (окончательным) контролем и испытаниями изготовленной продукции.

Качество сварки не может контролироваться только по готовой продукции, оно должно обеспечиваться в процессе ее изготовления. Даже самый всесторонний и тщательный неразрушающий контроль (НК) не может улучшить качество сварных швов.

Для того, чтобы сварные конструкции были требуемого качества и не вызывали серьезных проблем при их производстве (монтаже) и эксплуатации, *необходимо обеспечить контроль* начиная с этапа проектирования, выбора материала, входного контроля и заканчивая процессами производства, последующим (окончательным) контролем качества изделия. Например, недостаточно качественное проектирование сварной конструкции может создать серьезные трудности и дополнительные затраты на монтажных площадках или при эксплуатации. Неправильный выбор и применение основного и сварочных материалов может вызвать в процессе сварки появление трещин. Во избежание этих и других дефектов, технология сварки должна быть выбрана и подтверждена на соответствие по стандарту серии ДСТУ 3951-2000 (ISO 9956) (части 1–3). Для достижения установленного качества необходимо ввести в действие систему обеспечения качества [1].

Чтобы иметь эффективное сварочное производство, его руководству необходимо *определить источники* возникновения возможных нарушений и ввести в действие совершенные технологические процессы монтажа, сварки и контроля в систему управления качеством предприятия, оказывающего услуги в области сварочно-монтажных работ [2].

Применение систем управления качеством в сварочном производстве (сварочно-монтажных работах) создает условия для обеспечения последующей

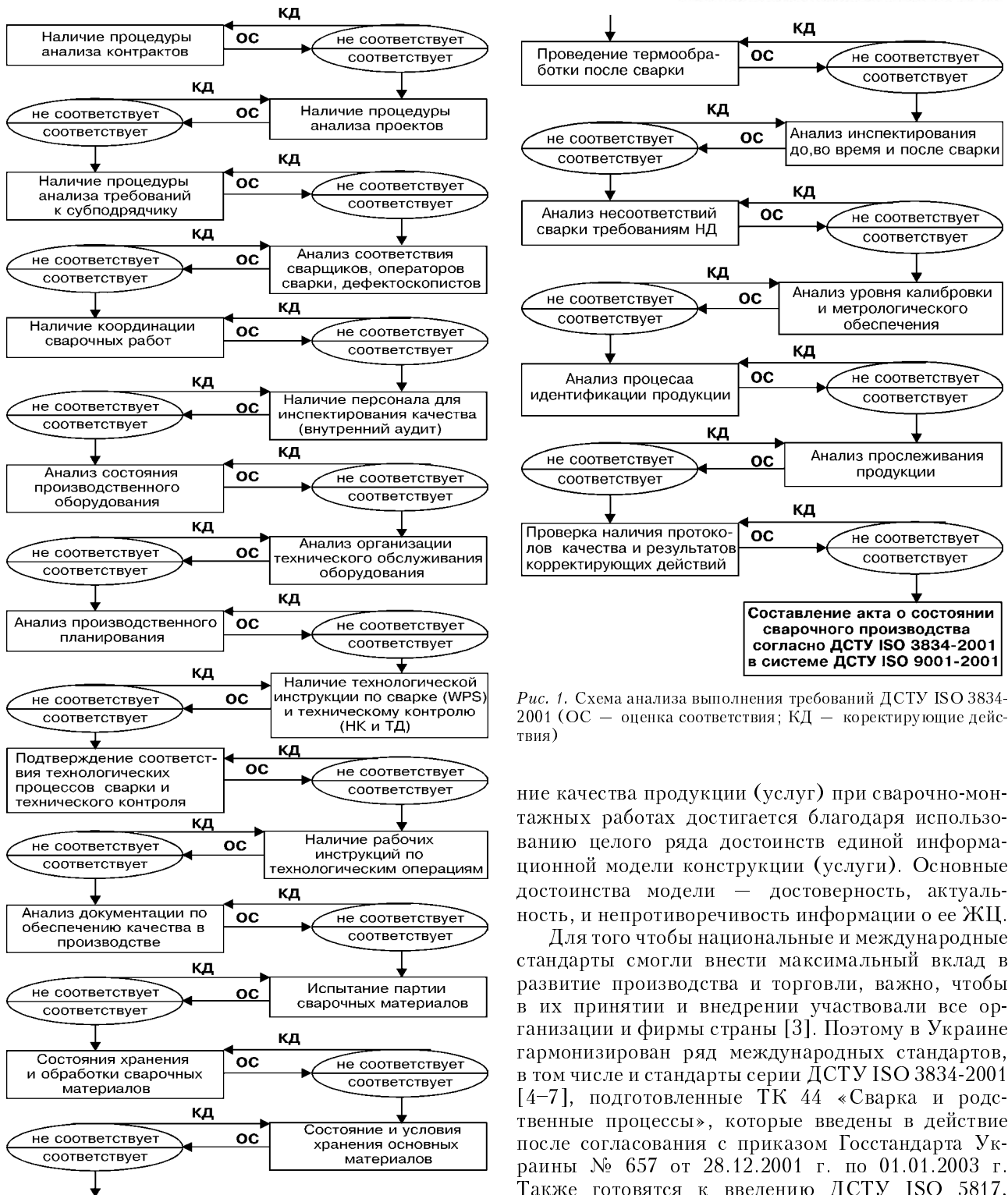


Рис. 1. Схема анализа выполнения требований ДСТУ ISO 3834-2001 (ОС – оценка соответствия; КД – корректирующие действия)

безопасной эксплуатации изготовленных сварных конструкций, в том числе после ремонта или восстановления.

Известно, что участники свободного рынка основываются на взаимном доверии, гарантирующем добросовестный обмен товарами и услугами. Обеспечить это доверие помогает процедура оценки соответствия, поскольку она представляет собой действенный инструмент подтверждения требований по качеству, эксплуатационным характеристикам и другим параметрам продукции. Повыше-

ние качества продукции (услуг) при сварочно-монтажных работах достигается благодаря использованию целого ряда достоинств единой информационной модели конструкции (услуги). Основное достоинства модели – достоверность, актуальность, и непротиворечивость информации о ее ЖЦ.

Для того чтобы национальные и международные стандарты смогли внести максимальный вклад в развитие производства и торговли, важно, чтобы в их принятии и внедрении участвовали все организации и фирмы страны [3]. Поэтому в Украине гармонизирован ряд международных стандартов, в том числе и стандарты серии ДСТУ ISO 3834-2001 [4–7], подготовленные ТК 44 «Сварка и родственные процессы», которые введены в действие после согласования с приказом Госстандарта Украины № 657 от 28.12.2001 г. по 01.01.2003 г. Также готовятся к введению ДСТУ ISO 5817, ДСТУ ISO 17637.

ДСТУ ISO 3834 конкретизируют требования стандартов серии ДСТУ ISO 9000 и обеспечивают систему управления критериями оценки действий по обеспечению качества в сварочном производстве фирм и организаций, выполняющих сварочно-монтажные работы (услуги) (рис. 1).

Стандарты серии ДСТУ ISO 3834 являются идентичным переводом международных стандартов ISO 3834 «Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов» и состоят из четырех частей:

ДСТУ ISO 3834.1-2001 необходим изготовителям и потребителям сварных металлических конструкций как руководство по выбору уровня требований к качеству сварки и их применению в зависимости от требований, предъявляемых к сварной конструкции [4];

ДСТУ ISO 3834.2-2001 необходим изготовителям и потребителям сварных металлических конструкций для определения всесторонних требований к качеству сварки, которые способны обеспечить все условия для стабильного производства сварных конструкций с соответствующими эксплуатационными характеристиками [5];

ДСТУ ISO 3834.3-2001 необходим изготовителям и потребителям сварных металлических конструкций для определения типовых требований к качеству сварки, которые способны обеспечить основные условия для стабильного производства сварных конструкций с соответствующими эксплуатационными характеристиками [6];

ДСТУ ISO 3834.4-2001 необходим изготовителям и потребителям сварных металлических конструкций для определения элементарных требований к качеству сварки, которые способны обеспечить минимально необходимые условия для стабильного производства сварных конструкций с соответствующими эксплуатационными характеристиками [7].

Полученные данные о качестве при оценке соответствия — это совокупность информационных объектов, возникающих при всех видах испытаний и контроля, ассоциированные с информационными объектами, описывающими изделие (услугу) и его компоненты и содержащие сведения о степени соответствия конкретных экземпляров изделий (услуг) и его компонентов заданным техническим требованиям стандартов, ТУ и других НД.

Стандарты ДСТУ серии ISO 3834 применяются: при составлении контрактных отношений: для характеристики требований к качеству сварки в производстве сварочно-монтажных работ;

изготовителями: для установления и обеспечения требований к качеству сварки конструкций; заинтересованными сторонами, например, независимыми сторонами, потребителями или руководством изготовителей (поставщиков): для оценки требований при организации сварочно-монтажных работ.

Данные стандарты применяют при подтверждении соответствия (сертификации) систем управления качеством (по ДСТУ ISO 9001-2001) согласно требованиям системы УкрСЕПРО с учетом особенностей сварочного производства (см. рис. 1).

Стандарты серии ДСТУ ISO 3834 *обеспечивают* предприятия (фирмы) совершенными средствами и информацией по обеспечению управления процессами сварки и связанными с ними операциями. Изготовители конструкций, которые используют сварочные процессы, *извлекают выгоду*, выполняя требования стандарта, обеспечат качество и безаварийность работы сварной конструкции при дальнейшей эксплуатации. Это достигается путем использования «правильной» модели, не допускающей использования некорректных данных.

Предложенный стандарт ДСТУ ISO 5817 «Соединения дуговой сваркой стали. Руководство по определению уровней качества по дефектам» должно использоваться как справочное пособие при разработке правил эксплуатации изделий, конструкций и/или других стандартов на продукцию. Он содержит перечень основных дефектов соединений, выполненных сваркой плавлением, обозначения которых соответствуют ISO 6520-1:1998 «Сварка и родственные процессы — Классификация геометрических дефектов в металлических материалах», а также ДСТУ 3491-96 (за исключением дефектов 5213, 5214 и 617), который был разработан на основании предшествующего стандарта ISO 6520:1982. Некоторые обозначения относятся к конкретным дефектам, другие используются для обозначения групп дефектов. При этом была использована система основных цифровых обозначений, установленная ISO 6520-1.

Назначение данного стандарта — определить уровни качества (В, С, D) в зависимости от типа и размера дефектов, которые могут возникать при изготовлении, ремонте и восстановлении. Он может использоваться в пределах системы качества на предприятиях, которые выполняют сварные соединения изделий и конструкций при изготовлении и ремонте.

Стандарт устанавливает три уровня качества по группам размерных значений дефектов, один из которых может быть выбран для определенного случая применения. В каждом случае необходимый уровень качества должен быть установлен стандартом на продукцию или ведущим конструктором вместе с изготовителем, потребителем и/или другими заинтересованными сторонами. *Уровень качества* должен быть определен до начала производства или выполнения работ, как правило, на стадии предложения или заказа и обозначен в договоре (контракте). В особых случаях могут быть определены дополнительные данные.

Уровни качества, предусмотренные в этом стандарте, предназначены для предоставления базовых (справочных) данных, которые не относятся к какому-то конкретному случаю применения. Они относятся к изготовлению определенных типов сварных соединений, а не к производству изделия или его отдельных составляющих. Поэтому может быть так, что для отдельных сварных соединений одного и того же изделия или его составляющих будут установлены разные уровни качества.

В обычном случае следует ожидать, что размерные допуски для дефектов сварных соединений определенного типа имеют один уровень качества. Однако в отдельных случаях может потребоваться установить различные уровни качества в одном и том же сварном изделии.

При *выборе уровней качества* для любого применения необходимо учитывать особенности конструкции, процессы обработки (например, обработку поверхности), виды нагрузки (например, статическая или динамическая), условия эксплуатации (например, температура, окружающая среда) и последствия разрушения. При этом важны также экономические факторы и они должны со-

ройки чувствительности УЗ оборудования перед контролем сварных швов. Кроме того, он удобен для проверки угла ввода луча и точки вывода лучей преобразователей поперечных волн.

Подтверждение соответствия системы управления качеством производства сварных конструкций на основании стандартов серии ДСТУ ISO 3834 возможно только аккредитованным государством органом оценки соответствия (сертификации) систем управления качеством по ДСТУ ISO 9001-2001. Поэтому производители, которым необходимо подтвердить наличие и соответствие своей системы управления качеством сварочно-монтажных работ (производство технических услуг), должны обращаться только в аккредитованные органы оценки соответствия, имеющие аттестат аккредитации в национальной системе УкрСЕПРО (согласно ДСТУ 3420-96) [10].

В Украине большой опыт проведения совместных работ по обеспечению качества, испытаниям и оценке соответствия в области сварки и родственных процессов имеют аккредитованные Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины и НТЦ «СЕПРОЗ» НАН Украины (г. Киев, ул. Боженко, 11, тел./факс 220-94-95).

Выводы

Стандарты могут преследовать множество целей, в том числе и такие, как обеспечение безопасности и эксплуатационных характеристик [3]. Однако их *основная суть* в том, чтобы путем установления конкретных параметров повсеместно обеспечить единую информационную и технологическую основу для производства, продажи товаров, оказания услуг и создание систем управления качеством производства современного уровня.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,
НТЦ «СЕПРОЗ» НАН Украины,
г. Киев

Внедрение на предприятиях сварочного производства принципов ТQM и гармонизированных стандартов означает реализацию на всех этапах ЖЦ продукции (услуг) эффективного информационно-взаимодействия участников процессов разработки, производства, сервисного обслуживания, эксплуатации продукции и ее утилизации с применением средств, методов НК и ТД.

1. Бондаренко Ю. К. Проблеми забезпечення якості продукції та їх вирішення в законодавчій сфері України // Техн. діагностика і неразруш. контроль. — 2002. — № 3. — С. 54–56.
2. Троицкий В. А., Шевченко И. Я., Федоряка П. В., Боровиков А. В., Негляд В. Н. Совершенствование методов и оборудования для неразрушающего контроля труб в процессе их производства // Там же. — 2002. — № 4. — С. 14–17.
3. Такаянаги С., Картонасси М., Уцуми Й. Послание Президентов ИСО, МЭК и Генерального секретаря МСЭ по случаю Всемирного дня стандартов 14 октября 2002 г. / Матер. всеукр. конф. з нагоди Всесвітнього дня стандартів. Держ. ком. стандартизації, метрології та сертифікації. — Київ, 2002 р.
4. ДСТУ ISO 3834.1-2001 «Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 1. Руководство по выбору и применению».
5. ДСТУ ISO 3834.2-2001 «Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 2. Взаимные требования к качеству».
6. ДСТУ ISO 3834.3-2001 «Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 3. Типовые требования к качеству».
7. ДСТУ ISO 3834.4-2001 «Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 4. Элементарные требования к качеству».
8. ДСТУ 4001-2000 (ISO 2400:1972) «Сварные швы на стали. Образец для калибровки оборудования ультразвукового контроля».
9. ДСТУ 4002-2000 (ISO 7963: 1985) «Сварные швы на стали. Калибровочный образец № 2 для ультразвукового контроля сварных швов».
10. ДСТУ 3420-96 «Требования к органам по сертификации систем качества и порядок их аккредитации».

Поступила в редакцию
11.03.2003

21–24 октября 2003 г., в г. Кишиневе, Молдова состоится Первая научно-техническая конференция и выставка «Методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики», посвященная 40-летию образования Всесоюзного научно-исследовательского института по разработке методов и средств неразрушающего контроля качества материалов и изделий (ВНИИНК ПО «Волна») — НИИНК АО «INTROSCOP».

Конференция и выставка организована Национальным обществом НК и ТД Республики Молдова при поддержке Министерства промышленности РМ, Российского общества по НК и ТД, Украинского общества НК и ТД, Акционерного общества «INTROSCOP» и НИИНК, Акционерного общества «VOTUM».

Тематика конференции:

- Общие вопросы неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики (ТД)
- Средства, системы, методики НК и ТД
- Технологии и опыт применения НК и ТД в энергетике, на ж/д транспорте, в металлургии, машиностроении, авиационной промышленности
- Метрологическое обеспечение средств НК
- Обучение и сертификация персонала

Телефоны Оргкомитета:
тел./факс: (3732) 47–12–49, 56–00–47, e-mail: niink@meganet.md

Подробную информацию о выставке и конференции Вы можете найти на сайте www.ndt.md.



МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ АКАДЕМИЙ НАУК — 10 ЛЕТ

Международная ассоциация академий наук (МАН) была основана 23 сентября 1993 г. в Киеве. Она представляет собой международную неправительственную организацию, созданную в целях объединения усилий академий наук в решении на многосторонней основе важнейших научных проблем, в сохранении исторически сложившихся и развитии новых творческих связей между учеными. Штаб-квартира МАН находится в г. Киеве.

В период между заседаниями Совета МАН деятельностью Ассоциации руководит ее президент. С момента создания и по настоящее время президентом МАН является президент Национальной академии наук (НАН) Украины академик Б. Е. Патон, которого неоднократно переизбирали на этот пост.

За прошедшие годы благодаря усилиям Ассоциации организован и осуществляется обмен годовыми отчетами академий наук, материалами международных конференций, семинаров, а также нормативно-правовыми документами, которые принимаются в странах Содружества по вопросам развития и реформирования сферы науки. Определенный успех достигнут в организации безвалютного обмена научной периодикой и монографиями, взаимном получении доступа через Интернет к национальным каталогам и общедоступным базам данных библиотек.

Результативной является деятельность МАН в организации сотрудничества между учеными академий наук по отдельным научным проблемам. Это стало возможным благодаря созданию в рамках МАН ряда Научных и консультационных советов, например, по новым материалам (председатель — акад. Б. Е. Патон), по фундаментальным географическим проблемам (председатель — акад. РАН В. М. Котляров), по вопросам охраны интеллектуальной собственности (председатель — акад. НАНУ А. П. Шпак), координационный комитет по вычислительной математике (председатель — член-корр. НАНУ В. Л. Макаров), по вопросам научного сопровождения совместных работ по Чернобыльской тематике (председатель — акад. НАНУ В. Г. Барьяхтар).

Важное направление деятельности МАН — организация и проведение крупных международных симпозиумов, конференций, семинаров. Например в 1998–2000 гг. в Киеве на базе НАН Украины при финансовой поддержке Всемирной организации интеллектуальной собственности проведено четыре международных семинара для ученых и специалистов стран СНГ по вопросам охраны интеллектуальной собственности.

Особо следует отметить деятельность МАН, направленную на подъем престижа науки и ученых, воспитание академических традиций. С этой целью Ассоциация организует празднование знаменательных событий в жизни научного сообщества, разного рода юбилейных дат, является пропагандистом в сфере науки. За последние годы с участием МАН были отмечены юбилеи академий наук Украины, России, Беларуси и Таджикистана, ряда выдающихся советских ученых, в частности физика-теоретика и математика академика Н. Н. Боголюбова, математика

и механика, блестящего организатора науки академика М. А. Лаврентьева.

МАН осуществляет издательскую деятельность: к пятилетию Ассоциации в издательстве «Наукова думка» вышла в свет иллюстрированная книга «Международная ассоциация академий наук и развитие интеграции в сфере науки», а также издает свой бюллетень.

Ассоциации принадлежит важная роль в реализации Соглашения о создании общественного научно-технологического пространства в рамках СНГ. При этом она тесно сотрудничает с Межгосударственным комитетом по научно-технологическому развитию (Комитет), созданным для организации выполнения Соглашения, наполнения его конкретными проектами. В состав Комитета входят также президенты национальных академий наук стран СНГ. Весом вклад МАН в подготовку заседаний комитета и их проведение.

Деятельность МАН, и, прежде всего ее Совета, несомненно, способствовала разворачиванию в странах СНГ работы по созданию столь необходимой для сохранения и развития сферы науки законодательной базы. В настоящее время в большинстве стран Содружества уже приняты законы о научной деятельности, об академиях наук. В других — работают над их подготовкой и эта работа достаточно успешно продвигается. Упомянутые законы содержат положения, направленные на повышение престижа труда ученых, притока талантливой молодежи в науку и в целом создают определенные государственные гарантии предотвращения разрушительных процессов, которые в последнее десятилетие происходили в сфере науки стран СНГ. Вопросы развития и совершенствования законодательной базы науки, выполнения принятых законов в полном объеме продолжают оставаться в центре внимания Ассоциации.

Одним из важнейших результатов деятельности Ассоциации является то, что она в определенной степени способствовала предупреждению разрушения исторически сложившейся и во многом себя оправдавшей системы организации академической науки, существующей в странах СНГ. Ее разнообразие и специфика обусловлены тем, что они учитывают исторические особенности становления и развития науки в конкретной стране.

В центре внимания МАН находится организация международного научного сотрудничества для решения ряда глобальных проблем, вызванных безоглядной техногенной деятельностью человека. Она поддерживает, в частности, тесные контакты с ЮНЕСКО, принимает активное участие в ее мероприятиях. Это свидетельствует о том, что МАН готова стать активным участником процесса углубления взаимодействия между международными организациями, улучшения их согласованных действий для развития международного научного сотрудничества, формирования общего научно-технологического пространства, в частности общеевропейского.

Редколлегия журнала

II МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ — NDT RUSSIA-2003

9–11 апреля 2003 г., Москва

Это одна из серии промышленных выставок, которые международная выставочная компания ITE проводит в Москве. Серьезным дополнением к выставке NDT этого года стала новая экспозиция — LAB Лабораторный Контроль в Промышленности.

Выставка и конференция проводились в зале конгрессов Центра международной торговли, г. Москва. Организаторы мероприятия — Международная выставочная компания ITE и ее официальный партнер ООО «ПРИМЭК-СПО» при поддержке Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), Международного комитета по неразрушающему контролю (ICNDT) и Европейской федерации по неразрушающему контролю (EFNDT). Информационную поддержку обеспечивали журналы «Контроль. Диагностика», «В мире НК», «ТЕХНОМИР», «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» и др.

Выставку открыли президент РОНКТД, вице-президент EFNDT, член-кор. РАН проф. В. В. Клюев, начальник отдела Госгортехнадзора России по надзору за котлами и подъемными сооружениями В. С. Котельников, генеральный директор выставочной компании ITE СНГ г-н Эдвард Струон и директор выставок «Промышленный неразрушающий контроль» и «Лабораторный контроль в промышленности» М. В. Бадах.

КОНФЕРЕНЦИЯ

В работе конференции участвовали более 500 специалистов из 45 городов Российской Федерации, а также специалисты из Украины, Республики Беларусь, Молдовы, Германии.

Тематика конференции включала широкий спектр проблем неразрушающего контроля и технической диагностики. Было представлено около 80 докладов, распределенных по двум секциям:

Секция № 1: Теческание (30 докладов, посвящена 70-летию проф. Сажина С. Г.);

Секция № 2: Неразрушающий контроль и техническая диагностика (50 докладов).

Открывая заседание секции № 2, выступивший со вступительным словом и докладом «Неразрушающий контроль и диагностика безопасности» президент РОНКТД, член-кор. РАН, проф. Клюев В. В. отметил большую роль методов НК и ТД в решении проблемы обеспечения бе-

зопасности, являющейся главнейшей в XXI веке, и их интенсивное развитие во всех промышленно развитых странах мира.

Участники конференции отметили достаточно высокий научно-технический уровень представленных докладов и полезность подобных встреч специалистов, позволяющих помимо обсуждения докладов, обмениваться мнениями по тем или иным вопросам в кулуарных беседах.

ВЫСТАВКА

Важным показателем международного статуса выставки стало присутствие на ней крупнейших международных компаний. Впервые в России были представлены всемирно известные фирмы Silverwing (Великобритания), Forge Institute (Дания), а также Helling (Германия), TSC Inspection (Великобритания), Kowotest (Германия), Yxlon (Германия), Karl Deutsch (Германия), MDS Nordion (Бельгия), Pan American Industries (США), AGFA (Бельгия). В трех выставочных залах были развернуты экспозиции приборов для НК более чем 120 экспонентов, в том числе 18 зарубежных компаний. Полный список участников выставки и планы размещения стендов можно посмотреть на сайте <http://www.primexpo.ru/ndt> в сети Интернет.

Благодаря профессионально ориентированной рекламной кампании, выставку посетили специалисты по неразрушающему контролю из всех отраслей промышленности: металлургическая и металлообрабатывающая промышленность — 14,9%, химическая промышленность — 13,7%, топливная промышленность — 13%, электроэнергетика — 12,1%, авиация и авиастроение — 11,5%, приборостроение — 11,4%, трубопроводный транспорт — 10,6%, строительство — 9,2%, автомобилестроение — 4,7%, судостроение — 2,8%, транспортные услуги — 2,5%, станкостроение — 2,3%, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность — 1,5%. По проведенным маркетинговым исследованиям выставка привлекла более 7 000 посетителей — специалистов, занимающихся проблемами НК.

По видам НК участники выставки и типы представленной продукции распределились следующим образом:

Многие фирмы-участницы выставки кроме деятельности по созданию аппаратуры НК представили материалы о работе в смежных областях:

Полностью отчет о работе конференции, подготовленный В. В. Клюевым, А. А. Самокрутовым, Ф. Р. Сосниным, опубликован в журнале «Контроль. Диагностика», 2003, № 6.



Вид НК или ТД	Кол-во экспонентов	Кол-во типов приборов
Акустическая эмиссия	7	24
Ультразвуковой контроль	32	171
Вихрековый контроль	10	36
Визуальный и оптический контроль	16	84
Магнитопорошковый контроль	10	47
Электромагнитный контроль	13	58
Тепловой контроль	6	19
Вибрационный контроль	10	42
Капиллярный контроль	12	51
Радиографический контроль	23	43
Радиационный контроль	10	16
Течеискание	10	32
Электрический контроль	5	14
ВСЕГО:		375

- обучение и сертификация персонала, аттестация лабораторий — 10 фирм;
- экологическая диагностика и экологический мониторинг — 8 фирм;
- антитеррористическая диагностика и поисково-досмотровая техника — 9 фирм.

Параллельно проходила выставка лабораторного и испытательного оборудования, представленного несколькими десятками экспонентов.

По итогам выставки был проведен опрос мнений ведущих специалистов по НК Ассоциации «СПЕКТР-ГРУПП» о наиболее интересных экспонатах и тенденциях в некоторых видах контроля. Ниже представлены обобщенные результаты этого опроса. Очевидно, что в одной статье невозможно отметить и описать каждое изделие, поэтому не следует обижаться тем, чья продукция здесь не упомянута.

АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Массовыми средствами акустического контроля являются ручные УЗ дефектоскопы и толщиномеры. Эти изделия были широко представлены на стендах многих компаний как производителей средств НК, так и торговых фирм. На выставке можно было увидеть и попробовать в работе наиболее известные УЗ приборы различных моделей следующих фирм производителей — «АКС» Ассоциации «СПЕКТР-ГРУПП», «АЛТЕК» «АЛТЕС», «Вотум», «Кропус», «ЛуЧ», «Krautkramer», «Panametrics», «Sonatest» и др.

Общий уровень экспонируемой аппаратуры по решаемым ею задачам, функциональным возможностям и качеству представления результатов контроля очень высок, но возможности практически всех представленных приборов для УЗ дефектоскопии весьма близки. Очевидно, что в аппаратуре реализующей традиционные методы ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии налицо отсутствие новых концепций, в связи с чем основные усовершенствования технических средств касаются элементной базы и сервисных функций.

Безусловный элемент новизны в УЗ контроле несет применение фазированных антенных решеток вместо одиночных узконаправленных преобразователей, что дает но-

вое качество в технике и технологии УЗ контроля. Это качество — в наглядном томографическом представлении внутренней структуры материала изделия с очертаниями найденного дефекта и действительными его размерами. Подобные системы можно было видеть на международных выставках в Риме и Барселоне, но, к сожалению, они не были представлены на данной выставке.

И все-таки ряд весьма интересных образцов новой УЗ техники на выставке ПНК-2003 был представлен. Фирма «Panametrics» представила установку для прецизионных измерений толщины изделий сложной формы. Она состоит из толщиномера «25DL», ноутбука и ванны с автоматической подачей воды к установленному в ней преобразователю. Кроме преобразователя со струйным контактом для измерений используются и миниатюрные совмещенные преобразователи с линией задержки на частоты 15 и 20 МГц. Установка может служить рабочим местом контролера турбинных лопаток при их производстве.

Еще один прибор — УЗ измеритель толщины слоев СТМ 20 — представила фирма «Krautkramer». Прибор позволяет измерять общую толщину красочных или многослойных пластиковых покрытий на металлах и неметаллах, а также толщины отдельных слоев. Диапазон измерений толщин слоев от 10 до 500 мкм при диапазоне измерения толщины материала от 0,1 до 8 мм для стали и от 0,2 до 3 мм для пластмасс. Прибор работает с совмещенным преобразователем.

Фирма «Silverwing» (Великобритания), специализирующаяся на создании сканирующей аппаратуры для контроля различных резервуаров и трубопроводов (в основном по магнитным полям рассеяния), представила также УЗ кроулер с дистанционным компьютерным управлением «Scorpion». Он позволяет вести контроль толщины стенок наземных резервуаров-накопителей.

Портативный трехканальный электромагнитно-акустический (ЭМА) дефектоскоп для контроля рельсов в пути продемонстрировала фирма «ТВЕМА», г. Москва. Дефектоскоп состоит из цифрового электронного блока, отображающего сигналы в виде А и В-развертки, и каретки с ЭМА преобразователями, которую оператор вручную перемещает по рельсу.

Фирма НПК «ЛуЧ» (Москва) представила новые УЗ дефектоскопы УДЗ75 и ЛуЧ-МегаСкан (многоканальный дефектоскоп).

Все большее проникновение ЭМА метода излучения и приема ультразвука в сферу ручного контроля подтвердила и фирма «АКС» Ассоциации «СПЕКТР-ГРУПП», представившая ЭМА толщиномер А1270 для изделий авиакосмической промышленности. Толщиномер выполнен в малогабаритном корпусе ручного УЗ дефектоскопа с графическим дисплеем и снабжен активным ЭМА преобразователем.

Кроме цифрового отсчета и памяти для результатов измерений толщиномер отображает осциллограмму эхосигналов или ее автокорреляционную функцию, что позволяет дополнительно оценивать дефектность и свойства материала изделий.

Безусловным лидером в области внедрения средств производственного автоматизированного ЭМА контроля является фирма «Нордінкрафт», на стенде которой можно было ознакомиться с этим направлением НК.

Рядом фирм были представлены УЗ преобразователи различного назначения и специализированные УЗ системы.



Визуальный и оптический контроль. На выставке был представлен достаточно широкий спектр производителей и поставщиков оптических средств контроля.

Микроскопы производства фирмы «**OLYMPUS**» (Япония) представляли две фирмы — «**Melytec**» и «**С-Инструмент**». Это материаловедческие инвертированные микроскопы GX 71, GX 51 в комплектации для светлого и темного поля, материаловедческие прямые микроскопы BX61, BX51 в комплектации для светлого и темного поля с видимым и ИК освещением, материаловедческие микроскопы лабораторного класса с ZOOM SZ 1145. Фирма «**НИИЕНШАНЦ**» представила широкий спектр материаловедческих микроскопов фирмы «**Leica**» (Англия). Это компьютеризованный микроскоп Q 550 MW с широким набором функций обработки материаловедческих изображений, прямые микроскопы MS 5 и MZ 6, инвертированный микроскоп DM ILM, микроскоп DM LM, работающий в падающем и проходящем свете.

Серию портативных металлографических микроскопов МПМ-1К и компьютерную систему оперативной металлографии КСММ продемонстрировала фирма «**СПЕКТР-ГРУПП**». Это новое направление в мониторинге состояния нагруженных объектов.

Сопутствующая техника для подготовки шлифов фирмы «**Struers**» предлагалась российским дистрибьютером «**Melytec**».

Программные пакеты для обработки изображений были представлены фирмами «**Leica**» (Leica Q Metals), «**С-Инструмент**» (Tmage Expert Pro 3.0), «**СПЕКТР-ГРУПП**» (SPECTR MET 3.0), **Siams Ltd** (Siams 700™).

На выставке демонстрировались волоконно-оптические эндоскопы, видеоэндоскопы и бороскопы различных моделей от фирм следующих производителей — «**СПЕКТР-ГРУПП**», «**OLYMPUS**», г. Москва, «**Интек**» (г. Санкт-Петербург).

Из другой представленной оптической техники можно отметить лазерные дальномеры Leica Distotm (фирма «**Стройприбор**», г. Челябинск), оптический измеритель шероховатости **СПИКА-8** (НПК «ЛуЧ», г. Москва), инспекционную систему для обследования труб и каналов Rosam TV фирмы «**Ротенбергер**», представленную **ООО «Магнит и плюс**», г. Санкт-Петербург. Негатоскопы и денситометры для обработки рентгеновских снимков представили «**СПЕКТР-ГРУПП**», «**Тестрон**», «**Политест**». Комплект для визуального и измерительного контроля поставляет «**Эксперт-центр**» (г. Москва).

Магнитный и электромагнитный контроль. Приборную продукцию по электромагнитному контролю представили фирмы из Москвы («**СПЕКТР-ГРУПП**», «**Интрон-плюс**», «**Энергодиагностика**», «**Технотест-М**»), Санкт-Петербурга («**Константа**», Институт «Дименстест»), Екатеринбурга («**Интротест**»), Челябинска («**Карат**»), Кишинева («**Интроскоп**»). Из зарубежных участвовали такие известные фирмы как «**Хеллинг**» (магнитопорошковые дефектоскопы), Karl Deutsch (магнитные толщинометры) — Германия, «**Zetek**» — США; «**Hocking**», «**TSC**» — Англия; «**CMS**» — Франция. Несколько торговых российских фирм, например, «**Панатест**», «**Пергам**» (г. Москва) — представляли электромагнитную аппаратуру таких зарубежных фирм как: «**TesTex**», «**Centurion NDC**» — США, «**Elcometer**», «**Magnaflux**» — Англия, «**CMS**» — Франция.

Отметим ряд как отечественных, так и зарубежных промышленных приборов электромагнитного контроля, представленных известными фирмами на выставке.

Ассоциацией «**СПЕКТР-ГРУПП**» представлен дефектоскоп ВД-89НМ, предназначенный для выявления дефектов типа нарушений сплошности (трещин, волосовин и др.), в том числе и стресс-коррозионных трещин в листах, трубах, трубопроводах. Этот прибор широко применяется для проверки участков газопровода в шурфах после внутритрубного магнитного или УЗ контроля снарядами-дефектоскопами.

Другой дефектоскоп ВД-12НФМ широко используется в вагонном хозяйстве МПС для обнаружения поверхностных трещин в ферромагнитных деталях, имеющих сложный профиль и высокую шероховатость поверхности. Дефектоскоп ВД-41П является высокопроизводительным автоматизированным прибором для поточного контроля труб и проката широкой номенклатуры изделий как по размерам: диапазон контролируемых диаметров (мм) — от 3 до 220, так и по маркам металлов: ферромагнитные и нержавеющие стали, цветные и тугоплавкие металлы и их сплавы. Магнитный структуроскоп КРМЦ-КЗ — цифровой коэрцитиметр для измерения коэрцитивной силы деталей из ферромагнитных сталей.

Одновременно были показаны толщинометры покрытий: магнитные — МТ-51НП; МТП-01; вихретоковые — ВТ-51НП, портативные, программно-управляемые приборы для измерения покрытий различного назначения на деталях из ферромагнитных сталей и немагнитных металлов (алюминия, меди, аустенитной стали и др.).

Магнитометр МФ-23ИМ измеряет напряженность или индукцию постоянных и переменных магнитных полей в диапазоне: по напряженности (А/см) — от 4 до 8000; по индукции (мТл) — от 2 до 1000. Широко используется в магнитопорошковой дефектоскопии.

Представлены также толщинометры покрытий других фирм, Константа 5 (фирма «**Константа**»), ТМ-2 и МП-2 (фирма «**Технотест-М**»).

Аналогичные приборы выпускает также фирма «**Интротест**» (г. Екатеринбург) — магнитометры ИМП-6, ИМАТ-400Ц — портативные приборы с диапазоном измерений напряженности магнитного поля (А/см) — от 0,4 до 400.

Фирма «**Интрон плюс**» (г. Москва) представила магнитный дефектоскоп каналов типа «**Интрос**» для измерения относительной потери сечения круглых, плоских и резиноканальных каналов и обнаружения наружных и внутренних обрывов проволок и пятен коррозии и вихретоковые толщинометры слоя меди в отверстиях печатных плат типа «Интротест».

Фирма «**Энергодиагностика**» продемонстрировала магнитные приборы типа «ИКН1М», «ИКНМ-2Ф» для определения зон концентрации напряжений в напряженно-деформированных деталях и узлах.

Фирма «**Zetek**» (США) показала универсальный прибор широкого применения MIZ-17ET. Прибор используется в авиационной, ракетной и др. отраслях машиностроения для выявления трещин, коррозионных повреждений, раковин, утонений и т.д., структуроскопии деталей и узлов. Комплектуется набором вихретоковых преобразователей. Измерения проводятся на разных частотах (от одной до четырех). Диапазон частот от 400 до 6 МГц.



Годографы отображаются на дисплее на нескольких частотах одновременно. Прибор MIZ-21ADE по функциональному назначению аналогичен описанному выше MIZ-17ET, отличие — выполнен в малогабаритном корпусе.

Фирма «**Hocking**» (Англия) представила универсальный прибор широкого применения Phases 2000. Он используется для дефектоскопии и структуроскопии деталей и узлов в авиации, ракетной технике. Содержит набор вихретоковых преобразователей, в том числе и вращающихся для контроля отверстий. Способ обработки сигналов — фазовый. Выявляемые дефекты — трещины, коррозионные повреждения, раковины, неметаллические включения и др.

Вихретоковый измеритель удельной электрической проводимости металлов AutoSigma 3000 обеспечивает диапазон измерений — от 0,45 до 64 МСм/м. Диапазон используемых частот — от 60 до 500 кГц. Масса — 0,4 кг. Используется встроенный микропроцессор. Управление кнопочное.

Датская фирма «**Force Technology**» представила многоканальный 4-частотный универсальный прибор P-scan 4 Eddy current для контроля сварных швов, поиска коррозионных повреждений, термических прижогов, зон концентрации локальных механических перенапряжений.

Фирма «**KARL DEUTSCH**», Германия, выпускает несколько вихретоковых и магнитных толщиномеров типа LEPTOSKOP 2051; LEPTOSKOP 2041; LEPTOSKOP 2050; портативные толщиномеры Posket-Leptoskop 2020; 2025; 2030; 2035. Диапазон измеряемых толщин от 4 мкм до 20 мм. Используются вихретоковые и магнитные датчики. Применяются встроенный микропроцессор, кнопочное управление. Модели отличаются размерами и диапазоном измерений.

Фирма «**CMS**» (Франция) выпустила вихретоковый дефектоскоп EDDYSCAN 309 для контроля широкой номенклатуры металлоизделий, в том числе и продольно протяженных (поточный контроль труб и проката). Конструктивно построен по схеме немецкого прибора «Дефектомата». Электронный блок может использоваться с широким набором датчиков: проходных, накладных, накладных вращающихся. Технические характеристики близки к характеристикам «Дефектомата».

Представляють интерес приборы, представленные фирмой «**АКА-контроль**». Это современный магнитный толщиномер МТ 200Э, позволяющий измерять толщину покрытий от 0,05 до 20 мм; магнитный ферритометр типа МФ 51 НЦ для измерения процентного содержания ферритной (альфа) фазы в широком диапазоне (0,1...60)%; металлоискатели феррозондовые для поиска и локализации люков колодцев, запорной аппаратуры и других ферромагнитных предметов.

Фирмой «**КРОПУС**» представлены портативный импульсный коэрцитиметр типа КИМ-2 с диапазоном измерений НС от 150 до 5000 А/м. Особенности прибора — портативность, автономное питание, малая масса (с элементами питания 1,2 кг).

Институтом «**ДИМЕНСТЕСТ**» (г. Санкт-Петербург) предложен сканер-дефектоскоп магнитоанизотропный «Комплексе-2», в котором использован эффект магнитной анизотропии ферромагнитных материалов, находящихся под механическим напряжением. За счет формирования тестового магнитного поля специальной конфигурации, учета оптимальной информации, заключенной в петле магнит-

ного гистерезиса, и нового алгоритма обработки получаемой информации достигнуто, по мнению авторов, повышение точности и достоверности результатов оценки параметров распределения разности градиента максимума разности главных механических напряжений, выявление зон с местными концентраторами механических напряжений.

Специальным конструкторским бюро «**СКБ строй-прибор**» разработан измеритель параметров армирования ИПА-МГ4, с помощью которого измеряется толщина защитного слоя бетона и расположение стержневой арматуры в железобетонных изделиях магнитным методом.

Центром «**МАТИ-Диагностика**» предлагаются вихретоковые толщиномеры ВТ-501 для измерения в технологическом потоке толщины листов, лент из цветных металлов при двухстороннем доступе, дефектоскопы типа ВД-701 для контроля труб, прутков.

Фирмой «**Юнитест**» (г. Санкт-Петербург) представлена информация о новых магнитных средствах НК, созданные английской фирмой «**Silverwing**» (Англия). Заслуживают внимания следующие разработки:

мини-сканер Handscan, предназначен для обнаружения внутренней коррозии в днищах резервуаров путем измерения магнитных полей рассеяния, обусловленных дефектами;

ripescan — простая портативная установка для обнаружения внутренней коррозии в трубах любого диаметра от 50 мм до 2,4 м;

floatmap 2000MFL — система контроля с механическим сканером. Программное обеспечение позволяет оператору визуализировать карту коррозии, отсортировать результаты, а также получить печатные копии, отчеты и их электронный вариант.

Радиационный и радиографический контроль. Диагностическое рентгеновское оборудование и аксессуары к нему были широко представлены как зарубежными, так и отечественными фирмами.

Среди зарубежных производителей рентгеновской техники наиболее заметна была компания «**YXLON International X-Ray GmbH**» (Германия, Гамбург). Она представляла моноблочные рентгеновские аппараты SMART и новую систему обработки и архивирования изображения IMAGE 2500i.

Необходимо отметить существенный прогресс отечественной рентгеновской техники. К настоящему времени обозначился прогресс в качестве рентгеновских аппаратов с постоянным анодным напряжением. Они выполнены по современной технологии на основе последних достижений в силовой электронике. Преобразователи напряжения работают на высокой частоте, обеспечивая высокий КПД. Рабочие параметры трубок, как правило, непрерывно контролируются для защиты от перегрева и отклонения от предельных параметров. Современная электроника обеспечивает высокую стабильность и воспроизводимость режимов работы. Управление аппаратов выполнено в основном на основе современных контроллеров.

В ряде аппаратов обеспечивается автоматический контроль промежутков времени между временами экспозиции и автотренировка трубки. Выводится информация об ошибках оператора и неисправностях аппаратуры. Имеется память о последних режимах работы. В той или иной степени эти достижения реализованы в изделиях предприятий «**Нева-рентген**» (г. Санкт-Петербург).



Среди московских предприятий следует выделить представленную **«Центром диагностики ассоциации производителей рентгеновской техники»** серию мощных переносных аппаратов РАП-90И, РАП-160И, РАП-220И и РАП-300И, предназначенных для работы в том числе и в нестационарных условиях. Отдельно надо отметить малогабаритные острофокусные аппараты РАП-100М и РАП-150М с направленными и панорамными трубками.

Продолжают совершенствоваться бетатроны серии МИБ и КРАБ за счет введения микропроцессорного управления, электронных схем защиты силовых цепей, встроенной и выносной дозиметрии пучка.

Особое внимание привлекли специализированные аппараты, например, малогабаритные острофокусные аппараты РАП-100М и РАП-150М с направленными и панорамными трубками **«Лаборатории ТСНК»** (Москва), высокостабильный рентгеновский аппарат **«РАНД»** для использования в составе, например, рентгенофлуоресцентных анализаторов или толщиномеров (**НПФ «Сонат»**, г. Екатеринбург), аналогичного назначения прецизионный источник рентгеновского излучения **«ВИП БХ-10И»** (**«Синтез»**, С.-Петербург).

Из импульсных рентгеновских аппаратов были представлены аппараты серии **«Шмель»** (**«ФЛЭШэлектроникс»**, Москва) и модифицированный аппарат **«Арина-3»**, (**«спектроФЛЭШ»**, С.-Петербург).

Был представлен широкий спектр систем регистрации, преобразования, обработки и архивации рентгеновских изображений как стандартных, так и специализированных.

Предприятие **«Юнитест»** представило рентгенотелевизионные системы **«Контраст»** на базе рентгенооптического преобразователя фирмы «Сименс» и системы обработки и архивирования радиоскопических изображений, разработана серия систем **«Видеорен»**.

Центром диагностики ассоциации производителей рентгеновской техники представлены носимые рентгенотелевизионные системы **«Норка»** последних модификаций на цифровых ТВ камерах, стационарная дефектоскопическая установка **«Калан-2П»** с мощным программным аппаратом обработки и архивирования изображений. Предприятием разработан программный комплекс **«Диада»**.

Фирмой АО **«Индустрия-Сервис»** впервые были представлены микрофокусные рентгеновские аппараты и системы для контроля электронных компонентов производства FEINFOCUS Roentgen-Systeme GmbH (Германия)

Практически каждое из перечисленных предприятий обеспечивает свои системы набором средств и принадлежностей (штативы, негатоскопы, дозиметры, сигнализаторы).

Отметим, что рентгеновские измерители толщины холодного и горячего проката были представлены только на стенде **«СПЕКТР-ГРУПП»**. Импульсные источники

рентгеновского излучения с анодным напряжением 500 и 1000 кВ также были представлены только этой компанией и не имеют российских и зарубежных аналогов.

Тепловизионный контроль. В области ИК-техники на выставке были представлены тепловизоры фирм **«FLIR Systems»** (**«Пергам»**) — самая компактная модель Thermo CAM E2, высокочувствительная камера Thermo Vision Azom, NEC (**«Панатест»**, **«С-Инструмент»**), матричный тепловизор ТН 7102, портативный ТН 5104, стационарный камеру IR 913 на неохлаждаемой микроболометрической матрице 320x240 (Франция), а **«СПЕКТР-ГРУПП»** — неохлаждаемые тепловизоры ТН-4604 МП на пироэлектрической матрице 320x240 и ТН-4604 МБ на микроболометрической матрице 160x120. Отметим, что отечественные камеры ТН-4 по своим возможностям и характеристикам приближаются к приборам ведущих фирм в этой области.

Пирометры были представлены фирмами **«FLIR Systems»** (**«Пергам»**) — серия Thermopoint, **«MICRON»** (**«Диагност»**) — модели М7, М50, М90, М120; RAYNGER (**СКБ «Стройприбор»**, г. Челябинск), отечественные ПРЦ (**«СПЕКТР-ГРУПП»**). Заметим, что у отечественных пирометров при весьма умеренной цене очень хорошее отношение размера области контроля на объекте к расстоянию до объекта. Контактные термоэлектрические преобразователи предлагались фирмой **«Nordincraft»**.

«НИИ Интроскопии» (г. Томск) представлял разработку компании **«ИРТИС-2000»** с охлаждаемым жидким азотом приемником на 3...5 мкм, обеспечивающую получение кадров ИК изображений с периодом в 1,5 с в диапазоне измеряемых температур от — 40 до +200 °С при температурном разрешении 0,05 °С.

Всего по данным организатора выставки за 3 дня работы выставку посетили порядка 10000 специалистов. По отзывам посетителей и участников, выставка **«Промышленный неразрушающий контроль»** является крупнейшей в России в отрасли НК и одной из самых крупных в Европе и в мире. Между РОНКТД и компанией ПРИМЭКСПО заключен договор до 2007 г. о регулярном проведении данного мероприятия.

Одним из итогов выставки является подтверждение правила, что успех сопутствует тем предприятиям и фирмам, которые регулярно осуществляют инвестиции в новые разработки, обеспечивают всестороннюю поддержку специалистов, сочетают опыт старших поколений исследователей и молодых специалистов, владеющих новыми технологиями.

В заключении хочется выразить уверенность, что в будущем выставка и конференция **«Промышленный неразрушающий контроль»** будут расти и развиваться, отражая объективные процессы роста значимости и влияния нашей области профессиональной деятельности.



4-я НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА «НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА-2003»

19–23 мая, г. Киев

В Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины состоялась 4-я Национальная научно-техническая конференция и выставка «НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА — 2003». Конференция была организована Украинским обществом неразрушающего контроля и технической диагностики совместно с Национальной академией наук Украины, Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, НАК «Нафтогаз Украины», Государственным комитетом Украины по надзору за охраной труда и Национальным авиационным университетом при поддержке Европейской федерации неразрушающего контроля (EFNDT) и Всемирного комитета неразрушающего контроля (ICNDT).

Генеральный спонсор конференции — Научно-производственная фирма «Ультракон-Сервис» (г. Киев).

В конференции приняли участие известные ученые, производственники и эксплуатационники средств НК и ТД из Украины, России, Беларуси, Молдовы — всего свыше 450 участников из приблизительно 180 организаций и предприятий, среди которых — известные научные центры Украины: Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев), Физико-механический институт им. Г. В. Карпенка НАН Украины (Львов), Государственное конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля (Днепропетровск), НТУУ «Киевский политехнический институт», НТУ «Харьковский политехнический институт», Днепропетровский государственный университет, Харьковский национальный университет радиоэлектроники и другие научно-исследовательские организации, образовательные учреждения и промышленные предприятия.

На конференцию представили 139 докладов, из которых около 90 было представлено на двух пленарных и восьми секционных заседаниях.

Среди авторов — признанные ученые: академик Патон Б. Е., академик НАНУ Лобанов Л. М., член-корр. НАНУ Назарчук З. Т., член-корр. НАНУ Бабак В. П., проф. Гурвич А. К., проф. Белокур И. П., проф. Карпаш О. М., проф. Маевский С. М., проф. Недосека А. Я., проф. Рыжиков В. Д., проф. Себко В. П., проф. Стороженко В. О., проф. Троицкий В. О. и другие известные специалисты в области НК и ТД.

Открыл конференцию заместитель директора ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины академик НАНУ **Л. М. Лобанов**.

Были зачитаны письма-приветствия от президента EFNDT д-ра Майка Фарлея (Mike Farley) и зам. директора Института Фраунгофера (Германия) д-ра Герда Добманна (Gerd Dobmann).

На пленарном заседании выступили: проф. **В. А. Троицкий** с обзорным докладом о неразрушающем контроле

Информация о заседаниях секций предоставлена руководителями секций: В. А. Стороженко, С. М. Маевским, Н. Г. Белым, С. А. Владимировым, Я. М. Зинчаком, Г. Г. Луценко, И. П. Белокуром, И. А. Заплатинским, Ю. К. Бондаренко.

в Украине, проф. **А. К. Гурвич** с докладом о концепции формирования эффективности систем НК сварных металлоконструкций, проф. **Ю. К. Федосенко** с приветствием от президента РОНКТД проф. **В. В. Ключева** и докладом о задачах РОНКТД в области научно-технического развития приборного оборудования НК и ТД в России. Были заслушаны также доклады о контроле качества и напряженно-деформированного состояния элементов конструкций методами голографии, электронной спекл-интерферометрии и шпирографии (**Е. М. Олейник**, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины), о пространственном разрешении линейных матриц детекторов (**Д. Н. Козин**, НТЦ радиационного приборостроения НТК «Ин-т монокристаллов» НАН Украины, Харьков), об эксплуатационном контроле усталостного состояния и ресурсе металлопродукции коэрцитиметрическим методом (**Г. Я. Безлюдько**, НПФ «Специальные научные разработки», Харьков). Далее заседания проходили по секциям:

- теория и практика физических методов контроля сварных конструкций, материалов изделий;
- мониторинг технического состояния и оценка остаточного ресурса объектов при эксплуатации;
- повышение безопасности и надежности промышленных объектов и сооружений;
- НК и ТД в нефтегазовой отрасли;
- НК и ТД на железнодорожном транспорте;
- НК и ТД в авиации;
- НК и ТД в энергетике, металлургии и машиностроении;
- вопросы стандартизации и сертификации в НК и ТД.

На секцию «Теория и практика физических методов контроля сварных конструкций, материалов и изделий» было представлено 30 докладов. Их содержание свидетельствует о том, что во многих организациях Украины, являющихся признанными лидерами в области НК и ТД, внимание уделяется не только практическим вопросам, но и теории НК: взаимодействию физических полей с контролируемым объектом, принципам построения аппаратуры и методикам контроля. В числе таких организаций: ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, ФМИ им. Г. В. Карпенко НАН Украины, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, НТУУ «Киевский политехнический институт», НТУ «Харьковский политехнический институт», Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

Существенный вклад в работу секции внесли доклады гостей из Беларуси — представителей Института прикладной физики НАН Беларуси (Минск).

Большой интерес вызвали доклады посвященные: созданию мультидифференциальных вихрековых преобразователей (**В. Н. Учанин** и др., ФМИ им. Г. В. Карпенко НАН Украины, Львов);



использованию нейронных сетей в системах акустического контроля (**О. М. Карпаш** и др., Ивано-Франковский НТУ нефти и газа);

автоматической регистрации результатов неразрушающего контроля при ручном сканировании (**С. М. Масвский**, К. М. Серый, НТУУ «КПИ»);

акустическому контролю материалов и сварных соединений в Институте электросварки им. Е. О. Патона (**В. А. Троицкий** и др., ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины).

В целом работа секции продемонстрировала существенный прогресс в решении фундаментальных вопросов НК и ТД в Украине, наличие активно действующих в этой среде научных коллективов как в Украине, так и у наших соседей.

На заседании секции "Мониторинг технического состояния и оценка остаточного ресурса объектов при эксплуатации" большой интерес у специалистов вызвали доклады проф. **А. Я. Недосеки** (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) о мониторинге хранилищ жидкого аммиака, **А. А. Маркова** (ОАО «Радиоавионика», Санкт-Петербург), который был посвящен мониторингу технического состояния длиномерных объектов по результатам УЗ, **В. Г. Рыбачука** о методах и средствах измерения коэрцитивной силы в НК, доклад проф. **В. Л. Венгровича** (Ин-т прикладной физики НАН Беларуси, Минск), затрагивающий проблемы оценки и измерения остаточных напряжений, **А. Ю. Бондаренко** (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины), посвященный вопросу оценки состояния сварного шва на основе анализа характеристик магнитного метода как элемента прогнозирования индивидуального остаточного ресурса и ряд других докладов.

Активное участие специалистов НК и ТД в работе секции (а их было более 45 человек) показало повышенный интерес к проблеме оценки остаточного ресурса объектов, которые эксплуатируются, и особенно объектов, у которых проектный ресурс заканчивается.

В работе секции «Повышение безопасности и надежности промышленных объектов и сооружений» приняло участие более 50 человек.

На секции были представлены 12 докладов, из которых наибольший интерес вызвали следующие:

«Влияние состояния подкранового пути на развитие повреждений некоторых узлов мостового крана (**А. Н. Кравец**, Запорожский экспертно-технический центр);

«Виброакустическая диагностика компрессорных и насосных установок» (**А. А. Стеценко**, Сумской ЭТЦ);

«Опыт диагностирования автоклавов» (**А. И. Плешаков**, Киевский ЭТЦ);

«Использование метода акустической эмиссии при техническом диагностировании оборудования, работающего под давлением» (**А. В. Барановский**, Приднестровский ЭТЦ).

В работе секции «НК и ТД в нефтегазовой отрасли» приняло участие около 40 человек.

С докладом об определении степени коррозионного повреждения труб нефтяного сортамента выступил **П. Я. Криничный** (НПФ «Зонд», г. Ивано-Франковск). Повышенный интерес специалистов вызвал представленный докладчиком УЗ прибор для измерения степени коррозионного износа поверхности труб.

В докладе **В. И. Горделия** (НПП «ВИГОР», Москва) был сделан анализ возможности применения ЭМА-преобразователей для контроля трубопроводов.

С интересным докладом о методе определения краевого угла смачивания выступил **Р. Т. Боднар** (Ивано-Франковский НТУ нефти и газа). Этот метод можно применить при определении качества пенетрантов.

В докладах **С. М. Клименко** (Полтавское отделение Украинского государственного геолого-разведывательного института) был освещен опыт использования скважинного прибора для диагностирования лифтовых колонн, а также алгоритм микропроцессорной обработки результатов ультразвукового контроля.

С докладом о контроле изоляции подземных трубопроводов выступил **Р. М. Джала** (ФМИ им. Г. В. Карпенко НАН Украины, г. Львов).

Теоретические предпосылки о математическом моделировании в задачах технического диагностирования объектов нефтегазового комплекса были изложены в докладах **А. П. Олейника** (Ивано-Франковский НТУ нефти и газа).

Обобщающий доклад о состоянии НК и ТД в нефтегазовой отрасли сделал руководитель секции проф. **О. М. Карпаш**, зам. председателя УО НКТД.

Секция, вызвавшая наибольший интерес — «НК и ТД на железнодорожном транспорте». В ее работе приняли участие около 120 специалистов. Специально на секцию были приглашены работники путевого хозяйства украинских железных дорог. Это мастера, бригадиры, дефектоскописты, начальники служб и дорог.

Основной темой заседания секции было обеспечение качественного УЗК рельсов, так как именно рельсы являются наиболее ответственным элементом железнодорожного пути.

Доклад **А. А. Козака** был посвящен новой разработке НПФ «Ультракон-Сервис» — рельсовому дефектоскопу УДС2-73. До настоящего времени в Украине не было отечественного производителя подобной аппаратуры, поэтому фирма «УльтраконСервис», имея 10-летний опыт в производстве УЗ дефектоскопов, преобразователей, многоканальных установок и другой аппаратуры НК, взяла на себя решение этой задачи. Разработанный дефектоскоп удовлетворяет всем современным требованиям: использование различных схем контроля (особенно зеркальными методами); сохранение всех результатов контроля; различное представление информации на экране дефектоскопа (в виде мнемосхемы, дефектограммы, А- или В-скана) и т.п. Доклад вызвал живой интерес в зале, о чем свидетельствует большое количество вопросов специалистов по устройству и работе дефектоскопа. Высказаны пожелания по усовершенствованию тележки. Опытный образец рельсового дефектоскопа УДС2-73 был представлен на выставке средств НК. Специалисты смогли увидеть работу прибора в различных режимах, различные виды представления информации и другие возможности прибора.

С большим вниманием был заслушан доклад профессора **А. К. Гурвича** (ПГУПС, чл.-корр. АТР, вице-президента РОНКТД) о состоянии НК на железных дорогах Российской Федерации, участие которого в работе секции было настоящим событием.



Доклад **А. А. Маркова** (АО «Радиоавионика», Санкт-Петербург) был посвящен средствам НК, используемым на железных дорогах России, в частности дефектоскопам АВИКОН-01 и -02 и совмещенному вагону-дефектоскопу с аппаратурой АВИКОН-03. Слушатели узнали об опыте УЗК рельсов, о выявлении различных типов дефектов, о преимуществах автоматической регистрации информации, о сложностях и перспективах развития средств НК в России.

Еще один доклад был посвящен рельсовому дефектоскопу ПОИСК-10ЭМ разработки АО «Интроскоп», Молдова. Фирма, основанная на базе бывшего ПО «Волна», известна во многих странах. Дефектоскопы типа ПОИСК используются на всех дорогах стран Содружества, в т.ч. и на дорогах Украины. Поэтому много вопросов участников конференции было посвящено эксплуатации этих дефектоскопов.

К сожалению на конференции не был представлен доклад НПП «РДМ». Приборы этой фирмы типа УДС1-РДМ-1 и УДС2-РДМ-2 также используются на железных дорогах Украины.

Участники секции обменялись опытом, узнали о новых достижениях и разработках в области НК. Были высказаны пожелания чаще проводить подобные мероприятия, быстрее внедрять современные разработки на отечественных железных дорогах.

Работа секции «*НК и ТД в авиации*» проходила в Национальном авиационном университете (НАУ) на кафедре машиноведения (зав. кафедрой — проф. **И. П. Белокур**). Было обсуждено 15 докладов. Кроме того, заслушана информация о работах по НК, которые проводятся на ОАО «Мотор Сич» (**Л. Г. Лукьянова**) и в Институте информационно-диагностических систем НАУ (**Ю. В. Куц**).

Особое внимание было уделено контролю изделий из композиционных материалов и сотовых конструкций. В докладе проф. **В. А. Стороженко** (Харьковский национальный технический университет радиозлектроники) было показано, что тепловой контроль является наиболее эффективным для этих материалов. Он также раскрыл новые возможности тепловой дефектоскопии лопаток турбин и термозащитных покрытий узлов авиадвигателей.

А. М. Овсянкин и **В. Г. Демидко** (НАУ) сообщили о новых разработках для контроля цилиндрических поверхностей пустотелых элементов конструкций.

Интересным было сообщение работников АНТК «АНТОНОВ» о проблемах контролепригодности авиационной техники (**А. Я. Дереча**) и об акустическом контроле деталей из композиционных материалов (**В. А. Кудерский**).

О применении НК в технологиях восстановления деталей авиационных двигателей рассказал **В. А. Кучеренко** (НАУ).

Живой интерес вызвало сообщение В. Н. Учанина (ФМИ им. Г. В. Карпенко НАН Украины) о создании новых вихретоковых статических дефектоскопов для обнаружения поверхностных дефектов в узлах авиационной техники, в том числе и под обшивкой. Секция рекомендовала провести межведомственные испытания этих приборов.

В процессе обсуждения действующих стандартов, определяющих требования к квалификации персонала по НК, некоторые участники отметили, что вместо введения

специализированного сектора, по которому аттестуют специалистов НК авиационной техники, было бы правильнее указывать вид продукции (деталей или узлов), на которую направлена деятельность контролера, в графе специального экзамена экзаменационного сертификата. Как недостаток действующего стандарта ГОСТ 30489 (EN 473) отмечено, что в нем отсутствует акустический контроль, объединяющий низкочастотный и УЗ диапазоны. Известно, что в авиационно-космической технике очень широко используют акустические дефектоскопы для контроля композиционных материалов, паяных и клеевых соединений, сотовых конструкций и др.

Участники секции поблагодарили организаторов 4-й Национальной конференции за предоставленную возможность общения специалистов по неразрушающему контролю.

Около 40 специалистов приняли участие в работе секции «*НК и ТД в энергетике, металлургии и машиностроении*».

Большой практический интерес вызвали доклады:

И. А. Заплотинского (Энергоналадка Киевэнерго, г. Киев) «О некоторых возможностях эксплуатации теплоэнергетического оборудования с различными дефектами»;

В. Л. Найдя (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) «Некоторые подходы и результаты в техническом освидетельствовании сварных швов и металла ответственных объектов АЭС»;

И. Я. Шевченко и др. (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) «Совершенствование УЗ контроля электросварных труб в процессе их производства»;

С. А. Мокроусова (НИИКЭТ, Москва) «Система полупавтоматического УЗ контроля сварных соединений аустенитных трубопроводов ДУ-300»;

Н. П. Разыграсва (НПО ЦНИИТМАШ, Москва). УЗК с использованием головных волн.

Отдельная секция была посвящена вопросам стандартизации и сертификации в НК и ТД, в работе которой приняли участие свыше 40 специалистов из различных организаций Украины, России и Белоруси. Темы докладов были посвящены актуальным проблемам:

- разработке рекомендаций по совершенствованию нормативно-технической документации по выполнению УЗК в нефтяной и других сферах производства;
- контролю качества как инструменту усовершенствования технологий сварки;
- обеспечению качества и сертификации как проблеме сварочно-монтажных работ, технологического контроля и диагностики;
- новым национальным стандартам по радиационному контролю;
- сертификации специалистов по НК объектов повышенной безопасности в Украине;
- проблемам аттестации и сертификации специалистов по НК;
- критериям оценки технической компетентности испытательных лабораторий, работающих по проблемам и в сфере охраны труда;
- новым изменениям в Законе Украины «О метрологии» и проблемам его внедрения;



• проблемам внедрения Законов Украины «О стандартизации», «О подтверждении соответствия», «Об аккредитации органов подтверждения соответствия».

С текстом приветствия к собравшимся обратилась **С. А. Попоудина** — представитель Органа по сертификации персонала НК Беларуси. Она рассказала о системе и проблемах в сфере сертификации персонал по НК в Республике Беларусь.

Было зачитано приветствие президента ИСО, в котором был подтвержден тезис о необходимости гармонизации стандартов и подтверждении соответствия для свободного перемещения товаров и услуг, безопасной эксплуатации изделий.

Специальное пленарное заседание конференции было посвящено 10-летию образования Научно-производственной фирмы «Ультракон-Сервис» (директор — Г. Г. Луценко) — украинского разработчика и производителя средств НК широко известного не только в Украине, но и за ее пределами. Ведущими специалистами фирмы были сделаны доклады, посвященные вопросам автоматизации и документирования результатов НК, применению цифровых технологий в УЗ дефектоскопии, прикладному решению задач УЗ толщинометрии и твердомерии, а также новым разработкам фирмы: многоканальному дефектоскопу «Унискан-ЛУЧ» и его применению в автоматизированных системах контроля железнодорожных колес и железнодорожных осей, микропроцессорному УЗ дефектоскопу УД 3-71, цифровому ультразвуковому дефектоскопу УД 2-70, вихретоковому дефектоскопу ВД-30НК для контроля узлов и деталей железнодорожных вагонов.

Параллельно с заседаниями секций проходила выставка приборов и средств для НК и ТД. В работе выставки приняли участие 24 экспонента из Украины, России, Молдовы, среди которых:

НПФ «Ультракон-Сервис» (Киев); Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (Киев); АО «Индустрия-Сервис» (Москва); Компания «Нординкрафт» (Череповец); НПФ «Вигор» (Москва); ООО «Пергам-Украина инжиниринг» (Киев); НПФ «Специальные научные разработки» (Харьков); ИТЦ «Вибродиагностика» (Северодонец, Луганской обл.); АО «Вотум», (Кишинев); НПЦ «Диагностика и контроль» (Николаев); ДП «Диамех-Украина» (Харьков); НПФ «Зонд» (Ивано-Франковск); УТ-ПП «Изотоп» (Киев); ООО «Интерюнис» (Москва); НПФ «Интрон-СЭТ» (Донецк); АО «Интроскоп» (Кишинев); НПФ «Машиностроение» (Днепропетровск); ООО «Олимпус-Москва» (Москва); НПФ «Промприлад» (Киев); Компания «Сперанца» (Желтые Воды, Днепропетровской обл.); НПФ «Ультракон» (Киев); ООО «Шерл» (Киев); журналы «Техническая диагностика и неразрушающий

контроль» (Киев); «В мире неразрушающего контроля» (Санкт-Петербург).

Свой стенд на выставке имели общества неразрушающего контроля и технической диагностики Украины, России и Беларуси — УОНКТД, РОНКТД и БАНКТД.

Во время проведения научной конференции состоялись также 5-я Отчетная конференция УО НКТД и два заседания правления Общества. На Конференции УО НКТД были вручены дипломы лучшим коллективным и индивидуальным членам Общества по итогам 2000-2002 гг., заслушан отчетный доклад правления УО НКТД, состоялись выборы председателя и правления Общества на следующий трехлетний период. Председателем УО НКТД вновь был избран заведующий отделом неразрушающих методов контроля ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины проф. **В. А. Тронцкий**.

Определены главные задачи УО НКТД на следующий период:

- продолжение работ по гармонизации европейских и международных стандартов по НК и ТД в Украине и активизация усилий по созданию отраслевых стандартов в области НК и ТД;
- аккредитация органа по сертификации Общества для внедрения системы сертификации УО НКТД в определенных ведомствах с целью устранения монополизма в сфере сертификации;
- активизация международной деятельности в рамках EFNDT, ISNDT, двусторонних соглашений между обществами;
- предоставление поддержки региональным отделениям относительно расширения индивидуального членства в Обществе;
- организационная поддержка украинских конференций, семинаров и выставок по НК и координация их проведения;
- информационная поддержка членов Общества, издание Информационного бюллетеня УО НКТД, поддержка интернет-сайта Общества.

На заключительном пленарном заседании с краткими отчетами о работе секций выступили их руководители, состоялась дискуссия по вопросам которые были подняты специалистами во время заседаний конференции, принято Решение конференции.

Очередная 5-я Национальная научно-техническая конференция «Неразрушающий контроль и техническая диагностика» состоится в Киеве в 2006 г.

*Информационное сообщение подготовил
А. Л. Шекеро,
ученый секретарь УО НКТ*



Я УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ ЯКОСТІ

III ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ СЪЕЗД КАЧЕСТВА — «КАЧЕСТВО КАК НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИОРИТЕТ УКРАИНЫ»

20-21 мая во Дворце профсоюзов Украины (Киев) состоялся III Всеукраинский съезд качества, организаторами которого выступили Украинская ассоциация качества (УАК), Госпотребстандарт Украины, Украинский союз промышленников и предпринимателей (УСПП), Государственный комитет Украины по вопросам технического регулирования и потребительской политики (Госкомпотребстандарт) и Государственный комитет Украины по вопросам регуляторной политики и предпринимательства (Госкомпредпринимательства), а также министерства, ведомства и общественные организации. В работе съезда, который проходил под девизом «Качество как национальный приоритет Украины», приняли участие около 500 делегатов из разных регионов нашей страны.

Открывая съезд, председатель Госпотребстандарта **Леонид Школьник** отметил, что за период, прошедший после проведения II съезда в 2001 г., в Украине произошли позитивные изменения в сфере качества. В частности, принят ряд законов, касающихся вопросов технического регулирования деятельности в области качества; расширены полномочия УАК в сфере сертификации персонала и оценки качества работы предприятий и др. Л. Школьник читал приветствия в адрес съезда, поступившие от Президента Украины Леонида Кучмы и премьер-министра Виктора Януковича, генерального секретаря Европейской организации по качеству Джуслена де Норей.

Л. С. Школьник отметил также, что одним из наиболее действенных способов защиты прав потребителей от небезопасной продукции остается обязательная сертификация. Докладчик выразил уверенность в том, что государственная сертификация УкрСЕПРО должна трансформироваться в соответствии с европейскими международными требованиями.

Президент УАК **Петр Калита** подчеркнул, что в связи с глобализацией рынков и подготовкой к вступлению Украины во Всемирную торговую организацию (ВТО) нашей стране предстоит решить ряд серьезных задач по совершенствованию систем управления качеством и менеджмента. Внедрение европейских систем управления качеством на украинских предприятиях позволит не только перейти на выпуск конкурентоспособной продукции, но и успешно сотрудничать с транснациональными компаниями с ТНК. Для лучшего осмысления ситуации Петр Калита ознакомил делегатов съезда с материалами международного совещания, которое проходило в апреле этого года в Женеве, организатором которого выступил Комитет по развитию торговли, промышленности и предпринимательства Европейской экономической комиссии ООН. На этом совещании отдельно был рассмотрен вопрос о малых и средних предприятиях, их новой роли и задачах в условиях конкуренции. Участники совещания — предприниматели, представители ТНК, промышленники — отметили, что к качеству товаров и услуг предъявляются все



Президиум съезда: Президент УСПП А. К. Кинах, Председатель Госпотребстандарта Украины Л. С. Школьник, президент Украинской ассоциации качества П. Я. Калита, Первый заместитель председателя Федерации профсоюзов Украины Г. В. Осовий

большие требования и для решения поставленных задач необходимым условием является усовершенствование систем менеджмента.

Выступая с докладом перед делегатами съезда, президент Украинского союза промышленников и предпринимателей **Анатолий Кинах** подчеркнул, что широкое применение общеевропейских подходов к управлению качеством является необходимым условием обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке после вступления Украины в ВТО. Вместе с тем, особо отметил необходимость взвешенного подхода и тщательной подготовки к этому важному для страны шагу. Не секрет, что вступление страны в ВТО может иметь не только положительные, но и отрицательные последствия, поскольку не все отечественные предприятия в настоящее время в состоянии обеспечить европейский уровень управления качеством. Анатолий Кинах обратил внимание делегатов съезда на то, что во всех странах в той или иной степени обеспечивается поддержка отечественного производителя. Украине также следует разработать комплекс мероприятий, которые позволили бы избе-



В зале заседаний



Докладывает Президент УАЯ П. Я. Калита

жать закрытия предприятий и сокращения значительного числа рабочих мест.

Анализируя экономическую ситуацию за последние 2-3 года, Анатолий Кинах отметил, что наблюдаются неплохие показатели роста внутреннего валового продукта. Однако, этого недостаточно. При увеличении внутреннего валового продукта на 4-5 % по средним подсчетам Украине потребуется 40-50 лет, чтобы достичь стандартов мирового уровня. Без сомнения, процесс вступления Украины в ВТО необратим. В состав ВТО входит приблизительно 145 стран мира, которые вместе производят 90 % мировой продукции. «Но нельзя допустить, и это наше общее задание, — отметил Анатолий Кинах, — чтобы вступление в ВТО превратилось в самоцель. Каждая ошибка на этом этапе — это потеря тысяч и тысяч рабочих мест и экономического пространства как на внешнем, так и на внутреннем рынках. И каждый шаг, каждое условие, особенно касающиеся таможенных, налоговых, качественных регуляторов, сертификации, стандартизации должны опираться на конкретное технико-экономическое обоснование, что это даст национальной экономике, что даст с точки зрения увеличения количества рабочих мест и только тогда, когда эти условия будут оптимизированы с национальными интересами и приоритетами, можно давать согласие».

Делегаты обсудили ряд проблем, касающихся взаимоотношений производителей и потребителей продукции, регуляторной политики в сфере управления качеством, подготовки квалифицированных специалистов, а также приняли участие в работе школ-семинаров по современным европейским системам управления качеством.

Делегаты приняли Обращение к Президенту Украины, Верховной Раде, Правительству, а также Резолюцию съезда. В Обращении, в частности, говорится, что изменения в сторону повышения качества являются ключевым фактором развития отечественной экономики и улучшения условий жизни граждан Украины. В то же время в нашей стране существует целый ряд проблем в сфере совершенствования качества и повышения конкурентоспособности отечественной продукции, решение которых требует поддержки со стороны государства. В Резолюции нашли отражение конкретные меры, предлагаемые участниками съезда для решения этих проблем.

Делегаты съезда считают целесообразным рекомендовать Госпотребстандарту обеспечить мониторинг качества продукции, товаров и услуг, а также способствовать внед-

рению систем управления качеством на предприятиях, организовать обмен информацией и обеспечить их материалами по вопросам управления качеством и сохранения окружающей среды. Делегаты решили обратиться в Кабинет Министров Украины с просьбой ускорить внедрение в практику механизмов государственной поддержки и стимулирования предприятий, внедряющих международные стандарты управления качеством, а также учебных, исследовательских, консалтинговых и сертифицирующих организаций, накопивших позитивный опыт работы с отечественными товаропроизводителями. К механизмам такой поддержки относятся льготное кредитование, преимущества в предоставлении государственных заказов и др. Всем заинтересованным ведомствам и организациям следует ускорить разработку плана мероприятий по созданию системы обучения и повышения квалификации специалистов — менеджеров, аудиторов, экспертов, а также руководителей и сотрудников органов исполнительной власти различных уровней в области управления качеством и охране окружающей среды.

В сфере технического регулирования принято решение просить Кабинет Министров пересмотреть принятые ранее законодательные и нормативные акты в сфере качества с учетом статуса Госпотребстандарта Украины как национального органа по стандартизации и метрологии, а также рассмотреть вопрос о внесении изменений в законодательство относительно передачи Госпотребстандарту полномочий по утверждению технических регламентов, подтверждению их соответствия стандартам качества и инициировать проведение независимой аккредитации организаций и предприятий с учетом мирового опыта. Делегаты съезда рекомендовали Госпотребстандарту продолжить процесс реформирования инфраструктуры технического регулирования в целях приведения ее в соответствие с требованиями ВТО. В частности, необходимо оптимизировать структуру технических комитетов стандартизации, усовершенствовать государственную систему сертификации УкрСЕПРО, размежевать функции государственного надзора и сертификации и др. Для ускорения интеграционных процессов в связи со вступлением Украины в ЕС компетентным ведомствам следует активизировать работу по гармонизации национальных стандартов с международными и европейскими требованиями. Госпотребстандарту также следует продолжить работу по усовершенствованию метрологической инфраструктуры Украины, прежде всего гармонизировать национальную эталонную базу с международными системами эталонов.

В Резолюции также отражены вопросы, связанные с защитой прав потребителей. В частности, решено рекомендовать Госпотребстандарту инициировать подготовку проекта постановления Кабинета Министров Украины о порядке изъятия из оборота некачественной и небезопасной продукции. Делегаты III Всеукраинского съезда качества призвали центральные и местные органы власти, промышленников, предпринимателей и общественные организации объединить усилия для реализации Указов Президента Украины, Программы деятельности Кабинета Министров и их решений в сфере качества и защиты прав потребителей.

*Елена Бутивченко,
пресс-секретарь Украинской ассоциации качества*