

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) 271-23-90,
Факс: (044) 528-34-84, 529-26-23
E-mail: journal@paton.kiev.ua
http://www.nas.gov.ua/pwj

Научные редакторы

Н. Г. Белый, А. А. Грузд

Электронная верстка

Л. Н. Герасименко,
И. Р. Наумова, И. С. Баташева

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

- КОБЗЕВ В. А., КРАВЕЦ М. В., СУЩИЙ О. В.* Локационная
фильтрация параметров акустической эмиссии при проведении
испытаний на растяжение 3
ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ю., МИКУЛОВИЧ А. В., МИКУЛОВИЧ В. И.,
ШНИТКО В. Т. Автоматизированная система диагностики промыш-
ленного оборудования 8

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

- ЛОБАНОВ Л. М., ПИВТОРАК В. А., САВИЦКИЙ В. В., ТКАЧУК Г. И.*
Определение остаточных напряжений в элементах конструкций на
основе применения электронной спекл-интерферометрии и метода
конечных элементов 15
УЧАНИН В. Н., ДЕРЕЧА В. Я. Вихретоковый метод выявления повер-
хностных дефектов узлов авиационной техники в условиях эксплуа-
тации 20
СУЧКОВ Г. М., АЛЕКСЕЕВ Е. А., ЗАХАРЕНКО В. В. Энерго- и ресур-
сосберегающие приборы и технологии неразрушающего контроля 29
ДАНИЛЯК Я. Б., КИЙКО Л. М. Якість різьбових з'єднань обсадних
колон: проблеми та способи їх вирішення 35
АХВЕРДОВ И. Н., ЗУБКО В. И., ЛЕСНИКОВИЧ А. И., ЗУБКО Д. В.
Оперативный контроль и диагностика электрических свойств
полимерных композиций в зависимости от состава для различных
частот электрического поля 40

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО В НК И ТД

- БОНДАРЕНКО Ю. К., АРТЮХ К. О.* Проблемы стандартизации в не-
разрушающем контроле и в сварке (Обзор) 45

ХРОНИКА И ИНФОРМАЦИЯ

- Дефектоскопия — 2006, г. Санкт-Петербург 57
Седьмой семинар «Безопасность эксплуатации компрессорного и
насосного оборудования», г. Сумы 59
Патенты в области технической диагностики и неразрушающего
контроля 60
По страницам журнала «Дефектоскопия» (РФ) за 2005 г. 62

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

№ 4, 2006

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. Uliitko, T. M. Shvets,
N. N. Zatsepin,
A. V. Shimanovsky

Address:

The E. O. Paton Electric
Welding Institute
of the NAS of Ukraine,
11 Bozhenko str., 03680,
Kyiv, Ukraine
Tel.: (044) 271-23-90,
Fax: (044) 528-34-84, 529-26-23
E-mail: journal@paton.kiev.ua
http://www.nas.gov.ua/pwj

Scientific editors:

N. G. Bely, A. A. Gruzd

Electron galley:

I. R. Naumova, L. N. Gerasimenko,
I. S. Batasheva

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

- KOBZEV V. A., Kravets M. V., Sushchii O. V.* Location filtration of acoustic emission parameters during tensile testing 3
VARFOLOMEEV A. Yu., MIKULOVICH A. V., MIKULOVICH V. I., SHNITKO V. T. Automated system of industrial equipment diagnostics 8

NON-DESTRUCTIVE TESTING

- LOBANOV L. M., PIVTORAK V. A., SAVITSKY V. V., TKACHUK G. I.* Determination of residual stresses in structural elements based on application of electronic speckle-interferometry and finite element method 15
UCHANIN V. N., DERECHA V. Ya. Eddy current method of revealing surface defects of aircraft components under the operating conditions 20
SUCHKOV G. M., ALEXEEV E. A., ZAKHARENKO V. V. Energy and resources-saving instruments and non-destructive testing technologies 29
DANILYAK Ya. B., KIJKO L. M. Quality of threaded joints of casing strings: problems and methods to solve them 35
AKHVERDOV I. N., ZUBKO V. I., LESNIKOVICH A. I., ZUBKO D. V. Fast control and diagnostics of electrical properties of polymer formulas, depending on composition for different electrical field frequencies 40

STANDARDIZATION AND QUALITY IN NDT AND TD

- BONDARENKO Yu. K., ARTYUKH K. O.* Problems of standardization in non-destructive testing and in welding (Review) 45

NEWS AND INFORMATION

- Defectoscopy — 2006, St.Petersburg 57
Seventh seminar «Safe operation of compressor and pumping equipment», Sumi 59
Patents on technical diagnostics and non-destructive testing 60
Going through the pages of «Defectosopia» journal (RF) for 2005 62

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



ЛОКАЦИОННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ НА РАСТЯЖЕНИЕ

В. А. КОБЗЕВ, М. В. КРАВЕЦ, О. В. СУЩИЙ

С использованием локационной фильтрации параметров акустической эмиссии (АЭ) при проведении испытаний на растяжение образцов из низколегированной низкоуглеродистой стали 09Г2С с различными концентраторами напряжений проанализированы закономерности деформирования и разрушения и связанная с ними динамика локализации локационных импульсов АЭ по отношению к положению концентратора напряжений, а величины деформации.

Location filtration of acoustic emission (AE) parameters during tensile test of low-alloy low-carbon steel samples 09G2S with various stress concentrators were used to analyze the regularities of deformation and fracture and the associated localization dynamic of AE location impulses relative to the stress concentrator position and deformation magnitude.

Механические испытания на растяжение лабораторных образцов, изготовленных из материала объектов, подвергающихся диагностическому обследованию, позволяют получать характеристики, необходимые для расчетов и прогнозирования остаточной долговечности [1]. Дополнительную информацию при этом часто удается получить при использовании в ходе проведения испытаний метода акустической эмиссии (АЭ) [2–4]. Такие испытания предполагают осуществление ряда мероприятий по изъятию из рассмотрения акустической информации, источники которой находятся вне рабочей области испытываемого образца. Это достигается путем использования специальных акустических изоляторов, препятствующих проникновению акустических сигналов к образцу от привода разрывной машины через захваты [2], с помощью нанесения на поверхность образца материалов, поглощающих акустические колебания, возникающие в материале образца при испытании, и, таким образом, препятствующие многократным переотражениям акустических волн внутри образца [4, 5]. Однако, такие «механические» мероприятия не позволяют полностью разрешить проблему, так как оказывают влияние на параметры жесткости системы «разрывная машина–образец» и могут вносить определенную погрешность в получаемые при испытании механические характеристики исследуемого материала. Кроме того, нанесение на поверхность изолирующих материалов приводит к изменениям в условиях работы материала в конструкции и может стать само по себе источником акустических сигналов, возникающих на поверхности раздела «изолирующий материал–материал образца», а также привести к изменению акустических параметров испытываемого материала, таких, как затухание и групповая скорость. Проконтролировать, что это не так, крайне сложно. Поэтому,

на наш взгляд, наиболее приемлемыми средствами исключения из рассмотрения не относящейся к процессам деформации и разрушения исследуемого образца акустической информации является локационная фильтрация параметров АЭ. Основным принцип такой фильтрации не является новым и заключается в следующем. Для испытания образца используется четыре преобразователя АЭ (ПАЭ), которые устанавливаются вне рабочей области образца в соответствии со схемой, представленной на рис. 1. Для систем АЭ, принципы проведения локации которых построены на проведении линейной локации на основе локационной антенны, состоящей из минимально возможного числа ПАЭ (в данном случае — два), расстояние между ПАЭ может быть произвольным. В случае, когда локационная антенна состоит из четырех ПАЭ, программное обеспечение таких систем накладывает определенные требования к расстоянию между преобразователями. Расстояния между ПАЭ 1–2 и 3–4 в этом случае устанавливаются равными, а сама система расстановки ПАЭ является сим-

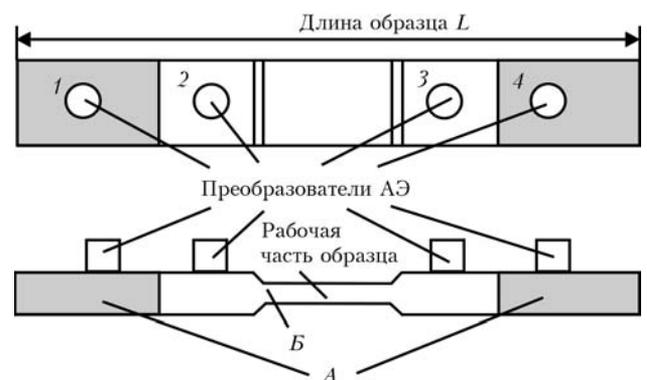


Рис. 1. Схематическое изображение образца и установленных на нем ПАЭ 1–4: А — зоны, генерация АЭ в которых не воспринимается ПАЭ 2 и 3; Б — зона локации ПАЭ 2 и 3



метричной [5]. В нашем случае система расстановки ПАЭ и, соответственно, система программного обеспечения допускает произвольное расположение ПАЭ.

При этом 1 и 4 ПАЭ выполняли функцию «сторожей», 2 и 3 — функцию локации импульсов АЭ. Известно, что для нормального функционирования любой системы АЭ необходимо предварительно определить и установить величины ряда параметров, на основании которых с помощью программного обеспечения будет проводиться расчет и измерение основных АЭ параметров и параметров локации источников АЭ в ходе проведения испытаний. Одним из таких параметров является «мертвое» время, в течение которого должно произойти затухание АЭ сигнала ниже уровня дискриминации. ПАЭ с функцией «сторожей» определяют момент начала отсчета «мертвого» времени, в течение которого вся система АЭ не работает в режиме приема. Таким образом, если ПАЭ 1 или 4 принимают АЭ сигнал первыми, то это являлся сигналом приведения системы АЭ в режим полного молчания, когда принимаемые всеми остальными преобразователями АЭ сигналы принимаются, но маркируются как принятые в период действия «мертвого» времени. Это позволяло при обработке АЭ информации проводить локационную фильтрацию сигналов АЭ, возникших в зоне А (затемненная область на рис. 1), т. е. в зоне наиболее близко расположенной к захватам образца. При проведении локации ПАЭ 2 и 3 включаются в работу только тогда, когда новый АЭ сигнал по истечении «мертвого» времени приходит к одному из них. Это может быть реализовано только в том случае, если источник АЭ находится в зоне Б (светлая область, в которую составляющей входит рабочая часть образца). Такой вид локационной фильтрации рекомендуется использовать при испытании образцов в соответствии со стандартом [5].

Обычно при испытании образцов на растяжение с использованием метода АЭ проводят синхронное построение диаграмм деформации и регистрируемых параметров АЭ. При этом одним из ПАЭ регистрируются все принимаемые сигналы АЭ не зависимо от того, являются ли они локационными или нет, т. е. без привязки к конкретным участкам зоны Б на образце, в которых эти сигналы АЭ возникли [2]. Иногда такая привязка делается (проводится в ходе растяжения образца АЭ локация), но из-за отсутствия временной развертки процесса локации возникают затруднения в интерпретации динамики процесса. В этой статье приведены результаты выделения локационных сигналов АЭ в ходе испытания стальных образцов на растяжение, и их локационное распределение по образцу во времени. Такой подход, как нам представляется, позволяет с помощью сиг-

налов АЭ характеризовать динамику процесса деформации и разрушения.

Для проведения испытаний на растяжение из стали 09Г2С были изготовлены образцы с тремя типами надрезов, характеризующихся различной степенью концентрации напряжений: образец с двухсторонним надрезом шириной 2 мм (рис. 2), образец с односторонним надрезом шириной 2 мм (рис. 3) и образец с плавным переходом от нерабочей части к минимальному сечению в рабочей части с радиусом кривизны, равным 75 мм (рис. 4). Основные характеристики прочности материала образцов составляли: $R_T = 470$ МПа, $R_e = 300$ МПа. Испытание образцов проводили на разрывной машине «Инстрон-1595» при скорости нагружения 2 мм/мин. Нагружение осуществляли ступенчато по 5...10 кН с остановками в течение 30 с. Образцы доводили до полного разрушения. Использована аппаратура акустической эмиссии «Кросс-16», разработанная НТП «Контроль и диагностика». ПАЭ устанавливали на образцы согласно рис. 1: 1 и 4 выполняли функцию «сторожей», 2 и 3 осуществляли локацию АЭ сигналов, генерируемых в ходе испытаний в зоне Б образца.

Регистрацию параметров сигналов АЭ и диаграммы нагружения проводили синхронно в процессе испытания, в ходе которого регистрировались координаты локационных сигналов d (мм) и их амплитуды A (мВ). Локационные координаты АЭ регистрировали с временной разверткой с тем, чтобы каждый зарегистрированный импульс при обработке результатов мог быть соотнесен к соответствующему уровню нагрузки и деформации на диаграмме нагружения.

Перед проведением испытаний после установки ПАЭ проведено измерение скорости УЗ волны в образце, генерирование которой проводили с помощью ПАЭ-имитатора, управляемого импульсным генератором.

Основные параметры при работе аппаратуры АЭ в ходе испытаний были следующими: частотный диапазон — 100...500 кГц; уровень амплитудной дискриминации (порог) — 20 дБ; мертвое время — 10000 мкс.

Результаты испытания трех образцов с различными концентраторами напряжения в области рабочей части представлены на рис. 2–4.

На рис. 2 представлен результат испытания образца с плавным утонением рабочей части. При испытании этого образца общая деформация до момента окончательного разрушения составляла около 11 мм. Образец разрушился в области с наименьшим сечением. По ходу испытания в зоне рабочей части формировались импульсы АЭ, начиная с величины деформации, равной 2 мм. Кроме этих сигналов, зарегистрированы сигналы АЭ из зон, прилежащих к рабочей части образца (зона 0...80 мм и зона 200...250 мм по длине образца).



Эти сигналы АЭ обусловлены процессами общей деформации образца на начальном этапе нагружения (до деформации, равной 2 мм) и процессами упруго-пластического деформирования под действием напряжений изгиба, возникающих вследствие одностороннего утонения рабочей части образца. Локализация источников АЭ в зоне будущего разрушения происходит при уровне деформации ~6 мм, что соответствует нагрузке 140 кН (максимальная нагрузка составляла 148 кН). Процесс локализации разрушения происходит при уровне напряжений, соответствующих участку между пределом текучести и пределом прочности. Этот процесс характеризуется началом пластического разрушения внутренних областей образца по механизму с образованием пор (ямочный механизм) [2]. Такая локализация пластического течения и разрушения при испытании образцов из низкоуглеродистой конструкционной стали подтверждает данные, полученные с помощью АЭ в работе [3]. Сигналы АЭ (являющиеся предвестниками окончательного разрушения) локализация которых соответствовала положению магистральной трещины при испытании образца, показанного на рис. 2, зарегистрированы при уровне деформации 10 мм.

При испытании образца с односторонним надрезом (рис. 3) первые сигналы АЭ из зоны будущего разрушения так же, как и в случае, представленном на рис. 2, локализованы при нагрузке, находящейся в интервале между пределом текучести и пределом прочности. В этом случае первые сигналы АЭ, соответствующие деформации 3,1 мм, локализованы из зоны максимальных локальных деформаций сдвига, располагающихся под углом 45° по отношению к оси нагружения образца вверх и вниз от острых углов надреза. В данном образце наиболее интенсивно деформации сдвига происходили в зоне, расположенной ниже надреза. Окончательная локализация разрушения наблюдалась при уровне абсолютной деформации 4,3 мм. Локализация магистральной трещины соответ-

вала верхнему углу надреза (140 мм по длине образца). На начальной стадии деформирования зарегистрировано несколько импульсов АЭ, характеризующих общую деформацию образца и процесс его взаимодействия с захватом разрывной машины.

Результат испытания образца с симметричными надрезами с двух сторон образца представлен на рис. 4. Здесь так же, как и на образцах с односторонними надрезами, на начальном этапе (до уровня деформации, равной 0,3 мм) появляются сигналы АЭ из областей, близких к ПАЭ. Это

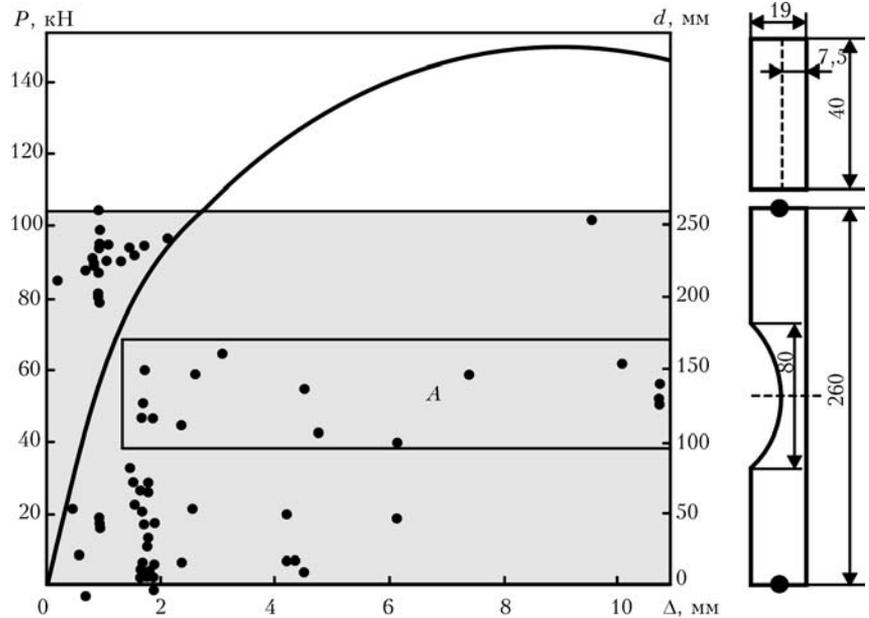


Рис. 2. Результат испытания образца с плавным утонением рабочей части (P — нагрузка испытания; Δ — деформация образца; d — расстояние между ПАЭ 2 и 3; точки показаны местоположения локационных импульсов по отношению к расстоянию между ПАЭ 2 и 3, полученных в ходе испытания; A — зона деформации и разрушения рабочей части образца)

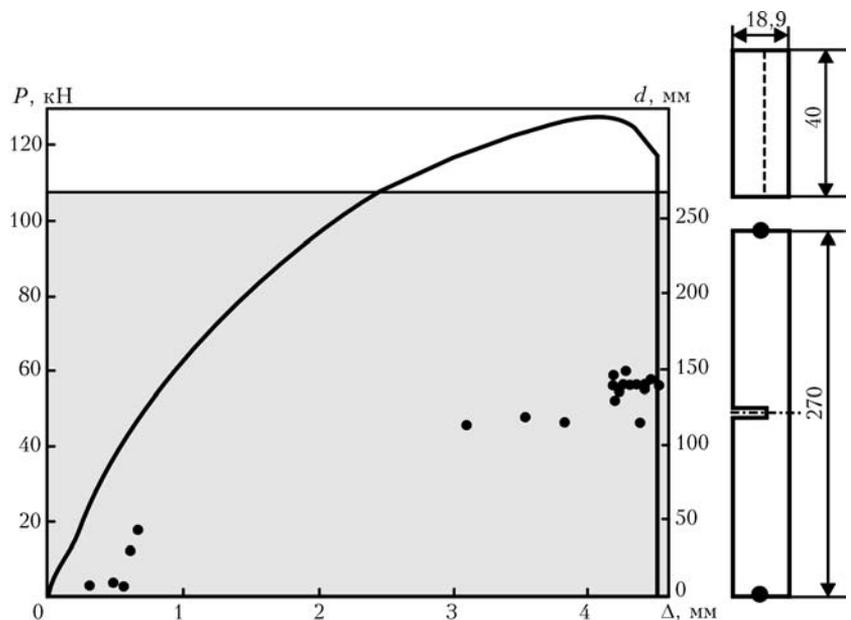


Рис. 3. Результаты испытания образца с односторонним надрезом (значения P , d , Δ — см. на рис. 2)

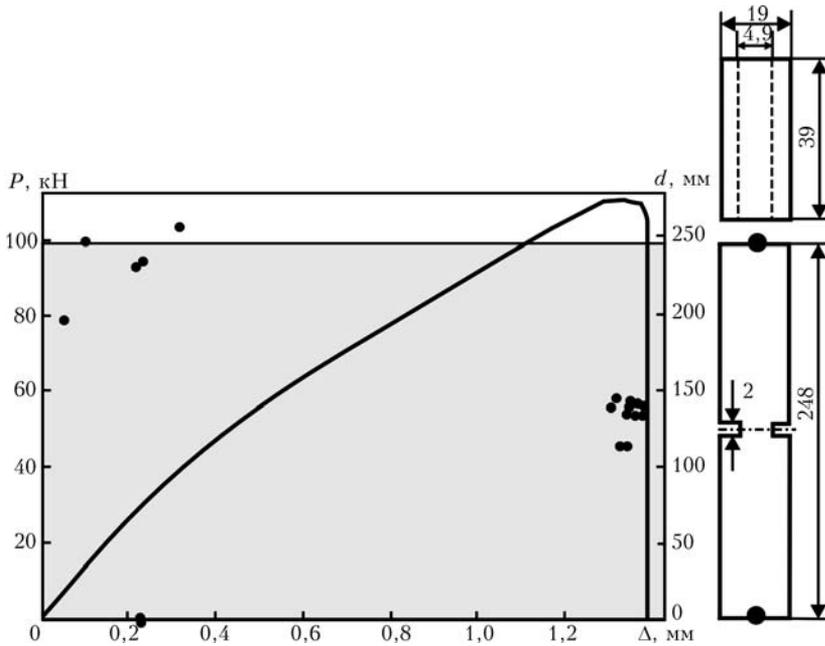


Рис. 4. Результаты испытания образца с симметричными надрезами с двух сторон образца (значения P , d , Δ — см. на рис. 2)

обусловлено процессом взаимодействия образца и клинового захвата разрывной машины. Первый предупредительный сигнал АЭ из зоны будущего разрушения получен при деформации $D = 1,24$ мм при нагрузке, равной 108 кН, что на 4 кН ниже максимальной нагрузки, равной 112 кН.

В ходе испытания образцов источником АЭ из зоны будущего повреждения могут быть процессы деформации или разрушения материала образца. Так как эти два процесса тесно связаны и обусловлены для относительно пластичных низкоуглеродистых низколегированных сталей дислокационными процессами, то с точки зрения анализа параметров АЭ эти процессы также неразделимы. В данном случае следует говорить лишь об интенсивности дислокационных процессов, которые, как известно, начинаются с движения отдельных дислокаций и завершаются последовательным образованием дислокационных скоплений, пор, разрушением перегородок между порами также по

дислокационному механизму, приводящему к окончательному разрушению образца. Такой механизм разрушения известен как «ямочный механизм разрушения» [6], поэтому АЭ из зоны будущего разрушения образца соответствует интенсивности дислокационных процессов в материале, которая пропорциональна объему материала, вовлеченного в деформационный процесс и, соответственно, обратно пропорциональна степени стесненности пластической деформации, обусловленной воздействием концентраторов напряжений. Это подтверждают результаты проведенных испытаний. Чем большее влияние на степень активности дислокационного процесса оказывают концентраторы напряжений, тем требуется большее номинальное напряжение для обеспечения необходимой акустической активности, сигнализирующей об интенсивности дислокационного процесса, предупреждающего окончательное разрушение образца (см. таблицу).

Основной целью применения метода АЭ при проведении испытания технологического оборудования является обнаружение трещиноподобных дефектов, возникших и развивающихся в условиях действия рабочих нагрузок. В зависимости от типа оборудования, условий его работы происхождение таких дефектов может быть связано с процессами коррозии, коррозии под напряжением, усталости, водородного и сероводородного воздействия, а также совместным воздействием нескольких из этих процессов. При проведении регламентных статических испытаний пробной нагрузкой, величина которой в зависимости от вида оборудования превышает рабочую нагрузку, в вершинах, образовавшихся к моменту испытаний

Основные параметры прочности и АЭ при испытании образцов № 1–3

Основные параметры	№ 1	№ 2	№ 3
Площадь сечения S в рабочей части, мм ²	300	300	191,1
Нагрузка P , соответствующая началу АЭ из зоны будущего разрушения, кН	64	116	108
Деформация Δ , соответствующая началу АЭ из зоны будущего разрушения, мм	2,00	3,10	1,24
Относительное удлинение рабочей части образца к моменту начала АЭ из зоны разрушения $\delta_{АЭ}$, %	0,77	1,14	0,51
Номинальное напряжение σ , соответствующее началу АЭ из зоны будущего разрушения, кГ/мм ²	21,7	39,4	57,6

Примечание. Образцы № 1 — с плавным утонением рабочей части (рис. 2); № 2 — с односторонним надрезом (рис. 3); № 3 — с двусторонним надрезом (рис. 4).



дефектов, возникают высокие напряжения, превышающие предел текучести. Такие напряжения активизируют дислокационный процесс, который, в свою очередь, станет источником АЭ. Наиболее адекватной моделью, характеризующей динамику дислокационного процесса при испытании оборудования с односторонним приложением нагрузки (сосуды давления, трубопроводы, элементы балочных конструкций и др.), в нашем случае является образец с односторонним надрезом, в котором, в зависимости от соотношения действующей нагрузки и площади «живого» сечения АЭ будет сигнализировать о возможном разрушении. Причем, это может происходить задолго до окончательного разрушения как в случае образца с плавным утонением рабочей части (рис. 2) или непосредственно перед окончательным разрушением, когда модельный дефект значителен (рис. 3). При этом времени для принятия решения в условиях эксплуатации или испытания объекта становится значительно меньше. Следует иметь в виду, что в обоих случаях источником АЭ являются дислокационные процессы, поэтому реальные дефекты в виде трещин после получения и обработки АЭ информации испытания реальных объектов не всегда могут быть обнаружены методами НК, так как АЭ может быть следствием начала дислокационного процесса, когда трещиноподобные дефекты еще не образовались.

Выводы

Предложенная методика изучения закономерностей разрушения образцов конструкционных сталей с использованием локационной фильтрации позволяет выделить из общего потока АЭ ту ее часть, которая генерирована в области разрушения образца. При этом представляется возможным проведение оценки степени чувствительности АЭ метода к определенному виду концентратора напряжений. Путем регулирования чувствительности аппаратуры представляется возможным оптимальный выбор режима испытаний, когда первые импульсы АЭ из зоны будущего разрушения будут получены на той или иной стадии процесса испытания. Кроме того, с помощью предложенной методики может быть получено наглядное соотношение локализованных импульсов АЭ и силовых параметров испытания в динамике.

1. ДСТУ 4046–2001. Обладнання технологічне нафтопереробних, нафтохімічних та хімічних виробництв. Технічне діагностування. Загальні технічні вимоги. — 25 с.
2. Грешиников В. А., Дробот Ю. В. Акустическая эмиссия. Применение для испытания материалов и изделий. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 272 с.
3. Акустическая диагностика разрушения стали / Л. Р. Ботвина, И. С. Гузь, В. С. Иванова и др. // Матер. IX Всесоюзной акустической конференции. Секция В. — М., 1977. — С. 183–186.
4. Недосека А. Я. Основы расчета и диагностики сварных конструкций. — Киев: ИНДПРОМ, 2001. — 815 с.
5. ДСТУ 4227–2003. Настанови щодо проведення акустико-емісійного діагностування об'єктів підвищеної небезпеки. — 25 с.
6. Брок Д. Основы механики разрушения. — М.: Высш. школа, 1980. — 368 с.

ОАО «УкрНИИХиммаш»,
Харьков

Поступила в редакцию
17.05.06

НОВОСТИ ИЗ ИНТЕРНЕТА

Выпущены обновленные пьезоэлектрические преобразователи для ручного и автоматизированного ультразвукового контроля сварных соединений

МФ НИКИМТ «Эксперт-Центр» предлагает пьезоэлектрические преобразователи для ручного и автоматизированного ультразвукового контроля сварных соединений и основного металла, разработанные совместно с компанией «Эхо-импульс».

Данные изделия сочетают стабильность параметров, высокое качество, надежность, высокую чувствительность и малую стоимость при умеренных ценах.

По желанию заказчика разрабатываются и изготавливаются стандартные или специализированные ПЭП в следующих исполнениях:

- ❖ повышенной чувствительности; заданного габарита; ❖ с укороченной стрелой;
- ❖ для сканирования по криволинейной поверхности; ❖ с износостойким протектором;
- ❖ с химически стойким протектором; ❖ помехозащищенное исполнение;
- ❖ термостойкое исполнение; фокусированные; ❖ согласованные с конкретным дефектоскопом.

<http://www.ndtexpert.ru>



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А. Ю. ВАРФОЛОМЕЕВ, А. В. МИКУЛОВИЧ, В. И. МИКУЛОВИЧ, В. Т. ШНИТКО

Описывается разработанная система диагностики промышленного оборудования, позволяющая проводить детальный анализ его технического состояния по параметрам вибрации и других физических процессов: температуры, давления, деформации и т. п. Аппаратно-программный комплекс успешно прошел опытную эксплуатацию на изделиях авиационной техники и энергетическом оборудовании.

A system described is developed for diagnostics of industrial equipment to provide a detail analysis of its technical condition by the physical parameters: temperature, pressure, deformation, vibration, etc. Experimental operation of the developed hard- and software was successfully conducted for the items of aviation and energy-producing equipment.

Внедрение методов комплексного диагностирования в практику технического обслуживания промышленного оборудования позволяет выявлять дефекты машин и их отдельных узлов на ранней стадии их развития [1].

Опыт зарубежных фирм показывает, что среди многочисленных методов технической диагностики (ТД), наиболее эффективными являются методы, основанные на использовании информации о параметрах процессов, сопровождающих работу машин и механизмов. При этом чаще всего применяется анализ механических колебаний (вибрации).

По данным Американского общества инженеров-механиков до 82 % неисправностей машин с вращающимися узлами может быть определено методами вибрационной диагностики [2].

Практическая реализация данных методов требует обработки чрезвычайно больших объемов входных данных. Успешное решение этой задачи может быть осуществлено на базе применения алгоритмов цифровой обработки выходных сигналов датчиков физических величин и процессов и современных средств вычислительной и электронной техники. Например, использование для этой цели портативных компьютеров типа «Notebook» и цифровых сигнальных процессоров (DSP) позволяет создавать многоканальные диагностические приборы и системы с развитым программным обеспечением, универсальные по назначению, с малыми габаритами и массой.

Однако во многих случаях внедрение методов эксплуатации по состоянию сдерживается отсутствием соответствующих аппаратно-программных средств, а приобретение зарубежной аппаратуры затруднено из-за ее высокой стоимости. Вследствие этого была поставлена задача разработать современный аппаратно-программный комплекс для диагностики практически любого

промышленного оборудования в процессе его эксплуатации и ремонта, по своим функциональным возможностям не уступающий лучшим зарубежным аналогам, но значительно меньшей стоимости.

Назначение и состав. Разработанная автоматизированная система диагностики (АСД) предназначена для контроля и диагностики состояния промышленного оборудования различного назначения и их отдельных узлов в процессе эксплуатации и ремонта.

В состав АСД входят: портативная многоканальная система (ПМС-АСД), включающая комплект датчиков с кабелями и механическими приспособлениями для их крепления; стационарная (наземная) система (НС-АСД); программное обеспечение ПМС-АСД и НС-АСД; рабочая конструкторская и эксплуатационная документация.

Портативная многоканальная система (ПМС-АСД) выполнена на основе портативного компьютера типа «Notebook» и предназначена для:

- съема данных с выходов датчиков, установленных на диагностируемых механизмах и их узлах;
- предварительной обработки сигналов с выходов датчиков и экспресс-диагностики контролируемых механических узлов;

- ранней диагностики межроторных и межвальных подшипников авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) в режиме ручной прокрутки;

- анализа входных данных синхронно с изменением оборотов основного вала контролируемых машин, в частности, на режимах их разгона и выбега;

- динамической балансировки несущего и хвостового винтов вертолетов;

- выдачи оператору сообщений об имеющихся опасных отказах;

- краткосрочного прогнозирования работоспособности механических узлов;



передачи входных данных и результатов экспресс-диагностики на стационарную диагностическую систему.

Стационарная (наземная) система (НС-АСД) на основе стационарного компьютера предназначена для решения следующих *основных задач*:

корректировки итоговых результатов диагностирования;

выделения признаков для долговременного прогнозирования технического состояния контролируемых машин и их отдельных узлов;

прогнозирования технического состояния контролируемых машин с выдачей информации о необходимых регламентных и ремонтных работах, их объеме и сроках проведения;

формирования базы данных по диагностируемым машинам;

создания итоговых документов по результатам диагностирования на бумажных носителях.

Принцип работы. Принцип работы системы основан на цифровой обработке выходных сигналов датчиков физических процессов, установленных на отдельных узлах контролируемых машин в выбранных местах. Сигнал от тахометрического датчика обеспечивает синхронизацию работы системы с оборотами основного вала машины.

Работа программы обработки сигналов, поступающих с соответствующих датчиков, инициируется командой с клавиатуры ПК.

Портативная многоканальная система диагностики. Структурная схема ПМС-АСД приведена на рис. 1. Она состоит из следующих основных модулей: модуля сбора данных, модуля управления, модуля питания и портативного компьютера типа «Notebook».

Модуль сбора данных (МСД) предназначен для согласования выходов датчиков со входами последующих схем, дополнительного усиления вибрационных или других сигналов, их предварительной фильтрации и преобразования в цифровую форму.

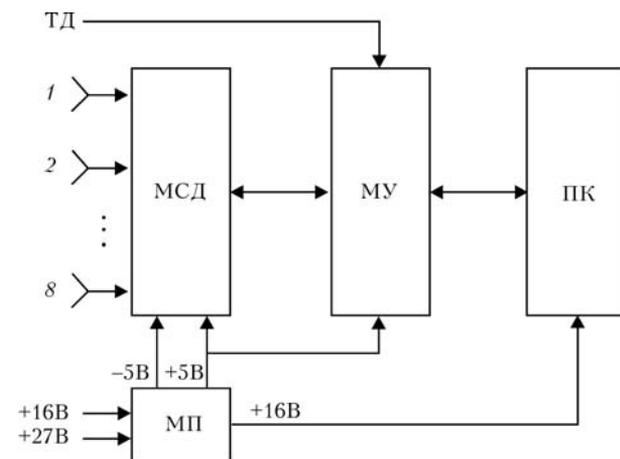


Рис. 1. Структурная схема ПМС-АСД

Модуль управления (МУ) организует работу МСД, преобразует последовательные цифровые данные, поступающие из МСД, в параллельный формат и передает их в портативный компьютер (ПК). Кроме того, МУ обеспечивает ввод выходного сигнала тахометрического датчика (ТД).

Портативный компьютер (ПК) типа «Notebook» осуществляет сбор и первичную обработку поступающих сигналов, отображение результатов обработки на экране дисплея, а также упаковку последних и их хранение на накопителе на жестком магнитном диске для передачи в дальнейшем на стационарный компьютер.

Модуль питания (МП) обеспечивает работу системы от сети постоянного тока напряжением +27 В или сетевого (220 В) блока питания ПК: 1–8 — микрофон, датчики вибрации, температуры и т. п.

Основные технические характеристики ПМС-АСД в базовом исполнении

1. Количество независимых каналов сбора данных 5
в том числе:
от датчиков вибрации 4
от датчиков оборотов 1
2. Количество датчиков вибрации, подключаемых к одному каналу 2
в том числе:
пьезоэлектрических 1
с выходом по напряжению 1
3. Рабочий диапазон частот, Гц:
по входу усилителя заряда $0,7 \dots 2 \cdot 10^4$
по входу усилителя напряжения $0 \dots 2 \cdot 10^4$
4. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в пределах рабочего диапазона частот, дБ, не более 0,3
5. Диапазон входных сигналов усилителей:
по заряду, пКл $\pm(0 \dots 1,25 \cdot 10^3)$
по напряжению, В
для двуполярного сигнала $\pm(0 \dots 2,5)$
для однополярного сигнала $0 \dots +5$
6. Диапазон амплитуд измеряемых виброускорений с трехкомпонентным датчиком вибрации AP-38 составляет $0,01 \dots 1000 \text{ м/с}^2$.
7. Чувствительность усилителя заряда, мВ/пК $\pm 1 \%$.
8. Коэффициент передачи входного усилителя, $0,5 \text{ В/В} \pm 1 \%$
9. Разрядность выходных данных аналого-цифрового преобразователя, бит 16
10. Обмен данными проводится с использованием расширенного параллельного порта (Стандарт IEEE 1284), работающего в режиме ECP
11. Входное сопротивление ПМС-АСД для датчиков с выходом по напряжению, не менее, кОм 30
12. Время непрерывной работы, не менее, ч 8
13. Потребляемая мощность, не превышает, Вт 60
14. Среднее время наработки на отказ, не менее, ч 5000
15. Габаритные размеры, мм $452 \times 360 \times 108$
16. Масса без комплекта принадлежностей, не более, кг 6

Программное обеспечение ПМС-АСД. Программное обеспечение (ПО) ПМС-АСД работает в



операционной среде Windows 95/98 и представляет собой интегрированный пакет на основе графического интерфейса пользователя, включающий следующие программные модули:

проверки работоспособности каналов ввода данных с помощью встроенного генератора контрольного сигнала;

калибровки чувствительности входных усилителей для получения результатов измерений в физических единицах;

начального диалога, осуществляющего ввод сигналов с выбранных каналов в ОЗУ портативного компьютера, их оперативное отображение на экране дисплея ПК и при необходимости сохранение в виде файлов, дополненной служебной информацией для последующего протоколирования полученных результатов обработки выходных сигналов датчиков;

цифровой обработки выходных сигналов датчиков физических величин и процессов, сопровождающих работу контролируемых машин, по выбранным алгоритмам;

ранней диагностики межроторных и межвальных подшипников авиационных ГТД;

дробно-октавного (октава, 1/3, 1/12 и 1/24 октавы) анализа входных сигналов;

синхронного (порядкового) спектрального анализа;

экспресс-диагностики;

балансировки несущего и рулевого (хвостового) винтов вертолетов;

вывода результатов обработки на экран дисплея портативного компьютера.

Разработанное базовое программное обеспечение, реализующее современные алгоритмы цифровой обработки сигналов, позволяет получать в частотном диапазоне от 0,7 до 20 кГц следующий набор информативных параметров и функций: пиковое, среднее и среднеквадратическое значения входного сигнала или сигнала в выбранной полосе частот; гистограмму распределения; амплитуду и фазу гармонических составляющих, синхронных с оборотами основного вала машины; огибающую выделенного сигнала; амплитудный спектр с постоянным абсолютным разрешением; амплитудный спектр с постоянным относительным разрешением (1/1, 1/3, 1/12, 1/24 октавы); спектр огибающий; спектр мощности; фазовый спектр; кепстр; корреляционную функцию; взаимную корреляционную функцию двух входных сигналов; взаимную спектральную плотность; взаимный фазовый спектр; функцию когерентности; передаточную функцию.

Анализ входных сигналов может проводиться как на стационарных, так и на переходных режимах работы контролируемой машины. Оценивая отдельные параметры этих характеристик, а также анализируя их изменение в зависимости от режима работы или с течением времени, можно судить

о текущем техническом состоянии контролируемого узла и прогнозировать его изменение в будущем, что осуществляется наземной системой (НС-АСД) диагностики.

Для оперативного контроля состояния отдельных узлов полученные результаты измерения выводятся в графическом виде на дисплей ПК. При необходимости они могут быть сохранены в виде файлов для последующей передачи на НС-АСД.

Используемая технология цифровой обработки сигналов позволяет простым наращиванием программного обеспечения с помощью одних и тех же аппаратурных средств неограниченно расширять возможности системы по реализации новых алгоритмов обработки входных сигналов, исключая при этом возможные потери полученной информации.

При использовании специальной программы система позволяет осуществлять динамическую балансировку несущего винта вертолетов, жестких роторов в собственных опорах и проводить прочностные испытания элементов конструкций машин. ПМС-АСД обеспечивает также проведение порядкового анализа, хранение максимальных и минимальных значений спектра, сравнение спектров, осуществление арифметических преобразований над входными данными и получаемыми результатами, слежение (выделение) отдельной гармоники и отображение ее в трехмерном пространстве, например, при разбеге или выбеге контролируемой машины.

Стационарная (наземная) система диагностики. Портативная система ПМС-АСД, предназначена прежде всего для сбора данных виброизмерений и проведения экспрессанализа вибрационных и других сигналов на месте эксплуатации авиационной техники или любых других машин и механизмов. При этом в первую очередь решаются задачи связанные с определением фактического технического состояния контролируемых объектов. Возможности для детального исследования, например, состава вибрационных характеристик сложного технического изделия в целом, поиску других, быть может, более информативных диагностических признаков в этом случае практически не имеется. Это обстоятельство особенно характерно для изделий авиационной техники, где в настоящее время материально-технические ресурсы, включая и топливные, весьма ограничены.

Задачи детального исследования полученных с помощью ПМС-АСД данных и глубокой диагностики подшипников, зубчатых колес, рабочих колес насосов, компрессоров и турбин, а также электрических машин, включая прогнозирование их состояния по прошлым и текущим значениям диагностических параметров, решаются стационарной (в данном случае НС-АСД) системой.



НС-АСД обеспечивает: создание и поддержку базы данных измерений; создание и поддержку базы данных об оборудовании, подлежащем контролю и диагностике, и его отдельных деталях (компонентах); создание и поддержку базы данных дефектов; создание и поддержку базы данных об алгоритмах и критериях диагностирования; автоматическое диагностирование дефектов на базе знаний экспертов; построение трендов параметров вибрации и других процессов, сопровождающих работу контролируемых машин, для каждой точки контроля и прогнозирование остаточного ресурса.

НС-АСД сохраняет вибрационный и другие сигналы, считанные с ПМС-АСД либо импортированные из другой программы виброанализа в базу данных (БД) измерений. В этой же базе данных могут быть сохранены как сами сигналы с выходов соответствующих датчиков физических процессов, сопровождающих работу контролируемых машин, так и их спектры или любые другие информативные параметры и характеристики.

Системы содержат создаваемые технические паспорта машин, где указывается их кинематическая схема, схема расположения точек измерений на машине и описан состав машины. Под составом машины понимается наличие тех или иных вращающихся деталей, предварительно описанных в базе данных компонентов, связь их с точками измерений, а также привод (источник вращения) этих деталей. Описание состава машины позволяет вычислить характеристические частоты дефектов для всех вращающихся деталей. При этом формируется перечень основных частот для всех точек измерений по каждой конкретной машине, которые чаще всего подразделяются на следующие категории: оборотная частота валов; частоты зубчатых колес; частоты вращения электродвигателей; лопастные частоты; частоты подшипников качения; частоты подшипников скольжения.

База данных компонентов содержит описание конструктивных параметров отдельных деталей, например, количество зубьев шестерен, количество и диаметр шариков (роликов) в подшипнике, количество лопаток каждой ступени компрессора или турбины и т. д.

База данных дефектов содержит описание связи между различными дефектами тех или иных деталей с частотными составляющими в соответствующих спектрах. При этом дефекты группируются по конструктивным признакам: дисбаланс, несоосность, механические ослабления; подшипников качения; подшипников скольжения; муфт; зубчатых редукторов; электродвигателей; компрессоров, турбин (насосов).

Детальный анализ состояния машины выполняется автоматически после проведения таких подготовительных операций, как: определение частотного диапазона; определение числа гармо-

ник основных и боковых частот для отдельных видов дефектов; определение числа возможных дефектов.

Результатом процесса диагностики является перечень возможных дефектов.

Перечисленные выше основные принципы реализуются соответствующим программным обеспечением стационарной системы диагностики.

В качестве иллюстрации возможностей разработанной системы ниже приводятся некоторые результаты обработки вибрационных сигналов с выхода датчика вибрации АР38, установленного на главном редукторе одного из вертолетов.

Так, на рис. 2 представлены спектрограммы вибрации вертолета, имевшего высокий уровень вибрации и нормальную соконусность вращения лопастей несущего винта. Традиционными методами контроля, включая балансировку несущего винта, выявить причину неисправностей долгое время не удавалось. Применение 1/12- и 1/24-октавного анализа позволило обнаружить мощные гармонические составляющие в полосе частот от 18 до 19 Гц, которых не было на спектрограммах вибрации исправного вертолета. Установлено, что именно в данной полосе частот расположена первая гармоника вибрации рулевого (хвостового) винта, несбалансированность которого привела к существенному росту ее уровня. После балансировки рулевого винта вибрация вертолета стала соответствовать нормальному уровню (рис. 2).

Следует отметить, что включенный в состав ПМС-АСД программный модуль дробно-октавного анализа является эффективным средством реализации фильтров с любыми заданными характеристиками и, как показали результаты опытной эксплуатации, позволяет расширить функциональные возможности компьютерных систем диагностики, обеспечивая при этом проведение акустических измерений в соответствии с существующими международными стандартами.

В качестве примера на рис. 3, а представлен узкополосный спектр сигнала с выхода датчика вибрации, установленного на наружном контуре между окнами осмотра турбины двигателя АЛ-31Ф, в режиме ручной прокрутки с постоянной частотой вращения с исправным межвальным подшипником, на рис. 3, б — с дефектным подшипником.

Как видно, в частотном диапазоне от 20 до 500 Гц представленные спектрограммы существенным образом отличаются, что подтверждает принципиальную возможность применения данного метода для контроля состояния межвальных и межроторных подшипников авиационной техники без их запуска.

Для расшифровки и сравнения спектров вибрации, полученных на различных режимах работы силовых установок авиационной и любой другой техники с вращающимися узлами, наиболее при-

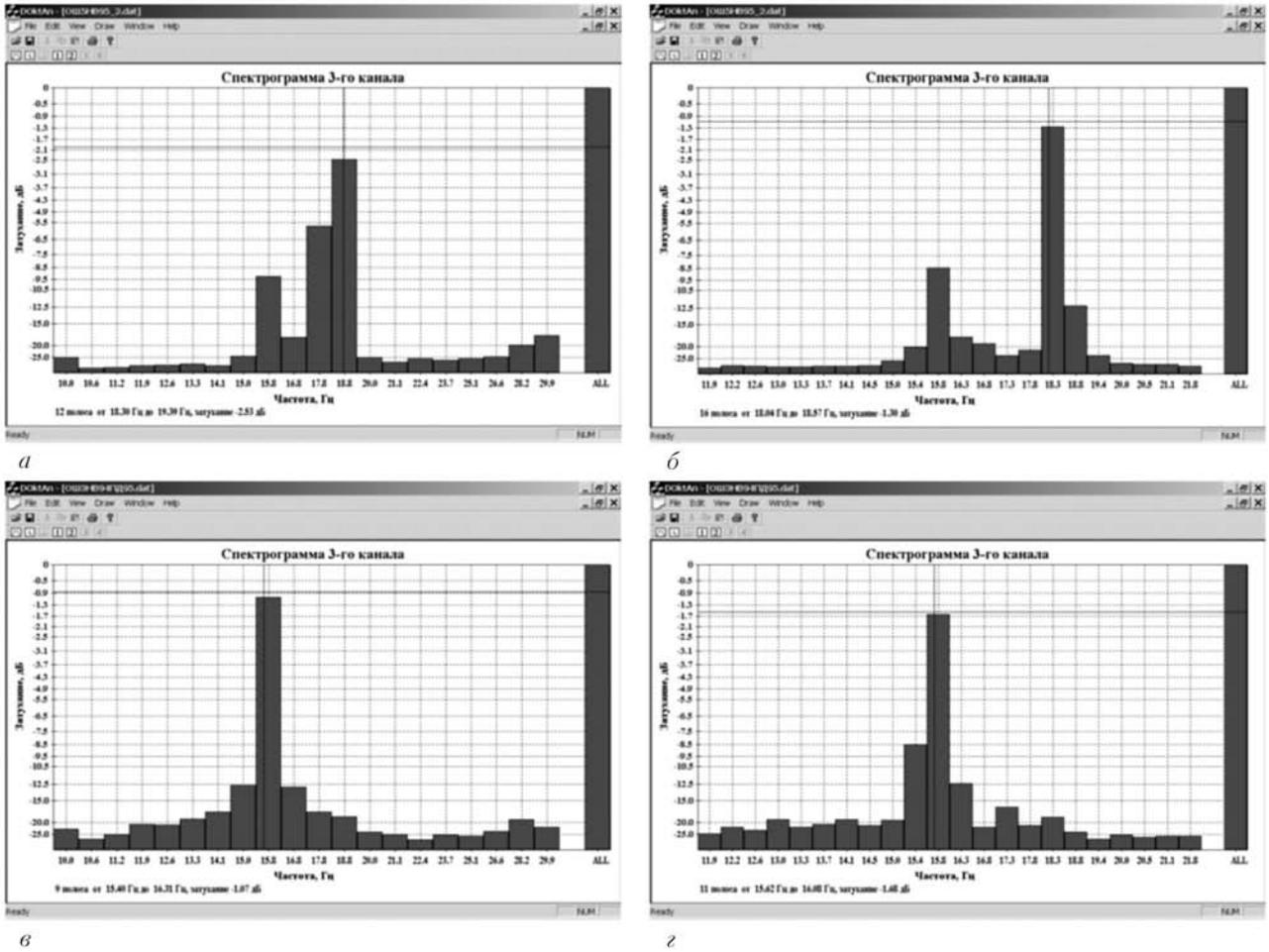


Рис. 2. Спектрограммы вибрации вертолетов; а, б — 1/12- и 1/24-октавные спектрограммы вибрации неисправного вертолета; в, г — 1/12 и 1/24-октавные спектрограммы вибрации исправного вертолета соответственно

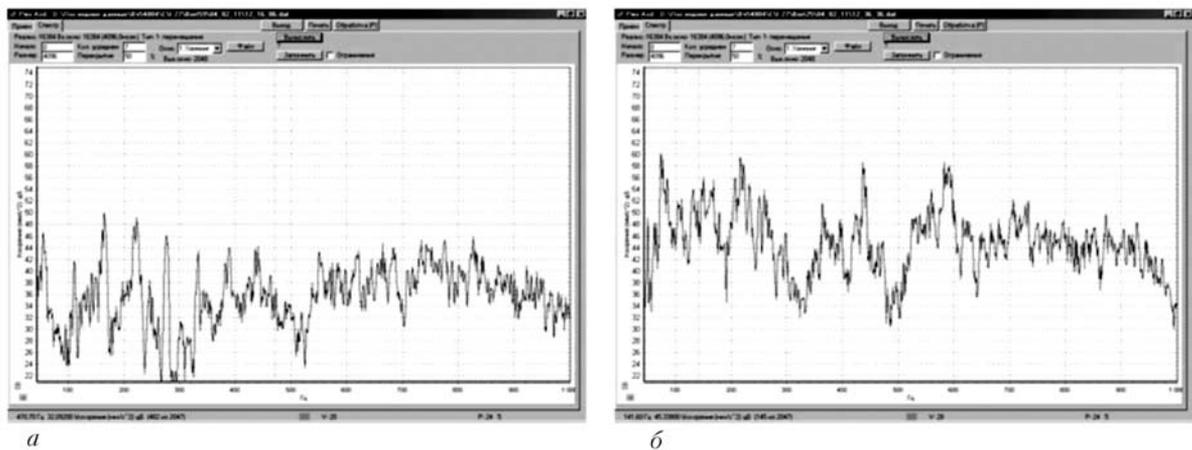


Рис. 3. Узкополосный спектр вибрации межвального подшипника: а — в исправном состоянии; б — с дефектом

емлем так называемый синхронный (порядковый) анализ. Для подтверждения сказанного на рис. 4, а, в приведены узкополосные спектры вибрации корпуса главного редуктора одного из эксплуатируемых вертолетов при 55 и 95 % оборотов несущего винта (зависимость ускорения ($\text{мм}/\text{с}^2$) от частоты), а на рис. 4, б, г — те же спектры, но в зависимости ускорения ($\text{мм}/\text{с}^2$) от порядка роторных гармоник. Видно, что во втором случае

сравнение полученных результатов спектрального анализа в значительной степени упрощается по сравнению с результатами обычного спектрального анализа.

На рис. 5 представлены результаты измерения уровня первой и второй роторных гармоник от оборотов для компрессора высокого давления, подтверждающие возможность практического применения ПМС-АСД на режимах разгона и выбега газотур-

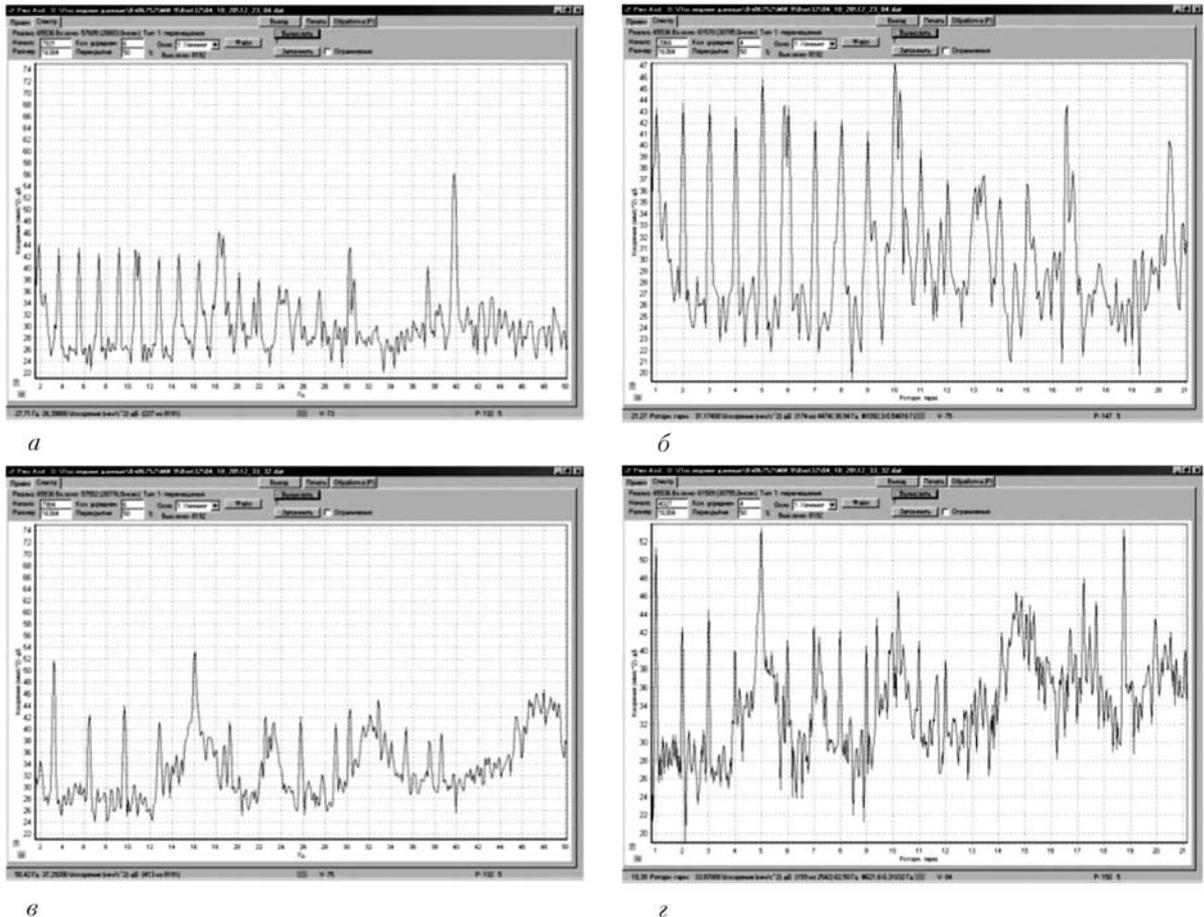


Рис. 4. Спектры вибрации главного редуктора вертолета: а, б — спектр вибрации и порядковый спектр вибрации соответственно главного редуктора вертолета (обороты несущего винта — 55 %); в, г — спектр вибрации и порядковый спектр вибрации главного редуктора вертолета (обороты несущего винта 95 %)

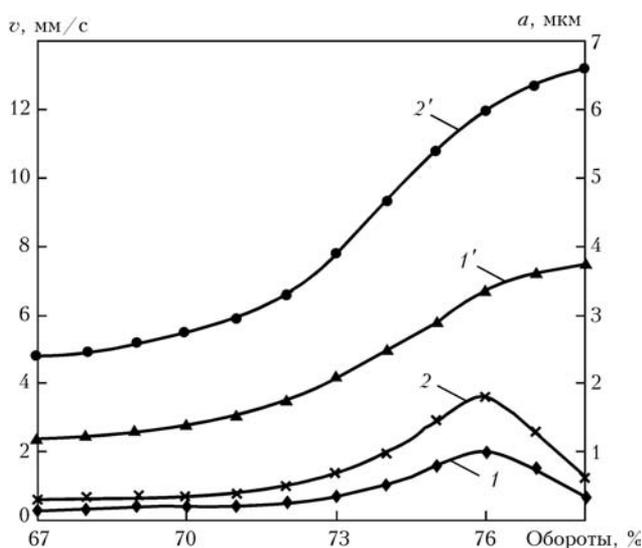


Рис. 5. Зависимость уровня первой и второй роторных гармоник от оборотов для КВД (датчик — средний, вертикальный): 1, 2 — виброскорость; 1', 2' — вибросмещение

бинных двигателей как для решения задач контроля их состояния, так и при доводке в условиях опытно-конструкторского производства.

Одним из эффективных методов решения диагностических задач является спектральный анализ огибающей, позволяющий обнаруживать дефекты, регистрация которых с помощью амплитудного спектра часто бывает практически невозможной.

Так, в случае незначительного дефекта на внутренней поверхности наружного кольца подшипника качения амплитудный спектр (рис. 6, а) не позволяет обнаружить гармонику, соответствующую данному дефекту (частота 32,5 Гц). На спектре же огибающей эта составляющая заметна достаточно хорошо (рис. 6, в).

Однако спектральный анализ огибающей не является универсальным методом, позволяющим регистрировать все виды неисправностей. Например, гармоника, характеризующая несбалансированность несущего винта вертолета (частота 18,2 Гц) легко обнаруживается на амплитудном спектре (рис. 6, б), в то время как на спектре огибающей она отсутствует (рис. 6, г).

В связи с этим важным является исследование и внедрение новых методов обработки сигналов с целью выявления диагностических признаков.

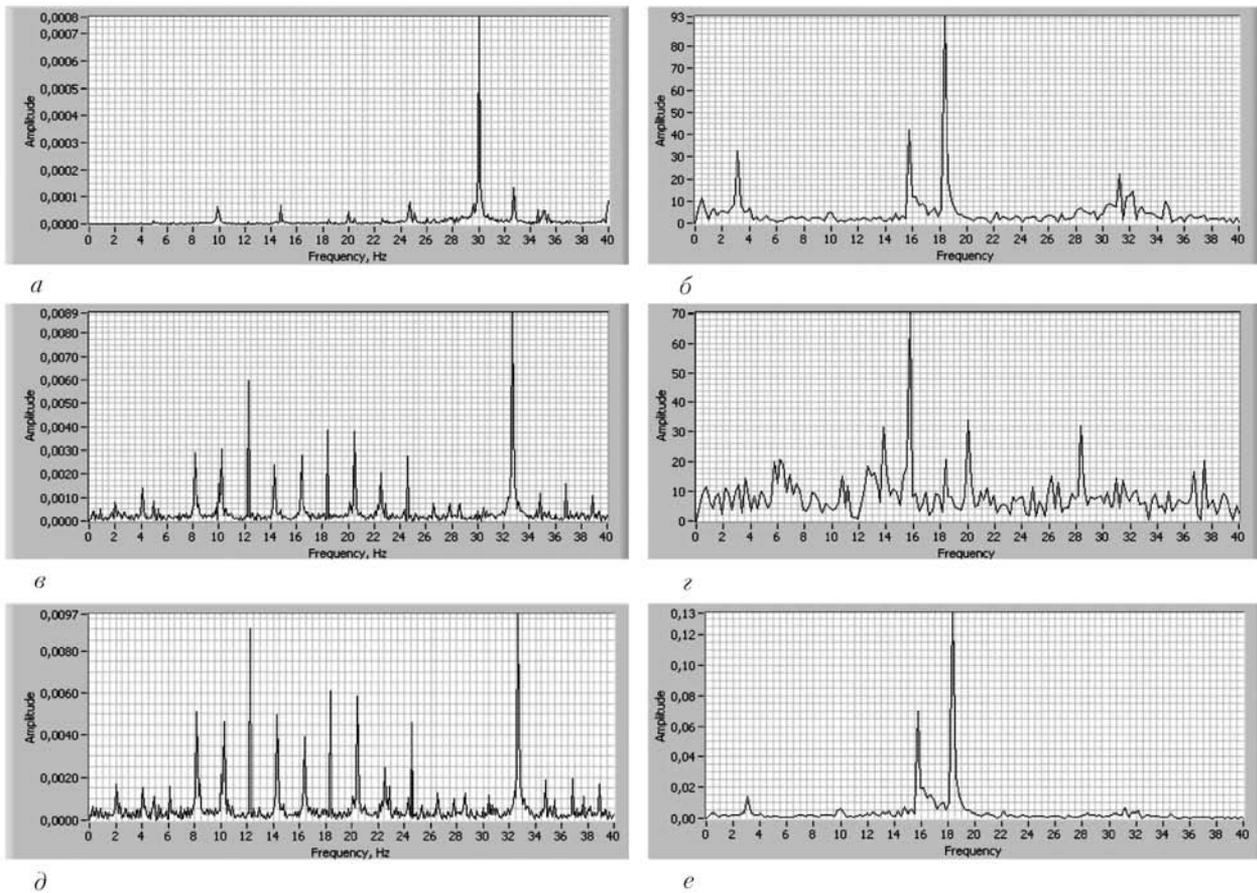


Рис. 6. Амплитудный спектр, спектр огибающей и вейвлет-анализ со спектром огибающей вибрации: а, в, д — подшипника с дефектом; б, г, е — вертолета с несбалансированным винтом

Так, например, совместное использование для анализа вибрации вейвлетов Морлета и спектра огибающей позволяет решать задачи как обнаружения дефектов подшипников (рис. б, д), так и дефекты, вызванные несбалансированностью несущего и рулевого винтов вертолетов (рис. б, е).

1. *Технология эксплуатации, диагностики и ремонта газотурбинных двигателей: Учеб. пособие* / Ю. С. Елисеев, В. В. Крымов, К. А. Малиновский, В. Г. Попов. — М.: Высш. шк.; 2002. — 355 с.
2. *Принципы создания компьютеризованных систем вибродиагностики при инспекционном контроле роторного оборудования* / В. А. Босамыкин, Ф. Я. Балицкий, В. Н. Ковальский, А. Д. Текин // *Контроль. Диагностика*. — 1999. — № 5. — С. 49–51.

Беларус. гос. ун-т,
Минск

Поступила в редакцию
08.06.2006

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Приглашаем Вас разместить рекламную информацию (ч/б или в цвете) в журнале «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» в 2007 г.

Редакция журнала принимает активное участие в конференциях по НК и специализированных выставках в качестве отдельного экспонента и распространяет дополнительные тиражи среди участников и посетителей конференций и выставок.

Ждем Ваших предложений.

**Дополнительную информацию можно получить
по тел.: (044) 271-23-90, 529-26-23; e-mail: journal@paton.kiev.ua**



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ И МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Л. М. ЛОБАНОВ, В. А. ПИВТОРАК, В. В. САВИЦКИЙ, Г. И. ТКАЧУК

Развитие метода электронной спекл-интерферометрии позволило разработать методику определения остаточных напряжений, которая обладает более высокой точностью, достоверностью получаемых результатов и информативностью при определении остаточных напряжений в материалах и элементах конструкций. При разработке спекл-интерферометрического метода определения остаточных напряжений использована современная вычислительная техника, современные алгоритмы, основанные на методе конечных элементов, и разработанное авторами программное обеспечение.

Advance of electronic speckle interferometry method enables development of a residual stress determination technique that has higher accuracy, validity of the obtained results and self-descriptiveness at residual stress determination in materials and structural elements. The speckle interferometry residual stress determination method was developed using current computer systems, algorithms, which are based on finite-element method, and software designed by the authors.

Применение новых материалов, интенсификация производственных процессов и возрастание уровней эксплуатационных воздействий непрерывно повышают требования к конструкциям. Обеспечение прочности, повышение точности изготовления, качества, работоспособности элементов и узлов конструкций во многом определяется уровнем напряженного состояния, возникающего в процессе их изготовления и эксплуатации.

Остаточные напряжения оказывают существенное влияние на работоспособность конструкций. Как величина, так и распределение напряжений могут быть критичными для рабочих характеристик и должны учитываться при разработке изделий и конструкций.

Эта проблема решается в нескольких направлениях. Среди них важная роль принадлежит разработке и широкому применению современных методов и средств определения остаточных напряжений, эффективность которых определяется, прежде всего, их достоверностью и производительностью.

При определении остаточных напряжений существующими методами принимают, что напряжения неизменны на базе их измерения. Однако зона сварного шва и околшовная зона практически всегда имеют неоднородное напряженное состояние (градиент) как по поверхности, так и по толщине сварного соединения. Поэтому важно разработать метод, который позволяет определять остаточные напряжения в условиях неравномерного напряженного состояния элементов конструкций в области измерения.

Для определения остаточных напряжений широкое применение получил метод электронной спекл-интерферометрии в сочетании с методом отверстий [1]. Этот метод заключается в регистрации методом электронной спекл-интерферометрии перемещений, возникающих в области упругой разгрузки напряжений с помощью отверстия, и последующему вычислению остаточных напряжений с использованием зависимостей, полученных в результате моделирования напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов.

Измерение остаточных напряжений методом спекл-интерферометрии выполняется в следующей последовательности [1]: спекл-интерферометрический прибор устанавливается на исследуемый сварной элемент — на участок, в котором необходимо определить остаточные напряжения. Контролируемая зона освещается лазерным светом и отраженная световая волна (спекл-картина), характеризующая исходное состояние контролируемого участка, с помощью ССD-камеры вводится в память компьютера. После упругой разгрузки напряжений, вызванной сверлением несквозного отверстия диаметром и глубиной 1...2 мм, отраженная световая волна аналогично исходной также вводится в память компьютера. Блок-схема измерительной системы показана на рис. 1. После компьютерной обработки двух спекл-картин, полученных до и после локальной упругой разгрузки остаточных напряжений с помощью сверления небольшого несквозного отверстия, на мониторе наблюдается интерференционная картина полос в

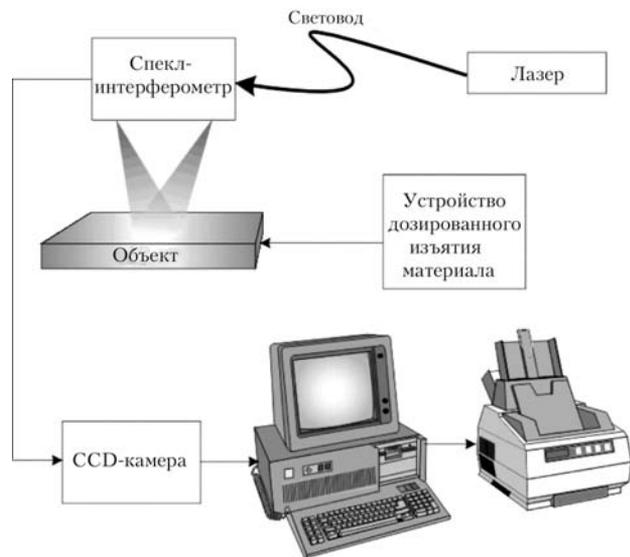


Рис. 1. Блок-схема измерительной системы для определения остаточных напряжений методом спекл-интерферометрии

области отверстия, которая содержит информацию о величине остаточных напряжений в контролируемой точке исследуемого участка объекта (рис. 2).

Сверление отверстия в напряженном материале вызывает перемещения точек поверхности. Зависимость перемещений u_r и u_θ , возникающих в результате упругой разгрузки напряжений σ_{xx} , σ_{yy} и τ_{xy} на некотором расстоянии r от центра отверстия, от угла θ имеет вид [1]:

$$u_r(r, \theta) = \bar{A} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + \bar{B} [(\sigma_{xx} - \sigma_{yy}) \cos 2\theta + 2\tau_{xy} \sin 2\theta], \quad (1)$$

$$u_\theta(r, \theta) = \bar{C} [(\sigma_{xx} - \sigma_{yy}) \sin 2\theta - 2\tau_{xy} \cos 2\theta], \quad (2)$$

где \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} , — эмпирические коэффициенты, которые зависят от механических свойств мате-

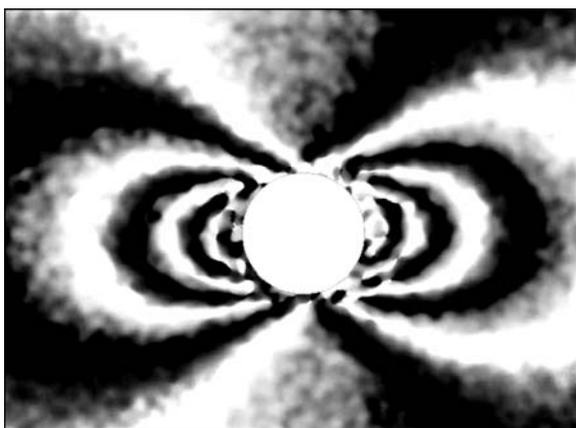


Рис. 2. Типичная интерференционная картина полос вокруг несквозного отверстия после упругой разгрузки остаточных напряжений

риала, размера отверстия, отношения глубины отверстия к его диаметру и соотношения $\rho = r_0/r$.

Методика определения остаточных напряжений методом электронной спекл-интерферометрии предполагает измерение компоненты перемещений u_x на определенном расстоянии от центра отверстия.

Из уравнений (1)–(2) получим следующую зависимость:

$$u_x(\theta) |_{r=2,5r_0} = F(\theta)\sigma_{xx} + G(\theta)\sigma_{yy} + H(\theta)\tau_{xy}, \quad (3)$$

где

$$F(\theta) = (\bar{A} + \bar{B} \cos 2\theta)\cos \theta - \bar{C} \sin 2\theta \sin \theta, \quad (4)$$

$$G(\theta) = (\bar{A} - \bar{B} \cos 2\theta)\sin \theta - \bar{C} \sin 2\theta \cos \theta, \quad (5)$$

$$H(\theta) = 2\bar{B} \sin 2\theta \cos \theta + 2\bar{C} \cos 2\theta \sin \theta, \quad (6)$$

— функции, зависящие от механических свойств материала и радиуса отверстия.

Поскольку в уравнении (3) три неизвестные σ_{xx} , σ_{yy} и τ_{xy} , то необходимо иметь данные о перемещениях в трех точках — $u_x(\theta_1)$, $u_x(\theta_2)$, $u_x(\theta_3)$, для того, чтобы из системы линейных уравнений

$$\begin{bmatrix} F(\theta_1) & G(\theta_1) & H(\theta_1) \\ F(\theta_2) & G(\theta_2) & H(\theta_2) \\ F(\theta_3) & G(\theta_3) & H(\theta_3) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_x(\theta_1) \\ u_x(\theta_2) \\ u_x(\theta_3) \end{Bmatrix} \quad (7)$$

найти неизвестные компоненты тензора напряжений.

Таким образом, для того чтобы определить остаточные напряжения в точке сверления по данным о перемещениях, полученных методом электронной спекл-интерферометрии, необходимо знать значения коэффициентов \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} .

Поскольку величины \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} не зависят от вида напряженного состояния, то коэффициенты, вычисленные для одноосного напряженного состояния, должны быть верны и для двухосного напряженного состояния исследуемого объекта. Это положено в основу разработанных экспериментального и численного методов определения эмпирических коэффициентов \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} .

Метод основывается на создании одноосного напряженного состояния в тестовом образце с известным уровнем напряжений. В нагруженном образце высверливали отверстие и с помощью спекл-интерферометра в окрестности отверстия измеряли компоненты вектора перемещений. По экспериментальным данным о перемещениях в исследуемых точках по установленным формулам вычисляли эмпирические коэффициенты \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} [2].

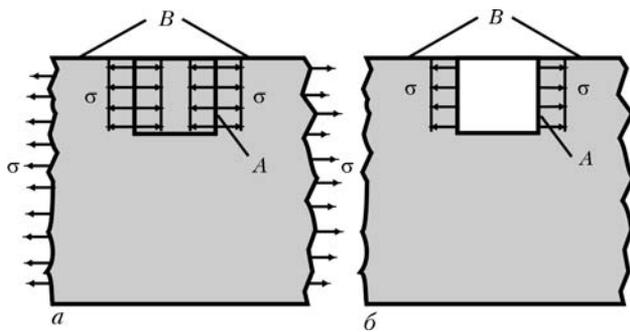


Рис. 3. Схема распределения напряжений при высверливании несквозного отверстия в материале, который находится под действием постоянной нагрузки σ

Экспериментальное определение эмпирических коэффициентов \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} для каждого типа материала, из которого изготовлено исследуемое изделие, требует значительных временных и материальных затрат. Поэтому важно иметь расчетную методику, позволяющую вычислить эмпирические коэффициенты. Для этого предложено математическое моделирование напряженно-деформированного состояния в окрестности отверстия, высверленного в напряженном материале, на основе применения метода конечных элементов (рис. 3).

Схематически начальное напряженное состояние растянутой пластины перед сверлением отверстия представлено на рис. 3, а. Моделирование упругой разгрузки напряжений с помощью отверстия можно свести к следующей задаче (рис. 3, б).

Перемещения точек поверхности B , измеряемые методом электронной спекл-интерферометрии, зависят от величины остаточных напряжений на поверхности A , существовавших до высверливания отверстия. Используя это, с помощью численного моделирования методом конечных элементов можно найти зависимость перемещений, возникающих в окрестности высверленного отверстия, от напряженного состояния исследуемого объекта.

Численное моделирование методом конечных элементов позволило определить значения эмпирических коэффициентов по разработанному алгоритму. Полученные результаты показали, что данные численного определения эмпирических коэффициентов \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} хорошо согласуются с экспериментальными. Это позволило дополнительно получить ряд зависимостей, повышающих точность определения остаточных напряжений для различных материалов без проведения трудоемких и дорогостоящих исследований.

Выполненные экспериментальные исследования показали, что на точность определения остаточных напряжений оказывает влияние толщина исследуемого объекта. Поэтому с помощью раз-

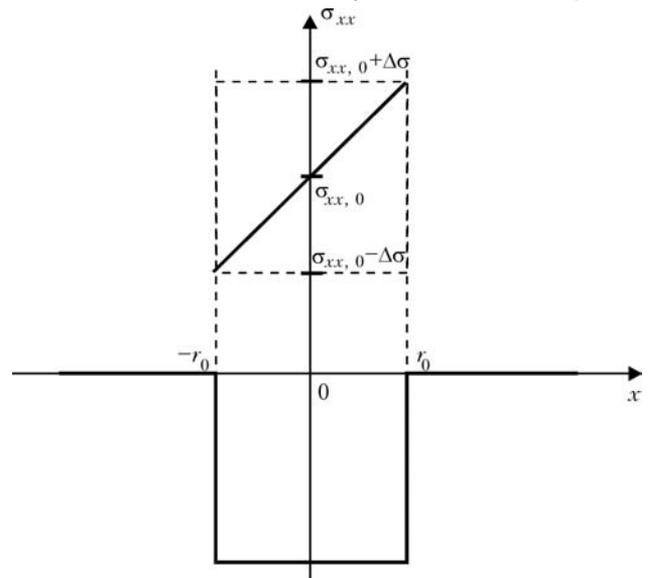


Рис. 4. Схема распределения напряжений в зоне отверстия при моделировании МКЭ

работанной математической модели и численных расчетов оценивалось влияние геометрических параметров исследуемого элемента на калибровоч-

ные коэффициенты \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} .

На основе применения метода конечных элементов изучали влияние отношения толщины исследуемого объекта к диаметру отверстия на точность измерений (параметр H/D). Исследования показали, что если при определении остаточных напряжений не учитывать параметр H/D , то возможно возникновение дополнительной ошибки вычисления порядка 10%. В связи с этим с помощью метода конечных элементов были рассчитаны

коэффициенты \bar{A} , \bar{B} и \bar{C} в зависимости от параметра H/D и по полученным значениям коэффициентов построена кривая для каждого калибровочного коэффициента.

Следует также отметить, что при определении остаточных напряжений в сварных соединениях допущения о постоянстве напряжений по поверхности на базе измерений часто не выполняется. В связи с этим необходимо учитывать градиент напряжений в исследуемом участке элемента.

Рассмотрим наиболее распространенный случай равномерно возрастающего (убывающего) распределения напряжений вдоль диаметра высверливаемого отверстия (рис. 4).

При таком градиенте напряжений методом конечных элементов вычисляли перемещения на заданном расстоянии от центра отверстия, которые использовали как исходные данные при определении остаточных напряжений с помощью алгоритма, описанного выше.

В отличие от известных методов обработки экспериментальных данных [3], в представленной работе область вокруг отверстия разбивали на че-



четыре сектора $C1-C4$, в которых измеряли перемещения и по которым рассчитывались напряжения. Для сектора $C1$ при определении остаточных напряжений используются данные о перемещениях в точках поверхности, расположенных в первой и четвертой четвертях, для сектора $C2$ — второй и третьей, $C3$ — первой и второй, $C4$ — третьей и четвертой, для сектора $C0$ используется алгоритм определения напряжений, описанный в статье [1] (рис. 5).

При моделировании задано следующее распределение напряжений:

$$\sigma_{xx} = \frac{\Delta\sigma}{r_0}x + \sigma_{xx,0}, \quad (8)$$

$$\sigma_{yy} = \sigma_{yy,0}, \quad (9)$$

$$\tau_{xy} = 0, \quad (10)$$

где $\sigma_{xx,0}$ и $\sigma_{yy,0}$ — напряжения в центре отверстия радиусом r_0 ; $\Delta\sigma$ — разность между максимальным напряжением в области отверстия и $\sigma_{xx,0}$ (см. рис. 4).

Согласно принципу суперпозиции напряжений, составляющая σ_{yy} не должна оказывать влияния на получаемые результаты, что и было подтверждено в результате выполненных численных экспериментов. Поэтому для упрощения в расчетах константу σ_{yy} в уравнении (8) принимали равной нулю.

В центре отверстия задавали напряжение $\sigma_{xx,0} = 10$ МПа, а изменение напряжений вдоль оси x выбирали таким образом, чтобы на одной кромке отверстия напряжения были равны нулю, а на другой — 20 МПа (т. е. $\sigma_{xx,0} = 10$ МПа, $\Delta\sigma =$

$= 10$ МПа). Также были рассмотрены варианты: $\sigma_{xx,0} = 20$ МПа, $\Delta\sigma = 10$ МПа и $\sigma_{xx,0} = 20$ МПа, $\Delta\sigma = 20$ МПа (результаты расчетов представлены в таблице). Анализ полученных данных показал, что для выбранного напряженного состояния определение остаточных напряжений с применением методики [1] (используются данные сектора $C0$) дает значение напряжений $\sigma_{xx,0}$, т. е. значение напряжений, существовавшее в центре отверстия.

Если существует градиент напряжений, то вычисленные остаточные напряжения по данным о перемещениях в секторах $C1$ и $C2$ будут отличаться. При этом напряжения, вычисленные в результате обработки данных о перемещениях во всех точках окружности, будут иметь усредненные значения по сравнению с вычисленными по данным измерений в секторах $C1$ и $C2$. Чем выше градиент напряжений в зоне отверстия, тем больше разница между результатами расчета напряжений по данным измерения перемещений в секторах $C1$ и $C2$. Следует отметить, что, используя результаты расчета напряжений в разных секторах, можно определить направление градиента напряжений в зоне отверстия, что позволяет с большей точностью находить значения макси-

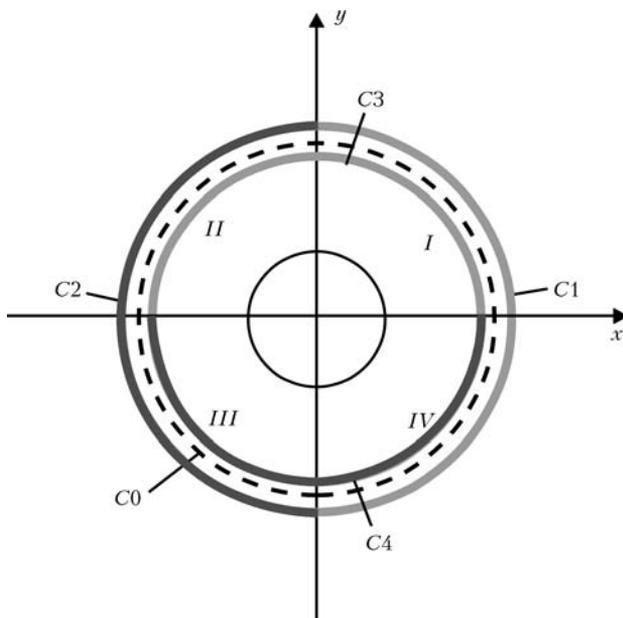
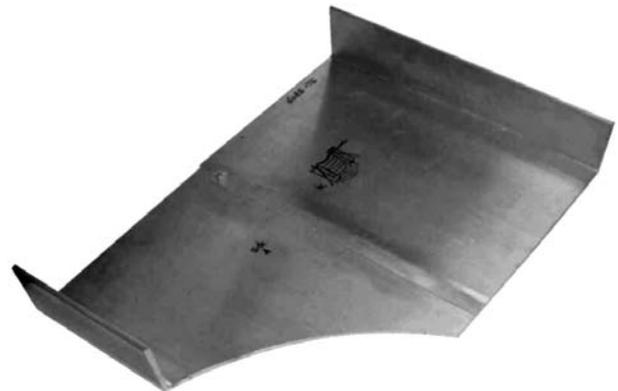
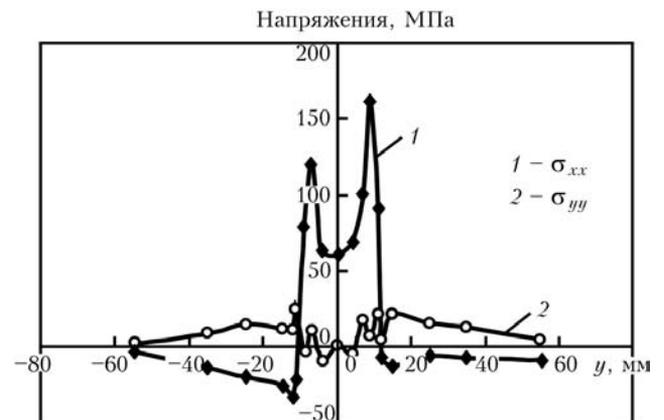


Рис. 5. Схема разбиения области на сектора для исследования градиента напряжений в зоне отверстия



а



б

Рис. 6. Распределение остаточных напряжений в элементе конструкции (а), образованных в результате сварки трением с перемешиванием вдоль центрального поперечного ко шву сечения (б)



Сектор	σ_{xx} , МПа	σ_{yy} , МПа	τ_{xy} , МПа
Вариант $\sigma_{xx,0} = 10$ МПа, $\Delta\sigma = 10$ МПа			
C0	10,00	0,00	0,00
C1	15,59	-1,11	0,00
C2	4,420	1,12	0,00
C3	10,00	0,00	-1,81
C4	10,00	0,00	1,81
Вариант $\sigma_{xx,0} = 20$ МПа, $\Delta\sigma = 10$ МПа			
C0	20,00	0,00	0,00
C1	25,59	-1,11	0,00
C2	14,42	1,12	0,00
C3	20,00	0,00	-1,81
C4	20,00	0,00	1,81
Вариант $\sigma_{xx,0} = 20$ МПа, $\Delta\sigma = 20$ МПа			
C0	20,00	0,00	0,00
C1	31,17	-2,33	0,00
C2	8,830	2,23	0,00
C3	20,00	0,00	-3,92
C4	20,00	0,00	3,92

мальных (минимальных) остаточных напряжений. Градиент напряжений в зоне отверстия можно оценить по эмпирической формуле (получена на основании анализа результатов таблицы):

$$\frac{\partial\sigma}{\partial x} = \frac{1,79(\sigma_{xx,2} - \sigma_{xx,1})}{r}, \quad (11)$$

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

Поступила в редакцию 29.09.2006

НОВАЯ КНИГА

Троицкий В. А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. — Киев: Феникс, 2006. — 320 с.

В пособии рассмотрены методы неразрушающего контроля (НК) и их классификация, изложены основные понятия и физические основы, приведены технические характеристики основных видов оборудования и вспомогательных средств для визуальной, ультразвуковой, радиационной, магнитной, капиллярной дефектоскопии и контроля герметичности. Классифицированы основные типы дефектов сварных соединений, выполненных дугowymi, контактными и другими видами сварки. Изложены вопросы статистической обработки результатов контроля, управления качеством сварки, примеры ведомственных норм на дефектность сварных соединений.

Приведены примеры использования средств НК в трубопроводном транспорте, в нефтегазовой и строительной промышленности, при производстве труб магистральных трубопроводов.

Методические рекомендации рассчитаны на инженерно-технических работников, дефектоскопистов и могут быть полезны студентам вузов. Издание третье, дополненное.

По вопросам приобретения обращаться:
03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11, отд. № 4
Тел.: 287-26-66; факс: 289-21-66; e-mail: usndt@ukr.net



ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ УЗЛОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. Н. УЧАНИН, В. Я. ДЕРЕЧА

Рассмотрены основные требования к вихретоковым портативным дефектоскопам для выявления поверхностных дефектов в авиационных конструкциях. Представлено портативный дефектоскоп автогенераторного типа, показаны его основные преимущества при контроле узлов авиационной техники. Рассмотрены методические особенности вихретокового контроля элементов авиационных конструкций и типовые примеры его применения.

Main requirements to portable eddy-current defectoscopes for surface imperfection detection in aviation constructions are examined. A portable defectoscope of autogenic type is presented, and its basic advantages for testing aircraft equipment units are demonstrated. Methodical peculiarities of eddy-current testing of aircraft structural components and standard examples of its application are considered.

Широкое применение методов и способов неразрушающего контроля (НК) узлов авиационной техники является одним из важнейших элементов обеспечения ее надежной эксплуатации [1–3]. Основная задача НК относительно авиационной техники (АТ) состоит в своевременном выявлении дефектов, в частности: технологических, возникающих в процессе производства АТ; эксплуатационных (усталостных, коррозионных), возникающих в процессе эксплуатации АТ.

При анализе результатов НК на всех этапах производства, испытаний или эксплуатации АТ важно определение причин появления дефектов с целью разработки способов по обеспечению бездефектного производства и безаварийной эксплуатации АТ. Таким образом, НК является неотъемлемым звеном для обеспечения качества АТ при ее проектировании, изготовлении, испытаниях, доводке и эксплуатации.

Опыт эксплуатации авиационной техники показывает, что их надежность базируется на основе подходов, учитывающих объективное наличие дефектов при условии широкого применения методов НК. К наиболее значимым современным концепциям, базирующимся на НК, можно отнести [2, 3]:

концепцию опасного разрушения, согласно которой признана допустимость образования трещин силовых элементов конструкций до окончания установленного ресурса при условии выявления и отбраковки поврежденных узлов и деталей;

концепцию допустимого повреждения, которая практикуется с 70-х годов прошлого столетия и не исключает наличия дефектов материала авиационных узлов в момент выхода их в эксплуатацию при условии выявления дефектов методами НК в докритической стадии развития.

При реализации современных концепций эксплуатации АТ доминирующее значение имеет вихретоковый метод, благодаря многим преимуществам в сравнении с другими методами НК [4–10]. Это единственный метод, который может быть эффективно использован для выявления скрытых дефектов в многослойных авиационных конструкциях, в частности, в зоне заклепок [9, 10]. Но наиболее традиционным и эффективным является использование вихретокового метода для выявления поверхностных трещин в зонах концентрации напряжений при продлении ресурса при эксплуатации АТ [4–8].

Основные требования к вихретоковым дефектоскопам для контроля авиационной техники. К вихретоковым дефектоскопам (ВД), применяемым в авиации, предъявляется ряд специфических требований [4, 11–12]. Необходимо обеспечить высокую чувствительность к коротким и мелким дефектам типа усталостная трещина; высокую локальность контроля, необходимую для контроля деталей с криволинейной поверхностью, например, в зоне галтельных переходов, в зоне заклепок или на внутренней стороне отверстий. Необходимо также обеспечить отстройку от изменений зазора между вихретоковым преобразователем (ВТП) и контролируемой поверхностью, так как контроль при эксплуатации часто проводится через слой защитного покрытия. Очень важно также снизить влияние края для того, чтобы выявлять трещины в зоне заклепок и болтовых соединений. ВД должен обеспечивать работу в полевых и аэродромных условиях (например, на крыле самолета или на стремянке), быть легким, защищенным от пыли и влаги, иметь автономное питание, простую индикацию результатов (звуковую и световую), а также обеспечиваться комп-



лектом износостойких ВТП для контроля труднодоступных мест (отверстий, пазов, резьб и т. п.)

В авиационной промышленности широко используются переносные статические ВД автогенераторного типа [4, 5]. Общее для этих приборов — это включение обмотки ВТП параметрического типа в качестве элемента колебательного контура автогенератора. Такой ВТП — простейший из возможных вариантов исполнения ВТП, так как имеет одну обмотку. Это дает возможность изготовить его небольших размеров, что обеспечивает высокую локальность контроля, а также возможность контроля зоны отверстий и галтельных переходов. В СНГ приборы такого класса появились еще в середине 50-х годов. Необходимость была вызвана освоением производства тяжелых самолетов и мощных авиационных двигателей. Наиболее успешно применялись автогенераторные ВД типа ПРОБА-5, ВДЦ и ТВД-А [4, 5]. Сейчас они уже сняты с производства, но до настоящего времени используются на многих авиапредприятиях при проведении регламентных работ для продолжения ресурса авиационной техники, хотя уже и не удовлетворяют современным требованиям и морально устарели. Для их замены в Центре «Леотест-Медиум» при Физико-механическом институте НАН Украины по техническим заданиям АНТК «АН-ТОНОВ» разработаны несколько модификаций ВД типа ЛЕОТЕСТ (ВД 3.01, ВД 3.02, ВД 3.03, ВД 4.01, ВД 4.02, ВД 4.03) [11,12]. За счет применения современной элементной базы существенно снижено энергопотребление и габариты ВД, что особенно важно при работе в аэродромных условиях. ВД аттестуются и поверяются органами Госпотребстандарта Украины.

Вихретоковые дефектоскопы типа ЛЕОТЕСТ ВД. Преимуществом применения автогенераторной схемы включения ВТП есть возможность использования наиболее простых ВТП параметрического типа (рис. 1), которые состоят из одной обмотки, размещенной на ферритовом сердечнике (на рис. 1 не показано). Комплексное сопротивление обмотки ВТП при этом определяется не только его собственными параметрами, но и интенсивностью возбуждаемых вихревых токов. При наличии дефектов происходит перераспределение вихревых токов, что приводит к изменениям комплексного сопротивления обмотки ВТП, которое в свою очередь обуславливает изменение режима работы генератора, в контур которого включен ВТП, регистрируемое схемой индикации дефектоскопа.

Реализованный в дефектоскопах типа ЛЕОТЕСТ метод предусматривает полное разделение сигнала от дефекта и зазора на основе применения

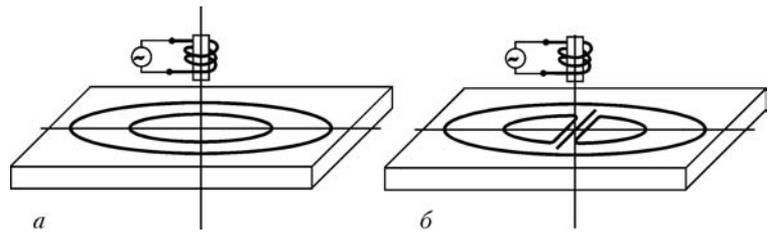


Рис. 1. Схемы принципа действия автогенераторных вихретоковых дефектоскопов: а — образец с дефектом; б — образец без дефекта

двухконтурных автогенераторов, а также высокую чувствительность к изменениям комплексного сопротивления ВТП на основе использования режима прерывистой генерации автогенератора [4, 11, 12]. Разработано несколько модификаций прибора с одинаковыми метрологическими характеристиками, но с различными массой, габаритами и сервисными особенностями. Дефектоскопы комплектуют ВТП «карандашного» типа, специальными ВТП для контроля резьбовых соединений, контроля кромок лопаток и труднодоступных мест, в частности, для выявления дефектов на внутренних поверхностях отверстий, в том числе после удаления заклепок в условиях ремонта АТ. Разработаны также экранированные ВТП, с помощью которых можно обеспечить контроль зоны заклепочных и болтовых соединений. Рабочие частоты контроля от 3 до 5 МГц в зависимости от удельной электропроводности материала объекта контроля (ОК). Приборы позволяют выявлять дефекты через слой лакокрасочного покрытия толщиной 0,5...0,8 мм. С помощью специальной методики можно обеспечить отстройку от влияния края изделия и обеспечить контроль краевых зон, например, в зоне заклепок. Внешний вид дефектоскопа ЛЕОТЕСТ ВД 3.01- 3.03 с «карандашным» и Г-образным ВТП представлен на рис. 2.

Разделение влияния трещины и зазора основано на особенностях годографа внесенного импе-



Рис. 2. Внешний вид дефектоскопов ЛЕОТЕСТ ВД 3.01- 3.03 с «карандашным» (подключен к прибору) и Г-образным (слева) датчиками

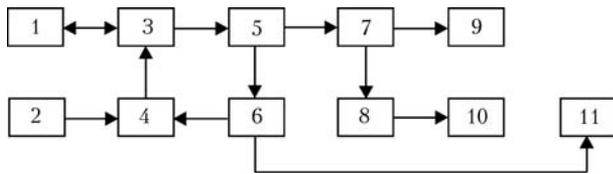


Рис. 3. Функциональная схема автогенераторного дефектоскопа

данса ВТП на высоких частотах в так называемой заэкстремальной области. Известно, что на невысоких частотах (т. е. в доэкстремальной области) линии зазора и дефекта близки по направлению [4, 11, 12]. Если обеспечить выбор рабочей точки годографа по экстремуму, то увеличение зазора уменьшает составляющие внесенного импеданса, а дефект типа трещина дает обратный эффект и увеличивает реальную составляющую импеданса. Таким образом, дефект ухудшает добротность рабочего контура автогенератора, а увеличение зазора наоборот улучшает добротность контура. В нашем случае для материалов с разной электропроводностью при применении ВТП с обмоткой диаметром 1,2 мм (диаметр ферритового сердечника) такой эффект достигается выбором рабочей частоты в диапазоне 3...5 МГц. Такой диаметр ВТП позволяет обеспечить высокую чувствительность к коротким трещинам длиной 1...2 мм, что требуется при контроле авиационных конструкций.

Функциональная схема ВД (рис. 3) состоит из ВТОП 1 в виде выносной катушки индуктивности, которая включена в контур автогенератора 3. Автогенератор 3 подключен к стабилизированному источнику питания 2 через источник тока 4, который управляется при помощи цепи обратной связи, состоящей из предварительного усилителя 5 и формирователя 6. Напряжение с предварительного усилителя 5 через инвертор 7 подается на стрелочный прибор 9 (дефектоскопы ЛЕОТЕСТ ВД 3.01-ВД 3.03), а через усилитель звуковой частоты 8 на звуковой индикатор 10 (наушники). Для большей эффективности индикации выявленного дефекта в схему введен светодиодный индикатор 11.

Автогенератор выполнен по двухконтурной схеме с емкостной обратной связью. Такие автогенераторы более гибкие в выборе необходимого режима, который задается выбором расстраивания рабочего и опорного контуров и коэффициента связи между ними (задается емкостью связи). Важное отличие двухконтурных автогенераторов от одноконтурных — это зависимость коэффициента обратной связи от частоты. Это качество двухконтурных генераторов используется для уменьшения влияния зазора. Автогенератор работает в режиме прерывистой генерации, который достигается, если постоянная времени цепи автосмещения генератора намного больше постоянной времени рабочего колебательного контура [4].

При этом переходные процессы в контуре протекают быстрее, и генератор генерирует пакеты импульсов, частота прохождения которых зависит от отношения постоянных времени. Поскольку постоянная времени рабочего контура будет зависеть от внесенного сопротивления, то о дефектах можно судить по изменению частоты прохождения импульсов. Частоту прохождения импульсов устанавливают в звуковом диапазоне, что позволяет контролировать состояние автогенератора с помощью головных телефонов. По характерным звуковым сигналам можно не только регистрировать наличие дефектов, но и контролировать правильность установки ВТП на контролируемое изделие, в частности, величину зазора и перекосы.

Технические характеристики дефектоскопов

1. *Порог чувствительности:* выявление на образце из алюминиевого сплава искусственного поверхностного дефекта типа трещина длиной 2 мм, раскрытием 0,1 мм и глубиной 0,2 мм (ВД 3.01, ВД 4.01, ВД 3.03, ВД 4.03); выявление на образце из титановых сплавов и аустенитных сталей искусственного поверхностного дефекта длиной 2 мм, раскрытием 0,1 мм и глубиной 0,5 мм (ВД 3.02, ВД 4.02, ВД 3.03, ВД 4.03); выявление на образце из ферромагнитных сталей искусственного поверхностного дефекта длиной 2 мм, раскрытием 0,1 мм и глубиной 0,5 мм (ВД 3.03 и ВД 4.03).

2. *Питание:* от автономной вмонтированной аккумуляторной батареи напряжением 9 В; от цепи переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц с помощью выносного блока, который одновременно служит зарядным устройством.

3. *Сигнализация о наличии дефекта:* осуществляется звуковым и светодиодным индикаторами; приборы типа ВД 3.01 — ВД 3.03 имеют дополнительно стрелочную индикацию.

4. *Потребляемая мощность, ВА:* не более 0,03.

5. *Габаритные размеры:* 60×160×1405 мм (ВД 3.01 — ВД 3.03); 35×90×110 мм (ВД 4.01 — 4.03).

6. *Масса:* не более 0,5 кг (ВД 4.01 — 4.03) и не более 1,0 кг (ВД 3.01 — 3.03).

Дефектоскопы типа ЛЕОТЕСТ применяются для контроля авиационных конструкций в эксплуатации, в частности, проведения работ по продлению продолжения ресурса самолетов АН-12, АН-24, АН-26, АН-30. Приборы применяются для контроля обшивки фюзеляжа и крыла, силовых панелей крыла и центроплана, барабанов колес, лопаток и дисков двигателей, воздушных винтов и т. п. (рис. 4). При этом была подтверждена их высокая чувствительность и возможность реализации на их базе типовых методик ВТ контроля узлов авиатехники. Это позволило ввести методики по применению этих дефектоскопов в регламент по техническому обслуживанию самолетов АНТК «АНТОНОВ» [11, 12].



Дефектоскопы применяют также для НК в процессе создания новой авиационной техники на этапе летных, ресурсных статических и усталостных испытаний опытных образцов. Важно, что в отличие от других приборов, дефектоскопы типа ЛЕОТЕСТ ВД эффективны для выявления дефектов на узлах из титановых сплавов. Это дает возможность планировать введение вихретокового контроля титановых деталей, в частности, деталей шасси (кронштейны, рычаги, траверсы и т. п.) самолетов АН-72.

Кроме того, дефектоскопы применяют для контроля элементов авиационных двигателей ЗКМБ «ПРОГРЕСС» им. акад. Ивченко, ОАО «МОТОРСИЧ», для контроля авиационных узлов самолетов и вертолетов разного типа в условиях авиационных заводов.

Вихретоковые дефектоскопы типа ЛЕОТЕСТ применяют не только для решения авиационных задач. Они применяются для выявления трещин в лопатках из аустенитных сталей газоперекачивающих агрегатов и тепловых электростанций, в зоне сварных швов ферромагнитных сталей, для контроля валов нефтеперекачивающих насосов в соответствии с отраслевым стандартом [13], при контроле деталей агрегатов компрессорных станций [14] и др.

Особенности применения автогенераторных дефектоскопов для контроля авиационной техники. Общие особенности применения статических дефектоскопов для контроля авиационных конструкций регламентируются производственной инструкцией ВИАМ (Всесоюзный институт авиационных материалов, сейчас Всероссийский институт авиационных материалов, Москва) [8]. Контролю подлежат детали, изготовленные из сплавов на основе алюминия, значения удельной электропроводности которых находятся в диапазоне от 10 до 37 МСм/м. Поверхность контролируемого изделия в зоне контроля должна быть очищена от грязи, масла и лакокрасочного покрытия, если его толщина превышает 200 мкм. Шероховатость поверхности не должна превышать 12,5 мкм. Радиус кривизны в зоне контроля должен быть не менее 6 мм. С поверхности в зонах контроля должны быть удалены поверхностные дефекты (раковины, риски, вмятины, забоины, коррозионные повреждения).

Вихретоковый контроль выполняется:

в соответствии с техническими требованиями чертежа детали;

в соответствии с другими документами (листок запроса, служебная записка и т. п.), когда подозревают дефект или для подтверждения дефектов, выявленных другими методами;

в соответствии с «Регламентом технического обслуживания самолетов»;



Рис. 4. Контроль обшивки фюзеляжа в зоне откидной рампы самолета АН-12 с помощью дефектоскопа ЛЕОТЕСТ ВД.3.01

в соответствии с картами неразрушающего контроля (КНК), включенными в перечень работ по исследованию технического состояния самолетов;

в соответствии с КНК, включенными в перечень работ при выполнении ремонтов и доработок самолетов.

Технологический процесс контроля включает следующие операции: подготовку ОК к контролю; выделение на поверхности ОК зон контроля; выбор типа ВТП и схем сканирования для каждой из зон контроля;

проверку работоспособности дефектоскопа и ВТП;

настройку дефектоскопа;

контроль ОК по зонам;

расшифровка результатов контроля;

оформление результатов контроля.

Подготовка ОК к контролю состоит в проверке соответствия ОК требованиям, изложенным выше и сопроводительной документации.

На поверхности ОК выделяют отдельные зоны контроля: торцы ребер жесткости, лапок, полок; радиусные (галтельные) переходы; днища проточек, колодцев, пазов; стенки колодцев, пазов; стенки сквозных и глухих отверстий; краевые зоны; участки с одинаковой кривизной; участки, прилегающие к ферромагнитным элементам; участки сопряжения материалов с разной электропроводностью; участки с разной толщиной лакокрасочного покрытия.

В зависимости от геометрических характеристик зон контроля и доступа к ним происходит выбор типов ВТП, конструкция которых рассчитана на применение их для контроля соответствующих зон. Проверка работоспособности дефектоскопа проводится в соответствии с руководством по эксплуатации дефектоскопа и включает следующие операции:

контроль целостности электрической цепи ВТП;

контроль соответствия питания дефектоскопа номинальному напряжению;

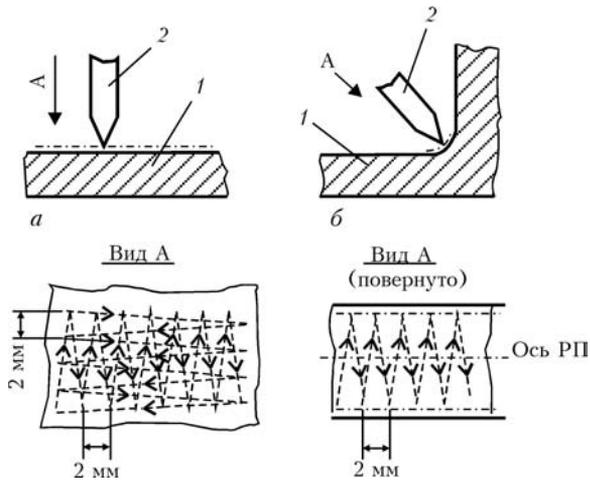


Рис. 5. Схемы сканирования: а — участков плоских поверхностей; б — радиусных переходов (РП): 1 — объект контроля; 2 — ВСП

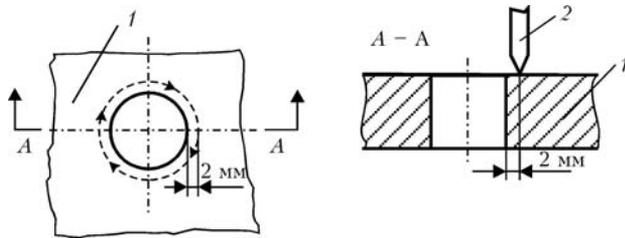


Рис. 6. Схема сканирования краевой зоны отверстий: 1 — объект контроля; 2 — ВСП

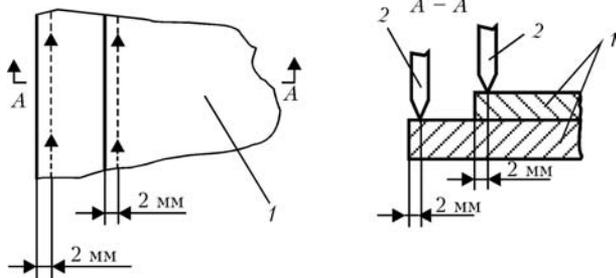


Рис. 7. Схема сканирования стыка обшивок: 1 — объект контроля; 2 — ВСП

настройка дефектоскопа на бездефектном участке стандартного образца;

перемещение ВСП в зону искусственного дефекта;

контроль срабатывания всех систем сигнализации дефектоскопа при прохождении ВСП над искусственным дефектом;

контроль возвращения всех систем сигнализации в начальное состояние при перемещении ВСП на бездефектный участок.

Проверка работоспособности в указанной последовательности выполняется со всеми ВСП, которые будут применены при контроле, а в случае любой неисправности дефектоскоп к работе не допускается. Настройку дефектоскопа необходимо проводить перед контролем каждой зоны ОК; при

переходе к контролю деталей, которые изготовлены из материала с другой удельной электрической проводимостью, при смене типа ВСП. Настройку дефектоскопа следует проводить, установив ВСП на ОК по нормали к поверхности зоны контроля с усилием, приблизительно равным массе преобразователя. Наклон оси катушки индуктивности ВСП дефектоскопа относительно нормали к поверхности допускается не более $\pm 10^\circ$. После осуществления настройки дефектоскопа на бездефектном участке проводят проверку, выполняя перемещение ВСП в границах зоны контроля по произвольному треугольнику со сторонами в несколько миллиметров. Если показания индикатора имели незначительные плавные отклонения, то настройка была проведена на бездефектном участке. Перед контролем радиусного (галтельного) перехода (РП), настройку необходимо проводить, установив ВСП на расстоянии 1,0...1,5 мм от оси перехода. Для проверки правильности настройки необходимо установить ВСП в месте, симметричном ранее выбранному. Если показания индикатора имели незначительные плавные отклонения, то настройка была проведена на бездефектном участке. Перед контролем стенки отверстия такую проверку проводят путем вращения ВСП вокруг своей оси на $20...30^\circ$ в обе стороны относительно начальной ориентации. Если показания индикатора не изменились, то настройка была проведена на бездефектном участке. В дальнейшем контроль осуществляется путем перемещения (сканирования) ВСП по всей зоне контроля в соответствии с избранной схемой сканирования. При проведении контроля ось катушки ВСП должна быть перпендикулярна поверхности зоны контроля в каждой точке траектории сканирования, а усилие прижима ВСП равно его массе. Скорость перемещения ВСП при вихретоковом контроле не должна превышать 50 мм/с. При контроле участков плоских поверхностей ОК сканирование осуществляется путем зигзагообразного перемещения ВСП в двух взаимно перпендикулярных направлениях с шагом 2 мм (см. рис. 5, а). В случае контроля радиусных переходов — зигзагообразного перемещения ВСП в направлении, перпендикулярном оси перехода (см. рис. 5, б).

При проведении вихретокового контроля краевых зон (край детали, отверстий, пазов, колодцев; места сопряжения с другими деталями, изготовленными из немагнитных материалов — заклепка, стык обшивок и др.) перемещение ВСП осуществляется вдоль края (линии соединения) на расстоянии 2 мм от него до оси катушки ВСП. Ниже приведены схемы сканирования при контроле краевой зоны отверстий (рис. 6), зоны стыка обшивок (рис. 7) и зоны заклепок (рис. 8). Контроль зоны вокруг отверстий, заклепок, болтов выполняется

путем перемещения ВТП вокруг таких элементов по замкнутой траектории (рис. 6, 8).

В случае сопряжения зоны контроля ОК с деталями, изготовленными из ферромагнитных материалов (болты, втулки, обоймы подшипников, накладки и др.), расстояние от линии сопряжения до оси катушки ВТП должно составлять 4 мм (рис. 9).

Контроль стенок отверстий следует проводить специальными внутренними ВТП, диаметр рабочей части которых должен быть практически равным диаметру контролируемого отверстия. Минимальная высота стенок контролируемого отверстия (толщина ОК в зоне отверстия) должна быть не меньше 4 мм.

Контроль стенки цилиндрического отверстия после операции настройки следует проводить в следующей последовательности:

- повернуть ВТП вокруг его оси по часовой стрелке на угол $380...400^\circ$;
- переместить ВТП по высоте (глубине) контролируемого отверстия на шаг сканирования;
- повернуть ВТП вокруг его оси против часовой стрелке на угол $380...400^\circ$;
- переместить ВТП на шаг сканирования, последовательно повторяя перечисленные операции.

Шаг сканирования должен быть равным 2 мм. Наличие дефектов определяется по показаниям индикатора и систем сигнализации дефектоскопа. Если при сканировании произошло срабатывание систем сигнализации дефектоскопа, то необходимо проверить настройку и, при необходимости, откорректировать ее, а затем переместить ВТП над предполагаемым дефектом в направлении, перпендикулярном границе области срабатывания систем сигнализации. Если все системы сигнализации дефектоскопа стабильно срабатывают при каждом перемещении ВТП над предполагаемым дефектом, обнаруженный дефект необходимо классифицировать. Когда при перемещении ВТП вдоль и зигзагообразно поперек направления развития выявленного дефекта точки поверхности, в которых срабатывает система сигнализации, создают некоторую линию, то такой дефект классифицируют как трещину. При перемещении ВТП над трещиной скачкообразно изменяются показания стрелочного индикатора с дальнейшим возвратом к исходным значениям, а в системе сигнализации дефектоскопа проходит короткий импульс, который приводит к кратковременному ее срабатыванию. При перемещении ВТП вдоль трещины наблюдается длительное срабатывание систем сигнализации, а отклонение показаний индикатора может плавно меняться.

Когда в контролируемой зоне существуют участки локального изменения удельной электрической проводимости материала, вызванной коррозийным поражением, нарушением сплошности

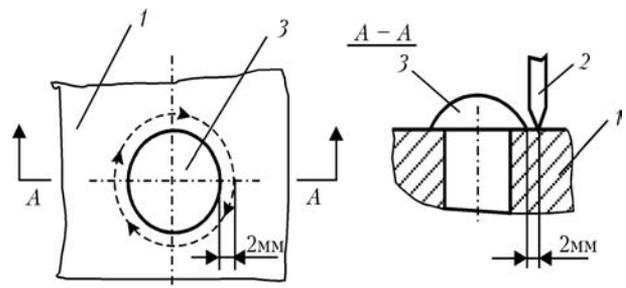


Рис. 8. Схема сканирования зоны заклепки: 1 — объект контроля; 2 — ВТП; 3 — заклепка

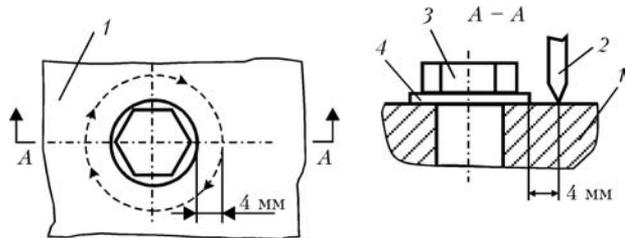


Рис. 9. Схема сканирования зоны стального болта: 1 — объект контроля; 2 — ВТП; 3 — стальной болт; 4 — стальная шайба

или толщины плакированного слоя, локальным перегревом материала или наличием пористости, также происходит срабатывание систем сигнализации и изменение показаний индикатора дефектоскопа в границах зоны дефекта. Плавное изменение показаний индикатора и тона звуковой сигнализации без срабатывания систем сигнализации дефектоскопа не является признаком дефекта и может свидетельствовать о наличии зон структурной или магнитной неоднородности, изменения толщины стенок, конфигурации детали, толщины покрытия и т. п. Характер дефекта и причины его возникновения при необходимости могут определяться другими методами исследования материалов (металлография, фрактография и др.).

После выявления и классификации дефекта необходимо определить его геометрические размеры (длину трещины, границы локального изменения электропроводности). Для этого устанавливают ВТП в положение, при котором системы сигнализации дефектоскопа начинают стабильно срабатывать, и, перемещая его зигзагообразно поперек и вдоль дефекта, фиксируют граничные положения ВТП, при которых системы сигнализации перестают срабатывать. Для более точного определения границ дефекта, выявленного под слоем покрытия, его необходимо удалить, а настройку и контроль проводить на участке без покрытия.

Методика вихретокового контроля в зоне отверстий (заклепок и болтов) с определением длины трещин представлена схематично на рис. 10.

Методика определения условной длины и координаты размещения трещины реализуется в следующем порядке (рис. 10):

- 1) устанавливают ВТП в зоне контроля на расстоянии $2,5 \pm 0,5$ мм от края отверстия, кромки из-

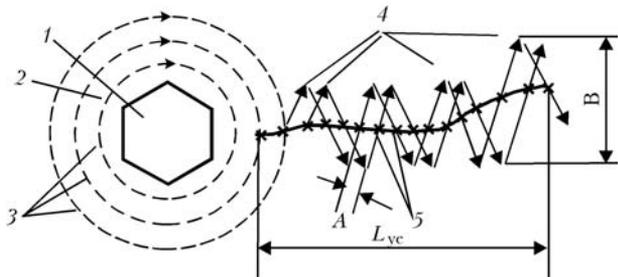


Рис. 10. Схема определения направления и длины трещины: 1 — головка болта; 2 — неконтролируемая зона; 3 — круговые маршруты перемещения датчика; 4 — зигзагообразные маршруты перемещения датчика; 5 — точки срабатывания сигнализации дефектоскопа; L_{yc} — условная длина трещины

деля или головки заклепки, изготовленных из алюминиевых сплавов, и на расстоянии $4 \pm 0,5$ мм от стальных изделий (кромки, головок болтов, шайб, гаек);

2) перемещают ВТП по круговым (полукруговым) маршрутам зоны контроля (расстояние между линиями круговых маршрутов не более $2,5 \pm 0,5$ мм);

3) отмечают на круговых (полукруговых) линиях маршрута перемещения ВТП точки срабатывания сигнализации дефектоскопа;

4) проводят через выявленные две точки трещины прямую линию (эта линия и будет начальным направлением размещения трещины);

5) от второй точки, выявленной на круговом маршруте, переходят на зигзагообразный маршрут и перемещают ВТП в направлении продолжения начальной линии трещины; при этом отмечают на пути перемещения ВТП новые точки срабатывания дефектоскопа в зоне контроля; повторяют проход ВТП зигзагообразного маршрута со сдвигом A (рис. 10) не более 1,5 мм; при допустимом шаге выступов зигзагообразного маршрута $3 \pm 0,5$ мм ширина маршрута B должна быть 25 ± 15 мм в зависимости от формы контролируемой поверхности;

6) перемещения ВТП по зигзагообразному маршруту продолжают до тех пор, пока не прекратится срабатывание сигнализации дефектоскопа на маршруте перемещения ВТП;

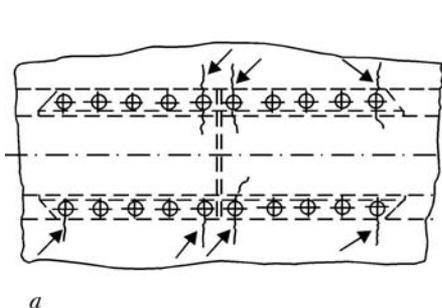
7) соединяют с помощью мела или карандаша начальную линию трещины со всеми последующими точками срабатывания сигнализации наличия трещины; полученная таким образом линия будет определять место расположения выявленной трещины в зоне контроля;

8) замеряют с помощью линейки условную длину трещины между начальной и конечной точками трещины;

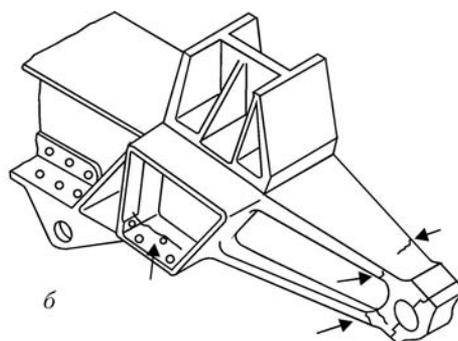
9) составляют эскиз трещины, указывают ее длину и координаты размещения на элементе конструкции. При этом базой координатного отсчета принимали лонжерон, нервюру, шпангоут, стрингер и др. элементы и узлы конструкции.

Результаты контроля оформляют в установленном на предприятии порядке свидетельством, записью в технологический паспорт детали и журнал учета работ. В свидетельстве и журнале учета работ указывают: наименование объекта контроля; марку материала объекта контроля; название технологической документации, в соответствии с которой проводился контроль; результаты контроля (выявленные дефекты, их размещение и т. п., при необходимости — эскиз); дату проведения контроля и фамилию работника, который его проводил.

Характерные примеры авиационных узлов, подлежащих контролю вихретоковым методом. Приведем примеры узлов авиационных конструкций, контролируемых высокочастотными статическими вихретоковыми дефектоскопами на наличие поверхностных трещин с использованием представленных выше методических рекомендаций. Показаны места расположения типовых дефектов, выявляемых вихретоковым методом. Подобные эскизы типовых узлов и возможные дефекты определяются в перечне мест концентрации напряжений в элементах конструкций самолета, который утверждается генеральным конструктором. Подобные перечни определяют места, требующие повышенного внимания при проведении контроля на этапе капитальных ремонтов (рис. 11). Места наиболее вероятного размещения дефектов показаны стрелками.



а



б

Рис. 11. Типовое расположение дефектов, выявляемых в узле стыковки стрингеров (а) и в кронштейне подвески головной шасси ноги (б)

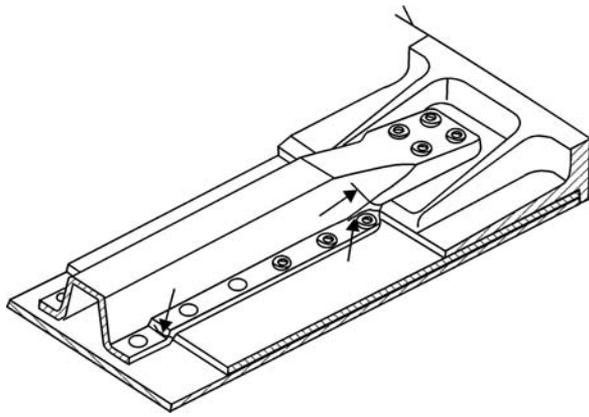


Рис. 12. Типовое расположение дефектов, выявляемых в головке стрингера на нижней панели СЧК

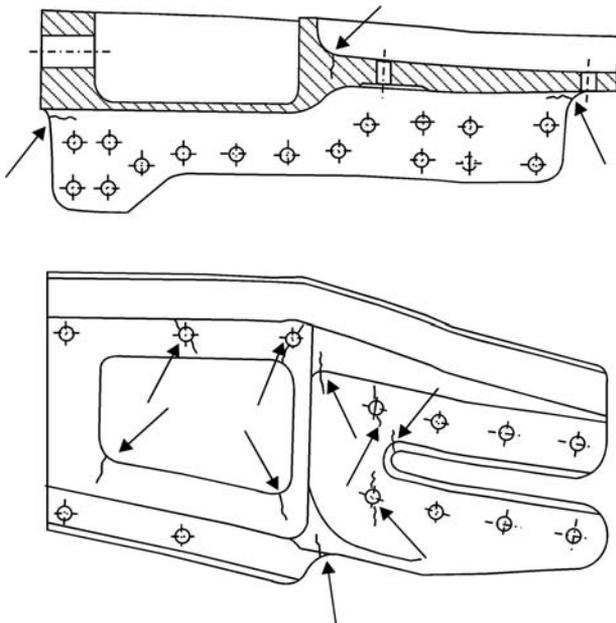


Рис. 13. Типовое расположение дефектов в стыковочных поясах лонжеронов

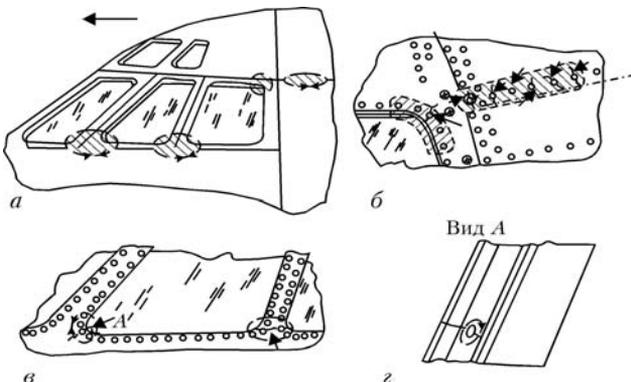


Рис. 14. Схема типового размещения трещин наружной окантовки обшивки фонаря пилота около углов вырезов окон кабины, выявляемых вихретоковым методом

Ниже представлено характерное расположение дефектов (показано стрелками), которые выявляются вихретоковым методом в головке стрингера на нижней панели средней части крыла (СЧК)

(рис. 12) и в стыковочных фитингах поясов лонжеронов (рис. 13).

На рис. 14 показано: *а* — характерное расположение дефектов наружной обшивки фонаря пилота около углов вырезов окон кабины самолета Ту-154 (стрелкой показано направление полета самолета); *б* — увеличенный вид извне фюзеляжа на типовой трещине в окантовке фонаря и обшивке по стрингеру; *в* — увеличенный вид типовых трещин в окантовке фонаря, выявляемых извне фюзеляжа; *г* — вид по стрелке *А* (рис. 14, *в*) на трещине в торцевой части окантовки, выявляемые при открытой форточке фонаря изнутри кабины пилота. На представленных рисунках штриховыми кривыми со стрелками выделены и заштрихованы зоны контроля.

Выводы

Вихретоковый контроль имеет исключительно большое значение при внедрения современных концепций безопасной эксплуатации авиационных конструкций.

Рассмотрены основные требования к вихретоковым портативным дефектоскопам для выявления поверхностных дефектов в авиационных конструкциях.

Представлено портативный дефектоскоп автогенераторного типа, показаны его основные преимущества при контроле узлов авиационной техники.

Рассмотрены методические особенности вихретокового контроля элементов авиационных конструкций и типовые примеры его применения.

1. Schmidt H.-J., Schmidt-Brandecker B., Tober G. Design of modern aircraft structure and the role of NDI // Insight. — 2000. — 42, № 3. — P. 141–147.
2. Ball D. L. The Role of Nondestructive Testing in Aircraft Damage Tolerance // Materials Evaluation. — 2003. — № 7. — P. 814–818.
3. Лопаткин В. И. Новые формы реализации прогрессивных концепций обеспечения надежности авиаконструкций // Пробл. безопасности полетов. — 1988. — № 9. — С. 15–42.
4. Дорофеев А. Л., Казаманов Ю. Г. Электромагнитная дефектоскопия. — М.: Машиностроение, 1980. — 232 с.
5. Неразрушающий контроль металлов и изделий: Справ. / П. И. Беда, Б. И. Выборнов, Ю. А. Глазков и др. // Под ред. Г. С. Самойловича. — М.: Машиностроение, 1976. — 456 с.
6. Беда П. И., Сапунов В. М. Опыт вихретокового контроля крепежных отверстий в конструкциях авиационной техники // Дефектоскопия. — 2000. — № 4. — С. 3–9.
7. Nondestructive Testing Handbook. Vol.4: Electromagnetic Testing (Eddy current, flux leakage and Microwave Nondestructive Testing). Second edition. Edited by R.C. McMaster and P. McIntire. — USA: American Society for NDT, 1986. — 677 p.
8. Производственная инструкция ПИ 1.2.174–81 «Выявление поверхностных дефектов в металлических материалах с помощью электромагнитных высокочастотных статических дефектоскопов». Утверждено ВИАМ и ГосНИИЭРАТГА 15.05.81 / Минавиапром СССР. — М.: ОНТИ ВИАМ, 1981. — 39 с.



9. Учанин В. Н. Вихретоковый метод обнаружения скрытых дефектов усталостного и коррозионного происхождения. — Киев: О-во «Знання» УССР, 1988. — 20 с.
10. Учанин В. Н., Цирг В. Н. Опыт применения низкочастотных вихретоковых дефектоскопов для выявления скрытых дефектов усталостного и коррозионного происхождения // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 1989. — № 4. — С. 71–75.
11. Учанин В. Н., Черленевский В. В. Вихретоковый дефектоскоп для обнаружения поверхностных трещин // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів: Зб. наук. праць. — Львів: Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка НАНУ. — 1999. — С. 108–110.
12. Учанин В. Н., Дереча В. Я. Вихретоковые статические дефектоскопы для обнаружения поверхностных дефектов в узлах авиационной техники // Мат. 4-ї Нац. наук.-техн. конф. і виставки «Неруйнівний контроль та технічна діагностика» (НКТД-2003). — Київ, 2003. — С. 358–361.
13. ГСТУ В.2.3-0001201.02-2000. Експлуатація, технічне обслуговування і ремонт обладнання і споруд нафтоперекачувальних станцій. — Ч. 2. Дефектоскопія валів нафтоперекачувальних насосів // В. А. Корнійчук, Б. І. Стоян, В. І. Дуля, С. О. Смолка, В. М. Учанін. — Київ: Держнафтогазпром України. — 54 с.
14. Берник З. А., Учанін В. М. Комплексна дефектоскопія деталей газоперекачуючих агрегатів довготривалої експлуатації // Методи і прилади контролю якості. — 2005. — № 13. — С. 13–18.

Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенко НАНУ,
Центр «Леотест-Медіум», Львів,
АНТК «АНТОНОВ», Київ

Поступила в редакцію
21.02.06

НОВОСТИ ИЗ ИНТЕРНЕТА

ЗАО «НТНК» Новые технологии. Неразрушающий контроль.

Серия двухпроводных датчиков РТХ600 с выходным сигналом 4...20 мА применяется для работы в сложных эксплуатационных условиях на производстве, в исследовательских лабораториях, в составе испытательных стендов. Серия включает в себя все достоинства предыдущих аналогов и имеет более высокие характеристики стабильности и точности измерений, а также гибкую конструкцию для обеспечения совместимости со стандартным производственным оборудованием. Компанией Dgisk была специально разработана кремниевая технология изготовления миниатюрных кремниевых мембранных чувствительных элементов с улучшенными рабочими характеристиками. Чувствительный элемент установлен на изолирующей стеклянной подложке, которая соединена с металлическим основанием. Это обеспечивает исключительную защиту от воздействия перепадов температур и от механических повреждений.

Чувствительный элемент защищен разделительной мембраной, изготовленной из сплава Hastelloy. Корпус датчика и входной штуцер изготовлены из нержавеющей стали 316 (материалы соответствуют стандарту NACE и совместимы с окисляющими газами). Уменьшенный внутренний объем и улучшенный дизайн данной серии датчиков давления обеспечивает наибольшую стабильность измерений и работу датчика при различных температурах.

Встроенная электроника обеспечивает работу в широком диапазоне питающих напряжений, регулирование усилительных каскадов для установки требуемого значения нуля и верхнего предела измерения, смену полярности и защиту от электромагнитного излучения. Высокая степень защиты от неблагоприятных электрических воздействий в сочетании с поверхностным монтажом и объединением всех электрических компонент в одном корпусе обеспечивает целостность датчика при воздействии ударов и вибраций наряду с воздействием окружающей среды по стандартам IP50-IP68 в зависимости от выбранного типа электрического соединителя. Для полного соответствия рабочим условиям эксплуатации датчики калибруются по конечным значениям реальной характеристики с учетом нелинейности, вариации и воспроизводимости. Температурные диапазоны определены в границах, при которых выходной сигнал соответствует сигналу при комнатной температуре.

Каждый датчик давления калибруется по давлению температуры и в виде базового модуля хранится на складе. Непосредственно перед отправкой базовый модуль калибруется на необходимый диапазон давления и монтируется с соответствующим электрическим соединением. При необходимости установки промежуточных диапазонов базовый модуль выбирается таким образом, чтобы он соответствовал требуемым диапазонам температур после непосредственной настройки его на заданный диапазон давления.

Датчики оснащаются входным штуцером с внутренней резьбой G1/4. Предлагается также большой выбор переходных адаптеров, изготовленных из нержавеющей стали, которые устанавливаются на датчик со специальной прокладкой (по требованию).

Съемные электрические соединители и переходники позволяют пользователю легко изменить конфигурацию датчика или просто заменить, например, когда необходимо расположить датчик другим образом или заменить на другой диапазон измерения (датчики, используемые для измерения давления в трубопроводах и в погруженном состоянии не имеют съемных соединителей).

<http://www.www.ntnk.ru>

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРИБОРЫ И ТЕХНОЛОГИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Г. М. СУЧКОВ, Е. А. АЛЕКСЕЕВ, В. В. ЗАХАРЕНКО

Рассмотрены вопросы создания бесконтактных ультразвуковых и вихрековых приборов для дефектоскопии и толщинометрии без специальной зачистки поверхности изделий. Приведены примеры приборов, позволяющих экономить энергию и сохранять потребительские свойства изделий.

The questions of creation of non-contact ultrasonic and eddy-current devices for fault detections and measurements without special preparation of surface of wares are considered. The examples of such devices which allow to save energy and to save the using properties of wares are given.

Высокое качество выпускаемой продукции и обслуживания, находящегося в эксплуатации, обеспечивается путем применения сплошного неразрушающего контроля (НК) [1]. Наиболее часто используются акустические и вихрековые (ВТ) методы и средства [2]. Применение традиционных ультразвуковых (УЗ) и ВТ методов и приборов требует высокого качества поверхности контролируемого материала [3, 4]. Обязательная тщательная зачистка поверхности приводит к потере слоя металла и защитного покрытия и, следовательно, к более быстрой потере потребительских свойств изделий. После проведения контроля защитные покрытия, в том числе лакокрасочные, необходимо восстанавливать. Проведение зачистки приводит к значительным затратам энергии. В конечном итоге имеют место существенные экономические и временные потери. Так, по данным ОАО «Харьковский котельно-механический завод» затраты на подготовку поверхности изделий к УЗ контролю равняются затратам на проведение самого контроля. По данным работы [5], затраты на зачистку листового проката перед УЗ контролем составляют 550 руб. РФ/т. Кроме того, УЗ контроль по зачищенной, как правило абразивными материалами поверхности приводит к быстрому выходу из строя пьезоэлектрических преобразователей.

В случае применения ВТ контроля ситуация еще более сложная, так как традиционные приборы не позволяют выполнять эффективный контроль по неподготовленной поверхности [6].

ЭМА дефектоскопия и толщинометрия. В последние годы быстрыми темпами развиваются методы и средства контроля, которые не требуют специальной подготовки поверхности изделий к контролю. В области УЗ контроля к таким методам можно отнести электромагнитно-акустический (ЭМА). Обзоры работ по использованию ЭМА метода и приборов даны в работах [7, 8]. Их анализ позволил установить, что наиболее эффективным

является применение ЭМА средств для автоматического контроля больших объемов изделий, например, катаных — рельсов, труб, листов, заготовок различного сечения и т. п., зачистка которых приводит к существенным энергетическим и ресурсным потерям. Кроме того, введение сплошного УЗ контроля приводит к резкому повышению технологической дисциплины при производстве изделий.

Первыми промышленными дефектоскопами для УЗ контроля с использованием ЭМА-способа были установки, внедренные с участием сотрудников НТУ «ХПИ» в 1983–1985 г.г. на ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат», ОАО «Кузнецкий металлургический комбинат» и ОАО «Металлургический комбинат «Азовсталь» (рис. 1). С 1983 г. до настоящего времени автоматический контроль зоны рельса, ограниченной толщиной шейки, проводится зеркально-теневым

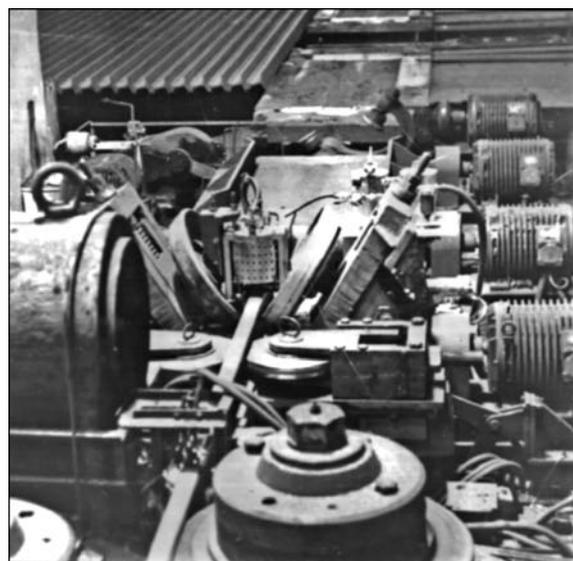


Рис. 1. Ультразвуковая автоматическая установка для контроля рельсов на ОАО «КМК» бесконтактным ЭМА способом (производительность — до 1 млн 300 тыс. т рельсов в год)



методом на скорости до 2 м/с. Критерием дефектности служит ослабление второго донного импульса на 10...14 дБ (на ОАО «Кузнецкий металлургический комбинат» и ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат») и первого донного импульса на 8...10 дБ (ОАО «Меткомбинат «Азовсталь»). Проконтролировано более 60 млн. т рельсов с поверхностью в состоянии после прокатки, т. е. без зачистки. В «брак» переведено около 2 % проконтролированных рельсов. Это позволило практически полностью исключить поломки рельсов на первичной стадии эксплуатации, обусловленные дефектами металлургического происхождения. Технология контроля была разработана автором работы [9].

Вторым эффективным направлением использования ЭМА метода является УЗ толщинометрия. Так, для контроля толщины цельнокатаных труб в четырех взаимно перпендикулярных плоскостях в 2000 г. разработан и введен в промышленную эксплуатацию автоматический ЭМА толщиномер (рис. 2). Прибор автоматически сортирует трубы на две категории качества при отклонении толщины стенки труб как в большую, так и в меньшую сторону от номинального значения. Контроль ведется без зачистки поверхности ввода/приема УЗ импульсов на скорости до 1 м/с.

Успехи использования ЭМА метода в автоматических системах контроля и острая потребность в экономии энергии и ресурсов интенсифицировали исследования и разработки в направлении создания портативных средств оценки качества изделий. Было установлено, что основной причиной, сдерживающей разработку эффективных ЭМА дефектоскопов, является традиционный подход к их построению. Многие удачные технологические и технические решения, полученные при разработке и эксплуатации автоматических дефектоскопических установок и толщиномеров, зачастую использовать невозможно. Учитывая тенденции по совершенствованию ЭМА дефектоско-



Рис. 2. Автоматический четырехканальный толщиномер ЗАО «НИКО ТЬЮБ» (г. Никополь) (скорость контроля — 1 м/с)

пов [8] и толщиномеров [7], повышение их чувствительности до уровня контактных дефектоскопов [10-11] были сформулированы и решены теоретические и практические аспекты поставленной проблемы [12]. Эти решения применены при создании двухканального ЭМА дефектоскопа (рис. 3). Один его канал предназначен для обнаружения внутренних дефектов в ферромагнитных и неферромагнитных изделиях и материалах импульсами УЗ сдвиговых линейно поляризованных колебаний длительностью 1–4 периода с частотой заполнения 1,8...7 МГц. Второй канал предназначен для дефектоскопии поверхностными и нормальными волнами в диапазоне частот 0,25...1,5 МГц. Этот канал также используется для наклонного ввода УЗ импульсов в металл. Второй канал снабжен миниатюрными высокочувствительными раздельно-совмещенными преобразователями для дефектоскопии изделий с округлой или плоской поверхностями, или поверхностью, имеющей изломы поверхности до 90°. При разработке этих ЭМАП удалось минимизировать усилие притяжения к ферромагнитному изделию, что существенно облегчило процесс сканирования.



Рис. 3. Двухканальный ЭМА дефектоскоп для ручного и механизированного УЗ контроля сдвиговыми и поверхностными волнами

Исследования работы нового ЭМА дефектоскопа позволили установить следующие его возможности. Он эффективно позволяет проводить контроль изделий из ферромагнитных материалов (сталь, чугун, сплавы) и неферромагнитных материалов (алюминий и его сплавы, сплавы на основе меди, некоторые сорта нержавеющей стали аустенитного класса, сплавы на основе титана и др.). При использовании специальных ЭМА преобразователей возможен контроль горячих и охлажденных ОК. Прибор позволяет обнаруживать объемными сдвиговыми волнами эхометодом в ОК (сталь 45) отражатели, эквивалентные плоскодонному сверлению диаметром 1,2 мм, с отношением амплитуд сигнал/шум не менее 5 раз, боковое отверстие диаметром 1 мм в прутке из латуни ЛС59 — 10...12 раз, в алюминии — плоскодонный отражатель диаметром 0,8 мм — 8...10 раз соответственно. «Мертвая» зона (в зависимости от материала ОК, состояния его поверхности и взаимного расположения ЭМАП и поверхности изделия) составляет 3...5 мм. ЭМА дефектоскоп, с помощью специальных ЭМАП контролирует ОК от поверхности до глубины 30 мм и более (сталь 45) т. е. без «мертвой» зоны. Одновременно с эхо методом дефектоскоп позволяет выполнять контроль зеркально-теньевым и комбинированным методами, а также измерять толщину. Лучевая разрешающая способность достигает 0,5 мм. При контроле волнами Рэлея обнаруживаются дефекты на поверхности, эквивалентные пазу глубиной 0,2 мм и более, длиной 5 мм и более с раскрытием до 0,001 мм, а также сквозные отверстия в трубных изделиях диаметром 1 мм и более. Прибор по эхоканалу снабжен тремя уровнями срабатывания системы дефектоотметки с трехцветной индикацией и трехтональной звуковой индикацией, одним уровнем по зеркалнотеньевому каналу, двумя уровнями по каналу измерения толщины, а также гальванически развязанным релейным выходом сигнализатора о дефектности. Разработанный ЭМА дефектоскоп используется как базовый для создания приборов для обнаружения внутренних и поверхностных дефектов рельсов, швеллеров, балок, труб, заготовок и прутков круглого и иного сечения, гибов различной формы, толщинометрии и определения физико-механических свойств материалов — как в условиях производства, так и в условиях эксплуатации. Ограничением является требование к ОК — он должен быть электропроводным и (или) ферромагнитным. При этом зачистка поверхности изделий перед проведением контроля не требуется.

Следует отметить, что применение ЭМА способа в новом дефектоскопе дает «второе дыхание» зеркально-теньевому методу контроля. Это обусловлено высокой по сравнению с «мокрым» способом стабильностью амплитуд донных импуль-



Рис. 4. ЭМА дефектоскоп для контроля изделий с сильно корродированной поверхностью ввода УЗ импульсов

сов сдвиговых колебаний при высокой чувствительности к дефектам структуры материала, не дающим эхосигналов достаточной интенсивности.

На базе описанной разработки изготовлен ЭМА дефектоскоп (рис. 4), предназначенный для обнаружения «водородных» и иных расслоений в металлах при сильно корродированной поверхности ввода УЗ без применения зачистки. Характер коррозионного поражения такой поверхности показан на рис. 5. Это подтверждает возможность экономии энергии и уменьшения расхода металла за счет применения таких дефектоскопов и толщиномеров.

Применение ЭМА способа для устройств с автономным питанием и малой массой требует особых подходов. Главным требованием к приборам такого типа является низкий расход энергии и малая масса. Следовательно, все устройства прибора должны соответствовать этим требованиям. В генераторе зондирующих импульсов (ГЗИ) толщиномера следует использовать элементы, которые работают в ключевом режиме класса *D* или аналогичном, при котором они не должны потреблять ток в режиме ожидания поступления управляющего импульса. Следовательно, достаточно проблематично использование в качестве усиливающих элементов биполярных транзисторов, имеющих значительные токи утечки. Оптимальным вариантом применения в качестве усиливающих элементов является использование полевых транзисторов фирмы «Toshiba» или фирмы «International Rectifier». Исследованиями установлено, что



Рис. 5. Образец с сильно корродированной поверхностью с дефектом типа «расслоение», обнаруживаемый ЭМА дефектоскопом



в ГЗИ можно использовать транзисторы типа IRF510, IRF530, IRF540, IRF710 и аналогичные. Экспериментальные исследования их возможностей позволили установить, что они могут работать в диапазоне частот до 4...8 МГц в составе усилителей мощности ГЗИ.

В усилителях для приема отраженных сигналов целесообразно использовать специализированные микросхемы типа AD603 и AD604 производства фирмы «Analog Devices», т. минимально потребляющие энергию при высоком соотношении полезный сигнал/шум. Упомянутые микросхемы позволяют управлять коэффициентом их усиления в широких пределах. Указанные характеристики реализованы при малых габаритах с применением SMD технологий.

Особые требования предъявляются к устройствам формирования зондирующего сигнала и цифровой обработки информации. Для формирования исходного «своего» сигнала в виде пакета с несколькими периодами заполнения с частотой до 8 МГц достаточно применить микропроцессор типа AT90S1200-16. В то же время установлено, что в качестве устройств для обработки принятого ЭМАП «своего» сигнала оптимально использовать современные микропроцессоры типа ADUC831, ADUC841, микроконвертеры типа 7026 производства фирмы «Analog Devices». Эти приборы позволяют по своим скоростным качествам проводить операции по вычислению автокорреляционных и взаимно корреляционных функций при низком потреблении энергии. Поэтому в толщиномере были применены одновременно AT90S1200-16 и ADUC841.

Выбор оптимальной элементной базы позволил создать переносной портативный ЭМА толщиномер, общий вид которого показан на рис. 6. Все операции подготовки и проведения измерений возложены на два микропроцессора. Поэтому прибор очень прост в управлении. Выполнение измерений происходит автоматически после нажа-



Рис. 6. ЭМА толщиномер для «ручного» контроля

тия кнопки «Пуск». Калибровка толщиномера на образце с известной толщиной проводится с помощью трех кнопок: «Калибровка», при этом загорается индикаторный светодиод, и кнопки «+» и «-». Кроме упомянутых кнопок и выключателя других регуляторов не предусмотрено. (Частота и длительность зондирующих импульсов устанавливается регуляторами, размещенными на платах внутри корпуса.)

Экспериментальные исследования работы толщиномера позволили установить, что он работоспособен при зазорах между протектором ЭМАП и металлом до 3 мм. Это вывод подтверждается 100-кратными измерениями на образце, изготовленном из стали У8 толщиной 15,6 мм при частоте УЗК 3 МГц и длительности исходного импульса, равной трем периодам заполнения. Данные о вероятности правильного измерения толщины ОК от величины зазора между протектором ЭМАП и поверхностью образца приведены ниже:

Зазор между ЭМАП и ОК, мм	0,2	1	2	2,5	3	3,5
Вероятность правильного измерения, %	100	100	100	100	98	62

Временная стабильность работы нового толщиномера оказалась высокой. Его испытания на одном участке образца показали, что показания прибора в течение 8 ч не изменились. Измерения на том же участке серийным толщиномером УТ93П позволили установить необходимость выполнения его перекалибровки не реже, чем один раз в час.

При измерениях толщин ОК из различных материалов (стали Ст.3, стали 45, У7 и У8, алюминий и дюралюминий, 09Г2С, 12ХМ, трубные стали производства ЗАО «НИКО ТЬЮБ», стали обсадных труб нефтяного сортамента и аналогичные) в диапазоне толщин 3...27 мм установлено, что калибровка прибора на каждый тип материала не требуется, так как основная абсолютная погрешность не превышает $\pm 0,1$ мм. Очевидно, что для ниши в области толщинометрии, занимаемой ЭМА приборами (корродированные поверхности, грубая обработка, катаная поверхность с загрязнениями и т. д.), устанавливать большую точность и меньшую абсолютную погрешность не имеет смысла.

На результаты измерений разработанным прибором в значительно меньшей степени оказывает влияние неодинаковое время распространения УЗК в металле под рабочей зоной ЭМАП, а также когерентные дополнительные помеховые импульсы продольных и трансформированных волн.

Установлено, что, наличие на поверхности ОК в активной зоне ЭМАП скрепленной с поверхностью окалины при нормальной температуре увеличивает соотношение полезный сигнал/шум. Слой скрепленной окалины толщиной более



0,5 мм может увеличивать отношение полезный сигнал/шум до 90 дБ. Чем больше толщина окалина, тем больше амплитуда донных сигналов. Степень увеличения сигнала зависит также от состава окалины, ее температуры, технологии производства металла, воздействия на нее окружающей среды. При традиционном измерении толщины наличие не скрепленных с поверхностью ОК частиц окалины приводит к уменьшению соотношения амплитуд донный сигнал/шум и к появлению помех, амплитуда которых экспоненциально уменьшается с момента завершения зондирующего импульса. При использовании корреляционной обработки наличие отслоившейся окалины в зазоре между ЭМАП и металлом на погрешность измерений толщины практически не влияет.

Следует отметить, что наличие поверхностных дефектов оказывают слабое влияние на результаты измерений даже при значительном их развитии (при условии, что они не перекрывают акустическое поле). Наличие внутренних дефектов заметно сказывается на результатах измерений в случае, если они являются существенным препятствием для распространения импульсов упругих сдвиговых колебаний, например, расслоения, трещины, закаты и т. д.

Оценка влияния кривизны поверхности ОК на результаты толщинометрии показала следующее. Если общее значение расстояния между ЭМАП и металлом, обусловленное локальной кривизной и толщиной покрытия превышает 3 мм, то кривизна сказывается на точности и стабильности измерений.

Исследованиями установлено, что одним и тем же ЭМА преобразователем описанной конструкции удастся измерять толщину труб наружным диаметром 6 мм и более. При этом технологический зазор по ближайшему расстоянию не должен превышать 0,2 мм. При изготовлении ЭМАП с криволинейной поверхностью рабочего торца ограничений по кривизне ОК не возникает.

Характеристики толщиномера

Используемые волны	сдвиговые
.....	линейно поляризованные
Диапазон измеряемых толщин (по стали), мм	2...45 (200)
Допускаемая погрешность измерений (без зачистки поверхности), менее, мм	±0,1
Дискретность измерения толщины или диаметра, мм	0,1
Мин. контролируемый диаметр, мм	6
Температура контролируемого изделия, °С до 80 (600)
Температура окружающей среды, °С -10...+50
Расстояние между ЭМА преобразователем и поверхностью контролируемого участка металла, мм до 3
Питание	батареи
.....	типа «Крона» и пальчиковые
Время непрерывной работы, ч	10
Масса электронного блока толщиномера, кг	..1,4
Масса ЭМА преобразователя, кг0,35

Таким образом, на основании выполненных исследований разработанных ЭМА приборов установлена их работоспособность при контроле изделий без дополнительных затрат энергии и неоправданных потерь металла и защитных покрытий.

Вихретоковая дефектоскопия. Электропроводные материалы и изделия, выпускаемые и эксплуатируемые в промышленности, часто содержат дефекты структуры типа трещин, плен, пор, волосовин, закатов и т. д., которые выходят на поверхность или располагаются возле поверхности. В эксплуатируемых изделиях развиваются трещины усталостного характера. Наличие поверхностных дефектов может приводить к авариям, наносящим значительный материальный ущерб. Прогрессивным методом обнаружения таких дефектов является вихретоковый. Однако подавляющее большинство современных вихретоковых дефектоскопов не приспособлены для эффективного обнаружения поверхностных дефектов, особенно под слоями краски, окалины, ржавчины и т. д. Они, как правило, не могут определить форму обнаруженного дефекта, что не позволяет оценить степень его опасности.

Для устранения отмеченных недостатков и расширения технических возможностей продолжено совершенствование вихретокового дефектоскопа, описанного в работе [13]. Основу нового прибора составляет вихретоковый преобразователь, который позволяет различать форму дефекта — округлая или вытянутая. Он не реагирует на неод-



Рис. 7. Вихретоковый дефектоскоп для обнаружения дефектов без специальной подготовки поверхности изделия

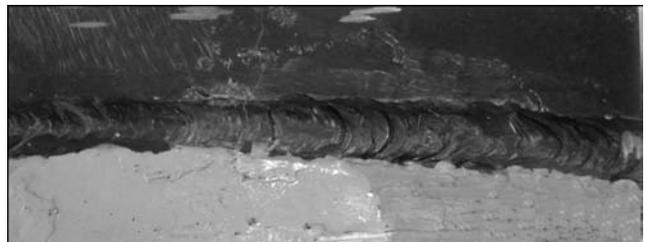


Рис. 8. Характерный образец с катаной поверхностью, сварным швом и окрашенной поверхностью, содержащий эксплуатационную трещину, обнаруживаемую дефектоскопами типа «Малыш-М»



нородности металла. Шероховатость поверхности дефекта практически не сказывается на работе дефектоскопа (рис. 7). Это позволило выполнять контроль без зачистки поверхностей основного металла и сварных швов. На рис. 8 показан пример образца, вырезанного из сосуда, с развитой в процессе эксплуатации трещиной. Вихретоковый дефектоскоп «Малыш-М» обнаруживает трещину на всех участках — под слоем краски толщиной более 1 мм, на участке сварного шва и на участке в состоянии после прокатки.

Характеристики прибора «Малыш-М»

Температура контролируемого металла, °С от	-20 до +50
Контролируемый материал	ферромагнитная или неферромагнитная сталь, чугун, алюминий, медь, титан и их сплавы
Температура окружающей среды, °С	-10...+40
Атмосферное давление, кПа	84...106,7
Питание прибора	от встроенных аккумуляторов, или сетевое ~ 220 В, 50Гц через сетевой адаптер
Мощность, потребляемая прибором от сети, не более, Вт	1
Масса дефектоскопа, г	500

Представление информации — на светодиодном семиразрядном индикаторе и посредством тонального звукового сигнала в головных наушниках. Предельная чувствительность контроля — канавка прямоугольной формы глубиной 0,1 мм на плоском образце из стали 45.

Новый вихретоковый дефектоскоп не требует зачистки поверхности перед проведением контроля. Следовательно, дополнительные потери энергии и металла изделия отсутствуют.

1. Патон Б. С., Тройцкий В. О., Посунайко Ю. М. Неруйнівний контроль в Україні // Інформ. бюл. Укр. товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики. — 2003. — № 2(18). — С. 5–9.
2. *Неразрушающий контроль*: Справ. В 7 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева. — Т.3: Ультразвуковой контроль / И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. — М.: Машиностроение, 2004. — 864 с.
3. Сучков Г. М. О главном преимуществе ЭМА способа // Дефектоскопия. — 2000. — № 10. — С. 67–70.
4. Ермолов И. Н. Теория и практика УЗ контроля. — М.: Машиностроение, 1981. — 240 с.
5. Судакова К. В., Казюкевич И. Л. О повышении эффективности контроля качества металлургической продукции // В мире неразруш. контроля. — 2004. — № 3. — С. 8–10.
6. *Неразрушающий контроль*: Справ. В 7 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева. — Т.2: В 2 кн. — Контроль герметичности. Вихретоковый контроль. — М.: Машиностроение, 2003. — 688 с.
7. Сучков Г. М. Возможности современных ЭМА толщиномеров // Дефектоскопия. — 2004. — № 12. — С. 16–25.
8. Сучков Г. М. Современные возможности ЭМА дефектоскопии // Там же. — 2005. — № 12. — С. 24–39.
9. Сучков Г. М. Разработка и внедрение технологии сплошного автоматического обнаружения дефектов макроструктуры объемнозакаленных рельсов бесконтактным ультразвуковым методом. — Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. — Харьков: ХАДИ, 1988. — 22 с.
10. Сучков Г. М. Исследование ЭМА способом выявляемости плоскодонных отражателей в образцах из различных материалов // Контроль. Диагностика. — 2002. — №5. — С. 50–51.
11. Сучков Г. М. Исследование особенностей распространения поверхностных волн при контроле ЭМА способом // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 2000. — № 3. — С. 33–35.
12. Сучков Г. М. Построение приборов для УЗ контроля и измерений с использованием ЭМА способа возбуждения и приема ультразвуковых импульсов // Там же. — 2005. — № 2. — С. 36–39.
13. *Исследование* применимости вихретокового контроля металлообъектов с помощью моделирования дефектов // Там же. — 2002. — № 3. — С. 35–37.

Нац. техн. ун-т «ХПИ»,
Харьков

Поступила в редакцию
15.04.2006

НОВОСТИ ИЗ ИНТЕРНЕТА

В МФ НИКИМТ «Эксперт-Центр» введена в эксплуатацию установка для спектрального анализа. МФ НИКИМТ «Эксперт-Центр» имеет участок спектрального анализа, на котором выполняются работы по определению химического состава сталей и сплавов оборудования и трубопроводов.

Основные работы проводятся на многоканальном эмиссионном спектрометре ДФС-71, который является последней новейшей разработкой дочерней фирмы ЛОМО-СКБ «Спектр». Прибор позволяет экспрессным методом одновременно определять все легирующие элементы и примеси, включая углерод, фосфор, серу. Спектрометр обеспечивает выполнение норм точности и диапазонов измерения концентрации элементов в соответствии с ГОСТ 18895–97.

Проведена градуировка установки с помощью наборов стандартных образцов химического состава на следующие программы:

- углеродистые стали типа Ст 3, 20, 45;
- низколегированные и легированные стали типа 09Г2С, 30Х, 30ХГСА, 20ХМ;
- коррозионно-стойкие сплавы типа 12Х18Н9, 08Х18Н10Т.

Время измерения концентрации элементов в пробе с определением марки материала составляет 60с. Заключение можно получить в течение 1-2 дней. Стандартные размеры исследуемого образца должны быть не менее 30×30×2 мм. Максимальные размеры определяются габаритами рабочего столика — 70×70×70 мм.

При использовании спецприспособления размеры исследуемого образца могут быть уменьшены до 10×10×2 мм.

<http://www.ndtexpert.ru>



ЯКІСТЬ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ ОБСАДНИХ КОЛОН: ПРОБЛЕМИ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Я. Б. ДАНИЛЯК, Л. М. КІЙКО

Міцність і герметичність обсадної колони більші за все залежить від міцності й герметичності її різьбових з'єднань. Параметри згвинчування, які нормуються та піддаються контролю (умовний натяг, крутний момент, кількість обертів) — непрямі і не дозволяють гарантовано оцінити якість з'єднання. Застосувавши загальну та безмоментну теорію деформації оболонок обертання, автори пов'язали між собою умовний радіальний тиск по серединній поверхні, умовний осьовий натяг та контактний тиск. Використавши встановлену раніше функціональну залежність, вони розробили методику контролю величини контактних тисків за амплітудою ультразвукових коливань, що пройшли через зону спряження або відбилися від неї.

Strength and tightness of the casing column primarily depends on the strength and tightness of its threaded joints. Spinning-up parameters, which are normed and controlled (conditional tightness, torque, number of turns) are indirect, and do not provide a guaranteed evaluation of the joint quality. Applying the general and zero-moment theories of deformation of the shells of revolution, the authors correlated the conditional radial pressure over the median surface, conditional axial tightness and contact pressure. Using the earlier established functional dependence, they developed a procedure to control the value of contact pressures by the magnitude of ultrasonic oscillations, which have passed through the mating zone or have been reflected from it.

Безаварійна провідка та експлуатація нафтових і газових свердловин у значній мірі залежить від надійності їх кріплення. Обсадні колони виконують такі функції: забезпечують стійкість стовбура свердловини у рухомих та нестійких породах; ізолюють проникні горизонти з різними видами флюїдів і тисками; виключають витік продукту, що добувається, у навколосвердловинний простір, що особливо важливо для газу; пов'язують свердловину з гирловим (фонтанна арматура) і противикидним обладнанням.

Із сказаного вище випливають дві основні проблеми до обсадної колони — міцність і герметичність. Під *міцністю* розуміють здатність колони сприймати без руйнування зовнішні навантаження — як механічні, так і температурні. Міцнісні характеристики переважно визначаються границею текучості, змінюючим навантаженням і опором розриву самих труб і їх з'єднань. Величини цих параметрів встановлюють під час розрахунку компонок обсадної колони [1] для конкретної свердловини — залежно від потенціальних навантажень (осьових, надлишкового тиску і т. п.).

Герметичність обсадної колони полягає в непроникності її стінок і з'єднань для рідин і газів. Цей фактор особливо важливий для газових свердловин, оскільки газ навіть при малих тисках здатний проходити через самі незначні несущі частини. Присутність сірководню і вуглекислого газу сприяє прискоренню цього процесу. Витік газу, як показує практика, у більшості випадків приводить до виявлення газу за колоною з наступним утворенням грифону навколо гирла.

Втрата герметичності переважно спостерігається у різьбових з'єднаннях. Причиною цього за даними роботи [2] є: неякісне нарізання різьби, особливо в підгоночних патрубках і перевідниках; недостатнє закріплення труби у муфті; згвинчування різьбових з'єднань з перекосом їх осей; дія навантажень розтягу, що перевищують допустимі; відсутність необхідного контролю крутного моменту під час зборки.

Крім того, негерметичність з'єднання може бути наслідком забрудненості різьби, її заїдання в результаті забруднення, необережної посадки труби в муфту, пошкодження різьби, швидкого згвинчування, надмірного затягування. Одночасно з втратою герметичності всі ці фактори спричиняють зниження міцнісних характеристик різьбового з'єднання, тобто саме різьбове з'єднання залишається найбільш уразливою ланкою обсадної колони.

Підвищити його надійність можна за рахунок удосконалення конструкції; дотримання технології виготовлення і зборки труб; забезпечення якісного контролю труб перед зборкою, в процесі зборки та після зборки, особливо різьбових з'єднань.

Щодо конструкції, то найбільш поширеними є з'єднання СОТ з трапецеїдальною різьбою. Різьба такого профілю добре витримує навантаження розтягу, забезпечує добре згвинчування (без перекосів і заїдань), потребує меншої кількості обертів (швидкість згвинчування в порівнянні з трикутною різьбою зростає в 1,7 рази [3]). Міцність на розтяг забезпечується малим (у межах від 3 до 6°, а інколи — і від'ємним) кутом нахилу сторони профілю, що виключає появу радіальної складової.



Таке з'єднання може залишатись непроникним для газу за залишкового тиску, рівного границі текучості тіла труби [3], завдяки певному нормованому натягу, утворюваному під час догвинчування з'єднання. З цієї точки зору, якщо зважати, що ефективність різьбових з'єднань під час дії зовнішніх факторів (надлишкового тиску, осьового навантаження) знижується, то, очевидно, за оптимальний ступінь навантаження елементів різьбового з'єднання слід приймати максимально допустимий. Як правило, величина діаметрального натягу, що забезпечує герметичність різьби, достатньо велика — до 0,8 мм (різьба ОТТМ, «Батресс»). Але для певних умов (наприклад, для родовищ з високоагресивними флюїдами — сірководнем в поєднанні з вуглекислим газом та ін.) — нормований натяг має бути значно меншим — 0,18...0,26 мм («Екстрем Лайн») і практично забезпечує тільки міцність з'єднання.

Отже, за оптимальних умов згвинчування на серединній поверхні торця труби повинні виникати окружні напруження, які дорівнюють границі текучості. Ефективний натяг, за якого ця умова виконується, називають оптимальним [3]. Розрахувавши його за відомими залежностями і знаючи натяг припрацювання (або експериментально, виходячи з [1]), можна знайти оптимальне значення умовного натягу A . Натяг припрацювання необхідно враховувати: експерименти показують, що він може досягати половини умовного значення A , і, як наслідок ефективний натяг і фактичне напруження в з'єднанні будуть в два рази менші, ніж передбачувані за умовним натягом. Це також стосується й визначення величини крутного моменту згвинчування.

Співвідношення між ефективним натягом A_e і натягом припрацювання A_n дозволяє оцінити якість нарізання різьби згвинчуваної пари: чим більший натяг припрацювання, тим більше відхилення параметрів різьби (конусності, профілю, кроку, діаметра, висоти витків, шорсткості) від нормованих. Отже, у разі значного A_n для припрацювання різьбової пари, тобто до повного спряження згвинчуваних поверхонь, необхідні достатньо великі крутні моменти. Витрачена на це робота є марною і ніяк не впливає на якість з'єднання, оскільки тільки під час подолання ефективного натягу вона переходить в енергію пружної деформації елементів різьби, що забезпечує міцність і герметичність з'єднання. Якщо врахувати, що умовний натяг

$$A = A_n + A_e \quad (1)$$

обмежений, як і обмежений прикладений крутний момент, то стає очевидним, що у разі значних відхилень параметрів різьби з'єднання не може мати необхідну якість — енергія деформації буде

незначною. Це ще раз підтверджує необхідність ретельного контролю параметрів різьби і селективного підбору різьбових пар за оптимальним умовним натягом. Під час наступних згвинчуваннях комбінації різьбових елементів можуть змінюватись, оскільки натяг припрацювання буде зменшуватись.

Оцінити співвідношення натягів A_n і A_e , а, отже, і якість з'єднання, частково дозволяє спостереження за зміною величини прикладеного моменту: на етапі припрацювання він нестабільний і змінюється стрибкоподібно, а після повного спряження труби і муфти спостерігається лінійна залежність $M = f(A)$. Конкретна величина крутного моменту, необхідна для якісного догвинчування з'єднання, залежить від багатьох чинників: застосовуваного мастила і покриття, типу різьби і точності її виготовлення, чистоти спряжених поверхонь, діаметра спряження тощо. У загальному вигляді розрахункова формула має вид:

$$M_{кр} = psR_{тр}f, \quad (2)$$

де p — тиск на поверхні спряження; s — площа контактної поверхні; $R_{тр}$ — радіус тертя; f — коефіцієнт тертя.

Для вирішення цієї задачі визначилось два підходи: один враховує умовну площу контакту труби з муфтою, умовний радіальний тиск і приведений коефіцієнт тертя, другий — номінальну площу контакту труби з муфтою, номінальний контактний тиск і коефіцієнт тертя. В обох випадках розрахункові формули досить громіздкі, потребують складних обчислень і незручні на практиці. Але основним є те, що всі автори вказують на суттєві розбіжності між розрахунковими і експериментальними значеннями крутних моментів (розрахункові дані переважно завищені). Тому, очевидно, найбільш обґрунтованими є рекомендації, що базуються на результатах експериментів. У цьому одноставні і вітчизняні, і закордонні спеціалісти — у стандартах Американського нафтового інституту (АНІ) рекомендується здійснювати пробне згвинчування декількох труб з кожної окремої партії і таким чином визначати оптимальну величину крутного моменту, яка може суттєво відрізнятись від поданих у стандарті значень. При цьому мінімальний момент повинен бути не менше 75 %, а максимальний — не більше 150 % від прийнятої його оптимальної величини. Такий широкий діапазон розсіяння обумовлений перш за все відхиленнями параметрів різьби, навіть якщо вони знаходяться в допустимих межах. Якщо згадані відхилення перевищують допустимі, момент змінюється майже непередбачено. Наприклад, під час згвинчування з'єднань з великими відхиленнями по конусності, що спричиняють зменшення діаметральних натягів на ве-

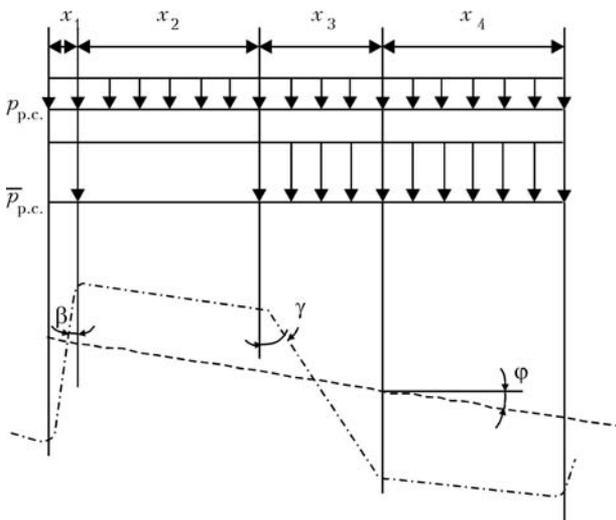


Рис. 1. Схема визначення контактних тисків в різьбі

лікій довжині зачеплення, крутний момент не зменшується, а навпаки, помітно зростає, і для з'єднань одного типорозміру, згвинчених з однаковим натягом, величини крутних моментів можуть відрізнитись більше, ніж в два рази. Очевидно, це пов'язано із зміною умов тертя на поверхні контакту спряжених елементів [3].

З викладеного вище випливає, що гарантувати якість згвинчування, використовуючи в якості інформативних непрямі параметри (осьовий натяг, крутний момент, число обертів), неможливо. Це підтверджується і експериментами [3]: зовні згвинчені за всіма правилами з'єднання негерметичні за мінімальних або нульових тисків. Отже, необхідний принципово новий підхід до контролю якості згвинчування, який міг би дати необхідні гарантії, тобто необхідно контролювати прямі параметри, які визначають якість з'єднання.

З іншого боку, найбільш поширеним для труб нафтового сортаменту залишається руйнування елементів різьбового з'єднання, а для обсадних труб — вихід труби із зачеплення з різьбою муфти. Зрозуміло, що сила роз'єднання труби з муфтою залежить від величини натягу, створеного під час згвинчування з'єднання. При цьому помічено, що із збільшенням натягу під час згвинчування кінцевих різьбових з'єднань труб їх герметичність підвищується. Отже, на величину руйнуючої сили суттєво впливає якість зборки елементів з'єднання у процесі його згвинчування.

Беручи до уваги, що величина натягу обмежена, а також те, що з натягом пов'язані не тільки герметичність, але й міцність різьбових з'єднань, можна зробити висновок: питання герметичності і міцності пов'язані з напружено-деформованим станом елементів різьби з'єднань, який визначається умовами їх згвинчування.

Умови згвинчування різьбових з'єднань обсадних труб у кінцевому варіанті визначаються тільки

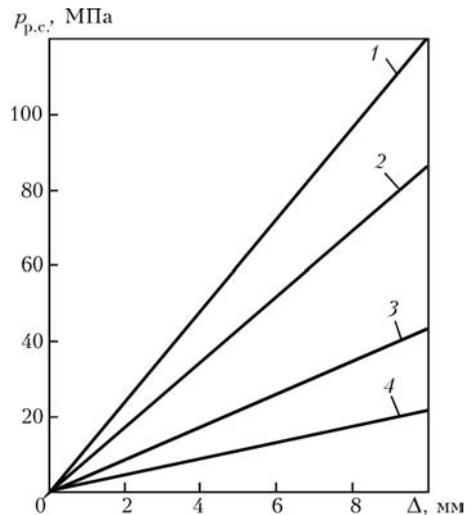


Рис. 2. Залежність умовного радіального тиску у перерізі різьби від натягу

величиною радіальних деформацій спряжених з натягом елементів. У цій роботі досліджено зміну деформацій по довжині ділянки спряження труби з муфтою, а також розподіл деформацій натягу між трубою і муфтою, за яким виявляють напружений стан елементів з'єднання (рис. 1). Теоретичним підґрунтям для досліджень є застосування моментної теорії деформації оболонок обертання.

Під оболонкою в механіці деформованого тіла розуміють тіло, один із розмірів якого значно менше ніж два інших. Приймаючи трубу або муфту за оболонку обертання, необхідно урахувати особливості такої оболонки і з'ясувати, наскільки суттєво ці особливості впливають на прогини, що визначаються за допомогою загальної теорії деформації циліндричних оболонок.

Перша особливість полягає в тому, що зовнішня поверхня труби не є гладкою. Наявність різьби у трубі чи муфті визначає, по-перше, величину розрахункової товщини стінки оболонки; по-друге, схему навантаження оболонки зовнішнім (внутрішнім) тиском. Висота різьби, наприклад, за ГОСТ 632-64, складає від 10 до 30 % номінальної товщини стінки труби. Приймаючи товщину за виступами або за западинами різьби, можна у першому випадку збільшувати, а у другому — зменшувати товщину стінки. Очевидно, найдоцільніше товщину стінки труби в нарізаній частині приймати по лінії середнього діаметру різьби.

Правомірність такого підходу до визначення розрахункової товщини стінки різьбової ділянки труби підтверджується геометрично: загальний об'єм западин дорівнює об'єму виступів.

Використання загальної теорії деформації оболонок обертання для знаходження напруженого стану елементів різьби дозволяє визначити умов-

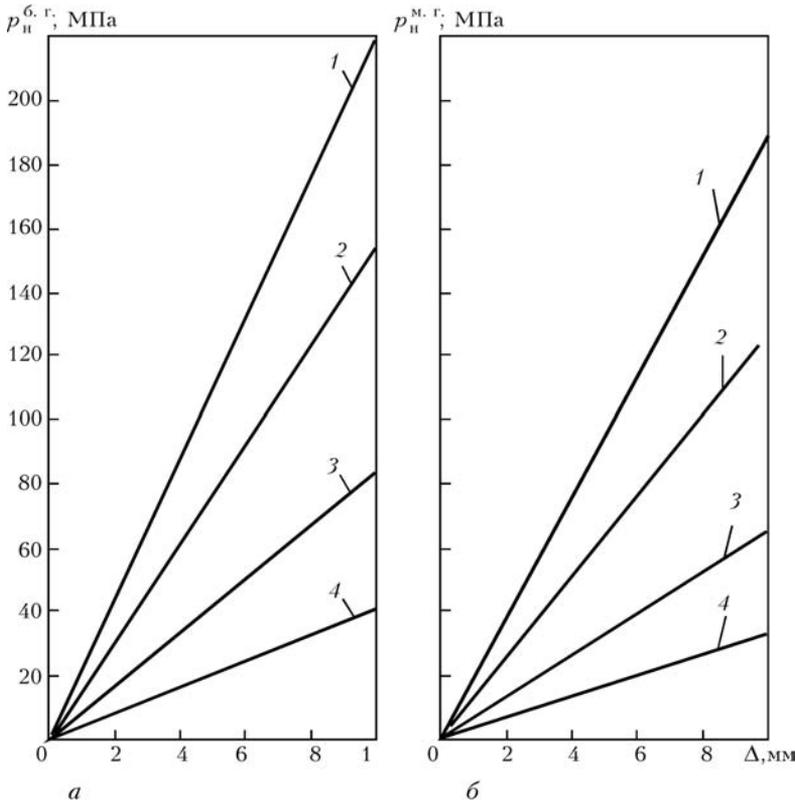


Рис. 3. Контактні тиски на більшій (а) і меншій (б) гранях витків різьби

ний радіальний тиск у з'єднанні (по серединній поверхні):

$$P_{p.c} = \frac{\Delta E \delta_{т0} \delta_{м0}}{R_{т0}^2 \delta_{м0} \xi_{т}(x) K_{т}(x) + R_{м0}^2 \delta_{т0} \xi_{м}(x) K_{м}(x)}, \quad (3)$$

де Δ — ефективний радіальний натяг при згинчуванні різьбового з'єднання, пов'язаний з умовним (осьовим) натягом A (див. формулу (1)) співвідношенням $\Delta = A \tan \varphi$, φ — кут нахилу лінії середнього діаметру різьби до осі труби (муфти);

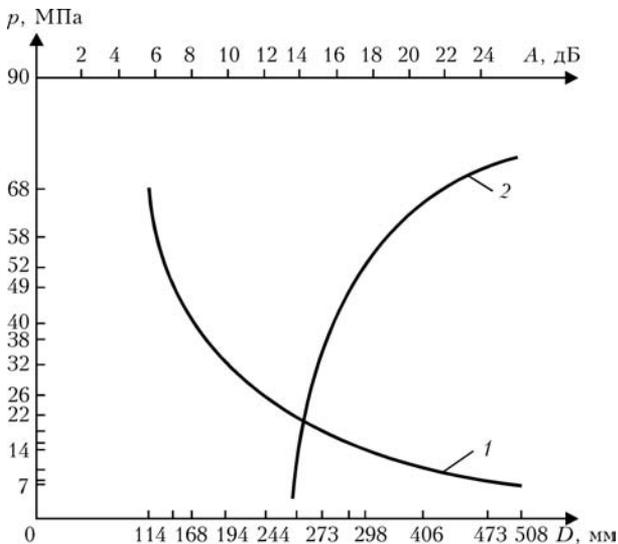


Рис. 4. Залежність амплітуди УЗК від контактних тисків у різьбових з'єднаннях обсадних труб з муфтами

E — модуль пружності матеріалу труб; $\delta_{т0}$, $\delta_{м0}$ — відповідно розрахункові товщини стінки труби і муфти в перерізі різьби $x = 0$; $R_{т0}$, $R_{м0}$ — відповідно радіуси серединної поверхні труби і муфти; $\xi_{т}(x)$, $\xi_{м}(x)$ — відповідно функції довжини різьби у труби і муфти; $K_{т}(x)$, $K_{м}(x)$ — відповідно функції відносної жорсткості труби і муфти.

На рис. 2 показана розрахункова залежність умовного радіального тиску у перерізі різьби від натягу для з'єднання різних типорозмірів обсадних труб, а на рис. 3 — графіки умовних контактних тисків, що виникають на більшій (а) і на меншій (б) гранях витків різьби. На рисунках пряма 1 відповідає обсадній трубі діаметром 114 мм з товщиною стінки 6 мм, пряма 2 — відповідно 146 та 8 мм, пряма 3 — відповідно 219 та 8 мм, пряма 4 — відповідно 324 та 9 мм.

Наявність різьби визначає схему навантаження оболонки. Щоб застосувати загальну теорію циліндричної

оболонки, прийняли спрощення: тиск на бокових гранях витків різьби замінили його радіальною складовою, спрямованою перпендикулярно до умовної (серединної) поверхні різьби.

Умовний контактний тиск на більшій ($p_n^{б.г.}$) та на меншій ($p_n^{м.г.}$) гранях витка різьби визначали з залежностей:

$$p_n^{б.г.} = 1,8 p_{г.с.}, \quad p_n^{м.г.} = 1,42 p_{н.с.}, \quad (4)$$

де $p_{г.с.}$, $p_{н.с.}$ — відповідно горизонтальна та нормальна складова умовного радіального тиску в перерізі різьби (див. рис. 2)

Реальний контактний тиск, що виникає на бокових гранях різьби, набагато перевищує умовний радіальний тиск. На практиці основним, визначаючим фактором герметичності зборки різьбових з'єднань обсадних труб є величина реальних контактних тисків на спряжених поверхнях.

Авторами розроблена методика контролю контактних тисків на спряжених поверхнях. Ця методика базується на встановленій раніше функціональній залежності між величиною контактних тисків і амплітудою ультразвукових коливань (УЗК) [4].

На рис. 4 крива 1 показує залежність контактних тисків, які виникають на спряжених поверхнях різьби у з'єднаннях, згинчених з регламентованим крутним моментом, від типорозмірів обсадних труб, крива 2 — величини амплітуди A УЗК, які пройшли через різьбове з'єднання, від

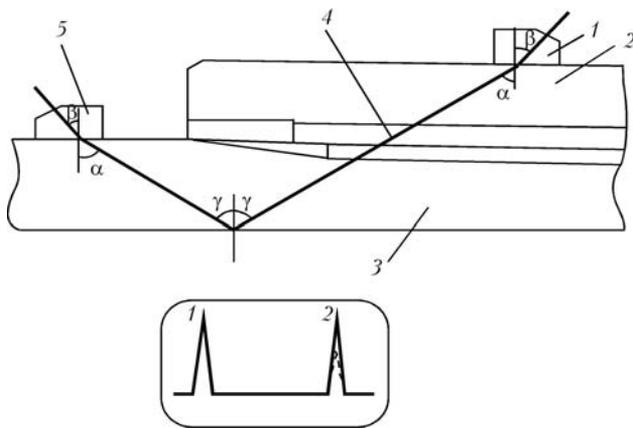


Рис. 5. Схема контролю контактних тисків і дефектограма

контактного тиску. Зрозуміло, що регламентований крутний момент, як і контактний тиск на спряжених поверхнях, різні для різних типорозмірів труб. Отже, величина амплітуди для якісних з'єднань різних діаметрів також буде різною, як це наглядно показано на рис. 4. Крива 1 отримана за результатами розрахунків, проведених за методикою розрахунку номінальних контактних тисків, описаної в роботі [3].

Згідно з розробленою методикою, контроль контактних тисків здійснюють дзеркально-тінювим методом за роздільною схемою.

Суть її (рис. 5) полягає в тому, що УЗК, випромінювані п'єзоперетворювачем (ПЕП) 1 з кутами призми β , під кутом α вводяться із зовнішньої поверхні муфти 2 у область перших ниток різьби 4.

Відбиті від внутрішньої поверхні труби 3, УЗК приймаються другим похилим ПЕП 5.

За величиною амплітуди прийнятого імпульсу 2 (у т. ч. шляхом порівняння її величини з амплітудою зондувального імпульсу 1) оцінюють величину контактного тиску у спряженні.

Висновки

Міцність і герметичність різьбового з'єднання обсадної колони визначається величиною ефективного натягу, з яким зібрано з'єднання.

У різьбовому з'єднанні між ефективним натягом та контактним тиском має місце лінійна залежність.

Розроблена методика контролю якості різьбових з'єднань, яка базується на встановленій раніше функціональній залежності між величиною контактного тиску на спряжених поверхнях і амплітудою ультразвукових коливань.

Обсадная колонна должна удовлетворять условиям прочности и герметичности. Наиболее уяз-

вимы в этом плане резьбовые соединения. Их прочность и герметичность, прежде всего, определяется величиной натяжения, с которым собрано соединение. Оптимальным считается такое эффективное натяжение A_y , при котором касательные напряжения на срединной поверхности торца трубы достигают предела текучести. Согласно (1), эффективное натяжение A_e собственно и определяющее качество соединения, составляет лишь часть условного натяжения хотя нормируют как раз последний. Следовательно, гарантировать качество соединения, контролируя непрямые параметры (условный натяг, крутящий момент, число оборотов) невозможно. Показано, что условия свинчивания резьбовых соединений обсадных труб в конечном счете определяются прямым параметром — величиной радиальных деформаций сопряженных с натягом элементов. Используя моментную теорию деформаций оболочек вращения, авторы исследовали распределение деформаций как вдоль сопряжения трубы с муфтой, так и в поперечном сечении соединения. Применив общую теорию деформации оболочек вращения для определения напряженного состояния элементов резьбы, определили условное радиальное давление в соединении (по срединной поверхности, формула (3)) и увязали его с условным натягом и контактными давлениями на сопряженных поверхностях. Разработанная авторами методика контроля контактных давлений в зоне сопряжения на сопряженных поверхностях основана на установленной ими же функциональной зависимости между величиной контактных давлений и амплитудой ультразвуковых колебаний, прошедших через зону сопряжения или отраженных от нее (рис. 5). Поскольку нормированные параметры сборки (условный натяг, крутящий момент, число оборотов) различны для разных типоразмеров соединений, то и контролируемый параметр — величина амплитуды — для качественных соединений разных типоразмеров тоже будет различной (рис. 4).

1. Мамедов А. А. Предотвращение нарушений обсадных колонн. — М.: Недра, 1990. — 240 с.
2. Щербюк Н. Д., Якубовський Н. В. Резьбовые соединения труб нефтяного сортамента и забойных двигателей. — М.: Недра, 1974.
3. Билык С. Ф. Герметичность и прочность конических резьбовых соединений труб нефтяного сортамента. — М.: Недра, 1981. — 352 с.
4. Разработать и внедрить технические средства и методики неразрушающего контроля труб нефтяного сортамента в условиях буровой на предприятиях Мингазпрома: Звіт по ДКР (пром.жн.) / Івано-Франківськ, 1988. — 65 с.



ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

И. Н. АХВЕРДОВ, В. И. ЗУБКО, А. И. ЛЕСНИКОВИЧ, Д. В. ЗУБКО

Исследовано влияние наполнителей (песка, лигнина, резиновой крошки) на электрические свойства полимерных композиций в диапазоне частот электрического поля $10^2 \dots 10^6$ Гц. Установлено, что электрические характеристики (относительная диэлектрическая проницаемость, удельное электрическое сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь) полимерных композиций наиболее чувствительны к изменению их состава на частоте 10^2 Гц. Результаты исследований положены в основу разработки оперативного метода контроля и диагностики электрических свойств создаваемых полимерных композиций.

An effect of filling agents (sand, lignin, rubber crumps) on electrical properties of polymer compositions in electric field frequency range of $10^2 \dots 10^6$ Hz was examined. It was determined, that polymer composition electrical properties (relative permittivity, specific electric resistance, dielectric dissipation) are the most sensitive to the change of their composition at a frequency of 10^2 Hz. Research results were the basis for development of an on-line testing and diagnostic technique of produced polymer compositions electrical properties.

Разработка методов оперативного контроля и диагностики электрических свойств полимерных композиций становится в настоящее время одним из перспективных направлений при решении научных и прикладных задач [1–4]. Диэлектрическая спектроскопия на оси частот электромагнитных колебаний занимает область частот от 0 до 10^{11} Гц, где обычно квантовые эффекты пренебрежимо малы ($h\nu \ll kT$). Широкодиапазонные электрические спектры полимерных композиций концентрируют информацию как о результатах воздействия электромагнитного поля на эти материалы, так и разнообразные сведения об их структуре, составе и свойствах. Однако возможности создания новых полимерных композиций с уникальными свойствами, заложенными в элементах ее структуры, используются в настоящее время далеко не в полной мере, что в первую очередь связано с недостаточным развитием методов оперативного контроля и диагностики электрических свойств данных материалов для проведения более глубоких исследований.

Выявление взаимосвязи между составами и электрическими свойствами полимерных композиций сдерживается методическими трудностями, и в первую очередь, связанными с разработкой высокочувствительных емкостных измерительных преобразователей и высокоточных методик для оперативного контроля и диагностики электрических свойств полимерных композиций в широком диапазоне частот электрического поля. При этом такие электрические показатели, как отно-

сительная диэлектрическая проницаемость (ϵ), удельное электрическое сопротивление (ρ) и тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) значительно зависят от изменения количественного состава полимерных композиций (наполнителя и связующего) и могут быть использованы для оперативного контроля и диагностики их электрических свойств.

Развитие оперативных методов контроля и диагностики электрических свойств полимерных материалов, включающих исследование и разработку высокочувствительных емкостных измерительных преобразователей и высокоточных методик, несомненно, послужит стимулом для исследования электрических свойств широкого класса жидко- и твердодисперсных материалов (от биологических объектов, полимерных композиций до бетонов и почв).

Полимерные композиции, наполнителями которых являются песок, лигнин, резиновая крошка и др., открывают новые возможности для использования их в электротехнической промышленности в качестве электроизоляционных либо электропроводящих материалов.

В этой связи можно полагать, что оперативный контроль и диагностика электрических свойств создаваемых полимерных композиций электротехнического назначения является весьма актуальной проблемой как в научном, так и в практическом плане.

Так, по прогнозам Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро,



1992), объем твердых отходов к 2025 г. вырастет в 4–5 раз. Общемировые запасы изношенных автошин оцениваются в 25 млн т при ежегодном приросте не менее 7 млн т. На европейские страны приходится 3 млрд шт. «накоплений» изношенных автошин (около 2 млн т), на страны Северной Америки — 1 млрд шт. в мире 70 % этого количества никак не утилизируется. Так, в США отходы пластмасс составляют 9 млн т, странах Западной Европы — 7, в Японии — 3 млн т в год. Значительные объемы отходов пластмасс имеются в России и Республике Беларусь.

В промышленно развитых странах большие объемы вторичных полимеров создают серьезную экологическую проблему. Увеличение объема использования пластмасс в различных областях техники делает актуальной задачу утилизации вторичных полимеров. Поэтому их использование для создания композиционных материалов с заданными электроизоляционными или электропроводящими свойствами может найти применение как в электротехнической промышленности, так и в решении существующих экологических проблем. Основные направления утилизации — использование полимерных отходов в качестве связующего при производстве различных видов товарной продукции. Так, в ряде стран организовано производство пленки, труб, тротуарной плитки, кровельных материалов. В США из полимерных отходов уже создана вполне комфортабельная экспериментальная вилла. В Японии организован промышленный выпуск разнообразной одежды, изготовленной из выброшенных в утиль пластмассовых коробок, бутылок и других видов упаковки. В Республике Беларусь вторичные полимеры используются в качестве связующего компонента при получении кровельных материалов, а также различных видов полов.

Композиты на основе вторичных полимеров, наполнителями которых являются песок или лигнин, могут найти применение в электротехнической промышленности в качестве электроизоляционных материалов. Они будут значительно дешевле по сравнению с используемым в настоящее время первичным полимерным материалом, например, полиэтиленом. Композиты, с наполнителем резиновая крошка, полученная из вышедших из употребления шин, могут найти применение в качестве электропроводящих материалов для широкого круга объектов техники и в быту. В частности, они могут быть использованы для создания электронагревательных элементов, эластичных электродов и датчиков, гибких электрических экранов, точных копий сложного профиля, получаемых гальванопластическим методом, а также резиновых деталей для медицинских приборов, транспортных лент и воздухопроводов для угольных шахт, обуви и одежды, используемых в ус-

ловиях электрических полей высокой напряженности. Такие изделия могут быть существенно дешевле по сравнению с материалами, получаемыми из первичных полимеров. Актуальность данной проблемы заключается и в том, что вторичные полимеры планируется использовать для создания новых композиционных материалов электротехнического назначения, которые могут найти применение в электротехнической промышленности, при этом такие изделия могут быть значительно дешевле, чем изделия, получаемые из первичных полимерных материалов. С то же время, увеличение объема использования пластмасс в различных областях народного хозяйства делает актуальной задачу утилизации вторичных полимеров, образующихся из использованных изделий и будет способствовать решению существующей экологической проблемы [5–8].

Технология получения композиционных материалов на основе вторичных полимеров (ВПЭ) с наполнителями песок (П), лигнин (Л) или резиновая крошка (РК) состоит в следующем. Дробленку получали в результате измельчения вторичной полиэтиленовой пленки с помощью ножевой дробилки. Песок предварительно подвергли сушке при температуре 150...200 °С в течение 30...40 мин. На обогреваемые микровальцы при температуре 115...120 °С помещали определенное количество дробленки и добавляли соответствующие порции песка, затем смесь перемешивали в течение 5...7 мин до получения однородной массы. Из полученного вальцевого полотна методом горячего прессования при температуре 160...170 °С получали в течение 15...20 мин пластины композиционного материала заданных размеров. Технология получения композиционных материалов на основе вторичных полимеров с наполнителями резиновая крошка или лигнина содержит аналогичные операции, описанные в случае использования песка в качестве наполнителя. Резиновую крошку получали путем измельчения вышедших из употребления шин с помощью ножевой дробилки, а лигнин, получаемый при производстве этилового спирта, подвергли вначале помолу на дисковой мельнице, а затем сушке при температуре 90...100 °С в течение 50...60 мин.

Создаваемые композиционные материалы на основе вторичных полимеров открывают перспективу использования их в промышленности в качестве электроизоляционных либо электропроводящих материалов. В этой связи представляется важным исследование электрических свойств полимерных композиций в зависимости от состава при различных частотах электрического поля.

Для исследования электрических свойств полимерных композиций разработана методика, в основу которой положено раздельное измерение емкостной и активной составляющих импеданса.



Основой измерительного устройства является созданный высокочувствительный первичный емкостной преобразователь, электрический сигнал с которого поступает на вторичный цифровой прибор, имеющий канал общего пользования (КОП) для вывода текущих результатов контроля на монитор компьютера. Исследования электрических свойств полимерных композиций проводили на частотах: 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^6 Гц. Образец из полимерной композиции помещали в однородное переменное электрическое поле, создаваемое в межэлектродном пространстве измерительного конденсатора. Исследования электрических свойств полимерных композиций проводили при 20 °С. Точность определения электрических характеристик полимерных композиций составляет $\pm 1\%$.

В работе представлены результаты исследований влияния массовых соотношений песка (П), лигнина (Л) и резиновой крошки (РК) к вторичному полимеру (ВПЭ) на электрические характери-

сти полимерных композиций, исследуемых на частотах электрического поля 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^6 Гц (рис. 1).

Результаты исследований показали характерное понижение величин относительной диэлектрической проницаемости, удельного электрического сопротивления и тангенса угла диэлектрических потерь полимерных композиций с повышением частоты электрического поля. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь композиций, наполнителем в которой является лигнин, носит нелинейный характер и имеет минимум в исследуемой области частот. При этом величины диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь полимерных композиций, наполнителем которых являются песок или резиновая крошка, незначительно зависят от частоты электрического поля и носят практически линейный характер.

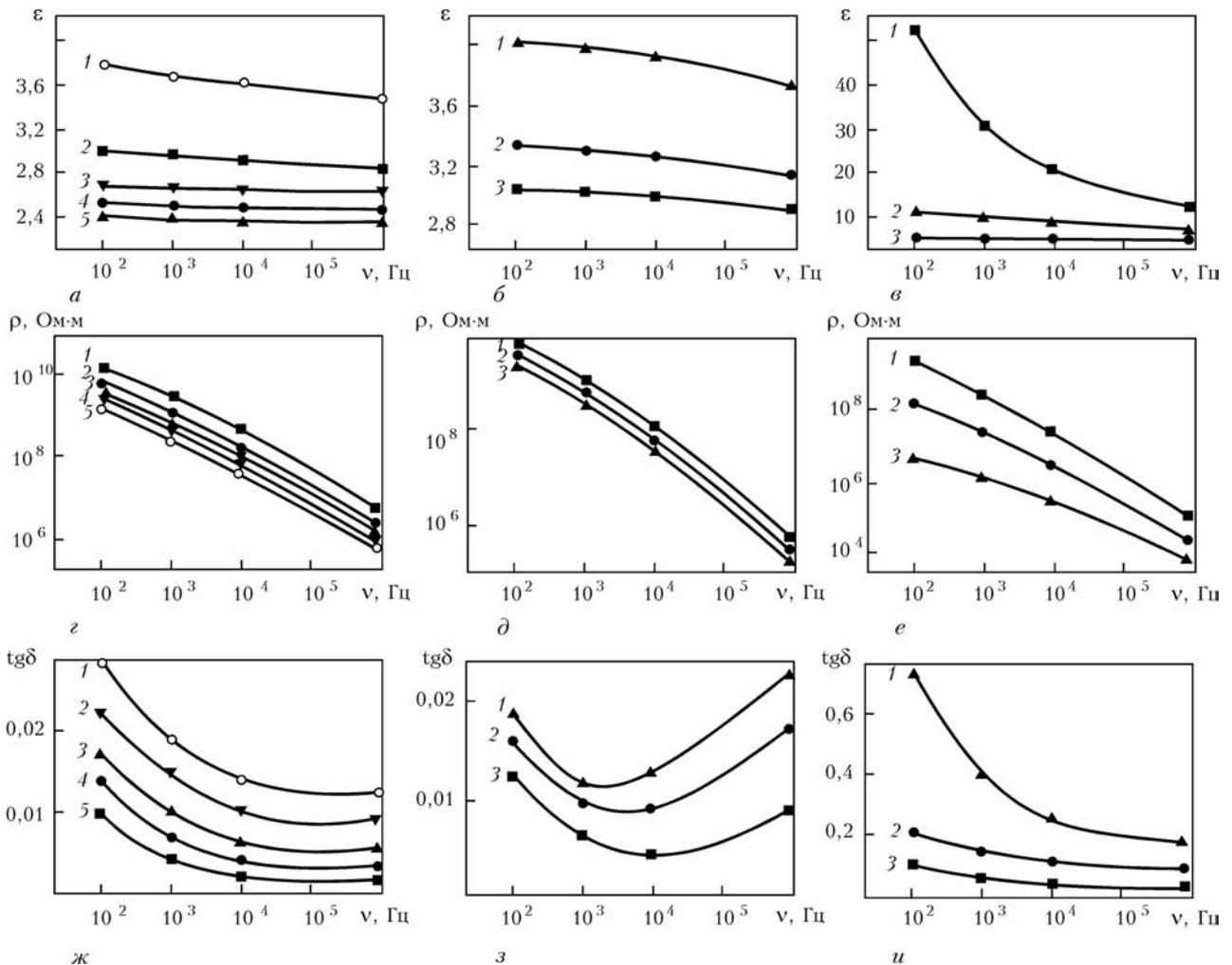


Рис. 1. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости (а–в), удельного электрического сопротивления (z–e), тангенса угла диэлектрических потерь (ж–и) полимерных композиций от частоты электрического тока ($t = 20$ °С): а, z, ж — соответственно изменение ϵ , ρ , $\text{tg}\delta$ при значениях П/ВПЭ, равных 3 (1); 1 (2); 0,33 (3); 0 (4); 5 — изменение ϵ , ρ , $\text{tg}\delta$ для первичного полиэтилена; б, d, з — соответственно изменение ϵ , ρ , $\text{tg}\delta$ при значениях Л/ВПЭ, равных 3 (1); 1 (2); 0,33 (3); в, e, и — соответственно изменение ϵ , ρ , $\text{tg}\delta$ при значениях РК/ВПЭ, равных 3 (1); 1 (2); 0,33 (3)

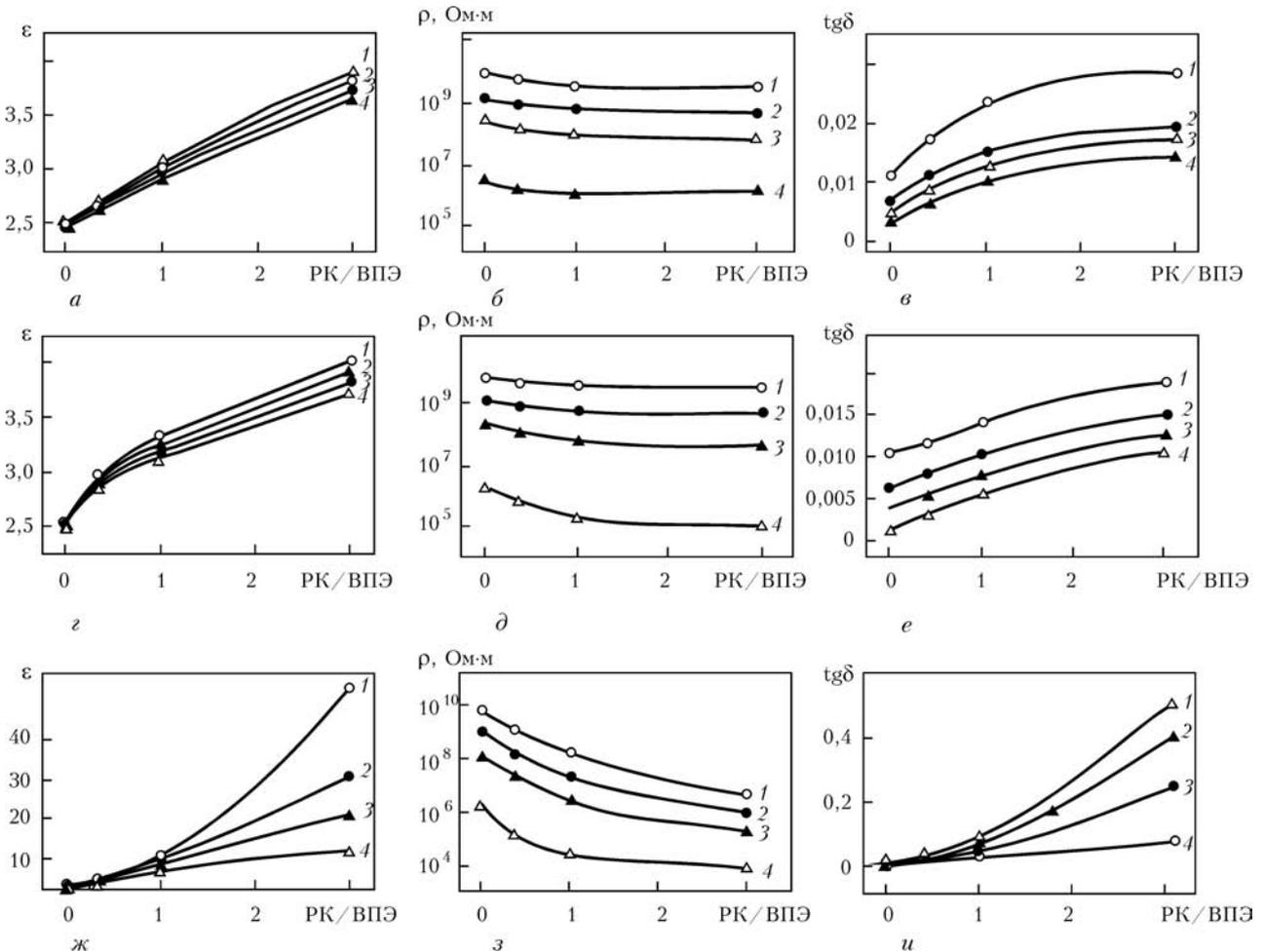


Рис. 2. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости ϵ , удельного электрического сопротивления ρ и тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$ полимерных композиций от П/ВПЭ (а-в); Л/ВПЭ (z-е); РК/ВПЭ (ж-и) при $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$: 1-4 — изменения ϵ (а, z, ж), ρ (б, д, з), $\operatorname{tg}\delta$ (в, е, и) при значениях ν , равных 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^6 Гц соответственно

В работе представлены результаты исследований влияния массовых соотношениях песка, лигнина и резиновой крошки к вторичному полиэтилену (ВПЭ) на электрические характеристики полимерных композиций для частот электрического поля 10^2 , 10^3 , 10^4 и 10^6 Гц (рис. 2). Из данных, представленных на рис. 2, видно, что общей тенденцией является возрастание величин ϵ и $\operatorname{tg}\delta$ полимерных композиций с повышением соотношений П/ВПЭ, Л/ВПЭ и РК/ВПЭ. Видно, что при относительно низких значениях П/ВПЭ, Л/ВПЭ и РК/ВПЭ имеет место наиболее выраженное понижение ρ , тогда как величины ϵ и $\operatorname{tg}\delta$, наоборот, претерпевают большие изменения при относительно высоких соотношениях наполнителя ко вторичному полиэтилену. Сравнительный анализ полученных экспериментальных данных показал, что наиболее значительные изменения по величине ϵ (примерно в 50 раз) при повышении отношения РК/ВПЭ от 0,33 до 3 наблюдаются на частоте 10^2 Гц. Величины ρ и $\operatorname{tg}\delta$ полимерных композиций при повышении РК/ВПЭ от 0,33 до 3 изменяются на частоте 10^2 Гц от $5 \cdot 10^7$ до $5 \cdot 10^9$ Ом·м и от 0,1 до 0,5, соответственно (рис. 2, ж-и).

В то же время менее значительные изменения по величине ϵ происходят при использовании песка либо лигнина в качестве наполнителей. Так, например, при значениях П/ВПЭ или Л/ВПЭ, равных 3, величина ϵ полимерной композиции на частоте 10^2 Гц повышается примерно в 1,5 раза, тогда как ρ и $\operatorname{tg}\delta$ понижаются от 10^{10} до 10^9 Ом·м и от 0,02 до 0,01, соответственно (рис. 2, а-е).

Вывод

Электрические характеристики полимерных композиций оказываются весьма чувствительными к изменению их состава. При фиксированном составе (что на практике означает применение одной и той же технологии) электрические характеристики полимерных композиций можно использовать для оценки их эксплуатационных свойств. Соответствующая оценка электрических свойств полимерных композиций осуществляется по величине, определяемой на частоте 10^2 Гц, как наиболее чувствительной к изменению их состава. Следует отметить, что в области соотношений наполнителя к вторичному полиэтилену от 0 до 1 наиболее информативными электрическими ха-



характеристиками являются удельное электрическое сопротивление и тангенс угла диэлектрических потерь полимерных композиций, тогда как в области отношений от 1 до 3 следует отдать предпочтение их диэлектрической проницаемости. Причем исключением является полимерная композиция, в которой наполнителем является резиновая крошка.

Полученные результаты исследований положены в основу разработки оперативного метода контроля и диагностики электрических свойств полимерных композиций в процессе их получения.

1. Челидзе Т. Л., Деревянко Л. И., Куриленко О. Д. Электрическая спектроскопия гетерогенных систем. — Киев: Наук. думка, 1977. — 230 с.

2. *Impedance spectroscopy: emphasizing solid materials and systems* / ed / J. R. Macdonald. — New York: Wiley, 1987. — 346 p.
 3. Стойнов З. Б. Электрохимический импеданс / З. Б. Стойнов, Б. М. Графов, Б. Савова-Стойнова, В. В. Елкин. — М.: Наука, 1991. — 336 с.
 5. *Наполнители для полимерных материалов* / Под ред. Г. С. Каца, Д. В. Милевски. — М.: Химия, 1981. — 736 с.
 6. *Современные композиционные материалы*: Пер. с англ. / Под ред. Л. Браутмана, Р. Крока. — М.: Мир, 1970. — 672 с.
 7. *Справочник по композиционным материалам*: В 2 кн.: Пер. с англ.: / Под ред. Дж. Любина. — М.: Машиностроение, 1988. Кн. 1. 448 с.; Кн. 2. 584 с.
 8. *Достижения в области композиционных материалов*: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Пиатти. — М.: Metallurgy, 1982. — 304 с.

Белорус. гос. ун-т,
Минск

Поступила в редакцию
04.05.2006

УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Запрошуємо Вас прийняти участь в 12-й Міжнародній науково-технічній конференції та виставці

«ЛЕОТЕСТ-2007»

«Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів»,

яка відбудеться 19–24 лютого 2007 р. в селищі Славське (Львівська обл.) на базі будинку відпочинку «Бойківщина».

Організатори конференції: Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАНУ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, НВФ «Ультракон-Сервіс», НВФ «Спеціальні Наукові Розробки» і Центр «ЛЕОТЕСТ-МЕДІУМ» (організаційне бюро конференції).

Тематика конференції:

- ✓ теорія і практика електромагнітних і акустичних методів неруйнівного контролю матеріалів та виробів;
- ✓ діагностичні аспекти застосування електромагнітних та акустичних методів контролю відповідальних конструкцій в експлуатації;
- ✓ електромагнітні та акустичні первинні перетворювачі та методи обробки сигналів, питання метрологічного забезпечення в електромагнітних та акустичних методах контролю;
- ✓ автоматизовані системи та прилади контролю якості виробів;
- ✓ науково-організаційні і економічні проблеми, питання акредитації лабораторій, сертифікації продукції, підготовки та атестації персоналу. За матеріалами конференції буде надрукований збірник наукових праць (входить в перелік ВАК України).

Селище Славське розташоване в горах Карпатах в 130 км від міста Львова. Славське — відомий центр гірськолижного спорту і зимового відпочинку.

Селище Славське — це також залізнична станція на міжнародній трасі Москва-Київ-Львів-Стрий-Сколе-Славське-Лавочне-Мукачеве-Ужгород-Прага (а також Белград або Будапешт). Це дозволяє забезпечити зручний проїзд учасників до місця проведення конференції.

Заявки на участь у конференції направляти за адресою:

79017, Україна, Львів, вул. Генерала Грицяя, 11-5, Центр «ЛЕОТЕСТ-МЕДІУМ», В. Учаніну або 79000 Україна, Львів, поштамт, а/с 6071, В. Учаніну.

E-mail: uchanin@ipm.lviv.ua або leotest@org.lviv.net

Довідки: Тел/факс. (0322) 75-08-69 (Учанін Валентин Миколайович)

Тел. (032) 22-96-166 (Кириченко Ірина Іванівна)

ПРОБЛЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ И В СВАРКЕ (Обзор)

Ю. К. БОНДАРЕНКО, К. О. АРТЮХ

Статья посвящена проблемам внедрения стандартов в сварочном производстве. Описаны принципы государственной политики в сфере стандартизации. Приведены международные организации по стандартизации и принципы стандартизации.

The paper is devoted to problems of standard introduction in welding engineering. Government policy principles in the field of standardization are described. International standardization organizations and standardization principles are given.

В последние несколько лет психология потребителей продукции сварочного производства резко изменилась. Сегодня они требуют сертификат соответствия на систему качества, который гарантирует стабильный выпуск высококачественной продукции. Во многих случаях качество неразрывно связано с безопасностью эксплуатации сварных изделий, например, мостов, железнодорожного транспорта, магистральных трубопроводов, сосудов, работающих под давлением, и других [17].

Основными факторами, влияющими на качество при изготовлении продукции сварочного производства, являются [17]: состояние и тип сварочных материалов и оборудования; подготовка процессов сборки под сварку; соответствие технологии сварки нормативным документам; наличие средств защиты сварщиков; применение современных методов и средств неразрушающего контроля (НК) качества сварных соединений; компетентность исполнителей (сварщиков, инженерно-технических работников, руководителей сварочных работ, дефектоскопистов и т. п.).

Сварная конструкция состоит из нескольких элементов, которые по своим свойствам, геометрическим параметрам и расчетным характеристикам должны обеспечивать требуемые условия эксплуатации в течение установленного времени. При этом для обеспечения заменяемости в процессе изготовления и эксплуатации свойства, характеристики и параметры составляющих не должны зависеть от места, времени и технологии их изготовления. Чтобы обеспечить технологические условия изготовления, все составляющие конструкции должны отвечать установленным требованиям, начиная от исходного сырья для получения конструкционных материалов и заканчивая технологией изготовления самой конструкции. Единство условий изготовления и эксплуатации продукции обеспечивается стандартами, принятыми на предприятиях [17].

Исходя из заданных эксплуатационных характеристик и параметров сварной конструкции, стандарты должны устанавливать требования к составляющим элементам и конструкции в целом, определять технологические и производственные особенности ее изготовления, контроля и испытаний, а также допустимые условия эксплуатации конструкции.

Один из самых известных специалистов в области управления Тито Конти (Италия) [12] утверждает, что развитие проблемы управления качеством требует в дальнейшем преодоления искусственного противостояния стандартов и моделей всеобщего управления внутри компании на основе качества. При этом необходима как стандартизация, так и дифференциация, а эволюция моделей качества должна учитывать и то, и другое. Нужны стандарты, устанавливающие правила взаимодействия, так называемые *внутренние стандарты* предприятия [12].

В Законе Украины «Про стандартизацію» від 17 травня 2001 р. № 2408–III сказано, что стандартизация — деятельность, которая заключается в установлении положений для общего и многоуровневого применения для решения имеющихся или возможных задач с целью достижения оптимального уровня упорядоченности в определенной сфере, результатом которой является увеличение уровня соответствия продукции, процессов и услуг их функциональному назначению для устранения барьеров в торговле и способствованию научно-техническому сотрудничеству [1, 9].

Стандарты включают в себя требования для обеспечения безопасности и эксплуатационные характеристики. Основная цель разработки стандартов заключается в принятии конкретных параметров, которые будут обеспечивать единую технологическую основу для производства товаров, оказание услуг, в управлении качеством на производстве.

При этом *объектами стандартизации* являются продукция, процессы и услуги (далее — продукция), также материалы, составляющие, оборудование, системы, правила, процедуры, функции, методы или технологии [1, 9].

В работе [12] сказано, что организации и предприятия — это открытые системы, которые имеют связи с окружающим миром — потребителями, поставщиками и другими заинтересованными сторонами. Отношения с *внешними партнерами* (например, поставщиками или потребителями) должны основываться на применении *общих стандартов* для того, чтобы использовать *общие критерии планирования, контроля и оценки*. Они должны быть подклассом *внутренних стандартов*, адаптированных и сведенных воедино для этой цели.

При расширении сферы применения изделий должны быть установлены *отраслевые стандарты*, например, стандарты контроля и управления процессами в рамках производства составляющих компонентов конструкций и, наконец, учтены требования международных и национальных систем стандартов. Тито Конти считает, что международные стандарты главным образом должны соответствовать потребностям производителей и потребителей, отвечая на вопрос «что?», а внутренние стандарты связаны с потребностями и с методами их воплощения в жизнь, отвечая на вопрос «как?» [11, 12]. Участники свободного рынка основываются на взаимном доверии, гарантирующем добросовестный обмен товарами и услугами. Обеспечить это доверие помогает только *оценка соответствия*, поскольку представляет собой действенный инструмент подтверждения требований по качеству, безопасности, эксплуатационным характеристикам и другим параметрам в соответствии с требованиями стандартов.

На основе *нормативных документов* (стандартов) государственная политика в сфере стандартизации *базируется на принципах* [1, 9]:

- обеспечения участия физических и юридических особ в разработке стандартов и свободного выбора видов стандартов при производстве или снабжении продукцией, если другое не предусмотрено законодательством;
- открытости и прозрачности процедур разработки и принятия стандартов с учетом интересов всех заинтересованных сторон, повышения конкурентоспособности продукции отечественных производителей;
- доступности стандартов и информации для всех пользователей (потребителей и производителей);
- соответствия стандартов законодательству;
- адаптации к современным достижениям науки и техники с учетом состояния национальной экономики;

- приоритетности прямого внедрения в Украине международных и региональных стандартов;
- соблюдении международных и европейских правил и процедур стандартизации;
- участия в международной (региональной) стандартизации.

Технические стандарты могут способствовать открытию новых рынков сбыта продукции, а также могут препятствовать этому процессу в торговле. Вхождение в мировой рынок — задача для тех стран, где культурный и экономический потенциал значительно отличаются от мирового уровня. На мировом рынке существует глобальное производство — это реальность. Например, поставляемые детали конструкций, составляющие и комплектующие со всех регионов мира собираются в конечную конструкцию, которая должна соответствовать нормативным документам. Всемирная торговля ведет к повышению требований в соглашениях по общим техническим спецификациям, особенно в *области сварки и неразрушающих методов испытаний*, которые непосредственно связаны с проблемами качества и безопасности.

Стандарты в области НК могут быть (рис. 1): **технологические**, которые являются официальными; **технические** — методы испытаний, которые могут быть не ограничены ни специальной отраслью промышленности, ни специальной продукцией.

Украина находится в центре подъема и развития глобального производства и поэтому необходимо постоянно решать проблемы создания, гармонизации и внедрения всемирно принятой системы нормативных документов (стандартов) всех видов, управления качеством и экологии в сварочное производство и НК (рис. 2).

В технологии производства конструкций и НК существуют проблемы в двух основных направлениях.

1. Управление качеством. Удовлетворение требований заказчика, необходимость применения стандартизированной продукции и методов НК без риска эксплуатации, поэтому изготовитель не теряет деньги, производя изделия, которые планирует продать.

2. Безопасность. Удовлетворение требований стандартов в области безопасности, которые существуют для защиты жизни и здоровья людей, отдельных лиц и для защиты материальных ценностей и окружающей среды.

Необходимо отметить, что если качество и безопасность определяются по-разному в разных странах, то формируются защищенные рынки, разделенные национальными стандартами. При этом создаются так называемые *нетарифные барьеры* для продвижения продукции (товаров).

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО в НК и ТД

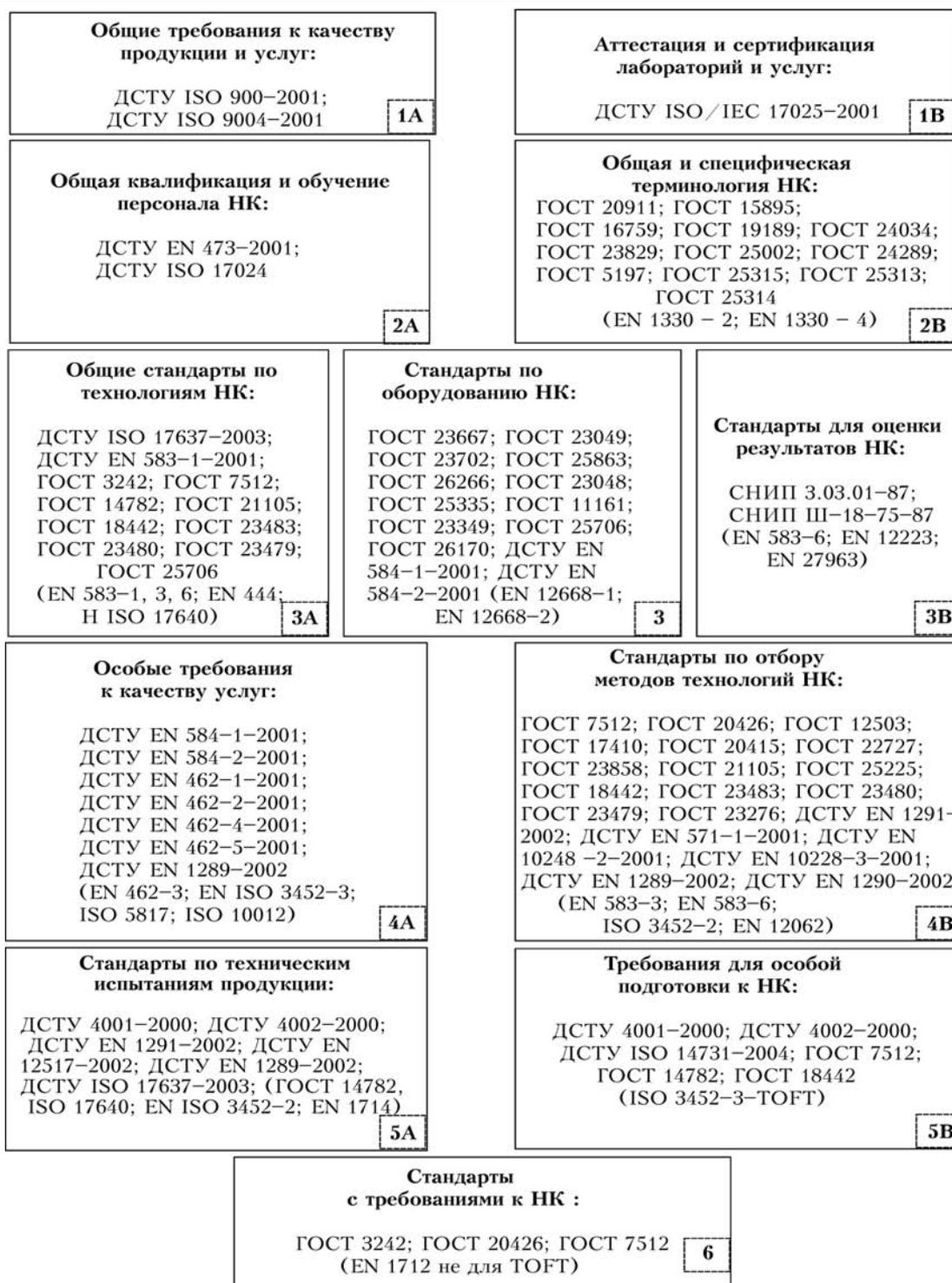


Рис. 1. Схема системы основных стандартов по НК сварных конструкций (см. ПРИЛОЖЕНИЕ) [10, 13, 15, 16, 18]

При этом необходимо отметить, что международные стандарты имеют также сильное позитивное влияние на международную торговлю, и значительно большее, чем патенты при продвижении товаров [7].

Чтобы оценить проблемы создания, гармонизации и введения международных стандартов в НК и в сварочном производстве в целом, необходимо знать политическую и экономическую ос-

нову главных направлений в мировой торговле продукцией.

Конвенция по техническим барьерам WTO (всемирной торговой организации) специальными соглашениями пытается постоянно снимать эти барьеры путем поддержки развития международной технической стандартизации в зонах свободной торговли. Основные из них [10, 18]:

- АРЕС (Азиатско-тихоокеанский форум взаимодействия) с участниками от Австралии до Вьет-

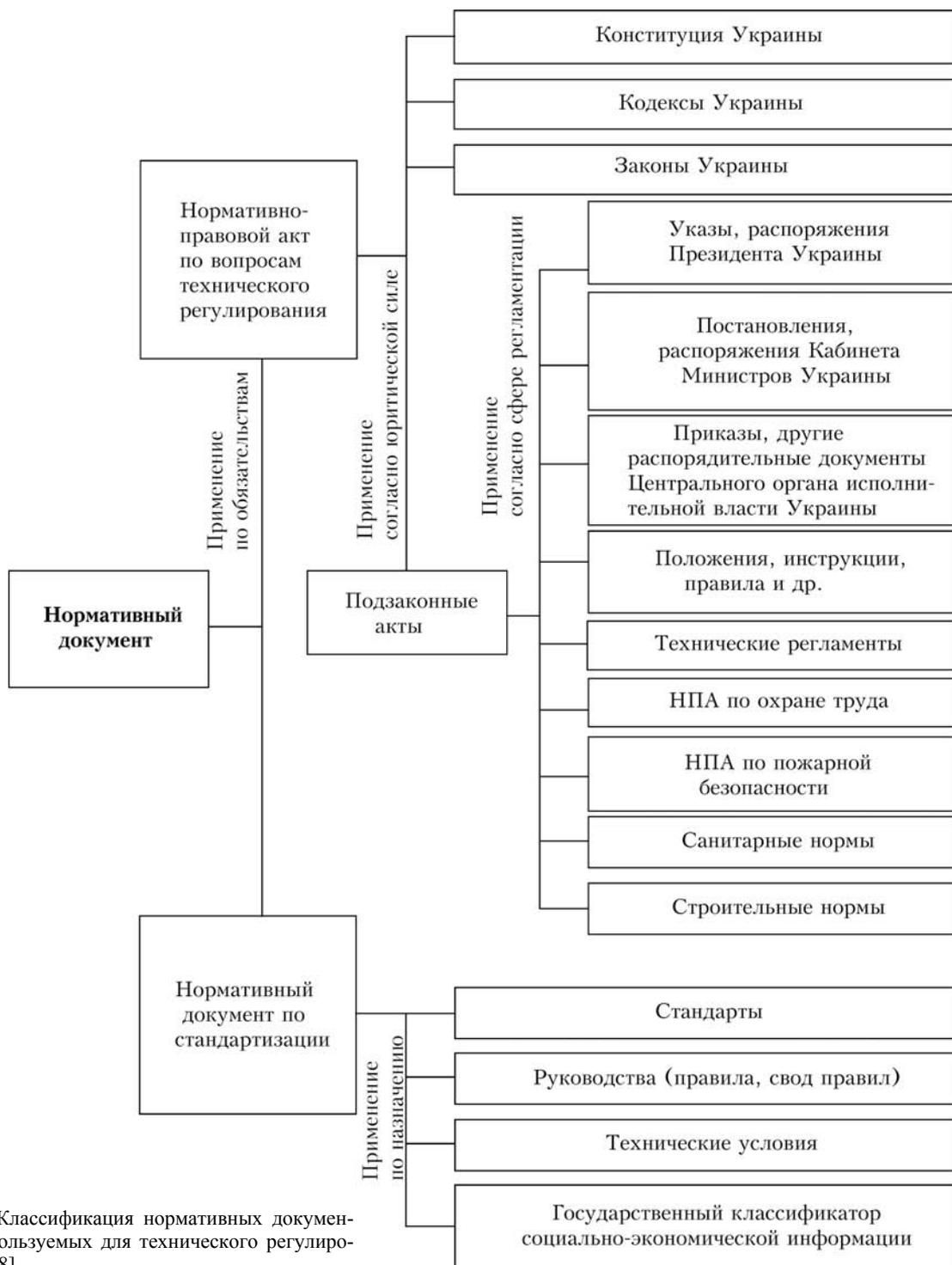


Рис. 2. Классификация нормативных документов, используемых для технического регулирования [18]

нама, включая Японию, Россию и США, имеющие сбалансированный торговый поток в 2001 г.: 2592 млрд. долларов экспорта и 2581 млрд. дол. импорта.

- EU (Европейский союз) с участниками, от Австрии до Великобритании, включая страны Европейской ассоциации свободной торговли, имеющие торговый поток в 2001 г.: 813 млрд. дол. экспорта и 801 импорта.

- Неформальная ассоциация стран-экспортеров сельскохозяйственной продукции с участниками от Аргентины до Уругвая, включая Австралию, имеющие большой сельскохозяйственный рынок и торговые потоки в 2001 г.: 577 млрд. дол. экспорта и 549 млрд. дол. импорта.

- NAFTA (Североамериканское соглашение о свободной торговле) с участниками — Канада, США и Мексика и торговым потоком в 2001 г.: 1017 млрд. дол. экспорта и 1277 млрд. дол. им-

порта). Эта зона сконцентрирована на сельскохозяйственной продукции и изделиях для них.

Видно, что заказчиками технической стандартизации в основном являются три зоны: североамериканская, азиатско-тихоокеанская и европейская. Именно они являются мировыми производителями в машиностроении и в других видах промышленности [10].

Под влиянием Североамериканской зоны (США) находится, например, гражданская авиация, автомобилестроение, нефтяная промышленность. При этом необходимо выделить **основные американские системы стандартов**: API (Американский институт нефти), ASME (Американский институт инженеров-механиков), ASTM (Американское общество по испытанию материалов), ASW (Американская сталепроволочная компания), AWS (Американское общество сварщиков), ASNT (Американское общество по неразрушающим испытаниям).

Таким образом, действует система стандартов, созданная для различных некоммерческих организаций.

При этом в Европе действуют разнообразные системы стандартов.

Политическое соглашение было принято для поддержки Евросоюза как отдельного рынка, несмотря на тарифные и нетарифные границы путем создания уникальной системы технических стандартов — под директивы Еврокомиссии. Это означает, что существует политическое требование по созданию новых или гармонизированных стандартов для заполнения базиса на основе европейских директив.

Примером может служить Директива по оборудованию, работающему под давлением (PED 97/23 EC), где раздел испытаний представлен новыми стандартами по испытаниям сварных швов с использованием всех методов неразрушающих испытаний, включая ультразвук.

В настоящее время существуют главные мировые торговые зоны и большие промышленные группы, которые имеют свои штаб-квартиры по управлению и стандартизации, которые сформированы:

а) в зависимости от их места расположения, при этом они пытаются экспортировать свои национальные стандарты, например, API (Американский институт нефти); ASTM (Американское общество по испытанию материалов); SAE (Общество автоматизированного машиностроения);

б) на основе сотрудничества с международными обществами, такими как ИИВ (Международный институт сварки), ИИЖ (Международный институт железа и стали) или ИИИИ (Институт инженеров по электротехнике и электронике).

В мире действуют международные организации по стандартизации:

- ISO/IEC — Международная организация по стандартизации/Международная электротехническая комиссия;

- CEN/CENELEC — Европейский комитет по стандартизации/Европейский комитет по электротехнической стандартизации.

Необходимо отметить, что в настоящее время современное сварочное производство имеет достаточно устойчивые темпы и динамику развития. Сформирован мощный арсенал родственных технологий в области сварки и неразрушающего контроля, постоянно расширяются сферы его применения. Для машиностроения, судостроения, энергетики, строительства и других отраслей промышленного производства сварка и неразрушающий контроль как промышленные технологии не имеют альтернативы.

Необходимо понять, что стандарты — это нормативные документы, устанавливающие для общего и многоразового использования в производстве и торговле правила, общие принципы или характеристики, которые относятся к деятельности или результатам. Они необходимы для достижения оптимальной степени упорядоченности в определенной сфере и разработаны в установленном порядке на основе консенсуса между компетентными специалистами [1, 9]. Стандарты могут быть упомянуты в законах таким образом, чтобы сделать их юридическими документами, которые являются обязательными (**сфера государственного регулирования**).

Системы стандартов обычно называют кодексами [1, 9]. Иногда кодексы используют как юридические документы. Пример в неразрушающих испытаниях (NDT) — ASME Бойлер Кодекс по сосудам под давлением, который имеет дубликат кодекса, разработанного в соответствии с Европейской директивой по оборудованию, работающему под давлением.

Не все проблемы в сварке и неразрушающем контроле могут быть охвачены международными стандартами [20]. Вопросы безопасности находятся под охраной национальных законов — это **сфера государственного технического регулирования**. Остальные проблемы могут рассматриваться (рис. 2) как **сфера негосударственного регулирования**.

Протекающий процесс глобализации рынка, стремление деловых кругов и государственных органов к снижению технических барьеров в торговле обуславливают ускоренную разработку новых и пересмотр действующих международных стандартов в области оценки соответствия продукции. Они являются нормативной основой для заключения многосторонних и двусторонних соглашений о взаимном признании результатов аккредитации и подтверждения соответствия продукции [2, 3, 9].

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО В НК и ТД

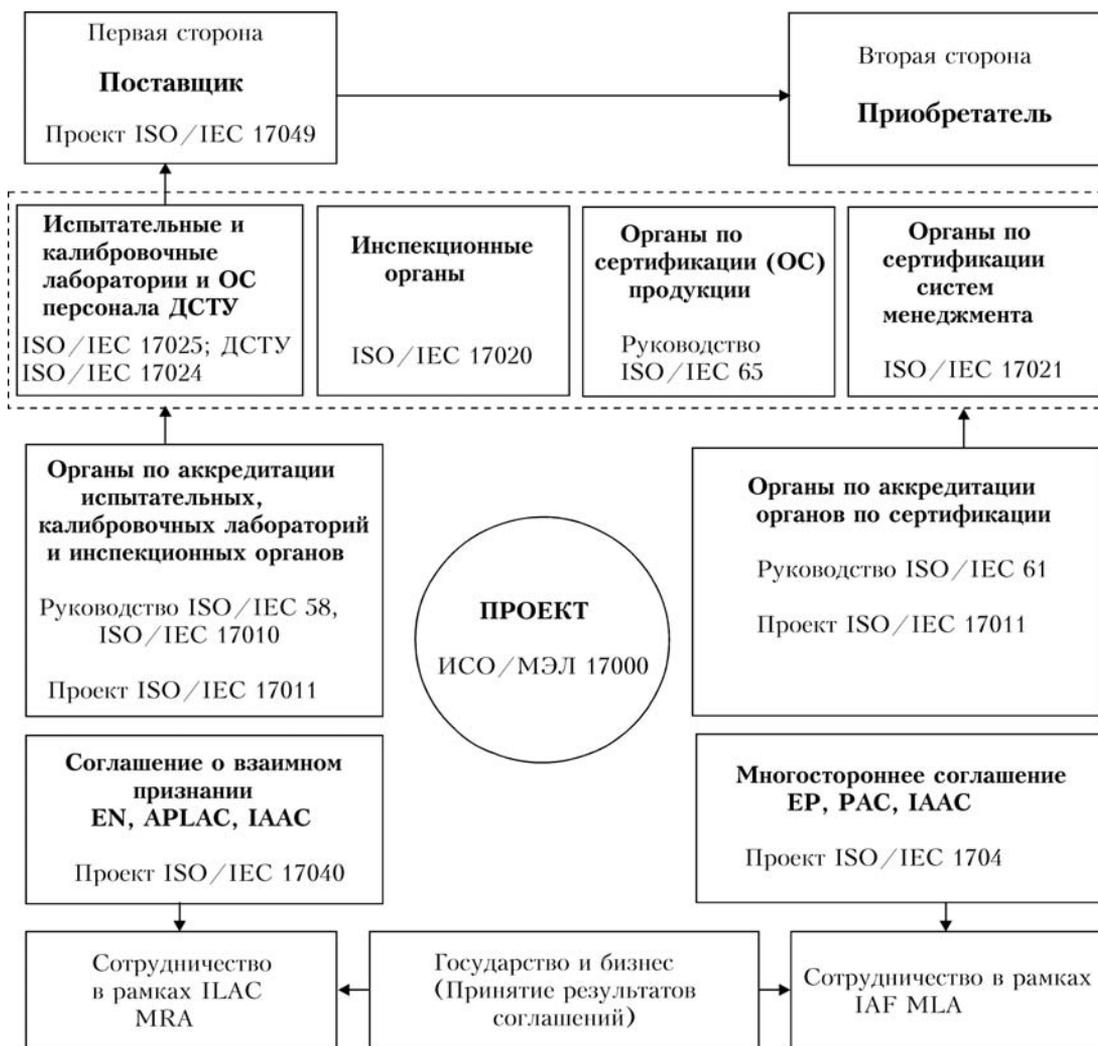


Рис. 3. Этапы последовательной цепи отношений всех участников процесса оценки соответствия и новые международные стандарты, регламентирующие предъявляемые к ним требования [7, 18]

Международные стандарты в области оценки соответствия (в Европе — EN серии 45000) разработаны в начале 90-х годов. При этом отдельные элементы процедур оценки соответствия и ряд терминов являлись частью международных стандартов и руководством для других систем. Функциональный же подход к развитию и совершенствованию системы международных стандартов в области оценки соответствия был реализован в разработке **новых стандартов ISO** серии 17000 [7] (рис. 3).

Поставщик (производитель) — *первая сторона* — может декларировать второй стороне — *потребителю* (приобретателю) — соответствие своей продукции национальным и (или) международным стандартам общие требования к декларации. К ним относится исчерпывающий перечень информации, позволяющий должным образом **идентифицировать поставляемую продукцию на рынок**. В **декларации на результаты деятельности** третьей стороны относят протоколы испытательной или калибровочной лаборатории, сер-

тификаты соответствия продукции и систем менеджмента качества, а также результаты работ инспекционных органов. Указанные организации в своей деятельности при этом руководствуются признанными международными нормами: ISO/IEC 17025:1999 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», ISO/IEC 17020:1998 «Общие критерии к деятельности инспекционных органов различных типов», руководствами ISO/IEC 65:1996 «Общие требования к органам, работающим по системе сертификации продукции» и ISO/IEC 62:1999 «Общие требования к органам, осуществляющим сертификацию систем качества».

Необходимо отметить, что общество и потребитель хотят быть при этом **уверены в компетентности** испытательных лабораторий, органов по сертификации и инспекционных органов. Проверка такой компетентности и предоставление организациям права проводить работы по оценке и подтверждению соответствия осуществляется через процедуру аккредитации (Нацио-

нальное агентство по аккредитации в Украине) [2, 3].

Известна общая тенденция к объединению органов по аккредитации испытательных лабораторий, калибровочных лабораторий и органов по сертификации продукции персонала в *единые национальные органы по аккредитации*. В связи с этим возникла необходимость в новом стандарте ISO/IEC 17011 «Общие требования к аккредитующим органам, проводящим аккредитацию органов по оценке соответствия». На Украине это привело к принятию Закона «Про акредитацію органів з оцінки відповідності» [2, 3].

Во Введении к стандарту ISO/IEC 17011 особо подчеркивается значение аккредитации для реализации одного из *основных принципов WTO, а именно, что продукция и услуга, официально принятая в одной стране должна свободно обращаться в других странах, не проходя повторных испытаний, проверок и повторной сертификации*. Это не должно зависеть от того, полностью или частично попадает продукция или услуга в законодательно регулируемую сферу.

Данный стандарт предусматривает описание юридического статуса аккредитующего органа и его структуру, обеспечивающих беспристрастность при принятии решений по аккредитации.

Документированная структура органа по аккредитации должна обеспечить сбалансированное представительство всех заинтересованных в результатах аккредитации сторон.

Предусмотренные в стандарте ISO/IEC 17011 требования к органу по аккредитации, его структуре, управлению, персоналу являются исчерпывающими и достаточными для приведения в соответствии с этими требованиями всех органов по аккредитации, участвующих в многосторонних (MLA) и взаимных (MRA) соглашениях о признании и принятии этих соглашений государственными органами, потребителями и обществом.

Совершенствование системы международных стандартов в области оценки соответствия стандартам ISO серии 17000 является примером следования *основополагающим принципам стандартизации*: комплексность, опережающее развитие, общей и частной классификации.

Важно отметить, что *конкурентоспособность продукции и услуг в области НК и ТД зависит от двух групп факторов*. Первая отражает: а) **свойства** продукции (в соответствии с требованиями стандартов); б) **технологии** изготовления продукции и производственные условия. Вторая: **внешние факторы** по отношению к продукции, которые оказывают влияние на ситуацию, в которой осуществляется продажа, и обеспечивают увеличение или снижение объема продаж.

Существуют факторы, влияющие на **конкурентоспособность** фирм и организаций [12, 18].

1. Факторы *первой группы* — это уровень качества, цена, затраты на эксплуатацию или потребление.

2. Факторы *второй группы* — предоставляемый сервис, реклама, имидж фирмы-производителя — в большей степени определяются уровнем организации услуг сбыта: затратами, осуществляемыми для его повышения; авторитетом изготовителя, который сформировался как результат его деятельности на рынке и **соответствие стандартам** выпускаемой продукции.

Общей *оценкой конкурентоспособности*, которую дает рынок конкретной продукции на основании своих законов и вышеприведенных факторов, может служить *отношение объема продаж данных изделий, услуг к общему объему продаж всей аналогичной по функциональному назначению продукции на конкретном рынке сбыта*. Этот показатель, характеризующий относительную долю сбыта данной продукции на рынке, не отражает затрат данного производителя, обеспечивающего объем реализации. Для различных производителей затраты могут быть не одинаковы, но во всех случаях они не должны быть такими, чтобы реализация продукции была невыгодна из-за несоответствия стандартам.

Таким образом, этот показатель не может служить для сопоставительной оценки конкурентоспособности продукции различных производителей. Однако он полезен для конкретного поставщика при разработке мер по повышению качества и конкурентоспособности выпускаемой ими продукции или услуг в соответствии с требованиями НД (нормативных документов) (см. рис. 2).

Отмеченные группы факторов неравноценны. Факторы второй группы могут быть активизированы в процессе изготовления и реализации продукции путем повышения затрат на рекламу, улучшения сервисного обслуживания, стандартизацию и НК.

Факторы первой группы в меньшей степени подвержены активизации в процессе изготовления и реализации продукции или услуг, но оказывают более стабильное влияние на спрос, так как именно они определяют потребительские свойства продукции (качество и безопасность) и ее цену. На эти факторы влияет качество использованных материалов элементов, сварной конструкции, компетентность персонала, совершенство примененных технологических процессов изготовления и неразрушающего контроля в соответствии с НД, совершенство оборудования на производстве, что, в свою очередь, является результатом научных разработок как ранее выполненных, так и проведенных специально для данной конкретной продукции, услуг (см. рис. 2) и наличие внедренной системы управления качеством для сварочного

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО в НК и ТД

производства в соответствии с ISO 9001 и ДСТУ ISO 3834, ISO 17025 [17, 19].

Следовательно, результаты научно-технической деятельности и стандартизации *оказывают непосредственное влияние на конкурентоспособность продукции*.

Пересмотр стандартов Государственной системы стандартизации (ГСС) послужил причиной принятия Закона Украины «Про стандартизацію», № 2408-III [1, 9]. Новый комплекс стандартов, разработанных на замену ГСС, назвали «Национальная стандартизация» (НС). Его система значительно расширена за счет ряда новых стандартов [5].

Одна из проблем стандартизации — оторванность менеджмента от современных процессных подходов, установленных международными нормами и правилами. Подтверждение тому — проблема внедрения новых международных гармонизированных для сварочного производства стандартов (рис. 1) [17, 18].

Главная цель таких мероприятий — внедрение в практику предприятий передовых методов менеджмента, обучение руководителей современным методам анализа своей деятельности на основе стандартов серии ДСТУ ISO 9000, ДСТУ ISO 3834 и системы, представленной на рис. 2 [18].

Существует проблема внедрения международных экологических стандартов в сварочном производстве, хотя именно сегодня сертифицированная система управления окружающей средой (система экологического менеджмента стандарты серии ISO 14000 — СЭМ) является одним из основных рыночных инструментов, регулирующих деятельность каждого предприятия, и Закон Украины, принятый в 2005 г. [21]. Лишь 18 из 77 % опрошенных предприятий только планируют начать работу по внедрению Международного стандарта ISO 14000.

После вступления Украины в WTO от промышленных предприятий потребуются жесткий экологический контроль и управление, что улучшит общую экологическую обстановку в регионе и будет способствовать выпуску конкурентоспособной экологически чистой сварочной продукции.

Именно фактор повышения конкурентоспособности в сварочном производстве как наиболее весомый и достаточно емкий является одним из самых важных для сегодняшней экономики Украины в целом и ее субъектов в частности. Сегодня необходимо создать среду и преимущества для производства отечественных сварных конструкций не только по признакам качества и безопасности, но и с учетом менеджмента. А для этого нужно обновить фонды и средства неразрушающего контроля и сварки, привлечь инвестиции, начать разработку и внедрение системы менеджмента качества (СМК), отойти от такого принципа ра-

боты, как «делаю то, что умею» и внедрять гармонизированные стандарты [8].

Если в течение переходного периода до полного принятия Украиной требований WTO украинские компании смогут завоевать и воспитать собственного потребителя, то вступление Украины в WTO не будет иметь катастрофических последствий. Необходимым условием для этого является более полное удовлетворение потребностей рынка по сравнению с иностранными компаниями. Украинские предприятия имеют большее преимущество — так как им лучше известен отечественный потребитель. Чтобы западным компаниям накопить такой опыт, может потребоваться несколько лет.

Как показывает опыт японских предприятий, для этого необходимо пройти путь постоянных улучшений и в конструкции изделий, и в совершенствовании технологии изготовления и выполнения неразрушающего контроля. При этом необходимо изменение отношения к своей деятельности и к стандартам всех работников фирм и организаций. Если традиционно к главным показателям деятельности относились *объемы производимой продукции и контроля*, соответствие фактических издержек производства плановым, и вся деятельность в компании основывалась на оценке этих показателей, то для осуществления **постоянных улучшений** необходима переориентация усилий на такой показатель, как качество продукции и безопасность эксплуатации. С этой целью рекомендуется (на основе международных требований в стандартах) проводить обязательное обучение работников основам и методам менеджмента качества, неразрушающего контроля и стандартизации, изменить систему оценки деятельности работников в целом и др. Необходимо перевести все последствия попадания некачественной продукции к потребителю в *денежное выражение* и довести эту информацию до всех работников компании. В этом случае каждый работник сможет наглядно представить, во сколько обойдется предприятию допущенная им ошибка.

Руководство предприятия должно понимать, что в первую очередь от них зависит позиция работников в отношении к качеству, определяющая готовность к постоянному улучшению. Однако, как часто бывает, и исследования это доказали, сами руководители компании не убеждены в необходимости переориентации усилий на качество продукции.

Если для предприятий и отраслей промышленности вопросы вступления в WTO в основном связаны с конкурентоспособностью продукции, то для региона важны такие составляющие, как уровень жизни населения, трудовые ресурсы и занятость, инфраструктура, система управления.

Однако *общим для всех уровней* будь то предприятие, отрасль или регион, является качество

управления и стандартизация. Если управление основано на системном подходе согласно требованиям международных стандартов (планирование, выполнение, анализ, контроль, улучшение), то результат будет один — повышение сбыта и конкурентоспособности как отдельно взятого предприятия, так и региона в целом [16, 18].

Из сказанного выше видно, что *основной проблемой* является необходимость принятия, разработки и введения как на уровне предприятий, так и на уровне региона национальной программы в области качества и стандартизации — фактор, который, безусловно, создает предпосылки к повышению сбыта, конкурентоспособности и снижению экономических рисков от вступления Украины в WTO.

В ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины за период 1999–2005 г. Техническими комитетами ТК-44 и ТК-78 гармонизировано ряд основных международных стандартов с целью поэтапного внедрения их в сварочное производство Украины [14, 15, 17, 19, 20].

Таким образом, необходимо постоянно внедрять гармонизированные стандарты по НК и сварке, *которые соответствуют требованиям рынка*, что способствует развитию свободной торговли, *повышению конкурентоспособности и сбыта* отечественной продукции. Они должны быть изложены таким образом, чтобы их *невозможно было использовать* с целью введения в заблуждение потребителей продукции, дать преимущество производителю или продукции, которая может быть изготовлена местными предприятиями.

Гармонизированные международные стандарты ISO — *решающие для беспереывного развития*, поскольку являются ключевыми источниками технологического ноу-хау, особенно для стран, которые развиваются, и стран с переходной экономикой. Они оказывают неоценимую помощь странам, которым необходимо развивать свою экономику и создавать современное производство и мощности для конкурентоспособности на мировом рынке [21].

Таким образом, приведенный обзор свидетельствует о необходимости координировать усилия при решении проблем стандартизации и усовер-

шенствовать международное сотрудничество между всеми организациями в области сварки и НК, относящихся к техническому регулированию в этой сфере.

При этом необходимо опираться на **три ключевые концепции ISO**: *потребность* (соответствие потребностям рынка) — *партнерство* на основании консенсуса — *оптимизация*. Именно они формируют фундамент необходимой активной деятельности и послужат примером для организации технического регулирования на национальном уровне в соответствии с Указом Президента Украины от 13.07.05 № 1115 «О мероприятиях по усовершенствованию деятельности в сфере технического регулирования и потребительской политике».

Гармонизация согласованного и многосекторного фонда международных стандартов в области сварки и неразрушающего контроля соответствует *глобальным потребностям* рынка Украины [11].

Вхождение в целеустремленное партнерство по гармонизации международных стандартов с организациями-разработчиками стандартов ISO в области неразрушающего контроля будет иметь международное влияние на глобальные цели и решение проблем НК и ТД на основе фундаментальных принципов ISO и ИВ.

Внедрение гармонизированных стандартов в области неразрушающего контроля и сварки будет способствовать повышению конкурентоспособности и сбыту отечественной продукции, содействовать развитию свободной торговли, так как установление конкретных параметров обеспечивает единую технологическую основу для производства продукции, процессов и услуг в сварочном производстве [19, 21].

Для повышения качества и конкурентоспособности товаров, работ, услуг международное сообщество разрабатывает и совершенствует Систему менеджмента качества (СМК) по международным стандартам ISO серии 9001 [8].

Ярким примером выхода из экономического кризиса после второй мировой войны стала Япония, а в наши дни свои успехи демонстрирует Китай, который по темпам внедрения СМК вышел на первое место в мире.

ПРИЛОЖЕНИЕ

к схеме системы стандартов по НК (рис. 1)

1 А — Общие требования к качеству продукции и услуг

ДСТУ ISO 9001–2001 Системи управління якістю. Вимоги.

ДСТУ ISO 9004–2001 Система управління якістю. Настанова щодо поліпшення діяльності.

1 В — Аттестация и сертификация лабораторий и услуг

ДСТУ ISO/IEC 17025–2001 Загальні вимоги до компетентності випробувальних лабораторій.

2 А — Общая квалификация и обучение персонала в НК

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО в НК и ТД

ДСТУ EN 473–2001 Неразрушающий контроль — Квалификация и сертификация персонала, занятого в неразрушающем контроле. Общие принципы.

ДСТУ ISO 17024

2 В — Общая и специфическая терминология НК

ГОСТ 20911 Техническая диагностика. Основные термины и определения.

ГОСТ 15895 Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения.

ГОСТ 16759 Гамма-дефектоскопы. Термины и определения.

ГОСТ 19189 Детекторы ионизирующих излучений газовые ионизационные. Термины и определения.

ГОСТ 24034 Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения.

ГОСТ 23829 Контроль неразрушающий акустический. Термины и определения.

ГОСТ 25.002 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения.

ГОСТ 24289 Контроль неразрушающий вихрековый. Термины и определения.

ГОСТ 5197 Вакуумная техника. Термины и определения.

ГОСТ 17924 Контроль герметичности оболочек тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. Термины и определения.

ГОСТ 26790 Техника течеискания. Термины и определения.

ГОСТ 24522 Контроль неразрушающий капиллярный. Термины и определения.

ГОСТ 25315 Контроль неразрушающий электрический. Термины и определения.

ГОСТ 25313 Контроль неразрушающий радиоволновый. Термины и определения.

ГОСТ 25314 Контроль неразрушающий тепловой. Термины и определения.

3 — Стандарты по оборудованию НК.

ГОСТ 23667 Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерения основных параметров.

ГОСТ 23049 Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Общие технические требования.

ГОСТ 23702 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Основные параметры и методы их измерений.

ГОСТ 25863 Контроль неразрушающий. Толщинометры ультразвуковые. Общие технические требования.

ГОСТ 26266 Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования.

ГОСТ 23048 Контроль неразрушающий. Преобразователи вихрековые. Общие технические требования.

ГОСТ 25335 Контроль неразрушающий. Толщинометры покрытий магнитные и вихрековые. Общие технические требования.

ГОСТ 11161 Микроманометры жидкостные. Типы и основные параметры.

ГОСТ 23349 Контроль неразрушающий. Дефектоскопы капиллярные. Общие технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 25706 Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования.

ГОСТ 26170 Контроль неразрушающий. Приборы радиоволновые. Общие технические требования.

ДСТУ EN 584-1–2001 Неразрушающий контроль — Промышленные радиографические пленки. Часть 1. Классификация систем пленок для промышленной радиографии.

ДСТУ EN 584-2–2001 Неразрушающий контроль — Промышленные радиографические пленки. Часть 2. Контроль обработки пленки с помощью опорных величин.

3 А — Общие стандарты по технологиям НК
ДСТУ ISO 17637–2003 Неруйнівний контроль зварних швів. Візуальний контроль з'єднань, виконаних зварюванням плавленням.

ДСТУ EN 583-1–2001 Ультразвуковой контроль. Часть 1. Общие принципы.

ГОСТ 3242 Соединения сварные. Методы контроля качества.

ГОСТ 7512 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

ГОСТ 14782 Контроль неразрушающий. Швы сварные. Методы ультразвуковые.

ГОСТ 21105 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.

ГОСТ 18442 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.

ГОСТ 23483 Контроль неразрушающий. Методы теплового вида. Общие требования.

ГОСТ 23480 Контроль неразрушающий. Методы радиоволнового вида. Общие требования.

ГОСТ 23479 Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования.

ГОСТ 25706 Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования.

3 В — Стандарты по оценке результатов НК
СНИП 3.03.01 Несущие и ограждающие конструкции.

СНИП III-18–75 Металлические конструкции.

4 А — Особые требования к качеству услуг
ДСТУ EN 584-1–2001 Неразрушающий контроль — Промышленные радиографические пленки. Часть 1. Классификация систем пленок для промышленной радиографии.

ДСТУ EN 584-2-2001 Неразрушающий контроль — Промышленные радиографические пленки. Часть 2. Контроль обработки пленки с помощью опорных величин.

ДСТУ EN 462-1-2001 Неразрушающий контроль — Качество изображения радиографических снимков. Часть 1. Индикаторы качества изображения проволоочного типа. Определение показателя качества изображения.

ДСТУ EN 584-2-2001 Неразрушающий контроль — Качество изображения радиографических снимков. Часть 2. Индикаторы качества изображения типа ступень/отверстие — Определение показателя качества изображения.

ДСТУ EN 584-4-2001 Неразрушающий контроль — Качество изображения радиографических снимков. Часть 4. Экспериментальное определение показателей качества изображения и таблиц качества изображения.

ДСТУ EN 584-5-2001 Неразрушающий контроль — Качество изображения радиографических снимков. Часть 5. Индикаторы качества изображения двухпроволочного типа. Определение величины нерезкости изображения.

ДСТУ EN 1289-2002 Неразрушающий контроль сварных соединений. Капиллярный контроль сварных соединений. Приемочные критерии.

4 В — Стандарты по отбору методов и технологий НК

ГОСТ 7512 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

ГОСТ 20426 Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения.

ГОСТ 12503 Сталь. Методы ультразвукового контроля. Общие требования.

ГОСТ 17410 Контроль неразрушающий. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы ультразвуковой дефектоскопии.

ГОСТ 20415 Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения.

ГОСТ 22727 Сталь толстолистовая. Методы ультразвукового контроля сплошности.

ГОСТ 23858 Соединения сварные стыковые и тавровые арматуры железобетонных конструкций. Ультразвуковые методы контроля качества. Правила приемки.

ГОСТ 21105 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.

ГОСТ 25225 Контроль неразрушающий. Швы сварных соединений трубопроводов. Магнитографический метод.

ГОСТ 18442 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.

ГОСТ 23483 Контроль неразрушающий. Методы теплового вида. Общие требования.

ГОСТ 23480 Контроль неразрушающий. Методы радиоволнового вида. Общие требования.

ГОСТ 23479 Контроль неразрушающий. Методы оптического вида. Общие требования.

ГОСТ 23276 Контроль неразрушающий. Голографический иммерсионный метод контроля формы изделий.

ДСТУ EN 1291-2002 Неразрушающий контроль сварных соединений. Магнитопорошковый контроль сварных соединений. Приемочные критерии.

ДСТУ EN 571-1-2001 Неразрушающий контроль — Капиллярный контроль. Часть 1. Общие принципы.

ДСТУ EN 10228-2-2001 Неразрушающий контроль поковок из стали. Часть 2. Капиллярный контроль.

ДСТУ EN 10228-3-2001 Неразрушающий контроль поковок из стали. Часть 3. Ультразвуковой контроль поковок из ферритной и мартенситной сталей.

ДСТУ EN 1289-2002 Неразрушающий контроль сварных соединений. Капиллярный контроль сварных соединений. Приемочные критерии.

ДСТУ EN 1290-2002 Неразрушающий контроль сварных соединений. Магнитопорошковый контроль. Метод.

5 А — Стандарты по техническим испытаниям продукции

ДСТУ 4001-2000 Зварні шви на сталі. Зразок калібрування устаткування ультразвукового контролю.

ДСТУ 4002-2000 Зварні шви на сталі. Калібрувальний зразок № 2 для ультразвукового контролю зварних швів.

ДСТУ EN 1291-2002 Неразрушающий контроль сварных соединений. Магнитопорошковый контроль сварных соединений. Приемочные критерии.

ДСТУ EN 12517-2002 Неразрушающий контроль сварных соединений. Приемочные критерии для радиографического контроля сварных соединений.

ДСТУ EN 1289-2002 Неразрушающий контроль сварных соединений. Капиллярный контроль сварных соединений. Приемочные критерии.

5 В — Требования для особой подготовки к НК

ДСТУ 4001-2000 Зварні шви на сталі. Зразок калібрування устаткування ультразвукового контролю.

ДСТУ 4002-2000 Зварні шви на сталі. Калібрувальний зразок № 2 для ультразвукового контролю зварних швів.

ДСТУ ISO 14731-2004

ГОСТ 7512 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

ГОСТ 14782 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

ГОСТ 18442 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.

СТАНДАРТИЗАЦІЯ І КАЧЕСТВО В НК І ТД

6 — Стандарти с требованиями к НК

ГОСТ 7512 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.

ГОСТ 20426 Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные. Область применения.

ГОСТ 3242 Соединения сварные. Методы контроля качества.

1. Закон України «Про стандартизацію» від 17 травня 2001 р. № 2408-III.
2. Закон України «Про підтвердження відповідності» від 17 травня 2001 р. № 2407-III.
3. Закон України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності» від 17 травня 2001 р. № 2406-III.
4. ДСТУ 1.5-93. Державна система стандартизації України. Загальні вимоги до побудови, викладення, оформлення та змісту стандартів.
5. ДСТУ 1.5:2003. Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів.
6. ISO/IEC Directives, part 2. Rules for the structure and drafting of international Standards (Директиви ISO/IEC, ч. 2. — Правила побудови та оформлення міжнародних стандартів): 4-е вид. — Женева: Центральний секретаріат ISO, 2001 р.
7. Рохманов М. Л., Овчаров В. К. Международные стандарты в области оценки соответствия // Стандарты и качество. — М.: 2004. — № 6. — С. 42–43.
8. Указ Президента України «Про заходи щодо підвищення якості вітчизняно продукції» від 23 лютого 2001 р. № 113/2001.
9. Витяг із Декрету Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію та сертифікацію» від 5 жовтня 1993 р. № 46-93.

10. Schlengermann Udo (Krautkramer GmbH, Hurth, Germany). A global view on standardization in ultrasonic testing. 10th APCNDT BRISBANE, AUSTRALIA DOWN UNDER, TECHNOLOGY-2001.
11. «ISO погодила стратегічний план на наступні п'ять років» // Стандартизація, сертифікація, якість. — 2004. — № 6. — С. 6.
12. Конти Тито. Переосмислювання ролі стандарту ІСО 9000 і всеобщего управління на основі якості і делового совершенства // Европейское качество. Дайджест. — № 4. — 2004. — С. 18–25.
13. ISO/IEC FDIS 17000:2004 (E/F/R). Оценка соответствия. Словарь и общие принципы.
14. Невожай Т., Касіч О., Нагорна Т., Маргунок В. Каталог нормативних документів. — 2003. — С. 115–119.
15. Троицкая Н. В. Новые стандарты по неразрушающему контролю. Бюлетень УТ НКДТ «НК-інформ». — 2005. — № 1. — С. 21–22.
16. Вступление в ВТО — региональный аспект / В. Басаргин, С. Михеева, Д. Блинов, А. Сурьяков // Стандарты и качество. — 2005. — № 6. — С. 90–93.
17. Лобанов Л. М. Задачи по обеспечению качества в сварочном производстве // Сварщик. — 2001. — № 4. — С. 35.
18. Бондаренко Ю. К., Артюх К. О. Проблемы стандартизации в сварочном производстве // Мат. 2-го Науч.-практ. семинара «Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике». Киев, 6–8 декабря 2005. — С. 91–105.
19. Бондаренко Ю. К., Ярцев А. Обеспечение качества в сварочном производстве для эффективного изготовления и ремонта сварных конструкций // Там же. — С. 106–110.
20. Стандартизація: проблеми і практика // Стандартизація, сертифікація, якість. — 2005. — № 2. — С. 17.
21. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» від 01.12.2005. — № 3164-IV.

Ин-т електросварки ім. Е. О. Патона НАН України,
Київ

Поступила в редакцію
05.04.2005

НОВОСТИ ИЗ ИНТЕРНЕТА

Внедрение системы автоматического контроля герметичности САТК-ГП на Тяньваньской АЭС.

САТК-ГП обеспечивает автоматическое выявление и регистрацию пузырьков воздуха или строчек пузырьков, образующихся при испытаниях герметичности различных изделий, таких, например, как парогенераторы АЭС.

САТК-ГП в базовой комплектации состоит из:

- ❖ персонального компьютера с дисплеем;
- ❖ телевизионной герметичной камеры;
- ❖ подводного светильника;
- ❖ пульта управления телекамерой;
- ❖ комплекта соединительных кабелей;
- ❖ стандартного образца предприятия (СОП).

САТК-ГП рекомендуется использовать в тех случаях, когда процесс контроля длителен (десятки или сотни минут), а также при недоступности прямого визуального контроля из-за конструктивных особенностей контролируемого изделия или экстремальных характеристик окружающей среды в зоне контроля.

<http://www.ndtexpert.ru>



ДЕФЕКТОСКОПИЯ 2006

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

5-7
сентября

VII Международная специализированная выставка приборов и оборудования для промышленного неразрушающего контроля

ВСТРЕЧА ПРОФЕССИОНАЛОВ В МИХАЙЛОВСКОМ МАНЕЖЕ

Плодотворной работе выставки «ДЕФЕКТОСКОПИЯ 2006» благоволила даже солнечная осень. Заинтересованные посетители в течение всех трех дней работы выставки с удовольствием спешили по утреннему Невскому проспекту к Михайловскому манежу.

В этот раз организаторы выставки **ВО «РЕСТЭК»** и журнал «**В мире неразрушающего контроля**» основной акцент сделали на подготовке деловой программы, действительно интересной и насыщенной самыми актуальными темами. Поддержка российского и международных Обществ по неразрушающему контролю: РОНКТД, EFNDT и ICNDT обеспечила ее научную составляющую, а дефектоскописты-практики ведущих российских промышленных предприятий — прикладную.

Высокий интерес и активность слушателей семинаров, круглых столов и презентаций, а также возможность продемонстрировать работу обсуждаемых приборов на стенде побудили ряд производителей уже сегодня зарезервировать место в деловой программе «Дефектоскопии» будущего года. В конференц-залах выставки работали тематические круглые столы, на которых обсуждались вопросы применения в промышленности термографического метода контроля, фазированных решеток, состояние и перспективы развития автоматизации НК и др.

Опыт проведения однодневных выездных семинаров, организованных на базе действующих предприятий, показал, что возможность продемонстрировать объекты контроля в реальных условиях помогает компаниям-производителям решать поставленные перед ними задачи более эффективно. Особо следует отметить семинар «*Автоматизация процессов диагностирования газопроводов*», организованный при поддерж-

ке **ДОО «Оргэнергогаз»** (Москва) и **ООО «Лентрансгаз»** на компрессорной станции «Северная». Результативно прошли семинары, организованные **ВНИИ гидротехники им. Б. Е. Веденеева** («*НК строительных объектов в процессе их строительства и эксплуатации*»); **ИПКП ПГУПС** («*НК и безопасность движения на железнодорожном транспорте*»); **ОАО «РЖД»** («*Стратегия развития систем НК деталей подвижного состава*» и «*Повышение эффективности НК рельсов, уложенных в путь, и сварных стыков рельсов на РСП*»); **группой «ЮНИТЕСТ»** («*Демонстрация работы автоматизированных комплексов НК, в том числе на объектах контроля, предоставленных посетителями семинара*»).

Что касается самой выставки, то всеми экспонентами был отмечен высокий уровень профессионализма посетителей (выставку посетило около 2 тыс. специалистов) и минимальное количество «случайных» людей, так часто отвлекающих от конструктивной работы на других подобных мероприятиях. Выставку посетили представители всех ведущих отраслей промышленности: нефтегазовой и нефтехимической, машиностроительной, металлургической, транспортной, энергетической и др., а также большая группа специалистов Октябрьской железной дороги, руководители и специ-





алисты СУ «Леноргэнергогаз», делегация Украинского общества НК и ТД.

В этом году выставка собрала 48 участников не только из России, но и из стран дальнего зарубежья — Германии, США, Швейцарии, занимающих лидирующее положение в производстве средств контроля и диагностики (*курсивом выделены компании, впервые принявшие участие в выставке*): Helling GmbH, *Olympus NDT*, ЗАО «НПГ «Алтек», ООО «АКС», ООО «Алтеc», ООО «Амати-Акустика», ЗАО «Виматек», ООО «Вотум», ООО «Демас» (ЦНИИТМАШ), ООО «Звук», ООО «НПП «Интерприбор», ООО «Интерюнис», ЗАО «Константа», ООО «НПЦ «Кропус-ПО», *НТП «Машипроект»*, ООО «ЦФМИ «МЕТ», Нижегородский завод им. М. В. Фрунзе, ООО «Компания «Нординкрафт», *ООО «Медуза»*, ООО «Олимпас Москва», ОАО «Радиоавионика», ООО «НПП Сигма-Тест», ЗАО «Синтез НДТ», ЗАО «Спектр КСК», ООО «Спектрофлэш», Группа компаний «Твема», ЗАО «Ассоциация НТС «Тестрон», ЗАО «ТСТ», ООО НПЦ «Техно-тест-М», ООО «Ханк», ЗАО «Научно-технический центр «Экран-В», ООО «Энергодиагностика», ЗАО «Энергомонтаж Интернэшнл», ЗАО «Юнитест-Рентген» и др. На стендах фирм «*CCS Services*», ООО «АСК-Рентген», ЗАО «МП Диагност», *ООО «Интрейд»*, ЗАО «Панатест», ОАО «Пергам-Инжиниринг», *ООО «ИПЦ «СКОН»* демонстрировались средства НК и ТД ведущих мировых производителей: ICM S.A. (Бельгия); Derritron Electronics Ltd, ELY Chemical Co., KODAK Int. (Великобритания); Chemetall, GE Inspection Technologies, Helmut Fischer GmbH, Praftechnik, Seba KMT (Германия); Sonotron NDT (Израиль); CMI Int., Mikron, Niton, Varian, Inc. (США); CHAUVIN ARNOUX (Франция); ATG (Чехия); Comet (Швейцария); FLIR Systems AB (Швеция); FUJI TECOM (Япония).

На стендах участников были представлены приборы по всем видам НК: ультразвуковому, радиационному, акустико-эмиссионному, оптическому, тепловому, вихревоковому и др.

Работа железнодорожных дефектоскопов демонстрировалась на установленных в выставочном зале отрезках рельсов. Это мероприятие было организовано по инициативе Октябрьской железной дороги и Института повышения квалификации и переподготовки специалистов ПГУПС.

Во время работы выставки журналом «В мире НК» и ВО «РЕСТЭК» проводился опрос посетителей. По мнению посетителей самыми интересными экспоната-

ми были модульный дефектоскоп OmniScan-MX (R/D TechT, производство OLYMPUS NDT Inc., США) и дефектоскоп-путеизмеритель «СПРУТ РТ-110Д» (разработчик ГК «ТВЕМА», г. Москва). Кроме того, по результатам этого опроса дипломами были отмечены ООО «АЛТЕС» г. Москва (за лучшее оформление и оригинальный дизайн экспозиции), ООО «Олимпас Москва» (за лучшую консультацию по экспозиции) и ООО «Компания «Нординкрафт», г. Череповец (за активное участие в деловой программе выставки).

Торжественное награждение участников выставки и деловой программы почетными дипломами состоялось в последний день работы выставки. По представлениям фирм участников комиссия, в состав которой вошли авторитетные специалисты-практики: А. В. Новиков (председатель, «АвтоВАЗ», г. Тольятти), С. М. Клещук (ВНИИАЭС, г. Москва), И. Г. Мордовин («Кубаньгазпром», г. Краснодар) и С. Г. Хаютин (ММПШ «Салют», г. Москва), приняла решение о вручении дипломов 53 экспонатам, отвечающим современным требованиям к средствам НК и ТД и хорошо зарекомендовавшим себя на практике.

Заслуживает внимания прецедент общения в рамках круглого стола специалистов по маркетингу компаний, работающих на рынке средств НК. Впервые в дискуссии с участием организаторов обсуждались вопросы эффективности участия в специализированных выставках, возможные формы проведения выставки «ДЕФЕКТОСКОПИЯ» в будущем. Надеемся, что общение маркетологов было плодотворным и станет на нашей выставке традиционным.

В официальном приеме по случаю открытия выставки, который проводился на борту теплохода, имели возможность принять участие представители всех фирм-экспонентов и почетные гости выставки. Вечерняя прогулка по Неве оставила самое приятное впечатление.

Работу выставки освещало более 40 СМИ. Особую благодарность Оргкомитет выражает постоянному информационному партнеру — журналу «Контроль. Диагностика».

Более подробный отчет о выставке и ее деловой программе будет опубликован в ближайших номерах журнала «В мире неразрушающего контроля».

Организаторы:



Тел.: (812) 320-8092
Факс: (812) 320-8090
E-mail: metal@restec.ru
www.restec.ru/defectoscopy



Тел.: (812) 448-1884
Факс: (812) 448-1885
E-mail: jane@ndtworld.com
www.ndtworld.com



СЕДЬМОЙ СЕМИНАР «БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПРЕССОРНОГО И НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

Очередной седьмой семинар «Безопасность эксплуатации компрессорного и насосного оборудования» прошел с 9 по 13 октября в оздоровительном комплексе «Чабанка» неподалеку от Одессы. **Организаторы семинара:** *Одесский припортовый завод*, г. Южный, Украина и *ООО «ТРИЗ»*, г. Сумы, Украина.

Информационные спонсоры семинара журналы: *«Химическая техника»*, Москва; *«Компрессорная техника и пневматика»*, Москва; *«Химическое и нефтегазовое машиностроение»*, Москва; *«Мир техники и технологий»*, Харьков; *«Техническая диагностика и неразрушающий контроль»*, Киев; *«Вибрация машин: измерение, снижение, защита»*, Донецк; *«Новины энергетики»*, Киев.

В работе семинара традиционно приняли участие ведущие специалисты технических и ремонтных служб предприятий азотной и нефтехимической промышленности Украины, России и Беларуси, представители промышленных и научно-производственных фирм из Украины, стран ближнего зарубежья, Польши, Германии, Франции и США, всего 80 специалистов.

На конференции заслушано 24 доклада, авторы которых представили практические результаты своих работ по повышению производительности, экономичности, надежности компрессорного и насосного оборудования, диагностике, совершенствованию управления ремонтами.

Большой интерес специалистов вызвали доклады о результатах модернизации динамического оборудования линий производства аммиака, позволяющих существенно повысить их производительность. В их числе — совместный доклад **ОАО «Невинномысский АЗОТ»** (г. Невинномысск, РФ) и **ООО НПФ «Энтехмаш»** (г. Санкт-Петербург, РФ) *«Модернизация турбокомпрессорных агрегатов в производстве аммиака ОАО «Невинномысский АЗОТ»* и доклад президента польской компании **UTE А. Потапчика** *«Развитие модернизационных энергосберегающих методов в химической промышленности»*.

Как всегда, интересом специалистов технических служб пользовались доклады о практическом применении новых конструкций узлов и деталей, имеющих высокую надежность и долговечность. Это «сухие» уплотнения **НПФ «Грейс-инжиниринг»** (г. Сумы, Украина), магнитожидкостные герметизаторы **НПВП «Феррогидродинамика»** (г. Николаев, Украина), торцовые уплотнения немецкой компании **«BURGMAN»** и российской компании **«Герметика»**, демпферные подшипники, упругие муфты, уплотнения **ООО «ТРИЗ»** (г. Сумы, Украина) и другие.

На семинаре были представлены интересные доклады по современным системам вибродиагностики оборудования такими известными компаниями, как **ООО «ДИАМЕХ-2000»** (г. Москва, РФ) и **ЗАО Северодонецкий Оргхим** (г. Северодонецк, Украина).

В рамках семинара была проведена презентация продукции фирм **«MOGAS»**, **«CHESTERTON»** и других.



Огромный интерес участников семинара вызвала экскурсия на Одесский припортовый завод, отличающийся высокой культурой производства и передовыми техническими решениями, часть из которых была представлена участникам семинара.



ПАТЕНТЫ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ*

Способ определения координат статических дефектов, отличающийся тем, что с возбуждением световых импульсов вердотельным лазером производится запуск генератора электрических импульсов, вырабатывающего ступенчатый электрический импульс, причем амплитуда первой ступени этого импульса соответствует максимальному пропусканию электрооптического модулятора света и имеет регулируемую длительность в пределах $10^{-8} \dots 10^{-4}$ с, а амплитуда второй ступени в $100 \dots 1000$ раз меньше первой и имеет длительность 10^{-3} с, тем самым на выходе электрооптического модулятора света световой импульс имеет ту же форму, длительность и соотношение между амплитудами, что и электрический, изменяя длительность возбуждающего импульса меняется спектральный состав основного лепестка спектра в сторону увеличения амплитуды низкочастотной составляющей для смещения основной энергии спектра в низкочастотную область, тем самым изменяется проникающая способность сигнала, а для последующих расчетов координат статических дефектов принимают минимальное значение времени распространения сигнала от точек возбуждения до приема из всех длительностей для каждого канала приема. **Патент РФ 2272280. Ю. И. Болотин, Н. А. Леоненко. Ин-т горного дела ДВОРАН (№ 2).**

Способ обнаружения трещин в твердом теле, отличающийся тем, что регистрируют временную реализацию упругих колебаний на собственных частотах, которую разбивают на последовательные временные отрезки и в каждом из них вычисляют преобразование Фурье и в полученном спектре определяют максимальную амплитуду, которую сравнивают с максимальной амплитудой упругих колебаний на первом временном отрезке и от полученной нормированной временной последовательности максимальных амплитуд вычисляют амплитудный спектр, по которому определяют конечные разности второго порядка, максимальное значение которых принимают за коэффициент наличия трещины. **Патент РФ 2274847. В. С. Беагон, Е. С. Ерилин, С. В. Сорокин, А. А. Фогель (№ 11).**

Способ акустического контроля дефектности длинномерных стальных изделий, включающий возбуждение свободных колебаний, их регистрацию и анализ полученных акустических сигналов, отличающийся тем, что возбуждение колебаний производят бесконтактным методом на одном из концов изделия перпендикулярно торцу изделия и перпендикулярно его боковой поверхности, регистрацию колебаний производят на другом конце изделия также перпендикулярно его торцу боковой поверхности, а о наличии дефектов и их расположении на поверхности или в теле изделия судят по величине нормированных отношений скоростей прихода продольного и поперечного сигналов от точек ввода до точек их приема и по количеству пиков в произведении спектров продольных сигналов испытываемого и эталонного бездефектного изделия, превышающем заданный контрольный уровень. **Патент РФ 2274858. Ю. А. Калинин, В. А. Куликов, Л. М. Буткевич. НПП «Метакон-Томич» (№ 11).**

Устройство распознавания внутренних неоднородностей объекта, отличающееся тем, что источником света является

лазер, пластинка из фотоупругого вещества помещена в установленный в оптический тракт между коллиматором и анализатором света интерферометр Фабри-Перо под углом Брюстера относительно направления светового потока и ортогонально относительно направления распространения ультразвуковых колебаний объемного ультразвукового резонатора, выполненного из оппозитно расположенных идентичных первой и второй пьезоэлектрических пластин с помещенным между ними исследуемым объектом в виде плоскопараллельной пластины, имеющим внутренние неоднородности и установленным между первой пьезоэлектрической пластиной и пластинкой из фотоупругого вещества, причем последняя установлена в плоскости узлов стоячей ультразвуковой волны для ее фоновой компоненты, кроме того, устройство включает последовательно электрически соединенные высокочастотный генератор, аттенуатор и фазовращатель, при этом выход высокочастотного генератора дополнительно подключен к первой пьезоэлектрической пластине, а выход фазовращателя — ко второй. **Патент РФ 2276355. О. Ф. Меньших (№ 13).**

Устройство для ультразвукового контроля изделий из электропроводных материалов, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено основными и вспомогательными токопроводящими обмотками, магнитная система выполнена, по меньшей мере, из двух Е-образных магнитопроводов, каждый из которых расположен симметрично относительно продольной оси устройства, противолежащие крайние стойки магнитопроводов выполнены как единое целое с осевым отверстием, предназначенным для прохода контролируемого изделия, защитные элементы выполнены в форме полых цилиндров, длина которых превышает толщину крайних стоек, защитные элементы установлены в осевых отверстиях так, что их концевые части, обращенные внутрь магнитной системы, выступают из отверстий и на этих выступающих концевых частях установлены вспомогательные токопроводящие обмотки, а основные токопроводящие обмотки установлены на средних стойках магнитопроводов, катушки преобразователей взаимосвязаны с торцами средних стоек Е-образных магнитопроводов посредством пружинок так, что между торцом стойки и магнитодизлектрической прокладкой каждого Е-образного магнитопровода имеется зазор, устройство снабжено коммутатором, синхронизатором, генератором, усилителем, измерительным блоком и индикатором. **Патент РФ 2279671. С. И. Куницын, О. Б. Калинин (ЗАО НПП «Нефтегруппсервис» (№ 19).**

Вибрационный дефектоскоп, отличающийся тем, что датчики вибраций, подключаемые через общий разъем к блоку-анализатору имеют конструктивное оформление трех видов: индивидуально прикрепляемые к поверхности диагностируемого объекта датчики вибраций, имеющие вакуумные, магнитные или иные средства временного крепления; в виде группы датчиков вибраций, закрепленных на общей раме или иной общей основе: в виде «головки», перемещаемой в процессе диагностики по поверхности объекта, содержащей несколько датчиков вибраций, разделенных изолирующими перегородками и собранных таким образом, чтобы их чувствительные поверхности, восприимчивые к вибрационным колебаниям от объекта, соприкасались с поверхностью объекта одновременно. **Патент РФ 53781. М. В. Нариманов, Т. В. Нариманов (№ 15).**

* Приведены сведения о патентах на изобретения, на полезные модели и заявки на изобретения, опубликованные в Бюллетенях РФ за 2006 г. (в скобках указан номер бюллетеня).



Автономный магнитный дефектоскоп наружного контроля трубопроводов, содержащий корпус, магнитно-поисковую систему, устройство беспроводной связи, двигатель внутреннего сгорания, связанный с приводом с двумя парами, отличающийся тем, что колеса имеют одинаковый диаметр с твердым резиновым ободом, оси которых установлены под углом к горизонтальной плоскости дефектоскопа, а датчики поля расположены в межполюсном пространстве магнитной системы в положение для измерения нормальной составляющей напряженности магнитного поля дефекта. **Патент РФ 54197. Г. С. Шелихов, В. А. Красильников, В. Н. Лозовский ДНТЦ «Дефектоскопия» (№ 16).**

Устройство для электромагнитного акустического (ЭМА) контроля качества металлов и сплавов, отличающееся тем, что в нем применен блок п генераторов зондирующих высокочастотных (в/ч) импульсов и многоэлементный индуктор, каждый из которых состоит из генераторной и двух приемных обмоток, расположенных друг под другом, намотка которых выполнена из секций с одинаковым или противоположным направлением намотки, соответствующим знакам фазы в/ч, зондирующего импульса, дифференциальные усилители, включенные между соответствующими приемными обмотками каждого индуктора и входом предварительного усилителя, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), когерентный накопитель сигналов, первый цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), блок задания режимов и выбора параметров в/ч импульсов, включений между вторым входом когерентного накопителя сигналов и синхронизатором, арифметически-логическое устройство, последовательно соединенное со вторым блоком ЦАП и включенное между третьим входом когерентного накопителя сигналов и соответствующими входами предварительного усилителя, и кварцевый генератор, подключенный к четвертому входу когерентного накопителя сигналов. **Патент РФ 54198. Н. А. Кеслер (№ 16).**

Генератор ударных импульсов для поиска подземных трубопроводов, отличающийся тем, что в днище цилиндра встроены не связанный с сердечником боек, прикрепленный к днищу на эластичной подвеске, а электрическая схема выполнена в виде последовательно соединенных регулятора силы удара, мультивибратора и формирователя длительности импульсов, подаваемых на катушку. **Патент РФ 54214. С. С. Сергеев (№ 16).**

Устройство для ультразвукового контроля изделий из электропроводных материалов, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено основными и вспомогательными токопроводящими обмотками, магнитная система выполнена, по меньшей мере, из двух Е-образных магнитопроводов, каждый из которых расположен симметрично относительно продольной оси устройства, противоположные крайние стойки магнитопроводов выполнены как единое целое и с осевым отверстием, предназначенным для прохода контролируемого изделия, защитные элементы выполнены в форме полых цилиндров, длина которых превышает толщину крайних стоек, защитные элементы установлены в осевых отверстиях так, что их концевые части, обращенные внутрь магнитной системы, выступают из отверстий и на этих выступающих концевых частях установлены вспомогательные токопроводящие обмотки, а основные токопроводящие обмотки установлены на средних стойках магнитопроводов, катушки преобразователей взаимосвязаны с торцами средних стоек Е-образных магнитопроводов посредством пружин так, что между торцом стойки и магнитодиелектрической прокладкой каждого Е-образного магнитопровода имеется зазор. **Заявка РФ 200434829128. С. В. Кунцын, О. Б. Калинин. ЗАО НПП «Нефетрубосервис» (№ 13).**

Нелинейный акустический способ обнаружения трещин и их местоположений в конструкции и устройстве для реализации, отличающийся тем, что ультразвуковую волну последовательно излучают в конструкцию под различными углами ввода α_i , где $i = 0, 1 \dots k$, изменяя угол α_i от минимально необходимого угла α_0 до максимально необходимого угла α_k , формируя тем самым диапазон исследуемых дальностей, при этом для каждого значения угла ввода α_i , определяют текущее распределение значений амплитуды модуляции ультразвуковой волны от дальности, выполняя это, по крайней мере, для двух значений частот низкочастотной вибрации, после чего из полученных распределений для каждого угла ввода α_i выбирают и регистрируют для каждой дальности только максимальные значения амплитуд модуляции ультразвуковой волны, по которым судят о наличии и величине трещин. **Патент РФ 2274859. В. В. Казаков. ЗАО «Азатрон» (№ 11).**

Многоканальное акустико-эмиссионное устройство для контроля изделий, отличающееся тем, что в устройстве выход аналого-цифрового преобразователя подключен к входу первого цифрового мультиплексора, управляющий вход которого соединен с первым выходом устройства управления, выходы первого цифрового мультиплексора подключены к двум оперативным запоминающим устройствам, выходы которых соединены с входами второго цифрового мультиплексора, а управляющие входы оперативных запоминающих устройств объединены и подключены ко второму выходу устройства управления, третий выход устройства управления подключен к управляемому входу второго цифрового мультиплексора, а в каждом канале выход пикового детектора соединен с неинвертирующим входом компаратора, а к инвертирующему входу компаратора каждого канала подключен выход цифроаналогового преобразователя, входы цифроаналоговых преобразователей объединены и соединены с первым выходом микропроцессора, выходы компараторов соединены с входами микропроцессора, шина ввода-вывода которого соединена с первой шиной ввода-вывода устройства управления, вторая шина ввода-вывода устройства управления объединена с выходной шиной второго мультиплексора и соединена с шиной компьютера. **Заявка РФ 2004130969/28. А. Н. Серьезнов, Л. Н. Степанова, В. В. Муравьев и др. (№ 10).**

Способ увеличения ресурса безопасной эксплуатации элементов металлических конструкций, основанный на проведении расчетов прочности элементов металлических конструкций, инструментальном определении размеров элементов металлических конструкций и последующем их усилении. Приведены отличительные признаки способа. **Заявка РФ 2004134830/28. В. А. Авдюшкин, П. Г. Бродский, А. Н. Добротворский и др. (№ 13).**

Устройство для ультразвукового контроля, отличающееся тем, что направляющие колеса осями их вращения закреплены на экране, последний установлен концентрично шине и окно экрана расположено между направляющими колесами, ультразвуковой преобразователь расположен в полости шины, при этом наружная поверхность ультразвукового преобразователя, обращенная в сторону окна экрана, сопряжена с поверхностью полости шины, ультразвуковой преобразователь установлен с возможностью его поворота относительно окна экрана, причем в экране выполнено направляющее продольное отверстие, через которое пропущен вал, а тина выполнена со сферообразной наружной поверхностью из эластичного желеобразного кремнийорганического компаунда пластифицированного кремнийорганической жидкостью. **Патент РФ 54199. А. С. Курочкин, А. Х. Вонилкин, Г. А. Моторнов. № 16).**



ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛА
«ДЕФЕКТОСКОПИЯ» (РФ) ЗА 2005 г.



Баев А. Р., М. В. Асадчая. Особенности возбуждения и распространения продольных и поперечных подповерхностных волн в твердых телах. I. Волны в объектах с плоской свободной границей, № 9, с. 19.

Баев А. Р., М. В. Асадчая. Особенности возбуждения и распространения продольных и поперечных подповерхностных волн в твердых телах. II. Влияние некоторых граничных условий на формирование акустического поля, № 9, с. 32.

Базулин Е. Г. Когерентное восстановление изображений дефектов при регистрации эхосигналов в раздельном режиме, № 11, с. 80.

Бархатов В. А. Модели формирования ультразвуковых сигналов в задачах реконструкции изображений, № 1, с. 10.

Бархатов В. А. Решение динамических задач акустики методом конечных разностей во временной области. Основные соотношения. Анализ погрешностей, № 3, с. 12.

Бида Г. В. Неразрушающий контроль механических свойств стального проката (Обзор). I. Контроль прочностных и пластических свойств, № 5, с. 39.

Бида Г. В. Неразрушающий контроль механических свойств стального проката (Обзор). II. Контроль вязких свойств, № 5, с. 54.

Боченин В. И., Кузнецов В. П., Мошкин В. И., Неупокоев А. И. Рентгенометрический способ определения главных напряжений в нефтегазовых трубопроводах после дробеструйной обработки, № 6, с. 70.

Вахов В. В., Веретенников И. Б., Пьянков В. А. Автоматизированный ультразвуковой контроль заготовок валов газотурбинных двигателей, № 3, с. 32.

Глазков Ю. А. О механизме старения контрольных образцов для капиллярной дефектоскопии. Ч. I. Влияние на старение образцов дефектоскопических материалов, № 1, с. 60.

Глазков Ю. А. О механизме старения контрольных образцов для капиллярной дефектоскопии. Ч. II. Влияние на старение образцов окисления и коррозии металлов, № 1, с. 67.

Гобов Ю. Л., Лоскутов В. Е., Реутов Ю. Я. Дипольная модель магнитных полей рассеяния от кольцевого стыкового сварного шва, № 9, с. 85.

Голиков Е. Г., Кружалов А. В., Кудымов К. А., Нешов Ф. Г., Рябухин О. В. Исследование возможностей радиационного контроля обваловки магистральных газопроводов с использованием источников нейтронного излучения, № 8, с. 76.

Горкунов Э. С., Митропольская С. Ю., Поволоцкая А. М. Влияние неферромагнитных зазоров на магнитные свойства пакетов стальных пластин с различной степенью магнитной твердости. I. Замкнутая цепь, № 3, с. 55.

Горкунов Э. С., Поволоцкая А. М., Митропольская С. Ю. Влияние неферромагнитных зазоров на магнитные свойства пакетов пластин с различной степенью магнитной твердости. II. Приставной электромагнит, № 3, с. 63.

Горкунов Э. С., Драгошанский Ю. Н., Соломенн М. Н., Бархатов В. А., Задворкин С. М. Исследование влияния кристаллографической анизотропии и доменной структуры ферромагнетиков на параметры двойного электромагнитно-акустического преобразования, № 4, с. 3.

Горкунов Э. С., Захаров В. А., Мужикский В. Ф., Ульянов А. И., Чулкина А. А. Влияние упругой и пластической деформаций на коэрцитивную силу пористых ферромагнитных материалов, № 10, с. 5.

Данилов В. Н. К оценке параметров сигналов, наблюдаемых при ультразвуковом контроле цилиндрического изделия прямым преобразователем с торцевой поверхности, № 2, с. 55.

Данилов В. Н. Об особенностях построения и использования АРД-диаграмм прямых преобразователей для настройки чувствительности дефектоскопов при ультразвуковом контроле изделий из алюминиевых сплавов, № 7, с. 46.

Детков А. Ю., Мужикский В. Ф., Ремезов В. Б. Бесконтактный портативный электромагнитно-акустический толщиномер ЭМАТ-100. Трехмерное представление акустических полей однофазного излучателя, № 6, с. 38.

Дякин В. В., Умергалина О. В., Раевский В. Я. Поле конечного дефекта в трехмерном полупространстве, № 8, с. 28.

Дякин В. Е., Умергалина О. В. Асимптотика электромагнитного поля в задачах дефектоскопии, № 9, с. 91.

Ермолов И. Н. Достижения в ультразвуковом контроле (по материалам 16-й Международной конференции), № 8, с. 3.



- Зенин Е. И., Лоскутов В. Е., Ваулин С. Л., Гобов Ю. Л., Корзунин Г. С.** Намагничивающая система внутритрубного дефектоскопа с поперечным намагничиванием, № 8, с. 48.
- Комаров В. А.** Акустическое поле ближней зоны однофазных излучателей при ЭМАП в металлах, № 7, с. 31.
- Коновалов С. И., Кузьменко А. Г.** Влияние конструктивных параметров преобразователя на длительность акустического импульса, излучаемого в твердое тело, № 6, с. 3.
- Корзунин Г. С.** Современное состояние контроля некоторых магнитных характеристик анизотропной электротехнической стали (Обзор), № 10, с. 23.
- Костин В. Н., Кадров А. В., Кусков А. Е.** Оценка упругих и пластических деформаций ферритоперлитных сталей по магнитным свойствам вещества, № 10, с. 13.
- Круглова Г. В., Князюк Л. В., Кортон В. С.** Определение размеров непровара по сечению сварного шва при радиационном контроле, № 4, с. 63.
- Кузавков В. М., Розинов А. Я., Штайц В. В.** Обоснование выбора методов и норм интегрального и локального контроля герметичности на стадии проектирования конструкций, № 1, с. 53.
- Кулеев В. Г., Царькова Т. П., Ничипурук А. П.** Особенности поведения коэрцитивной силы пластически деформированных малоуглеродистых сталей, № 5, с. 24.
- Кулешов В. К., Лапшин Б. М., Оглезнева Л. А.** Применение спектрально-корреляционного анализа при акустико-эмиссионном мониторинге узлов пуска-приема очистных и диагностических устройств магистральных нефтепроводов, № 8, с. 24.
- Лухвич А. А., Булатов О. В.** Магнитный контроль распределения по глубине физико-механических свойств, № 11, с. 30.
- Марков А. А., Мосягин В. В., Кескинов М. В.** Программа трехмерного моделирования сигналов ультразвукового контроля изделий, № 12, с. 7.
- Маслов Б. Я., Коротеев В. А., Стецюк А. Е.** Измерение энергии и амплитуды импульсных АЭ сигналов, № 6, с. 17.
- Мужицкий В. Ф., Карабчевский В. А., Карпов С. В.** Десятилетний опыт обследований стресс-коррозионных и других поверхностных дефектов магистральных газопроводов, № 4, с. 25.
- Недавний И. О., Осипов С. П.** Обнаружение и классификация включений в условиях флуктуации параметров объекта контроля двухэнергетическим рентгеновским способом, № 4, с. 76.
- Пашагин А. И., Бенклевская Н. П., Щербинин В. Е.** Использование гармонического анализа сигнала индукционного преобразователя для повышения информативности контроля, № 11, с. 15.
- Потапов А. И., Кацан И. Ф., Соколов О. Л.** Радиолокационный интроскоп для оценки профиля подповерхностного отражающего слоя, № 4, с. 44.
- Потапов А. И., Клопов В. Д.** Оптический метод неразрушающего контроля светорассеивающих материалов, № 7, с. 84.
- Пудов В. И., Соболев А. С.** Модель стандартных образцов магнитной восприимчивости дисперсных материалов для капаметрической аппаратуры. Ч. I. Расчет калибровочного образца с нормированной магнитной восприимчивостью дисперсного материала, № 11, с. 39.
- Пудов В. И., Соболев А. С.** Модель стандартных образцов магнитной восприимчивости дисперсных материалов для капаметрической аппаратуры. Ч. II. Экспериментальная оценка параметров стандартных образцов, № 11, с. 45.
- Пудов В. И., Соболев А. С.** Модель стандартных образцов магнитной восприимчивости дисперсных материалов для капаметрической аппаратуры. Ч. III. Метрологическая оценка стандартных образцов, № 11, с. 51.
- Пьянков В. А., Михайлов И. И.** Автоматизированная система ультразвукового контроля дисков с применением фазированных решеток, № 9, с. 3.
- Ригмакт М. Б., Ничипурук А. П., Худяков Б. А., Пономарев В. С., Терещенко Н. А., Корх М. К.** Приборы для магнитного фазового анализа изделий из аустенитных коррозионно-стойких сталей, № 11, с. 3.
- Розин А. Я.** Физическая сущность и особенности расчета акустического излучения пузырькового эффекта при выявлении сквозных микронеплотностей, № 5, с. 77.
- Самохвалов Р. В., Зазибин В. А., Сахно Ю. Е.** Испытания комплексов ультразвукового контроля напряженного состояния металлоконструкций и локатора микротрещин на эффектах нелинейности акустики, № 3, с. 3.
- Сенюткин П. А., Чинейкина Е. Ф.** Оценка характеристик пьезоэлектрических преобразователей, № 1, с. 20.
- Сенюткин П. А.** Оценка достоверности контроля по ограниченной выборке из брака при ультразвуковой автоматизированной дефектоскопии труб, № 6, с. 22.
- Солодушкин В. И., Метель А. А.** Оценка эффективности счетного метода обработки информации в многоканальных радиометрических системах контроля, № 2, с. 79.
- Сукацкас В., Волковас В.** Методика обработки сигналов при оценке количества осадков в трубопроводах интерферометрическим методом, № 7, с. 23.
- Сурков Ю. П., Горчаков В. А., Рыбалко В. Г., Сурков А. Ю.** Возможные причины избирательности коррозионного растрескивания труб подземных магистральных газопроводов, № 6, с. 90.
- Сурков Ю. П., Горчаков В. А., Садтрдинов Р. А., Рыбалко В. Г., Новгородов Д. В., Сурков А. Ю.** Анализ состояния труб газопроводов с использованием магнитных методов контроля, № 9, с. 69.
- Тао Жинь, Ку Пейвен, Чей Лянь, Ли Лянь.** Исследование по алгоритму распознавания дефектов при магнитном контроле прибрежных трубопроводов, № 4, с. 34.
- Тырсин А. Н.** Дефектоскопия механических систем по отклику на гармоническое воздействие на основе моделей авторегрессии, № 2, с. 72.
- Ушаков В. М.** Принципы разработки пьезопреобразователей ультразвукового контроля изделий с плоской и криволинейной поверхностью, № 6, с. 29.
- Хан Венхуа, Пейвен Ке.** Улучшенный генетический алгоритм локального поиска для реконструкции дефектов из сигналов магнитного поля рассеяния, № 12, с. 58.
- Ширяев А. М.** Алгоритмы, критерии и расчетные формулы для визуализации источником акустической эмиссии, № 3, с. 36.
- Шукевич А. К., Полоневич А. А.** Электромагнитный преобразователь для одновременного контроля толщины металла и немагнитного покрытия, № 8, с. 68.
- Щербинский В. Г.** Как ультразвуковая дефектоскопия сварных соединений завоевала право на самостоятельность, № 6, с. 99.



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПЛАКАТЫ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

С целью популяризации достижений в области неразрушающего контроля сварных соединений в **Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (ИЭС)** разработан комплект учебно-методических плакатов по основным проблемам неразрушающего контроля. Они посвящены наиболее актуальным задачам дефектоскопии таким, как:

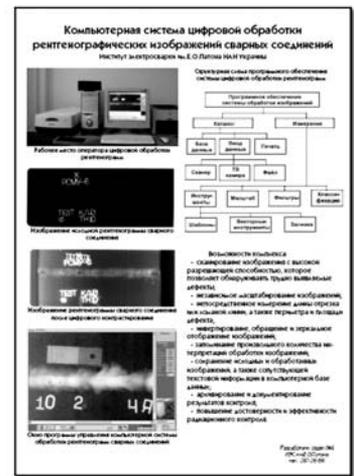
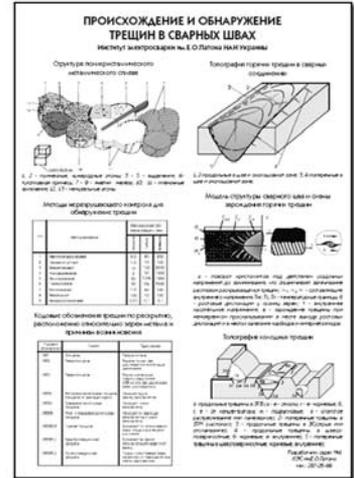
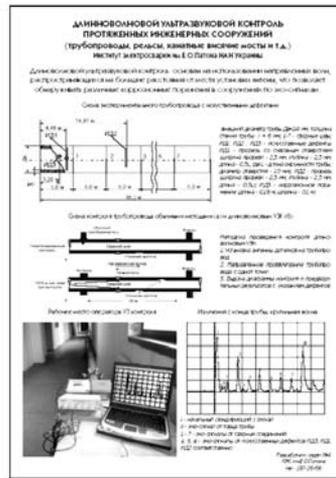
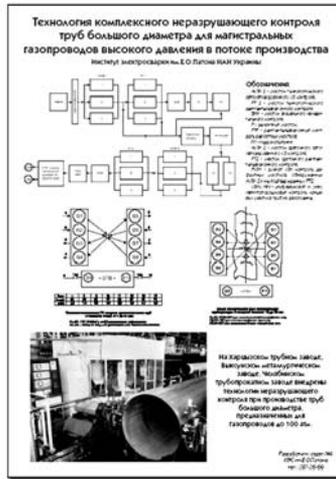
- происхождение и обнаружение различного рода трещин в сварных швах;
- обнаружение дефектов в сварных швах изделий из пластмасс;
- использование ультразвуковых волн дифракции для точного определения размеров внутренних трещин (метод TOFD);
- длинноволновой низкочастотный ультразвуковой контроль протяженных инженерных сооружений;
- компьютерная система цифровой обработки рентгенографических изображений сварных соединений;
- определение утонений металла, наличия зазоров, инородных наслоений методом тангенциального просвечивания;
- технология комплексного неразрушающего контроля труб для магистральных газопроводов;
- акустическая эмиссия — перспективный метод неразрушающего контроля;
- намагничивающие устройства на основе постоянных магнитов;
- вихретоковый контроль, новые технологические возможности.

Плакаты выполнены на формате A1, частично в псевдоцвете, имеют краткие локаничные пояснения, рассчитанные на массового читателя.

Учебно-методические плакаты рассчитаны на слушателей учебных и аттестационных центров подготовки специалистов по неразрушающему контролю.

Более подробную информацию по каждой теме можно найти в учебных пособиях, изданных в ИЭС:

1. **Троицкий В. А., Радько В. П., Демидко В. П.** и др. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций. — Киев: Техника, 1986. — 320 с.

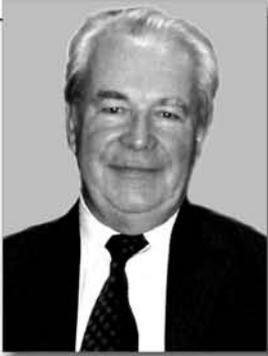


2. **Троицкий В. А.** Магнитопорошковый контроль сварных соединений и деталей машин. — Киев: Феникс, 2002. — 300 с.

3. Ультразвуковой контроль: дефектоскопы, нормативные документы, стандарты по УЗК / Составитель Троицкий В. А. — Киев: Феникс, 2006. — 224 с.

4. **Троицкий В. А.** Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. — Киев: Феникс, 2006. — 320 с.

Заявки на поставку комплекта плакатов (11 шт.) и указанной литературы можно сделать по тел./факсу (044) 289-21-66.



ВІТАЄМО ЮВІЛЯРА!

28 вересня 2006 р. виповнилось 70 років старшому науковому співробітнику Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, заступнику завідуючого відділом, заступнику директора Центра сертифікації при Українському товаристві неруйнівного контролю, члену Правління Українського товариства неруйнівного контролю і технічної діагностики, кандидату технічних наук **Миколі Григоровичу Білому**.

Після закінчення Київського політехнічного інституту у 1966 р. Микола Григорович розпочав трудову діяльність в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, де успішно працював над розробкою нових джерел електроживлення для зварювання та інших технологій. У 1982 р. він захистив кандидатську дисертацію, тема якої «Дослідження та розробка трьохфазних симетричних, що регулюються підмагнічуванням, трансформаторів для джерел живлення загальнопромислового призначення».

В 1976 р. виробничі та наукові інтереси Інституту поставили перед М.Г. Білим завдання змінити напрямок трудової діяльності — і він став фахівцем з неруйнівного контролю якості зварних металоконструкцій, очоливши лабораторію радіаційного контролю зварних швів ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ. Ним розроблена і впроваджена у виробництво високочутлива рентгентелевізійна система, в якій застосовано ефективний спосіб підвищення чутливості контролю і розширення діапазону товщин контрольованих виробів.

М.Г. Білий — один з основних організаторів створення і впровадження у виробництво малосрібних детекторів для промислової радіографії зварних виробів. Він вніс значний вклад у розробку високочутливих рентгентелевізійних систем, основаних на комп'ютерній обробці сигналу в реальному часі, у створенні систем підвищення контрасту та архівування рентгенографічних знімків, у дослідженні цифрових технологій в радіаційному контролі зварних з'єднань та багато іншого.

Микола Григорович активно працює в Технічному комітеті зі стандартизації N 78 «Технічна діагностика і неруйнівний контроль» і є розробником ряду національних стандартів з радіографічного контролю. Він має більш ніж 190 опублікованих робіт, з яких 56 — авторські свідоцтва і патенти.

Крім наукової діяльності, М.Г. Білий вносить вагомий внесок і в інші напрямки діяльності: успішно виконує обов'язки члена Бюро Правління Українського товариства НКТД, наукового редактора журналу «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», члена ради Національного атестаційного комітету з неруйнівного контролю. Як фахівець III рівня кваліфікації з НК: радіаційного, магнітного, капілярного, вихрострумового і візуального проводить плідну роботу по підготовці й атестації фахівців в галузі неруйнівного контролю. Його знають і люблять практично всі дефектоскопісти України, яких він навчав чи атестував протягом 20 останніх років. І не дарма називають його «Народний вчитель».

Всьому колективу відділу неруйнівного контролю ІЕЗ ім. Є.О. Патона, членам Правління УТ НКТД і іншим спеціалістам, що пройшли з Вами нелегкими професійними дорогами, надзвичайно приємно привітати Вас, вельмишановний Миколо Григоровичу, із 70-річчям! Ми віримо в Ваші сили, в Вашу мудрість, віримо, що ще багато років матимемо насолоду співпрацювати з Вами. Зичимо всіляких гараздів, особистого щастя, родинного затишку і благополуччя! Бажаємо міцного богатырського здоров'я, молодечого запалу, міцності духу і наснаги на довгі-довгі роки для здійснення всього задуманого!

Дирекція і співробітники ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ
Правління Українського товариства НКТД
Редколегія та редакція журналу «ТД и НК»



15 октября 2006 г. исполнилось 60 лет **Гарькавому Василию Васильевичу**, кандидату технических наук, старшему научному сотруднику, специалисту III уровня квалификации по УТ.

Василий Васильевич в 1970 г. с отличием закончил Харьковский политехнический институт. С 1970 г. по 2000 г. работал в Украинском научно-исследовательском институте металлов. Прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией неразрушающего контроля проката и заготовок.

Под руководством Гарькавого В. В. выполнено 29 научно-исследовательских работ, разработаны и внедрены технологии и оборудование ультразвукового электромагнитно-акустического контроля качества макроструктуры, вихретокового контроля качества поверхности и магнитного контроля твердости поверхности катания железнодорожных рельсов, создано оборудование ультразвукового и вихретокового контроля качества макроструктуры и поверхности непрерывно-литых заготовок, периодической прокатки зубчатых реек модулями 16 и 24 для рукоятей экскаваторов.

С 2000 г. Василий Васильевич работает техническим директором НПФ «ФЭРТА». Под его руководством и при его непосредственном участии создано и внедрено целое семейство толщиномеров электромагнитно-акустических ФЭРТА. Оборудование, приборы и технологии неразрушающего контроля и прокатки, разработанные Гарькавым В. В., внедрены в Украине, Российской Федерации и др. странах.

120 авторских свидетельств и патентов, 95 научно-технических статей освещают новые технологии и оборудование неразрушающего контроля, непрерывной разливки стали, прокатного производства, производств гнутых профилей, прокатных валков и мелющих тел. В. В. Гарькавым разработано 12 нормативных документов, в том числе три стандарта.

Высокая ответственность в работе, порядочность, интеллигентность, внимание к коллегам снискали уважение к Василию Васильевичу со стороны всех, кто его знает.

Поздравляем Вас, уважаемый Василий Васильевич, с юбилеем!
Желаем Вам крепкого здоровья, новых творческих достижений,
личного счастья!



Свой 50-летний юбилей отмечает кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель заведующего отделом N 59 «Техническая диагностика сварных конструкций» Института электросварки им. Е.О. Патона НАНУ **Яременко Михаил Андреевич**.

Молодым специалистом после окончания Киевского политехнического института в 1979 г. Михаил Андреевич начинает свою трудовую деятельность в Институте электросварки. Талант и энергия, трудолюбие и настойчивость позволили ему стать отличным специалистом в области технической диагностики сварных конструкций. Итогом плодотворной научной и внедренческой работы, обобщением более чем пятидесяти научных статей, методических разработок и изобретений в области технологии производства и обеспечения безопасности эксплуатации конструкций стала защищенная в 2004 г. кандидатская диссертация на тему «Технология акустико-эмиссионного контроля сварных трубопроводов и сосудов давления».

Яременко М. А. активно участвует в научно-исследовательских разработках и, в частности, занимается разработкой и внедрением в производство систем диагностирования и мониторинга объектов повышенной опасности, созданием нормативной базы, подготовкой специалистов в области технической диагностики. Он — автор восьми стандартов, два из них ДСТУ, опубликовал 70 научных работ, имеет 15 авторских свидетельств.

Глубокие знания, трудолюбие и целеустремленность, неиссякаемая энергия и оптимизм позволяют Михаилу Андреевичу неизменно сохранять лидирующие позиции в области технической диагностики.

Дирекция института, сотрудники, редколлегия и редакция журнала «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» поздравляют юбиляра, желают ему здоровья и творческих успехов в его практической и научной работе!



ИЗОТОП

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТРУБОПРОВОДОВ И СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ:

- рентгеновские аппараты серии "АРИНА", "САРМА", "РАТМИР" и др.;
- рентгеновская пленка, химреактивы и проявочная техника AGFA NDT;
- расходные материалы для капиллярной, и магнитопорошковой дефектоскопии ARDROX;
- принадлежности для радиографии



03680, ГСП, г. Киев, ул. Горького, 152, тел./факс: (044) 528-90-00
E-mail: ndt@izotop.kiev.ua

ГП «АТТЕСТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ» ПРИ ИНСТИТУТЕ ЭЛЕКТРОСВАРКИ ИМ. Е. О. ПАТОНА НАН УКРАИНЫ

ПРОВОДИТ

*неразрушающий контроль (визуально-измерительный, ультразвуковой, радиационный, капиллярный, магнитопорошковый, контроль герметичности);
техническое диагностирование и техническое освидетельствование следующего оборудования:*

- ✦ металлоконструкций и строительных конструкций
- ✦ паровых и водогрейных котлов
- ✦ сосудов, работающих под давлением
- ✦ трубопроводов пара и горячей воды
- ✦ грузоподъемных кранов
- ✦ технологических трубопроводов и оборудования
- ✦ магистральных трубопроводов
- ✦ резервуаров для хранения нефтепродуктов
(Разрешение на начало работ № 32.03.30–31.62.3)



АТТЕСТУЕТ

специалистов неразрушающего контроля по следующим методам:

- ✦ визуально-оптическому
- ✦ ультразвуковому
- ✦ радиационному
- ✦ магнитопорошковому
- ✦ капиллярному
- ✦ контролю герметичности



ИЗГОТАВЛИВАЕТ

стандартные образцы предприятия с зарубками, боковыми и плоскостными сверлениями в соответствии с требованиями нормативных документов

03680, г. Киев-150, ГСП, ул. Боженко, 17
Тел.: (044) 200-81-83; 490-71-19



НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА «ПРОМСЕРВІСДІАГНОСТИКА»

Тел./факс: (044) 200-88-13 ❖ Тел.: (044) 200-84-74 ❖ E-mail: promsdiag@ukr.net

Наша фірма на протязі багатьох років, використовуючи власну матеріальну базу та сучасні методи неруйнівного та руйнівного контролю й оцінки результатів випробувань, проводить роботи з неруйнівного та руйнівного контролю, технічного діагностування та чергового і позачергового технічного огляду посудин, що працюють під тиском, в тому числі цистерн; резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів; вантажопідіймальних механізмів; парових і водогрійних котлів, трубопроводів пари та гарячої води; технологічного обладнання та трубопроводів хімічних, нафтохімічних та нафтогазопереробних виробництв; систем газопостачання; АГНКС; магістральних газо- та нафтопроводів; криогенного обладнання; несучих та огорожуючих конструкцій (Дозволи на продовження робіт № 1447.04.30-74.30.0; 1894.0430-74.30.0; 1930.04.30-74.30.0; П146.05.30-74.30.0 Держнаглядохоронпраці України та Ліцензія Держбуду України № 105368 від 7 червня 2005 р.).

Нашою фірмою розроблено комплекс акустично-емісійного контролю об'єктів підвищеної безпеки Міністерства політики України «АКОРД», що пройшов державні випробування та метрологічну атестацію в 2005 р. і є значно дешевшим за аналоги зарубіжного виробництва.

Ми тісно співпрацюємо з фахівцями ІЄЗ ім. Є. О. Патона НАН України та іншими субпідрядниками і за час діяльності провели спільно з ними дослідження характеру розшарувань газових сепараторів; дослідження причин руйнування підземних магістральних трубопроводів, посудин, що працюють під тиском з технологічними об'язками, резервуарів для зберігання нафти та нафтопродуктів, технологічного обладнання, газорозподільних станцій ВАТ «Укрнафта» (НГВУ «Охтирканавтогаз»), ДП «Харківтрансгаз» та інших підприємств, виявили десятки одиниць обладнання, що мало небезпечні дефекти і усунули їх.

При виникненні у Вас пропозицій щодо неруйнівного та руйнівного контролю, технічного діагностування, технічного огляду (опосвідчення) названих вище об'єктів, придбання комплексу акустично-емісійного контролю ми готові до співпраці.



КВАРЦ

Лицензия Министерства охраны
окружающей среды Украины
№ 000097 серия ЯРБ – 20



ООО Кварц выполняет ремонт:

- 1) Рентгеновских аппаратов РАП-150/300, РУП-150/300, РУП-200-5-2, РУП-120, МХР и др.
- 2) Импульсных аппаратов «Арина», «Мира», «Нора» – всех моделей
- 3) Установка и модернизация систем промышленного рентгенотелевидения



Поставка:

- 1) рентгеновских аппаратов всех моделей
- 2) рентгеновских трубок всех типов к промышленным рентгеновским аппаратам и спектрометрам
- 3) высоковольтных кабелей к рентгеновским аппаратам РАП-150/300, РУП-150/300

г. Харьков, 61115 а/я 3184
т. (057) 751-33-48, 759-89-55
ф. (057) 754-56-04, (0572) 94-54-66

www.kvartz.com.ua,
info@kvartz.com.ua,
darina@kharkov.ukrtel.net



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «АЛТЕС»

105066, г. Москва, Токмаков пер., д. 14, стр. 3

Тел./факс: (495) 267-99-77, (495) 261-46-49, (495) 267-67-92, (495) 265-10-83, (495) 265-17-82

Научно-техническое предприятие **АЛТЕС** основано в 1991 г. **АЛТЕС** занимается разработкой и изготовлением оборудования автоматизированного, механизированного и ручного ультразвукового контроля, которое обеспечивает максимальную надежность, производительность и информативность процесса контроля качества при минимальном участии оператора-дефектоскописта.

В настоящее время в составе предприятия работают специалисты высшей квалификации по акустическому методу контроля, высококвалифицированные электронщики, программисты, конструкторы.

За достижения в области неразрушающего контроля ведущие специалисты предприятия награждены международной медалью «Рентген-Соколов».

Аппаратура, выпускаемая **АЛТЕС**, хорошо зарекомендовала себя в нефтегазодобывающей и перерабатывающей, химической промышленности, на предприятиях Газпрома, заводах металлоконструкций, на транспорте, при строительстве мостов, в судостроении, в энергетике, авиации и пр.

АЛТЕС предлагает к внедрению: *аппаратуру ручного контроля и комплекты ПЭП различного назначения, вспомогательную оснастку, СОП; механизированные установки УЗК; автоматизированные высокоскоростные установки и системы контроля в технологическом потоке производства различных изделий (труб, проката, листов и др.)*. Особой популярностью пользуется малогабаритная установка измерительная ультразвуковая серии «Сканер» — модель «СКАРУЧ» (УИУ «СКАРУЧ»), которая предназначена для оперативного обнаружения и определения характеристик дефектов в сварных соединениях и основном металле трубопроводов, сосудов и металлоконструкций с толщиной стенки 4...60 мм и проведения толщинометрии изделий толщиной до 100 мм. Установка используется для ручного и механизированного ультразвукового контроля и работает в режиме автоматической фиксации и расшифровки результатов контроля при ручном сканировании системой преобразователей, а также в режиме ручного дефектоскопа (толщиномера) общего назначения.

Установка прошла государственные испытания и имеет хорошие отзывы от предприятий различных отраслей, сертифицирована Госстандартом РФ и допущена к применению ГТН РФ на подконтрольных объектах.

ДНЕПРОПЕТРОВСК – ЦЕНТР РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Разработка и внедрение у Заказчика информационно-измерительных технологий неразрушающего контроля и технической диагностики подлюч!!!



НПП «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

создано в 1991 году и объединяет ведущих специалистов Приднепровского региона, главной своей задачей видит оснащение предприятий Украины современными средствами и методиками неразрушающего контроля и технической диагностики.

Является полномочным официальным представителем на Украине АО «Интроскоп», г. Кишинев, Молдова, МНПО «Спектр», НПО «Энергодиагностика», «ИНДУСТРИЯ-СЕРВИС», «Техно-АС», «Диагност», АО «Сфинкс», АО «Константа» Россия, Rapametrics, США и др.

ПРИДНЕПРОВСКИЙ ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ И СООРУЖЕНИЙ

имеет разрешения на проведение испытаний № 1088.01.30-31.62.3, разрешение на начало работ № 651.01.12-74.20.1, разрешение на право проведения аттестации сварщиков № 60-0643 АС обеспечивает

- ❖ комплексное или раздельное экспертное техническое диагностирование и техническое освидетельствование объектов и сооружений всех видов, поднадзорных Госнадзорохрантруда Украины и другим ведомствам;
- ❖ измерения высокоточными современными приборами измерения толщины, твердости, проверки качества основного материала и сварных соединений любых самых сложных дефектоскопических конструкций;
- ❖ расчеты на прочность диагностируемых объектов;
- ❖ подготовку и оформление результатов комплексной технической диагностики объектов в соответствии с существующими нормами и программным обеспечением на современной компьютерной технике;
- ❖ аттестацию сварщиков.

Тел./факс: 8-0562-34-04-93

Тел.: 8-0562-35-07-49

**Научно-технические журналы
ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ**
<http://www.nas.gov.ua/pwj>

«Техническая диагностика и неразрушающий контроль», 4 номера в год, издается с 1989 г. В журнале представлены последние достижения в области технической диагностики и неразрушающего контроля (акустическое излучение, магнитные, радиоволновые, термические, оптические, радиационные и др. методы). Широко освещаются методики оценки и прогнозирования разрушений в сварных конструкциях.
Тел.: (38044) 271-23-90, 529-26-23

«Автоматическая сварка», 12 номеров в год, издается с 1948 г. В журнале представлена разнообразная научно-техническая информация по сварке, наплавке, резке, пайке и нанесению защитных покрытий; производственный опыт применения современных технологий для соединения материалов и восстановления изделий; сведения о новых книгах и патентах; обзорная информация о профильных выставках и конференциях; банк производителей товаров и услуг на рынке сварочного производства Украины и России.
Тел.: (38044) 287-63-02, 529-26-23

«Современная электрометаллургия» 4 номера в год, издается с 1985 г. В журнале освещаются разработки в области электрошлаковой, электронно-лучевой и плазменно-дуговой технологий, вакуумно-дугового переплава и индукционной плавки, а также в области внепечной обработки стали, энерго- и ресурсосберегающих металлургических технологий и др. До 2002 г. журнал издавался под названием «Проблемы специальной электрометаллургии».
Тел.: (38044) 528-34-84, 529-26-23

«The Paton Welding Journal», 12 номеров в год. Полный перевод на английский язык журнала «Автоматическая сварка».
Тел.: (38044) 287-63-02, 529-26-23

«Advances in Electrometallurgy», 4 номера в год. Полный перевод на английский язык журнала «Современная электрометаллургия».
Тел.: (38044) 528-34-84, 529-26-23

На официальном сайте журналов www.nas.gov.ua/pwj приведены рефераты опубликованных статей с 2000 г.

Подписка по каталогам подписных агентств, а также через редакцию.

Адрес редакций журналов:
03680, г. Киев, ул. Боженко, 11
Тел./факс: (38044) 271-24-03, 529-26-23,
287-63-02
E-mail: journal@paton.kiev.ua





У МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2006

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

**МЕТАЛЛО-
ОБРАБОТКА**
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

**БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВА**
СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ,
БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

**УКРВТОР
ТРЕХ**
КОМИССИОННАЯ ТЕХНИКА,
ОБОРУДОВАНИЕ

**ГИДРАВЛИКА
ПНЕВМАТИКА**

**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**УКРМАШ
ТРЕХ**
ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

УКРСВАРКА
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ

СУБКОНТРАКТЫ
РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКАЗОВ ПО
КООПЕРАЦИИ

**УКРПЛАСТ
ТРЕХ**
ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС

**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,
ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ

Генеральные
информационные
спонсоры:



ufi
Approved
Event



28 - 1

**ноября декабря
2006 г.**

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Министерство промышленной политики Украины
ЗАО "Международный выставочный центр"
Украинская Национальная Компания
"Укрстанкоинструмент"



(044) 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15
М "Левобережная"

Информационная поддержка:





**ПОДПИСКА – 2007 на журнал
«Техническая диагностика и неразрушающий контроль»**

<i>Стоимость подписки через редакцию*</i>	Украина		Россия		Страны Дальнего зарубежья	
	на полугодие	на год	на полугодие	на год	на полугодие	на год
	60 грн.	120 грн.	600 руб.	1200 руб.	26 долл. США	52 долл. США
*В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.						

Если Вас заинтересовало наше предложение, заполните, пожалуйста, купон и отправьте заявку по факсу или электронной почте.

Телефоны и факсы редакции журнала «Техническая диагностика и неразрушающий контроль»: тел.: (38044) 271-23-90, 271-24-03, 529-26-23, факс: (38044) 528-34-84, 529-26-23.

ПОДПИСНОЙ КУПОН	
Адрес для доставки журнала	_____
Срок подписки с	200 г. по
Фамилия И. О.	200 г. включительно
Компания	_____
Должность	_____
Тел., факс, E-mail	_____

Подписку на журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» можно оформить также: в Украине: подписные агентства «Пресса», «Идея», «Саммит», «Прессцентр», KSS, «Блиц-Информ»; в России: подписные агентства «Роспечать», Пресса России.

РЕКЛАМА в журнале «Техническая диагностика и неразрушающий контроль»

Обложка наружная, полноцветная
 Первая страница обложки (190×190 мм) — 500 \$
 Вторая страница обложки (200×290 мм) — 350 \$
 Третья страница обложки (200×290 мм) — 350 \$
 Четвертая страница обложки (200×290 мм) — 400 \$
Обложка внутренняя, полноцветная
 Первая страница обложки (200×290 мм) — 350 \$
 Вторая страница обложки (200×290 мм) — 350 \$
 Третья страница обложки (200×290 мм) — 350 \$

Четвертая страница обложки (200×290 мм) — 350 \$
Внутренняя вставка
 Полноцветная (200×290 мм) — 300 \$
 Полноцветная (разворот А3) (400×290 мм) — 500 \$
 Полноцветная (200×145 мм) 150 \$
 Черно-белая (170×250 мм) — 80 \$
 Черно-белая (170×125 мм) — 50 \$
 Черно-белая (80×80 мм) — 15 \$
 • Оплата в гривнях или рублях РФ по официальному курсу.
 • Для организаций-резидентов Украины цена с НДС и налогом на рекламу.
 • Статья на правах рекламы — 50% стоимости рекламной площади.
 • При заключении рекламных контрактов на сумму, превышающую 1000 \$,

предусмотрена гибкая система скидок.
Технические требования к рекламным материалам
 • Размер журнала после обрезки 200×290 мм.
 • В рекламных макетах, для текста, логотипов и других элементов, необходимо отступать от края модуля на 5 мм с целью избежания потери части информации.
Все файлы в формате IBM PC
 • Corell Draw, версия до 10.0
 • Adobe Photoshop, версия до 7.0
 • QuarkXPress, версия до 5.0
 • Изображения в формате TIFF, цветовая модель CMYK, разрешение 300 dpi.

Подписано к печати 30.10.2006. Формат 60×84/8. Офсетная печать. Усл. печ. л. 8,0. Усл. кр.-отт. 8,7. Уч.-изд. л. 8,9 + 2 цв. вклейки. Цена договорная.