

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Вчені ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ:

Л.М. ЛОБАНОВ (головний редактор),

А.Я. Недосека (заст. гол. ред.),

В.О. Троїцький (заст. гол. ред.),

Є.О. Давидов, С.А. Недосека

В.Л. Венгринович

Інститут прикладної фізики НАН Білорусі, Мінськ

К. Драган

Технологічний інститут повітряних сил,

Варшава, Польща

М.Л. Казакевич

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського

НАН України, м. Київ

О.М. Карпаш

Івано-Франківський нац. техн. університет нафти і газу

Л.І. Муравський

ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів

З.Т. Назарчук

ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів

Г.І. Прокопенко

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова

НАН України, м. Київ

А.Г. Протасов

НТУ України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ

В.Р. Скальський

ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів

В.О. Стороженко

Харківський національний університет радіоелектроніки

В.О. Стрижало

Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка

НАН України, м. Київ

В.М. Учанін

ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів

С.К. Фомічов

НТУ України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ

М.Г. Чаусов

Національний університет біоресурсів і

природокористування України, м. Київ

Засновники

Національна академія наук України,

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ,

Міжнародна Асоціація «Зварювання» (видавець)

Адреса редакції

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

03150, Україна, м. Київ,

вул. Казимира Малевича, 11

Тел./факс: (044) 200-82-77, 205-23-90, 200-54-84

E-mail: journal@paton.kiev.ua

www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tdnk

Свідоцтво про державну реєстрацію

КВ4787 от 09.01.2001

Журнал входить до Переліку наукових фахових видань
України затвердженого Міністерством освіти і науки
України (Наказ № 996 від 11.07.2017 р.)

ЗМІСТ

Борис Євгенович Патон — почесний член IEEE! 3

Розробки Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона
в галузі неруйнівного контролю 4

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

*ГОПКАЛО О.П., НЕХОТЯЩИЙ В.О., БЕЗЛЮДЬКО Г.Я.,
КУРАШ Ю.П., СОЛОМАХА Р.М.* Діагностування
пошкодженості аустенітної сталі AISI 304 при механічному
навантаженні по вимірах коерцитивної сили 12

*МІЛЕНІН О.С., ВЕЛИКОІВАНЕНКО О.А., РОЗИНКА Г.П.,
ПІВТОРАК Н.І.* Прогнозування залишкової міцності
трубопроводних елементів з виявленими корозійними
дефектами на основі методу Монте-Карло 25

НЕДОСЕКА С.А., НЕДОСЕКА А.Я., ШЕВЦОВА М.А.
Визначення пошкодженості склопластика методом АЕ
сканування 31

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

*НЕДОСЕКА А.Я., НЕДОСЕКА С.А., ЯРЕМЕНКО М.А.,
ОВСІЄНКО М.А.* Сучасні технології діагностування
обладнання в теплоенергетичному комплексі 40

ГРУЗЕВИЧ А.В., ДЕРЕЧА Д.А. Дослідження експлуатаційної
надійності труб нижньої радіаційної частини котлів
ТПП-210А, після переходу на спалювання газового вугілля 45

СТАСЮК С.З. Аналіз поведінки зварного з'єднання
різнорідних сталей в конструкції технологічного
трубопроводу риформінгу реакторного блоку 50

*ПОТАП'ЄВСЬКИЙ А.Г., БОНДАРЕНКО Ю.К., ЛОГІНОВА
Ю.В., АРТЮХ К.О.* Аналіз ризиків на технічну
безпеку джерел живлення та зварних конструкцій
з використанням НК і ТД для виробництва 58

ХРОНІКА

Неруйнівний контроль в контексті асоційованого
членства України в Європейському союзі 66

Міжнародний промисловий Форум-2019 70

ІНФОРМАЦІЯ

Про скасування ДСТУ та проблеми використання
нормативних документів при проведенні навчання та
атестації фахівців з неруйнівного контролю 73

Неруйнівний контроль в Антарктиці 75

Видання журналу підтримують:

Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики,
Технічний комітет стандартизації «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» ТК-78

EDITORIAL BOARD

Scientists of E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU

L.M. Lobanov (Editor-in-Chief),

A.Ya. Nedoseka (Deputy Editor-in-Chief)

V.O. Troitskyi (Deputy Editor-in-Chief)

Ie.O. Davydov, S.A. Nedoseka

V.L. Vengrinovich

Institute of Applied Physics of the NAS of Belarus, Minsk

K. Dragan

Air Force Institute of Technology, Warsaw, Poland

M.L. Kazakevich

L.V. Pisarzhevskii institute of physical chemistry
of the NAS of Ukraine, Kyiv

O.M. Karpash

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

L.I. Muravsky

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv

Z.Th. Nazarchuk

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv

G.I. Prokopenko

G.V. Kurdyumov Institute for Metal Physics
of the NAS of Ukraine, Kyiv

A.G. Protasov

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute»

V.R. Skalskyi

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv

V.O. Storozhenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

V.O. Stryzhalo

G.S. Pisarenko Institute for Problems
of Strength of the NAS of Ukraine, Kyiv

V.M. Uchanin

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv

S.K. Fomichov

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

M.G. Chausov

National University of Life and Environmental Sciences
of Ukraine, Kyiv

Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,
E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU,
International Association «Welding» (Publisher)

Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU
03150, Ukraine, Kyiv, 11 Kasymyr Malevych Str.
Tel./Fax: (044) 200-82-77, 205-23-90, 200-54-84
E-mail: journal@paton.kiev.ua

www.patonpublishinghouse.com/eng/journals/tdnk

The Journal is included in the list of publications approved
by the Ministry of Education and Science of Ukraine
for the publication of works of applicants for academic degrees.

Certificate of state registration
of KB 4787 dated 09.01.2001

CONTENT

Borys Evgenovych Paton — Honorary Member of IEEE	3
PWI developments in NDT field	4

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

<i>GOPKALO O.P., NEKHOTIASHCHYI V.O., BEZLYUDKO G. Ya., KURASH Yu.P., SOLOMAKHA R.M.</i> Diagnosis of damage in austenitic steel AISI 304 at mechanical loading by measurements of coercive force	12
<i>MILENIN A.S., VELIKOIVANENKO E.A., ROZYNKA G.F., PIVTORAK N.I.</i> Prediction of residual strength of pipeline elements with detected corrosion defects based on Monte-Carlo method	25
<i>NEDOSEKA S.A., NEDOSEKA A. Ya., SHEVTSOVA M.A.</i> Determination of fiberglass damage by the method of AE scanning	31

INDUSTRIAL

<i>NEDOSEKA A. Ya., NEDOSEKA S.A., YAREMENKO M.A., OVSIENKO M.A.</i> Modern technologies for equipment diagnosis in thermal power complex.....	40
<i>GRUZEVICH A.V., DERECHA D.A.</i> Investigation of operational reliability of pipes of lower radiation part of TPP-210A boilers after transition to gas coal combustion	45
<i>STASYUK S.Z.</i> Analysis of behaviour of dissimilar steel welded joint in the structure of reforming process pipeline of a reactor block	50
<i>POTAPIEVSKYI A.G., BONDARENKO Yu.K., LOGINOVA Yu.V., ARTYUKH K.O.</i> Analysis of risks for technical safety of power sources and welded structures with application of NDT&TD for production	58

NEWS

NDT in the context of Ukraine's associate membership of the European Union.....	66
International Industrial Forum-2019	70

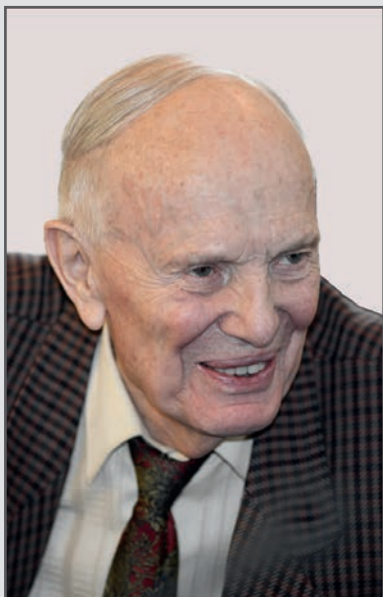
INFORMATION

On cancellation of GOSTs and problem of application of normative documents during training and certification of NDT specialists	73
NDT in the Antarctic.....	75

JOURNAL PUBLICATION IS SUPPORTED BY:

Ukrainian Society for Non-Destructive Testing and Technical Diagnostic,
Technical Committee on standartization «Technical Diagnostics and Non-Destructive Testing» TC-78

БОРИС ЄВГЕНОВИЧ ПАТОН — ПОЧЕСНИЙ ЧЛЕН IEEE!



Почесне членство в Інституті інженерів електротехніки та електроніки (IEEE) призначається фізичній особі на все життя. Присуджується Радою директорів IEEE людям, які, не будучи членами IEEE, внесли видатний вклад в розвиток людства в сферах інтересів IEEE.



Секція IEEE України з гордістю повідомляє, що професор Борис Патон, президент Національної академії наук України, директор Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України обраний для отримання Почесного членства в IEEE 2020. Це визнає його досягнення в технічних галузях IEEE, що впливали на розвиток електрометалургії, матеріалознавства, електрозварювання металів та біологічних тканин.

В кінці поточного року на зборах ради директорів IEEE схвалено рішення по наданню проф. Борису Патону, президенту Національної академії наук України, директору Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України особливої нагороди — Почесного члена IEEE (Honorary Membership Award) з формулюванням «За досягнення в технічних галузях IEEE, що впливають на розвиток електрометалургії, матеріалознавства, електрозварювання металів та біологічних тканин».

Звання Honorary Member присуджується IEEE за вагомий внесок у розвиток технічних наук, визначених IEEE. Інститут інженерів електротехніки та електроніки налічує більше ніж 400 тис. членів з 160 країн світу, однак саме Honorary Members – не більше 50. Одержувачам цього звання вручають сертифікат, знак «Почесний член» та кришталеву статуетку.

В попередні роки одержувачами почесного членства IEEE були Теллі Уїтні (2019), Антон Цайлінгер (2018), Родольфо Стефано Зіч (2016), Елон Маск (2015), Ширлі Марі Тільгман (2014) та інші.

Dear Professor Paton,

It is a great pleasure to inform you that the IEEE Board of Directors selected you to receive the **2020 IEEE Honorary Membership Award**, which is given elected by the Board of Directors from among those individuals, not members of IEEE, who have rendered meritorious service to humanity in IEEE's designated fields of interest.

The award comes with the following citation:

"For lifetime achievements within IEEE technical fields of interest in the development of processes of electrometallurgy, materials science, electric welding of metals, and biological tissues."

For nearly a century, the IEEE Awards Program has paid tribute to researchers, inventors, innovators, and practitioners whose exceptional achievements and outstanding contributions have made a lasting impact on technology, society, and the engineering profession. Each year the IEEE Awards Board recommends a small number of outstanding individuals for IEEE's most prestigious honors. You now join this select group.

Details regarding the award presentation will be sent separately via electronic mail by the IEEE Awards Staff.

Congratulations on your achievement, and thank you for your commitment to IEEE and its mission of advancing technology to benefit humanity.

Very truly yours,

Jose' Manuel Fonseca de Moura

Jose' Moura
IEEE President

РАЗРАБОТКИ ИНСТИТУТА ЭЛЕКТРОСВАРКИ им. Е.О. ПАТОНА В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины является одним из ведущих научно-исследовательских центров в области создания неразъемных соединений и материаловедения. Создание новых конструкций, освоение новых материалов, технологий сварки, наплавки, пайки и др. технологий сопровождается разработкой технологий неразрушающего контроля (НК). Информация НК ложится в основу прочностных расчетов, определения остаточного ресурса и допустимости продолжения эксплуатации объекта (рис. 1). В ИЭС им. Е.О. Патона накоплен богатый многолетний опыт по использованию методов и средств НК качества материалов и сооружений практически для всех отраслей промышленности с применением всех основных методов НК (визуальный, радиационный, магнитопорошковый, капиллярный, ультразвуковой, термография и т. д.).

При участии ИЭС им. Е.О. Патона:

- подготовлены основные Постановления правительства и Президиума НАНУ, которые определили развитие научной и производственной базы НК в Украине;
- созданы в четырех вузах специализированные кафедры по НК;
- введена в Украине трехуровневая международная система аттестации специалистов НК;
- организована Международная академия наук по НК (Academia NDT International) со штаб-квартирой в г. Брешия (Италия);
- предложен переход от покิโลметровой к потрубно́й системе технического обслуживания магистральных трубопроводов с кодами, считываемыми устройствами для внутритрубного и наружного контроля.

Ниже приводятся примеры некоторых разработок ИЭС в области НК.

Созданы приборы для **оптоэлектронного визуально-измерительного контроля (ВИК)**. Наибо-

лее простым и самым распространенным методом НК является визуальный контроль, предшествующий всем остальным видам НК. По внешнему виду сварного шва можно дать общее представление о его качестве. Достоверность визуального НК во многом определяется человеческим фактором (утомляемость, внимательность и т. п.). В настоящее время для того, чтобы перепроверить или уточнить полученные результаты необходимо заново проводить визуальный контроль подозрительных участков сварного шва.

Для устранения этих недостатков созданы приборы цифрового визуального контроля, позволяющего считывать изображения сварного шва, измерять его геометрические параметры, осуществлять беспроводную передачу полученных изображений и запоминать их в цифровом виде. Полученные записи изображений сварных швов в дальнейшем обрабатываются, документируются и архивируются программой обработки изображений, определяется их класс в соответствии с ДСТУ ISO 5817.

Пример реализации оптоэлектронного визуального контроля на базе подвижного намагничивающего устройства типа ТВА показан на рис. 2. Прибор ВИК/ТВА-1 предназначен для объективной записи со скоростью до 3 м/мин. Здесь имеется подсветка 1, 2 околошовной зоны и два лазерных указателя ширины шва. Считывание изображения выполняется с помощью миниатюрной USB видеокамеры 3. В качестве монитора и регистратора используется смартфон 4. В полую ручку 5 прибора находятся аккумуляторы, обеспечивающие восемь часов непрерывной записи и трансляции информации по Wi-Fi. Прибор комплектуется кабелем 6, что позволяет наблюдать и записывать ВИК-информацию в недоступных для наблюдателя зонах на расстоянии до 5 м.



Рис. 1. НК металлоконструкции НСК «Олимпийский» выполнялся с участием ИЭС им. Е.О. Патона

Прибор предназначен для записи и последующего анализа результатов ВИК со скоростью порядка 3 м/мин. Преимуществом предлагаемого автоматизированного ВИК является простота его использования, достоверность полученной информации о всех внешних недостатках сварного шва. Снижается влияние человеческого фактора на результаты НК, возможность объективного сравнения качества швов с требованиями стандартов ISO-5817, ISO-6520.

Для ответственных объектов уже сегодня имеются все предпосылки для внедрения автоматизированного точного ВИК, который может комплектоваться различными оптическими измерительными устройствами, подтверждающими классность сварных швов, которая может быть В, С, D (ISO-5817) в зависимости от назначения и требований Заказчика.

Флэш-радиография использует твердотельные, электронно-оптические, сцинтилляционные рентгеновские преобразователи, обеспечивающие «мгновенное» считывание (флэш) рентгеновских изображений с последующей их цифровой обработкой. В отличие от пленочной радиографии результаты НК мгновенно получают на экране монитора, которые сохраняются на электронном носителе информации.

Разработанные мобильные рентгентелевизионные системы имеют размер рабочего поля

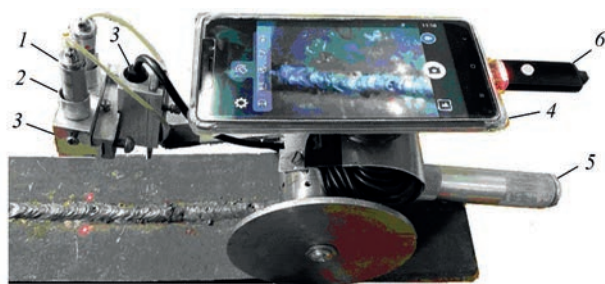


Рис. 2. Автоматизированная система ВИК на базе подвижного намагничивающего устройства типа ВИК/ТВА-1 (описание 1–6 см. в тексте)

120...200 мм, обеспечивают чувствительность контроля 0,8...1,0 % и разрешающую способность до 5 пар лин./мм (рис. 3).

X-ray mini технологии. Для радиационного контроля тонкостенных металлоконструкций и изделий часто используются миниатюрные недорогие твердотельные R-преобразователи типа S10811-11 японской фирмы Hamamatsu Photonics, с зоной контроля 24×34 мм и разрешающей способностью 25 мкм (рис. 4). При этом суммарная радиационная толщина контролируемых изделий, определяемая допустимым значением напряжения на рентгеновской трубке для данного типа рентгеновского преобразователя составляет 70 кВ. На этих энергиях изделия из алюминиевых сплавов просвечиваются толщиной до 4...5 мм, для стали – 2 мм. Подобные твердотельные миниатюрные R-преобразователи имеются других размеров и для других энергий. Подобные флюороскопические R-преобразователи, изготавливаемые ИЭС, содержат недорогие видеокамеры, применяемые в астрономии.

Сверхвысокая разрешающая способность твердотельных R-преобразователей позволяет выполнять 10...20-кратное цифровое увеличение полученного рентгеновского изображения на экране монитора без снижения его качества. Минимальный размер выявляемых дефектов 25...50 мкм.

Повысить разрешающую способность позволяет цифровая микрофокусная рентгеноскопия, в основе которой лежит применение источников рентгеновского излучения, фокусное пятно которых менее 0,1 мм. Микрофокусные аппараты позволяют выявлять в контролируемых объектах включения с очень тонкой структурой (например, проводники толщиной 15...25 мкм, детали детонаторов и др.). Основное преимущество микрофокусных излучателей – возможность получения изображений отдельных областей контролируемого объекта с большим геометрическим увеличением (2...10 раз)



Рис. 3. Рентгентелевизионный НК с помощью твердотельного миниатюрного R-преобразователя четырехниточного трубопровода на Киевском кислородном заводе (а) и рентгенограмма сварного соединения фрагмента трубы, просвеченной через две стенки (б)

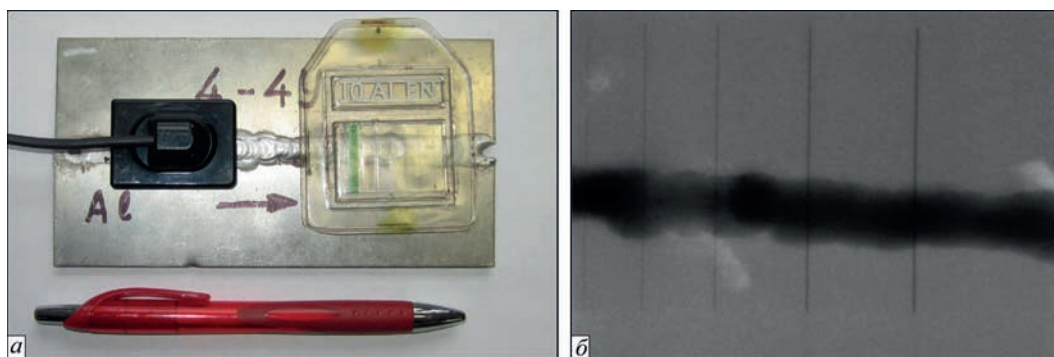


Рис. 4. Тангенциальный R-преобразователь (а) или ПЗС-матрица размерами 24×34 мм; б – результаты с экрана монитора

без ухудшения качества изображения. Таким образом подозрительный дефектный участок, выявленный при контактном просвечивании, может быть детально обследован при повторном уже бесконтактном удаленном просвечивании с повышенной до 10-кратной разрешающей способностью.

Х-ray mini технологии в сочетании с микрофокусными излучателями успешно применяются в НК электронных плат, чипов, электронных элементов и других мелких предметов.

Для контроля протяженных объектов в ИЭС им. Е.О. Патона на основе мини-детектора S10811-11 был разработан недорогой прецизионный рентгентелевизионный сканер для изучения протяженных объектов. Для формирования увеличенной контролируемой рабочей зоны выполняется цифровое (программное) сшивание малоформатных изображений, небольшие участки рентгенограмм сшиваются в процессе электромеханического сканирования в единую рентгенограмму объекта.

В качестве электропривода рентгентелевизионного сканера (своеобразного робота) используют шаговый двигатель, линейные направляющие и прецизионные валы. Для программного управления приводом используются микроконтроллеры Arduino. Макет такого робота показан на рис. 5.

Результаты программного сшивания отдельных фрагментов рентгеновского изображения при сканировании контролируемого объекта приведены на рис. 6.

Предлагаемая технология контроля с использованием сканера по крайней мере на порядок де-

шевле известных в настоящее время технологий на основе крупноформатных цифровых панелей. Стоимость миниатюрного R-преобразователя, примененного для получения снимка по рис. 6, не превышает нескольких тыс. дол. США. Крупноформатный преобразователь таких размеров имеет стоимость до 50...100 тыс. дол. США. Разработанный по программе «Ресурс» сканер должен найти применение для R-контроля лопастей вертолетов, элементов оперения самолетов и других протяженных объектов.

Тангенциальное рентгеновское просвечивание, т. е. просвечивание по касательной к образующей тела вращения (рис. 7), позволяет определять остаточную толщину металла труб, (глубину коррозии/эрозии на внешней или внутренней поверхности стальных труб), зазоры между обшивкой и телом, без снятия внешней изоляции. В последнее время разработана цветовая селекция границ радиационного изображения стенок трубы и последующих наслоений, например, теплоизоляции, защитного кожуха и т. п. Точность определения толщины стенки для труб диаметром до 100 мм составляет $\pm 0,2$ мм. Эта уникальная технология внедрена при НК толстостенных труб из аустенитных сталей атомных электростанций Украины. Работа выполнена и сдана НАЭК Украины. Методика и оборудование для тангенциального просвечивания должны использоваться в тех случаях, когда УЗ-толщинометрия невозможна из-за большого затухания УЗ-колебаний.

Лазерная термография. В настоящее время термография широко используется для дистанционного обследования ответственных промышленных и гражданских объектов. При этом важно уметь дистанционно измерять размеры обнаруженных зон потери тепла и глубины поражения. В ИЭС созданы лазерно-термографические измерительные системы, которые позволяют определять дистанционно координаты и геометрические размеры зон повышенной потери тепла промышленных и гражданских объектов.

Комплекс прост в эксплуатации, может использоваться в атомной, химической и нефтехимической, нефтегазодобывающей промышленности для



Рис. 5. Действующий макет рентгентелевизионного сканера

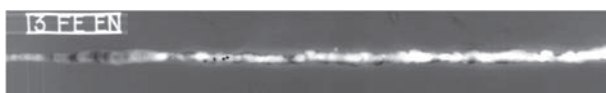


Рис. 6. Цифровая рентгенограмма сварного шва протяженностью 200 мм (35×200 мм), полученная с помощью шести экспозиций

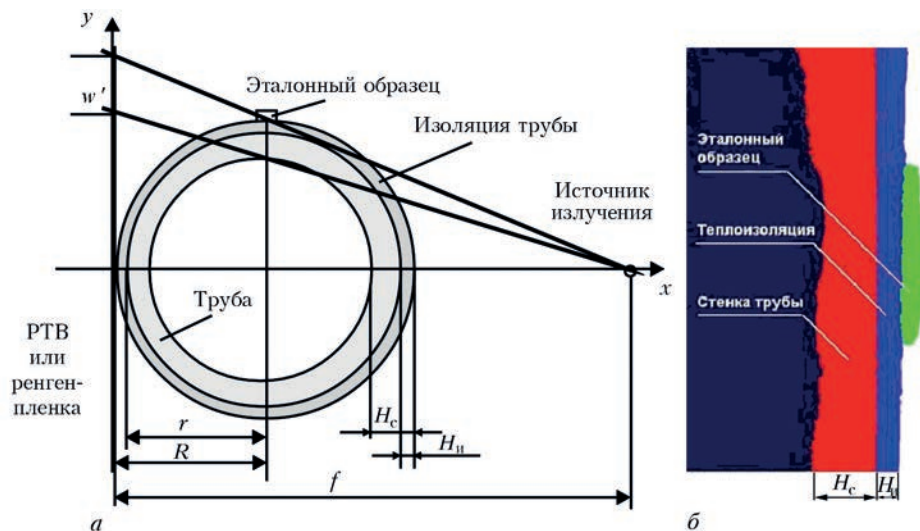


Рис. 7. Тангенциальное просвечивание трубы *а* – схема просвечивания; *б* – цветовая селекция результатов контроля толщины стенки трубы

объектов газотранспортной системы, электрических систем и машин, жилых зданий, домен, промышленных и гражданских сооружений (рис. 8).

Низкочастотный ультразвуковой контроль (НЧ УЗК) – один из проектов, выполненных ИЭС по программе «Ресурс», позволяет контролировать технологические трубопроводы и другие длинномерные конструкции без сканирования их поверхности. В его основу положен принцип анализа отраженных низкочастотных направленных волн,

способных распространяться на большие расстояния по телу закрытых объектов (теплотрассы, дтрупы для подачи топлива под взлетной полосой и т. п.). НЧ УЗК позволяет обнаруживать коррозионные поражения стенок трубы на расстоянии до 100 м. При этом доступ к трубе необходим только в месте установки акустической антенны. Обследование может выполняться в процессе эксплуатации труб при повышенных температурах без снятия изоляции.

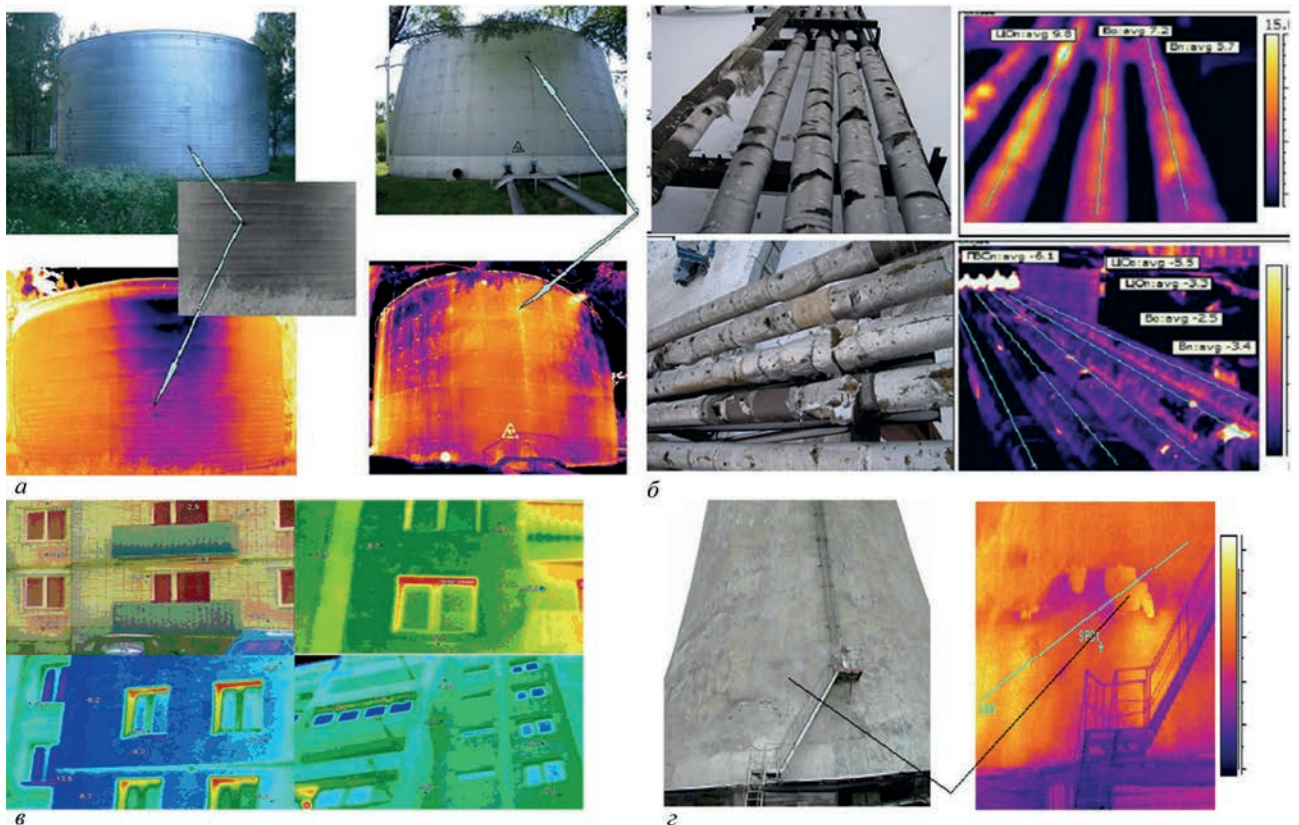


Рис. 8. Примеры термограмм контролируемых объектов: *а* – видимое и тепловое изображения резервуаров (стрелками обозначены минимальные участки, которые могут свидетельствовать о наличии дефектов); *б* – применение термографии для мониторинга состояния трубопроводных магистралей; *в* – термограммы жилых зданий, отдельные квартиры имеют повышенный расход тепла; *г* – видимое и тепловое изображения градирни ТЭЦ (стрелками указан участок нарушения сплошности внутренней футеровки)



Рис. 9. Антенны дефектоскопов НЧ УЗК «Универсал-2П» 16 кГц (а) и «Универсал-1П» 36 кГц (б) на технологических трубопроводах диаметром 330 (а) и 154 мм (б)

Разработанные в ИЭС НЧ-дефектоскопы работают на частотах 16 и 36 кГц, предназначены для технологических трубопроводов диаметром от 54 до 330 мм (рис. 9). Они успешно применяются для НК теплотрасс и других протяженных объектов.

Технология оценки размеров трещиноподобных несплошностей, осуществляемая диф-



Рис. 10. Пример измерения в сварном соединении трещины методом TOFD

ракционно-временным ультразвуковым методом, разработанным и воплощенным в приборе ZIP-scan (Великобритания), распространенным под названием «Time of Flat Diffraction» (TOFD). Эта технология точного измерения внутренних трещин была освоена с институтами TWI (Великобритания) и Force (Дания). В ИЭС применяются ZIP-scan (Великобритания) и P-scan (Дания). Погрешность измерения размеров трещин составляет 1...2 мм в диапазоне толщин металла по методике TOFD составляет 10...50 мм. Традиционные амплитудные методы УЗК имеют значительно более высокие погрешности измерений. Периодическое использование оборудования для точного измерения трещиноподобных дефектов позволяет наблюдать за развитием внутренних трещин без прекращения эксплуатации ответственного объ-

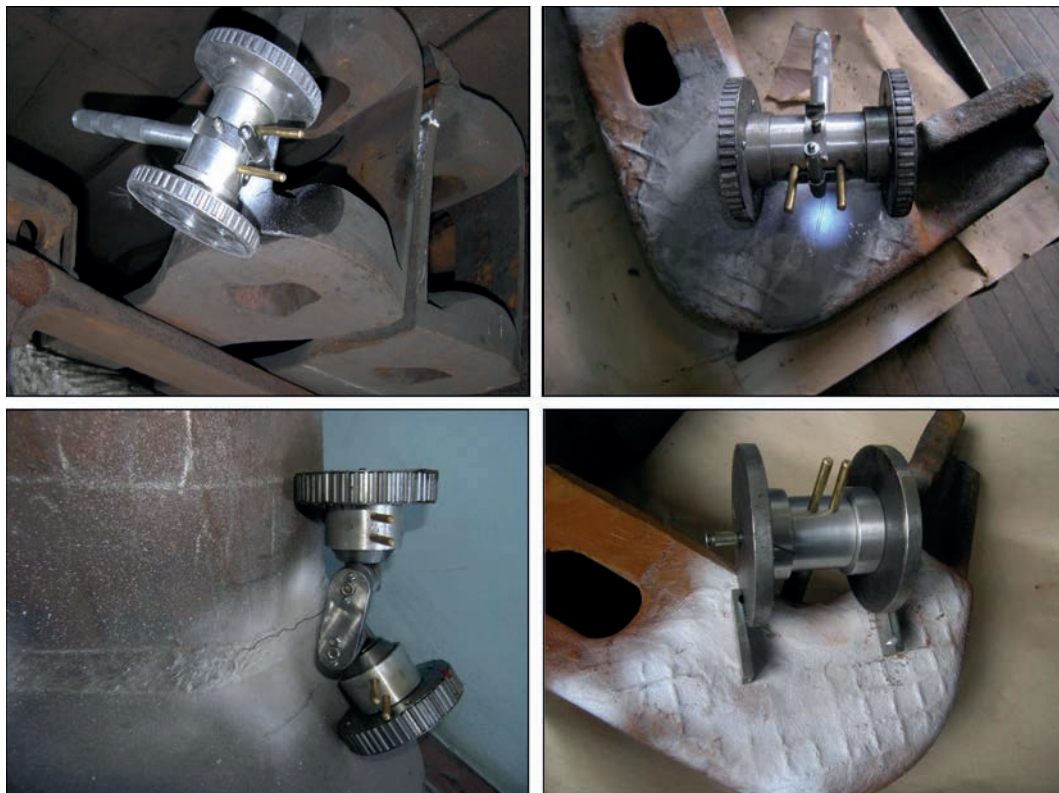


Рис. 11. Примеры применения подвижных намагничивающих устройств типа ТВА на железнодорожных металлоконструкциях

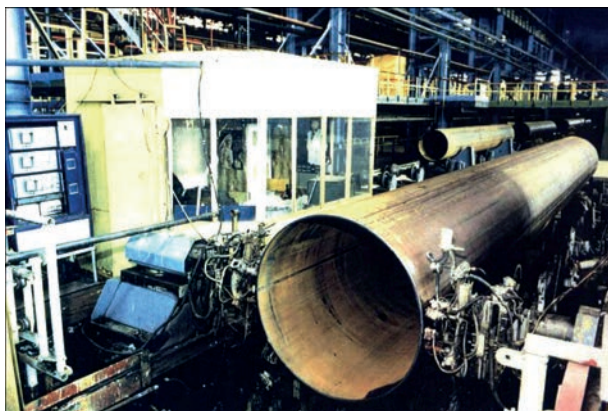


Рис. 12. Участок автоматизированного ультразвукового контроля труб на ХТЗ, оборудованный установкой НК-205

екта, в частности, трубопроводов АЭС. Такие работы проводились на Хмельницкой и Чернобыльской АЭС.

Технология TOFD дает на экране монитора подобные изображения (рис. 10) и используется на различных предприятиях Украины, в частности, на нефтеперерабатывающих заводах, магистральных трубопроводах, АЭС и др.

В ИЭС разработана **технология сканирующего локального намагничивания**, которая существенно расширила возможности применения магнитопорошковой дефектоскопии, обеспечила переход от традиционных способов однонаправленного намагничивания к разнонаправленному, т. е. к активному сканирующему поиску дефектов. В ИЭС выпущена серия таких намагничивающих устройств (НУ) под разные геометрические формы контролируемых объектов с широкими функциональными возможностями (рис. 11). Имеется большой практический опыт внедрения подвижных НУ для НК объектов железнодорожного транспорта (хребтовых балок, боковин тележек и др.). Эти результаты являются

достижениями украинской науки, обеспечивают обнаружение внешних и внутренних трещин на глубине до 20 мм, любой ориентации и опубликованы в ведущих изданиях США, Японии, России.

Ультразвуковой контроль зоны термического влияния сварного шва. В трубах магистральных трубопроводов имеется большое разнообразие происхождения дефектов. Они бывают приобретенные в процессе изготовления и эксплуатации. При изготовлении они могут быть в шве и в зоне термического влияния. Они могут происходить от несовершенства сварки или зоны разделки под сварку. Для снятия этих и подобных вопросов важна отдельная регистрация дефектов шва и зоны термического влияния при сварке труб для магистральных трубопроводов. Для выяснения происхождения дефектов разработана технология автоматизированного ультразвукового контроля (НК-205), показанная на рис. 12, которая внедрена на трубных заводах, включая Харьковский трубный завод.



Рис. 13. Стенд капиллярного контроля



Рис. 14. Старая и новая вентиляционные трубы (а) четвертого реактора ЧАЭС. Капиллярный контроль элементов каркаса новой вентиляционной трубы Чернобыльской АЭС (б)

Капиллярный контроль (КК). Разработаны новые технологические процедуры КК сварных соединений и литых изделий различных узлов машин, механизмов и промышленных объектов. КК может осуществляться цветокоонтрастным или люминесцентным методами. Для выполнения КК создан передвижной стенд, оборудованный вытяжкой и средствами для эффективной оценки и контроля (рис. 13). Стенд изготавливается по индивидуальным заказам заводских ЦЗЛ и экспертно-технических организаций.

Использование этого недорогого стенда, содержащего большое количество вспомогательных средств, обеспечивающих надежное обнаружение мелких поверхностных трещин, удобно и при массовой диагностике объектов из любых материалов, для которых применяется КК, например, ультразвуковая очистка поверхности деталей.

На рис. 14 показан пример КК элементов каркаса новой вентиляционной трубы Чернобыльской АЭС, установленной над третьим и разрушенным четвертым реакторами. В каркасе этого сооружения было найдено много трещин, подлежащих ремонту.

Обследования резервуаров различного назначения для хранения нефтепродуктов, жидкого аммиака, спиртов и др. жидкостей (рис. 15) требует применения набора описанных выше разных методов НК.

Среди наиболее интересных практических применений методов НК за последнее время можно выделить следующие работы:

- техническое диагностирование резервуаров в Антарктике на украинской станции «Академик Вернадский» с применением оптоэлектронных приборов для ВИК;
- НЧ УЗК трубопроводов теплотрасс в г. Вишневом и в Институте химии высокомолекулярных соединений НАНУ;
- техническая диагностика трубных конструкций монумента «Родина-мать» Музея истории Украины во Второй мировой войне в г. Киеве;
- сравнительный рентгентелевизионный контроль пластин бронежилетов различных производителей;

- внедрение новых сцинтилляционных экранов для изготовления Р-детекторов промышленной радиационной дефектоскопии;

- изготовление цифровых флюороскопических Р-преобразователей на основе высокочувствительных астронометрических ПЗС-камер;

- создание и практическое применение для ВИК подвижных оптоэлектронных приборов для установления категории качества (В, С, D) сварных швов по ISO-5817;

- внедрение современных технологий НК на предприятиях черной металлургии, Укрзалізниці и для других отраслей промышленности.

Перспективные научные направления работ ИЭС им. Е.О. Патона в области НК:

- разработка средств и технологий цифровой радиографии с использованием миниатюрных твердотельных радиационных преобразователей, микроконтроллеров, компьютерной техники и средств автоматики, создание сканирующих Р-систем;

- совершенствование УЗК с использованием цифровых методов обработки информации для воспроизведения размеров внутренних дефектов;

- разработка и внедрение сканирующих намагничивающих устройств для толщинометрии корпусов морских судов и поиска трещин в конструкциях железнодорожного транспорта;

- разработка и внедрение новых технологий и нормативно-методических документов в области теплового контроля объектов длительной эксплуатации;

- объединение результатов различных видов диагностики магистральных трубопроводов и переход от километровой к потрубой системе их учета;

- сочетание контактного и бесконтактного радиационного НК как возможность совершенствования технического обслуживания агрегатов аэрокосмической техники на основе X-ray mini Р-технологии и компьютерной цифровой обработки изображений;

- разработка физических основ и технических средств, технологий ВИК металлоконструкций на основе лазеров, оптоэлектронных регистраторов с



Рис. 15. Резервуары жидкого азота и нефтепродуктов, которые периодически диагностируются

записью и обработкой объективной информации о качестве швов.

Стандартизация и профессиональная подготовка дефектоскопистов. ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ активно работает в Техническом комитете ТК-78, поддерживает деятельность Центра сертификации и Аттестационного центра НК, которые адаптируют к условиям Украины международные ISO стандарты по визуальному, магнитному, капиллярному, вихретоковому, тепловому, ультразвуковому, акустоэмиссионному и радиационному контролю. Для Украины важно внедрение международных стандартов и подготовка специалистов в соответствии с национальным (ДСТУ EN ISO 9712) и американским (ASNT SNT-TC-1A) стандартами. Это разные стандарты. Их объединяет стандарт УОНКТД (СТТУ УТНКТД 01-2013), который функционально шире, чем ISO 9712. СТТУ УТНКТД 01-2013 и касается следующих методов НК: ультразвуковой, радиационный, магнитный, капиллярный, вихретоковый, визуальный, контроль герметичности, акустико-эмиссионный, тепловой и вибродиагностический. По основным методам НК в ИЭС выпущены учебные пособия, издается бюллетень «НК-информ», журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль».

Международное сотрудничество. Специалисты ИЭС сотрудничают с Европейской федерацией по неразрушающему контролю (EFNDT), с Международным комитетом по неразрушающему контролю (ICNDT), Международной академией неразрушающего контроля (ANDTI), с Международным обществом по мониторингу технического состояния (ISCM), Американским обществом по неразрушающему контролю (ASNT), с обществами НК Германии, Японии, Великобритании, Польши, Чехии, Болгарии, Хорватии, Италии, США, Кореи и рядом других стран, с Международной организацией ISO, комитетом ТК-135.

Специалисты ИЭС им. Е.О. Патона совместно с организациями из Великобритании, Италии, Испании, Германии, Греции, Болгарии, Бельгии успешно выполнили проект «SHIPINSPECTOR», посвященный выявлению опасных трещин и коррозионных поражений в корпусах судов на основе использования технологий низкочастотного УЗК и ультразвуковых фазированных решеток. Участвовали в выполнении Европейского научного проекта «INNOPIES», посвященного выявлению коррозионных поражений трубопроводов и разработке новых композитных материалов для их ремонта (7-я рамочная программа ЕС).

Руководитель проф. Троицкий В.А. является членом Международной академии по НК, членом Американского общества по НК, почетным членом национальных обществ НК ряда европейских стран, членом редколлегий журналов «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», «Методы и приборы контроля качества» (Украина), «Территория NDT» (РФ), «INSIGHT» (Великобритания).

Результаты научных исследований ИЭС опубликованы в ведущих научных журналах Англии, Германии, Японии, США, Польши, РФ, Беларуси, докладывались на многих международных конференциях.

Признанием заслуг ИЭС им. Е.О. Патона в области НК является обучение специалистов из разных стран, желающих повысить свой уровень знаний в области НК. В ИЭС проходили стажировку по методам неразрушающего контроля специалисты из Грузии, Армении, Молдовы, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Польши, Словении, Ирака и других стран.

Работы ИЭС в области НК отражены в следующих публикациях: Патон Б.Е., Троицкий В.А. (2013) Деятельность Института электросварки им. Е.О. Патона в области неразрушающего контроля и технической диагностики. *Территория NDT*, 3, 16–30.; Троицкий В.А. (2017) Радиационный контроль на основе твердотельных миниатюрных детекторов. *Там же*, 1, 30–34; Троицкий В.А., Глуховский В.Ю. (2014) Повышение эффективности телевизионной диагностики опасных и удаленных объектов. *Там же*, 3, 36–40; Троицкий В.А., Карманов М.Н., Горбик В.М. (2015) Опыт применения низкочастотного ультразвукового контроля для мониторинга состояния технологических трубопроводов. *Там же*, 1, 30–33; Троицкий В.А., Глуховский В.Ю. (2014) Определение геометрических параметров дефектов тепловизионным методом контроля. *7-я Международная конференция*. Ивано-Франковск; Троицкий В.А., Дядин В.П., Давыдов Е.А. (2010) Ультразвуковая диагностика эксплуатационных дефектов в конструкциях нефтегазового комплекса. *Автоматическая сварка*, 9, 45–50; Troitskiy V.A. (2015) Multidirectional Local Magnetization of Extended Metal Structures in Magnetic Particle Testing. *J. of Japanese Society for Non-destructive Inspection (JSNDI)*, 64, 2, 80–84; Troitskiy V.A. (2015) New Technology for Magnetic Particle Testing (MPT). *J. the NDT Technician ASNT. Tom Kervina*, 14, 1, 79–80; Troitskiy V.A. (2015) Devices for the Movable Local Multidirectional Magnetization of Metal Structures in Magnetic Particle Testing. *J. Materials Evaluation*, 73, 6, 675–683; Троицкий В.А. (2015) Разнонаправленное локальное намагничивание металлоконструкций при магнитопорошковом контроле. *Территория NDT*, 3, 56–61.

В.А.Троицкий, М.Н.Карманов, И.Я.Шевченко
Поступила в редакцию 16.07.2019

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ В КОНТЕКСТІ АСОЦІЙОВАНОГО ЧЛЕНСТВА УКРАЇНИ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

З 16 по 20 вересня 2019 р. під Києвом проходила III науково-практична конференція «Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзу. Конференція була організована Навчальним центром підприємства «ДП-ТЕСТ» за підтримки Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики та за участю кафедри приладів і систем неруйнівного контролю НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Основними темами заходу традиційно були питання гармонізації Європейського та національного законодавства під кутом зору оцінки відповідності; технічні регламенти; метрологія і стандартизація; навчання і сертифікація персоналу; функціонування лабораторій неруйнівного контролю; сучасні засоби, прилади, системи неруйнівного контролю.

Сьогорічна конференція проводилась у формі низки семінарів у сфері сертифікації персоналу з неруйнівного контролю, організації та проведення внутрішніх аудитів у випробувальних лабораторіях, органах сертифікації персоналу та інспектування, майстер-класів з демонстрацією новітнього обладнання та засобів неруйнівного контролю, круглих столів з дискусійних питань роботи служб з неруйнівного контролю на підприємствах України. Крім того, болгарські колеги з атомної електростанції в Козлодуді поділилися своїм досвідом застосування європейських стандартів та виконання вимог безпеки європейських нормативно-правових документів з одночасним дотриманням положень конструкторської документації, закладених виробником обладнання АЕС, яке виготовлялось СРСР.

Після привітання учасників організатором конференції, директором «ДП-ТЕСТ» О.В. Павлієм, робота конференції розпочалась семінаром, присвяченим питанням підготовки, атестації та сертифікації персоналу з неруйнівного контролю, ведучою якого була С. Щупак, керівник групи ІЕЗ ім. Є.О. Патона, відповідальний секретар ТК 78 «Технічна діагностика та неруйнівний контроль». В рамках семінару розглядалися такі теми:

1. Перша версія нової редакції стандарту ISO 9712: суттєві зміни та результати засідань робочих груп ISO/TC 135, що займаються його переглядом.

2. ISO/TS 25108:2018 «Вимоги до організацій, що займаються навчанням персоналу з НК».

3. Моніторинг і діагностика стану машин. Вимоги до кваліфікації та сертифікації персоналу. Серія стандартів ISO 18436.

4. ISO 18490:2015 «Неруйнівний контроль. Оцінка гостроти зору персоналу неруйнівного контролю» – задоволення вимог до рівня гостроти зору, визначеного у цьому стандарті, забезпечить виконання вимог до зору, встановлених в ISO 9712 та EN 4179.

5. Перегляд EN 4179 «Аерокосмічна серія. Кваліфікація і атестація персоналу для неруйнівного контролю».

Особливу увагу учасників конференції викликав докладний порівняльний аналіз нової редакції ISO 9712 «Неруйнівний контроль. Кваліфікація і сертифікація персоналу НК». Зокрема в майбутній версії стандарту, який, до речі, за планами ISO/TC 135 має бути прийнятий на початку 2021 р., передбачаються такі цікаві зміни:

– мінімальна тривалість підготовки для кожного з методів тепер вимірюватиметься не в годинах, а в днях. Причому один навчальний день може тривати щонайменше 7 і щонайбільше 10 навчальних годин;

– мінімальна тривалість підготовки для кандидатів на перший рівень збільшена, а на другий рівень зменшена: тобто, якщо виходити з середньої тривалості навчального дня 8 год, то тепер кандидати на перший рівень з капілярного, магнітного і візуального методів збільшена до трьох днів (тобто 24 год), а на другий зменшена до двох днів (тобто 16 год), до 8 днів збільшено тривалість навчання на перший рівень для фахівців з ультразвукового і радіографічного методів; крім того, для підготовки на третій рівень кандидати з ультразвукового контролю, що мають сертифікати другого рівня тепер навчатимуться 5 днів (що практично відповідає тим же 40 год), а кандидати на радіографічний контроль – 8 днів;

– мінімальний стаж роботи тепер визначатиметься в годинах, а не місяцях, як було раніше;

– перевірка гостроти зору кандидатів на сертифікацію повинна проводитися згідно з вимогами стандарту ISO 18490 «Неруйнівний контроль. Оцінка гостроти зору персоналу неруйнівного контролю»;

– продовження сертифікації без екзаменів стане неможливе, однак як альтернативу екзаменам вводять так звану структуровану систему накопичення балів; ресертифікація за допомогою структурованої системи накопичення балів як і раніше передбачається тільки для фахівців третього рівня, однак, значних змін зазнав сам зміст системи;

– розробку інструкції контролю для кандидатів на другий рівень розглядатимуть тепер як окрему частину практичного екзамену, яку потрібно проводити і оцінювати окремо від контролю екзаменаційних зразків;

– додаток А «Сектори» знову стає «довідковим», тобто за визначення назви та змісту секторів відповідальність нестиме орган сертифікації. Більше того, в додаток внесені зміни стосовно класифікації секторів продукції, запропоновані ТК 78 від імені України, а саме:

Металеві матеріали:

- литво (с) (феритні і неферитні матеріали);
- поковки (f) (всі типи поковок: феритні і неферитні матеріали);
- зварні з'єднання (w) (всі типи зварних швів, включаючи паяння, для феритних і неферитних матеріалів);
- труби і трубопроводи (t) (безшовні, зварні, з феритних і неферитних матеріалів, включаючи листовий прокат для виготовлення зварних труб);
- оброблена продукція (wp) за винятком поковок (наприклад, плити, бруси, прутки).

Композиційні матеріали:

- композити на основі цементу (cc);
- армовані пластики, такі як фіброармовані полімери (frp);
- композити на основі металу (mmc);
- композити на основі кераміки (cmc).

Для композиційних матеріалів орган сертифікації повинен визначити вимоги до кваліфікаційних іспитів.

– контроль герметичності більше не розділяють на газоаналітичний метод і контроль тиском;

– введено додаток F «Тривалість навчання за способами НК» для таких технологій, як ФАР, TOFD, цифрова радіографія тощо.

Це далеко не весь перелік змін, очікуваних у новій, вже п'ятій редакції стандарту ISO 9712, що обговорювалися на семінарі.

Система сертифікації або схвалення (від англійського approval) персоналу, що виконує неруйнівний контроль в аерокосмічній галузі, регламентована стандартом EN 4179 «Аерокосмічна серія. Кваліфікація і атестація персоналу для неруйнівного контролю». Доповідь про зміни у цьому стандарті, а також його значення для впровадження в Україні системи підтвердження кваліфікації фахівців, що здійснюють неруйнівний контроль під час технічного обслуговування літальних апаратів, що відповідає вимогам EASA – Європейської агенції авіаційної безпеки – зробив голова Української національної аерокосмічної ради з неруйнівного контролю (УНАРНК), керівник сектору неруйнівного контролю ДП «Антонов» В.П. Коваленко. Він ознайомив учасників конференції з історією появи стандарту та з його тісним

зв'язком з американським стандартом NAS 410, прийняття якого і спричинило достроковий перегляд європейського стандарту, а також про зусилля міжнародної аерокосмічної спільноти для гармонізації вимог до безпеки польотів, наслідком яких, зокрема, і стала уніфікація вимог стосовно схвалення персоналу з неруйнівного контролю льотної галузі.

Ця доповідь, а також розроблені В.П. Коваленко за участі співробітників ДП «Антонов» процедури обговорювалися також на засіданні ініціативної групи з підготовки загальних зборів УНАРНК, які відбулись в рамках 9 Національної конференції з неруйнівного контролю 21 листопада 2019 р.

На семінарі розглядалися також нормативні документи, що регламентують систему підготовки персоналу з неруйнівного контролю, зокрема, мова йде про недавно прийнятий ISO/TS 25108:2018 «Вимоги до організацій, що займаються навчанням персоналу з НК». Документ, хоча і не набув статусу міжнародного стандарту, однак, є надійним інструментом підтвердження відповідності підготовки персоналу вимогам ISO 9712. Це особливо актуально для випадків, коли орган сертифікації повинен прийняти рішення про визнання підготовки кандидатів на сертифікацію, що проходять курс навчання у невідомих йому організаціях, у тому числі іноземних.

Технічна специфікація (так розшифровується скорочення TS) містить вимоги і рекомендації для організацій, що займаються навчанням персоналу з неруйнівного контролю з метою гармонізації і підтримання загального стандарту підготовки персоналу з неруйнівного контролю для потреб промисловості. Він встановлює також мінімальні вимоги щодо ефективно структурованої підготовки персоналу з неруйнівного контролю, яка забезпечує право на допуск до кваліфікаційних екзаменів, що ведуть до сертифікації третьою стороною відповідно до визнаних стандартів.

ISO/TS 25108:2018 визначає вимоги до ознайомчого інструктажу персоналу, що бажає пройти навчання, вимоги до викладацького складу, навчальних програм, роздаткового матеріалу, системи менеджменту, а також докладний перелік технічного оснащення для кожного окремого методу НК. Наприклад, система ознайомлення (інструктажу) повинна забезпечувати, щоб після отримання заявки на навчання кандидати були забезпечені однозначною інформацією/інструкціями про:

- вимоги до вихідних знань (тобто математика, знання матеріалів та технологічних процесів, радіаційна безпека);
- розміри оплати навчальних курсів, включаючи все, що входить в оплату, а також методи оплати (не повинно бути ніяких прихованих додаткових вимог, що вимагатимуть подальшої оплати,

а таблиця з розцінками учбових курсів повинна бути опублікована).

- дати і години відвідання курсів, а також чіткі інструкції стосовно місця проведення навчальних курсів.

- умови транспортування (включаючи інформацію щодо паркування), проживання і харчування.

- обладнання НК, яке повинен мати із собою (кандидат) та/або докладний перелік обладнання НК, що його надає учбова організація;

- засоби особистого захисту, за необхідності, а також докладний опис важливих вимог безпеки, які стосуються розташування навчальних курсів, особливо, якщо навчальні курси охоплюють використання джерел іонізуючого випромінювання або речовин, що становлять загрозу для здоров'я;

- підручники (посібники), які повинен мати при собі студент;

- ім'я та контактну інформацію щодо представника учбової організації, від якого можна отримати додаткову інформацію до початку та під час навчальних курсів.

Ще однією перевагою застосування цього нормативного документа є система оцінювання кандидатів перед видачею посвідчень про навчання, оскільки більшість учбових центрів, що працюють в системі того чи іншого органу сертифікації, як правило, такого оцінювання не здійснюють або не документують. Хоча ідея незалежності сертифікації та відмежування її від навчання якраз і передбачає, що орган сертифікації, з одного боку, не повинен регламентувати діяльність навчальних організацій, обмежуючись лише вимогами до учбових програм, а з другого повинен бути впевнений, що навчання було якісним, а знання кандидата були перевірені, що, власне, і підтверджується свідоцтвом про навчання.

Семінар-практикум «Практичні аспекти організації та проведення внутрішніх аудитів згідно з ДСТУ ISO 19011 в органах з оцінки відповідності (ISO/IEC 17020, ISO/IEC 17024, ISO/IEC 17025) провела генеральний директор ТОВ «Глобал Сертифік Дніпро», аудитор і консультант з великим досвідом роботи у сфері оцінки відповідності та систем менеджменту якості М. Лаврентєва.

Внутрішній аудит відіграє ключову роль у розробці, впровадженні та підтриманні системи управління якістю у будь-якій організації, чи то орган сертифікації, чи промислове підприємство, чи заклад освіти. Філософія управління якістю ґрунтується на усуненні проблеми ще до того, як вона виникла. А там, де проблема вже існує, особливого значення набувають такі аспекти як раннє виявлення, глибина проблеми, пошук корінної причини. Основні принципи аудиту, рекомендації щодо його організації і проведення викладені

в ДСТУ ISO 19011 «Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю та/чи навколишнім середовищем». Учасники семінару отримали нагоду обговорити основні аспекти реалізації процесу внутрішнього аудиту при впровадженні та аналізі практичних питань функціонування системи менеджменту якості, а також набути навичок планування, проведення та документування внутрішніх аудитів.

Другий день роботи конференції був цілком присвячений майстер-класам та демонстрації новітнього обладнання та засобів неруйнівного контролю. Представники компанії Olympus, J. Böhm і T. Bodolai виступили з доповідями про нові розробки відеоендоскопів та обладнання для ультразвукового контролю. Пан J. Böhm представив технологію 3D-моделювання у відеоендоскопах серії IPLEX NX. Побудова 3D-моделі зони вимірювання дозволяє підвищити наочність і продуктивність контролю, проводити високоточні вимірювання дефектів, особливо в умовах складної геометрії об'єкта контролю.

Пан T. Bodolai представив два рішення, які ґрунтуються на технології ультразвукового контролю за допомогою фазованих антенних решіток. У сканері Flexofort використані гнучкі фазовані решітки і спеціальні водяні призми для контролю вигинів труб на наявність корозійних уражень. Сканер Edgefort використовує фазовані решітки у заповненій водою камері для контролю проклеювання в автомобільній промисловості. Це рішення було розроблено на замовлення компанії Volkswagen і успішно застосовується багатьма автовиробниками Європи.

Продукцію MR Chemie GmbH представив Ю. Яременко, менеджер з продажу для регіонів Центральної і Східної Європи та країн Балтії. Насамперед це нові дефектоскопічні матеріали для капілярного та магнітопорошкового методів НК, що не містять небезпечних для людини та довкілля компонентів. Крім того, він виступив з презентацією про розробку та впровадження революційно нового методу контролю зародження та утворення дефектів, що виникають під час випробування об'єктів шляхом циклічних навантажень.

О.В. Павлій виступив з презентацією лінійки продукції FUJIFILM (Японія) «Рентгенівська технічна плівка і реактиви. Серія IX, IX HD». Зокрема до переваг плівки IX600 можна віднести високу чутливість і контрастність, а екологічна плівка серії HD за рахунок зменшеного вмісту срібла, коштує дешевше плівок аналогічного класу інших виробників, забезпечуючи при цьому притаманну класу якість зображення. Крім того, він представив увазі учасників огляд потужних (діапазон енергій 120...350 кВ) і водночас компактних рент-

генівських генераторів серії Site-x CP виробництва TELEDYNE ICM (Бельгія).

Фірма «УЛЬТРАКОН» показала нову розробку – компактний багатофункціональний ультразвуковий дефектоскоп УД2-50. Прилад з яскравим кольоровим екраном і акумуляторним живленням призначений для виявлення несущальностей у литві, прокаті, зварних з'єднаннях металоконструкцій і напівфабрикатів, виробів з пластику і композитів.

Ще один день конференції зайняли питання, пов'язані з нормативним забезпеченням атомної енергетики. На семінарі партнерів з Болгарського товариства з дефектоскопії учасники познайомились з досвідом болгарських підприємств у впровадженні європейських практик неруйнівного контролю на прикладі роботи АЕС «Козлодуй». Спікери С. Ангелов, керівник сектору неруйнівного контролю АЕС «Козлодуй» та О. Алексієв, керівник екзаменаційного центру з неруйнівного контролю.

Особливу зацікавленість викликала доповідь С. Ангелова «Спільне використання російських і європейських стандартів з неруйнівного контролю в галузі атомної енергетики». У Болгарії в атомній енергетиці відповідно до вимог державного регуляторного органу використовуються нормативні документи на неруйнівний контроль Радянського

Союзу та Російської Федерації: ПНАЕГ 7-010-89 та НП-089-15. Ці документи, відповідно, вимагають застосування стандартів ГОСТ (СРСР та РФ). Водночас дається можливість використання європейських та міжнародних стандартів паралельно з російськими нормативними документами. З іншого боку, у Європейському союзі органи інспектування повинні бути акредитовані згідно з EN ISO 17020. Це зобов'язує використовувати стандарти EN ISO. Як відомо, нормативні документи цих двох систем відрізняються вимогами до обладнання, контрольних зразків, дефектоскопічних засобів. Тому, підприємствам болгарської атомної енергетики довелося докласти значних зусиль, щоб поєднати застосування європейських і російських стандартів: було проведено порівняльний аналіз з метою виявлення відповідностей і паралелей у вимогах до обладнання та засобів контролю для всіх методів неруйнівного контролю, що застосовуються на АЕС. Результати цього аналізу лягли в основу презентації пана С. Ангелова.

На завершення, хочеться зазначити, що проходила конференція у курортно-готельному комплексі «Бабусин сад», що під Києвом. Поєднання роботи з відпочинком, приємне спілкування та обмін інформацією стало запорукою успіху заходу.

С.О. Щупак,
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

Х МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ «Математичне моделювання та інформаційні технології в зварюванні та споріднених процесах»

Україна, Одеса, готель «Аркадія»
14 – 18 вересня 2020 р.



Національна академія наук України
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України
Міжнародна Асоціація «Зварювання»

Для участі в конференції необхідно заповнити реєстраційну картку і разом з тезами доповіді направити її в Оргкомітет до 19 червня 2020 р. До початку конференції будуть видані тези доповідей.

Збірники праць дев'яти попередніх конференцій «Математичне моделювання та інформаційні технології в зварюванні та споріднених процесах» знаходяться у відкритому доступі на сайті:
<http://patonpublishinghouse.com/rus/proceedings>

Контрольні дати

Надання заявок на участь та тез доповідей	до 19.06.2020 р.
Розсилка другого інформаційного повідомлення та підтвердження участі	до 17.07.2020 р.
Оплата реєстраційного внеску	до 15.09.2020 р.

Оргкомітет

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
вул. Казимира Малевича 11
м. Київ, 03150, Україна
тел. / факс: (38044) 200-82-77, 205-22-26
E-mail: journal@paton.kiev.ua
<http://pwi-scientists.com/rus/mmi2020>

МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ-2019

З 19 по 22 листопада в м. Києві на території МВЦ відбувся XVIII Міжнародний промисловий форум — захід, який з 2005 р. входить до переліку провідних світових промислових виставок, офіційно сертифікованих і визнаних Всесвітньою асоціацією виставкової індустрії (UFI), і рік за роком залишається найбільшою в Україні подією.

Виставка організована Міжнародним виставковим центром, який забезпечив прекрасні умови для багатьох компаній і організацій, що не перший рік вибирають Промисловий форум як майданчик для демонстрації своїх новітніх розробок і місце зустрічі з широким колом фахівців і потенційних партнерів. Тематика форуму охоплювала демонстрацію широкого спектру новітніх технологій металообробки, машинобудування, виробництва інструментів, зварювання й обробки поверхні, приводного обладнання та промислової автоматизації, вантажно-розвантажувального обладнання, техніки безпеки і пов'язаних з нею промислових технологій.

Всього у виставці взяли участь 383 компанії, підприємств та організацій. Вони представляли експонати з 31 країни. Чехія і Туреччина сформували свої національні експозиції. Загальна площа форуму перевищила 23000 м². Загальна кількість відвідувачів складала понад 12500.

Зупинимось дещо докладніше на розділі форуму «Укрзварювання». У ньому взяли участь понад 20 українських експонентів та одна компанія з Білорусі. Серед них:

- ТОВ «Бінцель Україна ГмбХ» — торгове представництво в Україні всесвітньо відомого провідного виробника комплектуючих до зварювального обладнання (зварювальні пальники для ручного, автоматичного та роботизованого зварювання плавким та неплавким електродом, зварювальні трактори, робопериферія, електродотримачі, плазмотрони, установки Jackle для зварювання MIG/TIG/MMA (160...600 A) та плазмової різки (25...300 A) та інше;

- ТОВ «Фроніус Україна» — реалізує стандартне та інвентарне обладнання для різноманітних способів зварювання, а також надає повний спектр послуг щодо обслуговування, ремонту та оренди зварювального обладнання. Має власні філії в м. Стрий та м. Дніпро, а також партнерів зі збуту та сервісу в Запоріжжі, Києві, Одесі та Сумах;

- ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК» — провідна компанія в Україні по розробці та виробництві порошкових дрітків для зварювання, наплавлення, напилення



та порошкових стрічок для наплавлення; по виробництву легких металоконструкцій;

- ПрАТ «Машинобудівний завод «ВІСТЕК» — спеціалізується на випуску круглоланкових ланцюгів різного призначення, виробництві зварювальних електродів, зварювального дроту та дроту загального призначення, ковальсько-пресовому виробництві;

- ТОВ «ВІТАПОЛІС» — провідний виробник в Україні дрітків для зварювання вуглецевих, низьколегованих, високоміцних, нержавіючих, жаростійких, броньових сталей та сплавів на основі нікелю. Продукція ТМ «ХОРДА» сертифікована TÜV (Німеччина), CWB (Канада), Регістром судноплавства України та внесена до Державних будівельних норм (мостові конструкції);

- ТОВ «ДЗЗУ ІЕЗ ім. Є.О. Патона» виробляє великий асортимент професійного зварювального обладнання і є одним із лідерів ринку на території України та країн СНД. Впроваджуючи провідні технології та конструкторські розробки, завод виробляє зварювальне обладнання високої якості з оптимальними технічними характеристиками, що задовольняють потреби як великих промислових підприємств, так і приватних осіб;

- ТОВ «ЗОНТ» — розробка та виробництво машин для термічного різання, виробництво машин для плазмового різання, комплексів для лазерного різання з волоконними лазерами, машин для газокисневого різання, столів розкрійних з вбудованою системою вентиляції та фільтрації, реалізація





систем плазмового різання фірм Hypertherm, Kjellberg, OTC Daihen, капітальний ремонт та модернізація машин для термічного різання;

- ТОВ «ДОНМЕТ» — завод автогенного обладнання, підприємство, на якому на основі власних запатентованих розробок серійно налагоджено виробництво десятків найменувань обладнання для різання, зварювання та пайки металів, з гарантованим терміном користування до 24 місяців. Газозварювальне обладнання підприємства і система керування якістю сертифіковані в системі УкрСЕПРО по ДСТУ ISO 9001-2001;

- ТОВ «НАВКО-ТЕХ» розробляє та виготовляє спеціалізоване устаткування: установки для зварювання прямолінійних швів (димоходи, обичайки та ін.); установки для зварювання кільцевих швів (балони, ресивери, крани та ін.); установки для наплавлення на циліндричних, конічних та плоских поверхнях по спіралі; зварювальні комплекси на базі промислових роботів FANUC; апаратуру для зварювання (пристрої охолодження, зварювальні обертачі та ін.);

- ТОВ «ОЛІВЕР» (Білорусь) – спеціалізується на виробництві зварювального дроту та електродів широкої номенклатури, зварювального устаткування, аксесуарів та приладдя для зварювання;

- ТОВ «САММІТ» – спеціалізоване підприємство з продажу, обслуговування електрозварювального обладнання відомих брендів з Фінляндії, США, Німеччини та інших країн. Перелік обладнання вітчизняного та іноземного виробництва, яке постачається: зварювальні інвертори, напівавтомати, зварювальні автомати, зварювальні трактори; машини контактного зварювання; обладнання для плазмового різання; редуктори, вентилі, пальники, різакі та ін.; газові змішувачі WITT;



зварювальні матеріали (дріт, флюс, електроди); роботи для зварювання. Замовниками компанії є більш ніж 800 металургійних, машинобудівних та інших підприємств;

- ТОВ «СВ ТЕХНОЛОГІЯ» – займається розвитком, виробництвом та реалізацією широкого спектру зварювального обладнання, пристроїв і матеріалів, засобів захисту, інструменту, абразивного матеріалу та ін. Працює на ринку України з 1997 р. Має декілька торгових філіалів;

- НТЦ «ПРОМАВТОСВАРКА» – протягом останніх чотирьох років освоїв новий напрямок – розробка обладнання та технології для нанесення покриттів методом металізації. Здійснюється виробництво металізаторів, які успішно застосовуються на підприємствах України для нанесення антикорозійних покриттів з цинку, алюмінію, бронзи, а також для відновлення зношених деталей та придання деталям особистих властивостей;

- ТОВ «СУМИ-ЕЛЕКТРОД» (раніше ТОВ «ФРУНЗЕ-ЕЛЕКТРОД») є провідним підприємством України з виготовлення зварювальних електродів спеціального та загального призначення з високими зварювально-технологічними властивостями за конкурентоспроможними цінами, які з успіхом застосовуються при виготовленні та ремонті відповідальних металоконструкцій на підприємствах машинобудівної, хімічної та енергетичної (у тому числі атомної) галузей України та країн СНД;

- ТОВ «ТЕРМАКАТ Україна, ГмбХ: торгівельна марка всесвітнього виробника (THERMA-CUT®) апаратів плазмового різання, а також витратних деталей, комплектуючих та аксесуарів для термічного різання металу, що представлені у трьох сегментах (лазер, плазма, газ);

- НВФ «ТЕХВАГОНМАШ» – компанія представляє повний набір послуг: від етапу проектування до етапу проведення шеф-монтажних та пусконаладжувальних робіт, включаючи виробництво спеціального технологічного обладнання. Основними напрямками діяльності є: комплексне проектування та оснащення підприємств транспортного машинобудівництва; спеціальне технологічне обладнання для виробництва залізничного транспорту; технологічне обладнання для ремонту вагонів; обладнання для виробництва причіпної та навісної техніки комерційного автотранспорту; роботизовано-зварювальні комплекси;

- НВП «ТЕХМАШ» – машини плазмового та газокисневого різання металу. Виробництво, продаж, розробка, обслуговування, модернізація, постачання запчастин та витратних матеріалів;

- ТОВ «ТРИАДА-ЗВАРКА» в Україні є ексклюзивним дистриб'ютором турецького виробника зварювальних матеріалів заводу «ASKAYNAK». Завод



«ASKAYNAK» є власністю компанії «LINCOLN ELECTRIC» (США). ASKAYNAK – світовий лідер з виробництва зварювального дроту та електродів;

- ТОВ «ФОРСАЖ УКРАЇНА» – власне виробництво зварювального обладнання ТМ «Forsage» із застосуванням повного циклу обробки деталей. Сучасне виробництво з застосуванням комплексів: лазерна різка, листозгин ЧПК, гільйотина ЧПК, вакуумний пристрій просочення трансформаторів, автоматична машина встановлення СМД-деталей, піч запікання СМД з ЧПК, фрезерний верстак з ЧПК, різьбонарізний верстат з ЧПК. Потужності підприємства дозволяють виготовити будь-яку конфігурацію зварювального обладнання на замовлення у найкоротші строки;

- ГО «ТОВАРИСТВО ЗВАРНИКІВ УКРАЇНИ» – це громадська організація, що об'єднує вчених, фахівців та робітників у галузі зварювання та споріднених процесів в Україні для кращого обміну науково-технічною інформацією та формування консолідованої технічної політики в сфері зварювального виробництва; задоволення та захисту творчих інтересів учених та інженерів; сприяння покращенню умов роботи членів Товариства, розвитку науки та освіти, впровадження наукових, технічних та методичних досягнень в практику; популяризації професій, удосконаленню системи професійної підготовки та перепідготовки кадрів; співробітництва з національними зварювальними товариствами інших країн та з міжнародними зварювальними організаціями.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України представив на форумі інноваційні технології

для автоматизованого пресового зварювання металевих труб відповідального призначення (на фото ліворуч – процес зварювання дугою, що обертається в магнітному полі), а також зварювання пластмасових труб. На стенді була представлена також видавнича діяльність Інституту, зокрема журнали «Автоматичне зварювання», «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» та «Сучасна електрометалургія». Великий інтерес у відвідувачів виставки визвала демонстрація на стенді художніх виробів з титану, виконаних з використанням ТІГ зварювання художником-зварником Дмитром Кушніруком.

Молоді зварювальники України взяли участь в XIII конкурсі «Золотий кубок Бенардоса-2019», організованому Товариством зварників України (ТЗУ) і Одеським обласним відділенням ТЗУ. Конкурс проходив в наступних номінаціях: ручне дугове зварювання покритим електродом (метод 111 / SMAW); дугове зварювання електродом, що плавиться в активних газах (метод 135 / SMAW); дугове зварювання вольфрамовим електродом в інертних газах (метод 141 / SMAW).

Додатково було проведено два позаконкурсні заходи: конкурс на зварювальному тренажері «SOLKAMATIC»; конкурс плазмового різання на обладнанні «JASIC».

У конкурсі взяли участь 27 зварників з 13 підприємств і трьох професійно-технічних навчальних закладів України. Всі переможці були нагороджені призами, наданими спонсорами конкурсу.

На закінчення відзначимо, що порівнюючі Промисловий форум-2019 з раніше проведеними, можна відзначити зростаючу кількість його учасників, розширення географії і підвищену увагу експонентів до демонстрації інноваційних технологій, включаючи автоматизацію та роботизацію зварювальних процесів, розробку 3D технологій, мінімізацію впливу людського фактора, раціональне використання виробничих площ.

О.Т. Зельніченко, В.М. Ліподаєв



ОБ ОТМЕНЕ ГОСТов И ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБУЧЕНИЯ И АТТЕСТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Проблема использования нормативных документов (НД) при обучении и аттестации специалистов неразрушающего контроля (НК), проводимых ООО «Технический комитет «Спецмонтаж» возникла еще тогда, когда Постановлением Кабинета Министров Украины от 9 декабря 2014 г. № 695 была принята Программа деятельности Кабинета Министров Украины, одобренная постановлением Верховного Совета Украины от 11 декабря 2014 г. № 26-VIII. Согласно Программе, предусматривалась отмена действия на территории Украины стандартов СССР, разработанных и изданных до 1992 г.; принятие в статусе национальных 1500 стандартов, гармонизированных с европейскими стандартами (см. [www.uas.org.ua\(pitannya_vidpodidi\)](http://www.uas.org.ua(pitannya_vidpodidi)); и создание полнотекстовой базы (порядка 28 тыс.) стандартов. В декабре 2014 г. А. Яценюк, бывший в то время премьер-министром Украины, заявил о намерении до 2016 г. полностью отказаться от советской системы стандартизации и перейти на европейские стандарты.

Однако большинство национальных НД, используемых при обучении и аттестации специалистов НК (НПАОП, ДБН, ВБН, ДСТУ, ГСТУ, РТМ, СНиП и др.), содержит ссылки на ГОСТы, которые, согласно Программе, должны быть отменены.

По логике вещей в отечественных НД должны были бы быть введены соответствующие изменения, касающиеся замены ГОСТов на европейские (EN), международные (ISO) и гармонизированные (ДСТУ EN ISO) стандарты. Однако комплекс требований к НК, указанный в стандартах EN, ISO или ДСТУ EN ISO, кардинально отличается от аналогичных требований в отечественных НД, в том числе ГОСТов, а ввести в НД изменения или осуществить их переработку в такие сроки, как указано в Программе, не представлялось возможным. Более того, большинство объектов (машин, механизмов, оборудования повышенной опасности, трубопроводов и металлических конструкций), с которыми работают специалисты в области НК, разработаны и построены по действующим в настоящее время в Украине национальным нормативам, которые также кардинально отличаются от нормативов EN и ISO.

Поэтому большинство организаций и предприятий Украины продолжали проводить работы

по эксплуатации, диагностированию, ремонту и контролю качества названных объектов по существующим НД с ГОСТами, которые должны быть отменены. И вполне понятно ежегодное продление ГП «УкрНИУЦ» сроков действия отмененных ГОСТов.

Такая ситуация продолжалась до 01.01.2019г, когда ГП «УкрНИУЦ» приняло решение окончательно прекратить продление сроков действия отмененных ГОСТов. Но в ГП «УкрНИУЦ» продолжали поступать предложения о продлении сроков действия ГОСТов и после 01.01.2019.

Учитывая это, а также рекомендации Минэкономразвития, ГП «УкрНИУЦ» своими приказами возобновило действие ряда ГОСТов, разработанных до 1992 г., сроком до 01.01.2020, 01.01.2021, и до 01.01.2022 гг. В частности, продлено до 2020 г. действие ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования». Действие остальных ГОСТов по НК не продлено. Но работы по НД с отмененными ГОСТами большинством организаций и предприятий продолжают (исключение составляют организации, имеющие заказы от зарубежных фирм и работающих по стандартам EN и ISO). Проблема дальнейшего использования НД с отмененными ГОСТами заострилась.

На этой проблеме АЦНК ТК «Спецмонтаж» неоднократно акцентировал внимание специалистов в сфере НК, а также заинтересованных организаций на конференциях и семинарах по НК, в том числе, на конференции в Одессе (10–14 сентября 2018 г.) в статье «О применении нормативных документов при проведении обучения и аттестации специалистов неразрушающего контроля в ООО «Технический комитет «Спецмонтаж» (В.А. Цечаль, С.К. Ярмолка в журнале «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», № 4, 2018 г.). Об отмене ГОСТов и альтернативе их замены излагается также в Информационном бюллетене УТ НКТД № 1/2019 «Повідомлення від ТК-78» секретарем ТК-78 С.А. Щупак. Однако конкретные рекомендации, как решить эту проблему, отсутствовали.

На сайте ГП «УкрНИУЦ» ([www.uas.org.ua\(pitannya_vidpovidi\)](http://www.uas.org.ua(pitannya_vidpovidi))) опубликованы следующие рекомендации:

«Пунктом 1 частини першої статті 16 Закону встановлено, що підприємства, установи та органі-

зації мають право у відповідних сферах діяльності та з урахуванням своїх господарських і професійних потреб організовувати та виконувати роботи із стандартизації, зокрема: розробляти, приймати, перевіряти, переглядати та скасовувати стандарти, кодекси усталеної практики, технічні умови і зміни до них, установлювати процедури їх розроблення, прийняття, перевірки, перегляду, скасування та застосування, ... нормою Закону суб'єкт господарювання має право отримати свій власний документ, розроблений за своїми власними правилами» («Закон» – має в виду Закон о стандартизації).

Учитывая изложенное, ООО «ТК «Спецмонтаж» принял решение взамен отмененных ГОСТов разработать и использовать стандарты предприятия СТП (во всяком случае, до тех пор, пока предприятия и организации будут выполнять работы на объектах, разработанных и построенных по прежним национальным нормативам, отличающимся от нормативов EN и ISO). В СТП вносятся нормы по «своим собственным правилам», т. е. отвечающим требованиям предприятий и организаций, регионов, ведомств и т. д., в конкретном случае – «Техническому комитету «Спецмонтаж». Используются следующие подходы. В первом меняется только обложка, а содержание используемого документа, который заменяется на СТП, сохраняется. Во втором меняется и обложка и содержание использованного документа. В конкретном случае ООО «ТК «Спецмонтаж» использует отмененные ГОСТы, которые отвечают требованиям НД, с которыми работает ООО «ТК «Спецмонтаж».

В ООО «Технический комитет «Спецмонтаж» разработаны:

- СТП ГОСТ 14771-2019 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. г. Киев, 2019 г.;

- СТП ГОСТ 16037-2019 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. г. Киев, 2019;
- СТП 7512-2019 Контроль неразрушающий. Радиографический метод. г. Киев, 2019 г.
- СТП 18442-2019 Контроль неразрушающий. Капиллярный метод. г. Киев, 2019 г.
- СТП 21105-2019 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. г. Киев, 2019 г.

Действие разработанных СТП распространяется только на конкретные предприятия, регионы, ведомства и т. д., которые несут полную ответственность за содержание и использование СТП.

Все изложенное выше о СТП, как уже указывалось, касается тех объектов, которые разработаны и построены по действующим в настоящее время нормативам, отличающимся от требований стандартов EN и ISO. Объекты, которые будут разрабатываться и строиться по новым нормативам, учитывающим требования стандартов EN и ISO, должны будут полностью перейти на эти стандарты, что должно быть отражено в содержании всех национальных НД.

В заключение хочу заметить, что в последнем абзаце упомянутой статьи в журнале УТ НКТД №3/2018 сказано: «От редакции. Предлагаемый материал не претендует на полноту и законченность. Редакция журнала будет признательна читателям за высказанные замечания и дополнения к применению действующих нормативных документов».

Мне представляется, что настоящая статья дополняет предыдущую, как бы завершая обсуждение проблемы использования НД. Хотелось бы стать участником дискуссии на эту тему, тем более, что преимущества стандартов EN и ISO – очевидны, и в обозримом будущем в Украине осуществится переход на эти стандарты.

В.А. Цечаль,

ООО «Технический комитет «Спецмонтаж»

Передплата — 2020 на журнал «Технічна діагностика та неруйнівний контроль»

www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/tdnk

Передплатний індекс 74475

Україна		Зарубіжні країни	
на півріччя	на рік	на півріччя	на рік
400 грн.	800 грн.	30 дол. США	60 дол. США

У вартість передплати включена доставка рекомендованою бандероллю.

Передплату на журнал «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» можна оформити безпосередньо через редакцію або по каталогах передплатних агентств: ДП «Преса», «Пресцентр», «Меркурій» (Україна); каталог зарубіжних видань «Белпочта» (Білорусь); каталог АТ «Казпочта» видання України (Казахстан); каталог «Роспечать» (РФ).

Правила для авторів, ліцензійні угоди, архівні випуски журналів

на сайті видавництва www.patonpublishinghouse.com.

У 2020 р. у відкритому доступі випуски журналів з 2009 по 2018 рр. в форматі *.pdf.

Контакти:

Тел./факс: (38044) 200-82-77, 205-23-90

E-mail: journal@paton.kiev.ua

www.patonpublishinghouse.com

Підписано до друку 11.12.2019. Формат 60×84/8.

Офсетний друк. Ум. друк. арк. 8,84.

Друк ТОВ «ДІА».

03022, м. Київ-22, вул. Васильківська, 45.

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ В АНТАРКТИЦІ

На початку 2019 р. на Українській антарктичній станції «Академік Вернадський» на острові Галіндез в архіпелазі Аргентинських островів виконано технічне діагностування резервуара РГС-150 та днища резервуара РВС-200 з наступним його антикорозійним покриттям.

Технічне діагностування є обов'язковим видом періодичного контролю і проводиться з метою забезпечення безпеки експлуатації сталевих резервуарів для зберігання нафтопродуктів та запобігання забрудненню довкілля. Воно передбачає проведення наступних основних робіт:

- вивчення проектної та експлуатаційної документації на резервуар;
- інструментальне обстеження стану фундаменту та основи резервуара;
- інструментальне обстеження стану металоконструкцій резервуара методами неруйнівного контролю з метою виявлення дефектів та пошкоджень в конструкційних елементах та зварних з'єднаннях;
- розрахункова перевірка статичної міцності стінки резервуара;
- оцінка технічного стану резервуара та обґрунтування його придатності для подальшої експлуатації і визначення допустимих умов експлуатації.

Роботи виконані на замовлення Національного антарктичного наукового центру МОН України співробітниками Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України (провідний інженер-технолог, фахівець з неруйнівного контролю Посипайко Ю.М.) та ТОВ ТВП «Зінга Метал і К» (головний технолог Андреев А.М.)

Резервуар РГС-150 споруджений в 1978–1979 рр. за технологією BRAITHWAITE, що передбачає складання стінки зі сталевих штампованих елементів квадратної форми розміром 1220×1220 мм, з діагональними ребрами жорсткості висотою 40 мм. Така технологія була поширена тоді у Великій Британії. Вона дозволяє складати ємності різного об'єму без зварювання та підймальних механізмів. Сталеві квадратні елементи скріплюються між собою гвинтами з використанням еластичних ущільнюючих прокладок та герметика. Товщина металевих листів, з якого шляхом гарячого штампування виготовлені такі елементи, складає 5 мм.

В 1986 р. в резервуарі змонтовано і зварено внутрішню оболонку з листів корозійностійкої сталі товщиною 3 мм.

Резервуар має форму паралелепіпеда, а його зовнішні розміри – 7340×7340×3660 мм. Гранична висота наливу: 3600 мм. Конструктивну міцність

резервуару надають внутрішні косі та поперечні тяги, виготовлені з кутника 70×70 мм.

Резервуар призначено для приймання і зберігання дизельного пального.

Відхилення поверхні фундаментних стрічок від горизонтальної площини виміряне за допомогою нівеліра SL 60-2, Rank Precision Industries Ltd., U.K. В зоні передньої стінки відхилення становить (0...–9) мм, а в зоні задньої – (–106...–115) мм. Тобто, горизонтальна площина фундаменту нахилена по осі резервуара на 106...115 мм. Такий нахил фундаменту, очевидно, був закладений в його проект з метою нахилу самого резервуара в сторону зливних патрубків.

Відхилення стінок резервуара від вертикалі, виміряна за допомогою теодоліта Т30, відповідає нахилу фундаменту: передня стінка нахилена в середину резервуара (–67...–70) мм, а задня – на зовні (+55...+70) мм. Бокові стінки мають незначне відхилення від вертикалі (–8...+25) мм.

Поверхня металу зовнішньої оболонки резервуара не має дефектів прокату, штампування чи відхилення форми. На поверхні відсутні сліди корозії та протікань пального.

Внутрішня оболонка стінок і днища резервуара змонтована і зварена з листів антикорозійної сталі розміром 2000×1300 мм товщиною 3 мм. Між собою листи з'єднані накладними швами, а зі сталевими елементами зовнішньої оболонки – швами «в прорізь». Таким чином, всі зварні шви кутові з катетами 3...4 мм.

Недопустимих дефектів в зварних з'єднаннях та металі не виявлено. Найбільш поширеним недоліком зварних з'єднань є нерівномірність форми валика посилення шва, що, проте, не може вплинути на експлуатаційні характеристики з'єднання. Не виявлено корозійних пошкоджень металу та швів.

Зварні з'єднання в цілому відповідають вимогам нормативних документів: ВБН В.2.2-58.2-94 «Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа» та ГОСТ 5264-80 «Ручне дугове зварювання. З'єднання зварні. Основні типи, конструктивні елементи та розміри». В швах не виявлені недопустимі дефекти зварних з'єднань (поверхневі тріщини, пори, підрізи, пропалини, не заварені кратери та інші), що перевищують допустимі нормами розміри.

Аналіз результатів технічного діагностування стану резервуара РГС-150, розташованого на УАС «Академік Вернадський», дозволив зробити висновок, що всі елементи резервуара знаходяться в задовільному технічному стані, стінки, днище та



покрівля не мають недопустимих деформацій чи дефектів, що можуть вплинути на надійність експлуатації та працездатність резервуара. На металоконструкціях резервуара не виявлені сліди протікання пального, що свідчить про герметичність внутрішньої оболонки.

Другий резервуар РВС-200 встановлено на УАС «Академік Вернадський» в 2007 р. Резервуар спроектовано ВАТ УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського та ВАТ Інститут транспорту нафти і споруджено в формі двостінного вертикального циліндра, з двома днищами і двома покрівлями, за принципом «стакан в стакані».

Геометричні параметри внутрішнього резервуара: висота стінки – 5,96 м; внутрішній діаметр – 6,63 м; товщина листів стінки і днища – 5 мм; відстань між внутрішньою та зовнішньою стінками – 0,16 м.

Стінки резервуара змонтовано з окремих листів розміром 3000×1500 мм, товщиною 5 мм і з'єднані ручним дуговим двостороннім зварюванням на монтажному майданчику. Всі зварні з'єднання стикові з повним проплавом.

Днище внутрішнього резервуару виготовлено із сталевих листів, товщиною 5,0...5,2 мм. Листи зібрані в полоси стиковими зварними з'єднаннями, а між собою полоси з'єднані внапусток.

Повне технічне діагностування резервуара виконано в 2016 р. Головним висновком діагностування стала необхідність першочергового антикорозійного захисту днища внутрішнього резервуара.

Візуальний контроль днища резервуара показав, що поверхня металевих листів уражена язвою корозією глибиною до 2,0 мм. Корозійні язви різної глибини згруповані на окремих ділянках площею 10...30 кв. см і розкидані по листах, переважно, вздовж зварних з'єднань.

Зварні з'єднання в цілому відповідають вимогам ГОСТ 5264-80. В швах не виявлені недопустимі виробничі поверхневі дефекти зварних з'єднань – тріщини, підрізи, пропалини, не заварені кратери, пори виробничого походження, тощо. Водночас в швах зварних з'єднань також виявлені окремі корозійні язви глибиною до 2,0 мм (більше 10 шт.). Вздовж швів є бризки металу.

Контроль герметичності зварних з'єднань днища виконано пузирковим методом (способом ва-

куумної камери). Течі у днищі внутрішнього резервуара відсутні.

Під час діагностування днища виконано випробування пристрою запису візуальної інформації ВИК/ТВА-1. Пристрій переміщувався по поверхні днища вручну і був обладнаний відеокамерою та блоком бездротової передачі інформації на смартфон. Такий пристрій дозволяє записати інформацію про стан зварних з'єднань важкодоступних або розташованих поза доступом фахівців з неруйнівного контролю об'єктів, а аналізувати її за допомогою комп'ютерної техніки в лабораторних умовах. Він також дозволяє фото- та відеофіксацію технологічних процесів підготовки до контрольних та ремонтних операцій, запис візуальної інформації на інші цифрові носії та її архівацію з метою наступного розшифрування.

Для підготовки днища до нанесення антикорозійного покриття було виконано піскоструминне його очищення і наступне знежирення поверхні ацетоном.

ТОВ ТВП «Зінга Метал і К» запропонувало технологію комбінованого покриття, першим шаром якого є суспензія лускатого металевого не окисленого цинку в системі полімерних в'язучих, так зване «холодне цинкування» матеріалом Liquid Zinc®. Наступними шарами є двокомпонентне рідкокерамічне покриття «ZingaMetall CeramCoat CN1-N».

Матеріал Liquid Zinc® утворює з очищеною сталеву поверхню стійкий хімічний зв'язок. Процентний вміст цинку в матеріалі 88...92 %. Двокомпонентне рідкокерамічне покриття «ZingaMetall CeramCoat CN1-N» утворює щільний еластичний шар, забезпечуючи захист металу в агресивному середовищі та воді. Це покриття нанесено в три шари. Кожен шар контролювався спеціалізованим товщиноміром.

В результаті обстеження технічного стану та ремонту днища резервуару РВС-200 та враховуючи результати обстеження резервуару в 2016 р., зроблено висновки, що всі елементи резервуару (фундамент, стінка, днище та покрівля зовнішнього і внутрішнього резервуарів) мають задовільний технічний стан, незначні відступи від вимог проекту та чинних норм не впливають на його працездатність.

Ю.М. Посипайко