

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Л.М. ЛОБАНОВ (головний редактор),

В.О. Троїцький (заст. гол. ред.)

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ;

В.М. Учанін (заст. гол. ред.)

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

Є.О. Давидов, О.С. Міленін, С.А. Недосека,

Ю.М. Посипайко,

І.Ю. Романова (відповід. секретар)

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ;

К. Драган

Технологічний інститут повітряних сил,

Варшава, Польща;

Я. Грум

Люблянський університет, Словенія;

М.Л. Казакевич

ІФХ ім. Л.В. Писаржевського НАН України, м. Київ;

О.М. Карпаш, П.М. Райтер

ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ;

Й. Мірчев

Інститут механіки, Софія, Болгарія

Л.І. Муравський, З.Т. Назарчук, В.Р. Скальський,

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

В.С. Єременко, Ю.В. Куц, А.Г. Протасов

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ;

А. Савін

Національний інститут досліджень та розробок з

технічної фізики, Ясси, Румунія;

В.О. Стороженко

ХНУ радіоелектроніки, м. Харків;

Г.М. Сучков

НУ «ХПІ», м. Харків;

М.Г. Чаусов

НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ.

Виконавчий директор – О.Т. Зельніченко, Міжнародна

Асоціація «Зварювання», 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: +38 (044) 205-23-90

E-mail: journal@paton.kiev.ua

www.patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk

Свідцтво про державну реєстрацію

КВ4787 від 09.01.2001

Журнал входить до переліку затверджених

МОН України видань

для публікації праць здобувачів наукових ступенів за

спеціальностями 132, 151, 152.

Наказ МОН України № 409 від 17.03.2020.

Передплата 2024

Передплатний індекс 74475.

4 випуски на рік (видається щоквартально).

Друкована версія/електронна версія: 1200 грн.

за річний комплект.

За зміст рекламних матеріалів

видавець журналу відповідальності не несе.

ЗМІСТ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

УЧАНІН В.М., МІНАКОВ С.М., СОЛОМАХА Р.М. Дослідження залишкової намагніченості сталевих конструкцій після локального намагнічування приставним магнітним перетворювачем..... 3

МІЛЕНІН О.С., ВЕЛИКОІВАНЕНКО О.А., РОЗИНКА Г.П., ПІВТОРАК Н.І. Чисельний аналіз закономірностей впливу деградації трубної сталі на надійність кородованих магістральних газопроводів при транспортуванні газово-дневих сумішей 8

НИРКОВА Л.І., ОСАДЧУК С.О., ГОНЧАРЕНКО Л.В., КОСТІН В.А. Дослідження причин руйнування пластинчастого теплообмінника з нержавіючої сталі AISI 316L у водному середовищі 14

ВИРОБНИЧИЙ РОЗДІЛ

НЕДОСЕКА С.А., НЕДОСЕКА А.Я., ЯРЕМЕНКО М.А., ОВСІЄНКО М.А., ОБОДОВСЬКИЙ Б.М., ЕПОВ С.Г. Проведення акустико-емісійного контролю технологічного обладнання з обмеженим доступом 21

НОВОДРАНОВ А.С., ШАПОВАЛОВ Є.В. Автоматизовані системи візуального контролю поверхневих дефектів тонколистових матеріалів (Огляд) 32

ТРОЇЦЬКИЙ В.О., ГЛУХОВСЬКИЙ В.Ю., ЛИТВИНЕНКО В.А. Причинні фактори та похибки, що впливають на достовірність оцінки теплофізичних і геометричних параметрів дефектів промислових об'єктів та виробів 41

ІНФОРМАЦІЯ

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона – сьогодення та погляд у майбутнє 45

Виставка «RAILWAY INTERCHANGE 2023» 50

Новини Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики 51

Видання журналу підтримують:

Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики,
Технічний комітет стандартизації «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» ТК-78,
Асоціація «ОКО», ТОВ «НВФ «Діагностичні прилади»

EDITORIAL BOARD

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

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

E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, Kyiv;

V.M. Uchanin (Deputy Editor-in-Chief),

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

Ie.O. Davydov, O.S. Milenin, S.A. Nedoseka, Yu.M. Posypaiko,

I.Yu. Romanova (execut. secretary)

E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, Kyiv;

Krzysztof Dragan

Air Force Institute of Technology, Warsaw, Poland;

Janez Grum

University of Ljubljana, Slovenia;

M.L. Kazakevich

L.V. Pisarzhevskii Institute of Physical Chemistry of NAS
of Ukraine, Kyiv;

O.M. Karpash, P.M. Raiter

Ivano-Frankivsk NTU of Oil and Gas, Ukraine;

Yordan Mirchev

Institute of Mechanics, Sofia, Bulgaria

L.I. Muravsky, Z.Th. Nazarchuk, V.R. Skalskyi,

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

V.S. Eremenko, Yu.V. Kuts, A.G. Protasov

NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine;

Adriana Savin

National Institute of R&D for Technical Physics, Iasi, Romania;

V.O. Storozhenko

Kharkiv NU of Radio Electronics, Ukraine;

H.M. Suchkov

NTU «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine;

M.G. Chausov

NU of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv.

Executive Director – O.T. Zelnichenko, International
Association «Welding», Kyiv, Ukraine

Founders

National Academy of Sciences of Ukraine,

E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine,

International Association «Welding» (Publisher)

Address

E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine

03150, Ukraine, Kyiv, 11 Kazymyr Malevych Str.

Tel./fax: +38 (044) 205-23-90

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 in specialties 132, 151, 152.

Order of the MES of Ukraine № 409 of 17.03.2020.

Certificate of state registration

of KB 4787 dated 09.01.2001

Subscription 2024

Subscription index 74475.

4 issues per year (issued quarterly), back issues available.

\$128, subscriptions for the printed (hard copy) version,

air postage and packaging included.

\$104, subscriptions for the electronic version.

Publisher is not responsible for the content of the
promotional material.

CONTENT

SCIENTIFIC AND TECHNICAL

UCHANIN V.M., MINAKOV S.M., SOLOMAKHA R.M.

Research of the residual magnetization of steel structures
after local magnetization with an attachable magnetic transducer... 3

MILENIN O.S., VELYKOIVANENKO O.A., ROZYNKA G.P.,

PIVTORAK N.I. Numerical analysis of the regularities of
the influence of pipe steel degradation on the reliability
of corroded main gas pipelines used for transportation of
gas-hydrogen mixtures 8

NYRKOVA L.I., OSADCHUK S.O., HONCHARENKO L.V.,

KOSTIN V.A. Investigations of the causes for damage in a
plate heat exchanger from stainless steel AISI 316L in a food
industry enterprise 14

INDUSTRIAL

NEDOSEKA S.A., NEDOSEKA A.Ya., YAREMENKO M.A.,

OVSIIENKO M.A., OBODOVSKIY B.M., EPOV S.G.

Conducting acoustic emission testing of technological equip-
ment with limited access 21

NOVODRANOV A.S., SHAPOVALOV E.V. Automated visual
control systems for surface defects in thin-sheet materials
(Review) 32

TROITSKYI V.O., GLUKHOVSKIY V.Yu., LITVYNENKO V.A.

Causal factors and errors affecting the reliability of
assessment of thermophysical and geometric parameters of
defects of industrial facilities and products 41

INFORMATION

The E.O. Paton Electric Welding Institute – the present and a
look into the future 45

«RAILWAY INTERCHANGE 2023» exhibition 50

News of the Ukrainian society for non-destructive testing 51

JOURNAL PUBLICATION IS SUPPORTED BY:

Ukrainian Society for Non-Destructive Testing and Technical Diagnostic,
Technical Committee on standardization «Technical Diagnostics and Non-Destructive Testing» TC-78,
Association «OKO», LLC «Diagnostic devices»

ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА – СЬОГОДЕННЯ ТА ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ



У січні цього року відзначалась 90-та річниця заснування Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Самовіддана праця багатьох поколінь патонівців, які вкладали в улюблену справу свої знання, енергію та досвід, стали запорукою того, що сьогодні

Інститут електрозварювання імені Євгена Оскаровича Патона Національної академії наук України – це потужний науково-технічний комплекс, у структуру якого входять науково-дослідний Інститут, дослідне конструкторсько-технологічне бюро, дослідний завод, низка науково-інженерних, учбовий та атестаційний центри.

Основна тематика робіт Інституту електрозварювання – це дослідження зварювальних і споріднених процесів, розроблення відповідних технологій та створення обладнання для їх практичної реалізації.

Сьогодні сфера досліджень та розробок нашого Інституту охоплює майже всі існуючі способи зварювання: від добре відомих та широко використовуваних способів дугового та контактно-стикowego зварювання до високотехнологічних процесів зварювання із застосуванням електронного променя та лазерного випромінювання; від зварювання та різання під водою до зварювання в космосі; від зварювання та обробки металів вибухом до зварювання живих тканин у медицині. Але працівники Інституту не зупиняються і постійно розширюють сфери своєї діяльності.

На початок цього року Інститут налічує 996 працівників, у т.ч. 522 наукових співробітників, серед них 227 кандидатів і докторів наук.

ІЕЗ успішно співпрацює з науково-дослідними інститутами НАН України, які входять до складу різних відділень – фізико-технічних проблем матеріалознавства, механіки, фізики та астрономії, ядерної фізики і енергетики, хімії, а також з багатьма установами Національної академії медичних наук України. Маємо тісні контакти з закладами вищої освіти України, які готують спеціалістів в галузі зварювання і споріднених технологій.

Інститут електрозварювання має плідну співпрацю з великими промисловими підприємствами України, зокрема, ДП «Антонов», ДП «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля», ДП «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка», ДП «НАЕК «Енергоатом», АТ «Укрзалізниця» тощо. Нашими партнерами є гіганти світового виробництва – Boeing, Airbus, Holland (USA), Plasser&Theurer (Austria), ProgressRailService (USA) та інші. Підтримуються широкі міжнародні зв'язки з провідними науковими центрами матеріалознавства і зварювання в США, Європі та Азії, довготривалі стосунки з низкою іноземних установ, які з року в рік зміцнюються через укладання та переукладання угод про виконання спільних проектів. Серед партнерів – Інститут зварювання та з'єднань Університету м. Аахен (Німеччина), Французький національний центр наукових досліджень (CNRS), Центр полімерних та вуглецевих матеріалів Польської академії наук, м. Забже (Польща), і багато інших. Деякі науковці є дійсними членами AWS (Американського зварювального товариства), виступають експертами Міжнародного інституту зварювання, входять до складу програмного комітету Програми ЄС «Горизонт Європа».

В останні роки в рамках програм Європейського Союзу реалізована низка спільних дослідницьких проектів, у т.ч. проекти з питань нарощування наукового потенціалу, проекти наукової мобільності в межах програми «Дії імені Марії Складовської-Кюрі». Окрім того, Інститут активно співпрацює з іноземними партнерами в рамках різноманітних білатеральних програм.

Особливо важлива співпраця з Міжнародним інститутом та Європейською федерацією зварювання, в яких Інститут є повноправним членом. Ці організації є провідними щодо розробки міжнародних стандартів в галузі зварювання. Науковці мають можливість брати безпосередню участь в розробленні стандартів та інших документів через роботу в комітетах, підкомітетах, робочих групах МІЗ та ЄФЗ. Це сприяє вирішенню таких основних завдань, як узгодження технічної політики України з технічною політикою, яку проводять закордонні партнери, використання міжнародних стандартів для поліпшення якості та конкурентоспроможності продукції України.

МІЗ проводить свої щорічні асамблеї, в яких Інститут представляє офіційна особа з певними повноваженнями, а також проводить міжнародні науково-технічні конференції. Науковці Інституту є постійними учасниками таких конференцій. Так, у Міжнародній конференції минулого року, що проходила в Сінгапурі, 16 наших науковців представили 17 доповідей, більша частина з яких була рекомендована для публікації в престижних наукових виданнях.

Протягом усієї своєї історії Інститут електрозварювання є яскравим прикладом комплексного підходу до розвитку науки і технологій, який було започатковано Євгеном Оскаровичем та розвинуто Борисом Євгеновичем Патоном. Суть такого підходу полягає в тому, що наш Інститут не обмежується проведенням лише фундаментальних досліджень, а націлений на комплексне вирішення реальних проблем економіки держави: від поглибленого теоретичного пошуку та експериментальних досліджень до впровадження отриманих науково-технічних результатів і розробок у промислове виробництво. І сьогодні наші розробки знайшли практичне застосування майже в усіх галузях економіки та в багатьох сферах повсякденного життя.

Прикладом таких розробок можна назвати технологію та мобільне устаткування для автоматичного контактнo-стикового зварювання оплавленням (КСЗО) залізничних рейок у заводських та польових умовах при будівництві та ремонті залізничних колій.

За останні роки було експортовано більше 95 мобільних рейкозварювальних машин для зварювання високоміцних рейок, зокрема, із натягом, на суму понад 32 млн. дол. США. Ці машини були виготовлені за ліцензійною угодою на Каховському заводі електрозварювального обладнання за документацією, розробленою в Інституті.

Результати новітніх досліджень удосконаленої технології КСЗ пульсуючим оплавленням заплановані до впровадження при будівництві та ремонті залізничних колій «Укрзалізниці», що вкрай важливо для вирішення проблем повоєнного відновлення України.

Традиційним напрямом робіт Інституту є розробка технологій зварювання труб – від металевих труб великого діаметру, які використовуються при будівництві магістральних трубопроводів, до неметалевих, зокрема полімерних. Так, інноваційну технологію та обладнання для зварювання поліетиленових труб зовнішнім діаметром до 250 мм при будівництві трубопроводів для водопостачання впроваджено на ТОВ «Свротрубпласт» (м. Київ).

В цілому напрями теоретичних й експериментальних досліджень у галузі полімерного матеріалознавства (створення, дослідження і застосування біополімерів, композиційних матеріалів та наноматеріалів на їхній основі) розвиваються в Інституті дуже інтенсивно.

На особливу увагу заслуговують нові перспективні напрями досліджень з 3D друку виробів з антибактеріальною та противірусною активністю, полімерних матеріалів і виробів з них зі здатністю до самозаліковування та створення технологій їх хімічного зварювання, впливу за допомогою різноманітних фізичних полів на структуру і властивості полімерних матеріалів та їх зварних з'єднань.

Новітня технологія зварювання закладним елементом високотехнологічних полімерних композитів та листових виробів з них успішно пройшла випробування та використовується в авіакосмічній галузі на ДП «Антонов» та ДП «КБ «Південне ім. М.К. Янгеля».

Спільно з промисловими компаніями та інститутами НАН України проводяться роботи з дослідження впливу водню та його газових сумішей на поліетиленові труби з метою визначення можливості його транспортування по трубопроводах газотранспортних мереж України та Європи.

Ще одним традиційно важливим напрямом досліджень і розробок нашого Інституту є променеві, а саме електро-променеві та лазерні технології. В Інституті розроблено і успішно використовується високопродуктивне обладнання для електронно-променевого зварювання деталей газотурбінних двигунів великої потужності. Наприклад, для підприємства АТ «Мотор - Січ» розроблена технологія електронно-променевого зварювання корпусу камери середнього тиску газової турбіни, виготовленої з титанового сплаву.

Щодо лазерного зварювання, зокрема, у галузі вагобудування, науковці Інституту розробили установку для ручного напівавтоматичного лазерного зварювання. Вона необхідна для зварювання конструктивних елементів у важкодоступних місцях, де неможливо використовувати автоматичне зварювання або роботизовані комплекси. Цей інструмент успішно використовується на світових вагобудівних заводах.

Інститут виконує також розробку та виготовлення автоматизованих комплексів для лазерного, плазмового і гібридного зварювання, різання, наплавлення та інших технологічних процесів. Оригінальні багатокоординатні маніпулятори, розроблені в ІЕЗ, оснащені високоякісними комплектуючими, завдяки чому мають високі показники точності, надійності та дозволяють вирішувати різноманітні

прикладні задачі. Створені комплекси знайшли своє успішне застосування у приладобудівній, хімічній, енергетичній та інших галузях промисловості.

Продовжує удосконалюватися технологічний процес плазово-індукційного вирощування монокристалічних тіл обертання з тугоплавких металів. Уперше в світі вирощено експериментальні монокристалічні тиглі з вольфраму. Зокрема, отримано тиглі і зливки діаметром 85 мм з дезорієнтацією субблоків, що не перевищує 5 кутових градусів.

Розроблено обладнання, технологія та матеріали для одношарового антикорозійного електрошлакового наплавлення стрічками. Отримані результати використовуються при виборі матеріалів і технологій антикорозійного наплавлення деталей енергетичного та хімічного обладнання. Також створено технології і матеріали для дугового наплавлення сталевих валків гарячої прокатки різних станів, за допомогою яких можна отримувати на будь-якій складній поверхні наплавлений шар необхідної товщини з мінімальними допусками на механічну обробку.

Із початком широкомасштабного російського військового вторгнення переглянуті та актуалізовані основні напрями наукової діяльності Інституту. І тут у нас є два головні пріоритети. Перший, безумовно, це дослідження і розробки, пов'язані з підвищенням обороноздатності нашої країни.

Розроблені нашими спеціалістами технології зварювання типових з'єднань броньованих сталей високої твердості вітчизняного та закордонного виробництва дозволяють відмовитися від термічного оброблення корпусів легкоброньованої техніки та за рахунок цього суттєво скоротити час на її виготовлення і знизити собівартість виробу.

Розроблено та впроваджено ремонтно-зварювальні технології для відновлення цілісності корпусів БТР та БМП, які зазнали бойових і експлуатаційних пошкоджень. За рахунок наплавлення останніх шарів шва спеціальними зварювальними матеріалами кулеустійкість зварних з'єднань підвищується до рівня кулеустійкості броньових сталей.

Коротко відмітимо ще декілька прикладів наших новітніх розробок для потреб безпеки і оборони.

Технологія відновлення та зміцнення поверхні штоків віддачі артилерійських установок шляхом нанесення шару захисного покриття електродуговим напиленням. Технологія відновлення та зміцнення поверхні штоків гідравлічної системи основних стояків шасі літака шляхом нанесення газотермічного покриття. Технологія відновлення та зміцнення поверхні деталей бронетанкової техніки нанесенням газотермічних покриттів.

На кількох українських підприємствах, зокрема, ДП «Івченко-Прогрес», АТ «Мотор Січ» практично впроваджена технологія відновлення за допомогою мікроплазового порошкового наплавлення деталей авіаційних газотурбінних двигунів з важкозварюваних нікелевих жароміцних сплавів. На вітчизняних авіаремонтних підприємствах застосовується технологія продовження тривалості експлуатації робочих лопаток авіаційних газотурбінних двигунів у 3-4 рази.

З використанням зварювання вибухом запропонована технологія створення високоміцних багатшарових композиційних матеріалів для застосування в якості броні.

Розроблена також технологія виготовлення біметалевої броні для захисту машин спеціального призначення.

За розробленою в Інституті спеціальною технологією дугового напівавтоматичного наплавлення відновлено партію зношених траків та пальців, які були випробувані в польових умовах та показали стійкість на рівні нових деталей.

Розроблені в Інституті лазерні технології сьогодні успішно використовуються і для зварювання та наплавлення малогабаритних соплових блоків рідинних ракетних двигунів, зразки яких пройшли успішну перевірку, згідно спеціалізованої програми випробувань, розробленої у «КБ «Південне».

Створена технологія електронно-променевого плавлення титанових сплавів забезпечує отримання з вітчизняної сировини високоякісних зливок як традиційних промислових титанових сплавів, так і новітніх високоміцних титанових сплавів для авіаційної і ракетної галузей. Для практичної реалізації розроблених технологій на ДП «Науково-виробничий центр «Титан» Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона» організовано промислове виробництво зливок титанових сплавів у складі п'яти електронно-променевих установок власної конструкції. Продукція підприємства у вигляді зливок титанових сплавів масою до 15 т постачаються як вітчизняним заводам (АТ «Мотор Січ» та інші), так і за кордон. У кооперації з підприємствами-партнерами (ДП «Південний машинобудівний завод», «УкрНДІспецсталь», ТОВ «Дніпропрес Сталь» та ін.), зі зливок титанових сплавів, отриманих методом електронно-променевого плавлення, організовано виробництво поковок, прутків та труб, якість яких повністю відповідає вимогам стандартів, що дозволило на теперішній час повністю забезпечити потреби підприємств оборонного комплексу України в напівфабрикатах з високоміцних титанових сплавів.

Для медичної галузі спеціалістами розроблене також нове покоління медичного обладнання, що поєднує зварювання живих тканин з використанням ВЧ струму та одночасного гемостазу і дезінфекції ран конвекційно-інфрачервоним опроміненням.

Другий пріоритетний нині напрям досліджень спрямований на повоєнну відбудову України та майбутню структурну модернізацію вітчизняної економіки на найвищому технологічному рівні. Тут дослідження і розробки спрямовуються на перспективний розвиток вітчизняної промисловості, створення нових високотехнологічних галузей. Серед них: інформаційні технології в зварюванні та споріднених процесах, 3D-технології, нові матеріали, технології та виробу медичного призначення, технології ремонту та відновлення інфраструктурних і промислових об'єктів тощо.

Затребуваною виявилася технологія технічної діагностики великогабаритних конструкцій (як-то телевізійні та електричні вежі, мости) з використанням безпілотного літального апарату для аерофотозйомки та побудови тривимірної моделі конструкції методом фотограмметрії. Вона дала змогу провести дистанційне обстеження руйнувань Київської телевежі після ракетного удару 1 березня 2022 р. і отримати дані про дефекти, візуалізувати пошкодження опорних елементів конструкції.

Науковці Інституту реалізували технологію одержання бездефектних і хімічно однорідних зливків перспективного титанового сплаву медичного призначення Ti-6Al-7Nb методом електронно-променевої плавки. Зливки мають дрібнозернисту структуру без жодних проявів зональної ліквідації. Така структура забезпечує якнайкраще поєднання механічних характеристик сплаву – високу міцність і пластичність, що задовольняють вимоги міжнародних стандартів для титанових сплавів медичного призначення і, саме головне, повністю відповідають комплексу механічних характеристик людських кісток.

За останні роки в Інституті створено цілу низку найсучаснішого обладнання для практичної реалізації технологій електронно-променевого, лазерного та плазмово-дугового 3D-друку металевих виробів для потреб аерокосмічної галузі, медицини, військово-оборонного комплексу та інших галузей промисловості. Наприклад, оперативний 3D-друк деталей складної військової техніки дозволяє швидко здійснювати її ремонт у польових умовах.

Не дивлячись на складні умови сьогодення велика увага приділяється покращенню дослідної інфраструктури Інституту, зокрема, створенню спільних лабораторій.

Одна з них Міжнародна польсько-українська науково-дослідна лабораторія (ADPOLCOM). Її

створенню передувало багаторічне плідне співробітництво між Інститутом та Центром Полімерних та Вуглецевих Матеріалів Польської академії наук (м. Забже) на основі міжнародних договорів між двома академіями наук та білатеральних проєктів.

Наукова та науково-технічна діяльність лабораторії зосереджена на фундаментальних та прикладних дослідженнях в сфері створення, комплексного вивчення та з'єднання різноманітних полімерних матеріалів, біоматеріалів, композитів та нанокompозитів для багатьох галузей людської життєдіяльності – від побутового використання, наприклад, екологічного біодеградабельного пакування, зокрема, харчових продуктів, до матеріалів і виробів медичного призначення, наприклад, полімерних імплантів тощо.

Нині в Інституті підготовлено майданчик для встановлення обладнання для нової дослідно-технологічної дільниці по проведенню науково-дослідних робіт та тестування передових розробок в галузі зварювальних і споріднених технологій. Розроблено технічний проєкт даної дільниці, узгоджено перелік і технічні вимоги до дослідно-технологічного обладнання, яке буде використовуватись на цьому майданчику.

Із самого початку повномасштабної агресії рф співробітники Інституту активно долучились до волонтерської та благодійної діяльності. Організували збір та передачу грошей і необхідних речей (води, медзасобів, засобів гігієни тощо) для потреб Територіальної оборони Києва та Збройних сил України.

Науковці Інституту виготовляють та передають на фронт власну розробку – медичні іммобілізаційні пневматичні шини для тимчасової фіксації травмованих частин тіла людини та її транспортування з мінімальною травматичністю. Також Інститут передає військовим зварювальні матеріали для проведення зварювання металоконструкцій у зоні бойових дій, а у медзаклади – апарати для зварювання живих тканин ПАТОНМЕД та інструменти для операції.

Більше 20 молодих науковців інституту організували у вільний від роботи час виробництво теплових печей (буржуйок) для військовослужбовців, які зараз воюють на сході та півдні України. До збору коштів на матеріали для цих печей, а це на сьогодні більше 300 тис. грн., активно долучились співробітники, волонтери та просто небайдужі українці.

На волонтерських засадах виконується ціла низка науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт для потреб ЗСУ. Нажаль, не про всі роботи, які Інститут виконував та виконує на потреби ЗСУ, можна зараз говорити відкрито. Але



Під час урочистих зборів, ІЕЗ ім. Є.О. Патона, 18 січня 2024 р.

вони постійно проводяться, і одним з важливих напрямів цих робіт є експертна діяльність. Наприклад, у минулому році науковці ІЕЗ виконали 11 робіт, пов'язаних з експертизою для військових інститутів та підприємств оборонного комплексу.

Відмічаючи внесок співробітників ІЕЗ у перемогу, неможна оминати увагою 19 колег, які з перших днів війни добровільно вступили до лав ЗСУ та ТРО, і наразі перебувають на військовій службі. Один з них був поранений, і в Інституті був організований збір коштів на його лікування. Один наш молодий колега був нагороджений сталевим хрестом.

Цими днями на адресу колективу нашого Інституту надійшло багато теплих привітань з нагоди ювілею. Зокрема, це привітання від Офісу Президента України, Міністерства освіти і науки України, Президії Національної академії наук України, АТ «Українська оборонна промисловість», Болгарського Союзу Зварювання, Фізико-технологічного інституту металів і сплавів НАН України, Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України, Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України, Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Національного університету «Чернігівська політехніка», Інституту термоелектрики НАН України, Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського, Українського трубного заводу.

На урочистих зборах колективу з нагоди ювілею нас привітали президент Національної ака-

демії наук України академік Анатолій Загородній, голова Західного наукового центру НАН України та МОН України, директор Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка академік Зіновій Назарчук, голова Північно-Східного наукового центру НАН України і МОН України, генеральний директор НТК «Інститут монокристалів» академік Володимир Семиноженко, в.о. директора Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича член-кореспондент Геннадій Баглюк, перший заступник директора Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича академік Сергій Фірстов, директор Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля академік Володимир Туркевич, заступник директора Фізико-технологічного Інституту металів та сплавів доктор технічних наук Микола Тарасевич, голова Наукового комітету Національної ради України з питань науки та технологій Олександра Антонюк, начальник Центрального науково-дослідного Інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України генерал-майор Ігор Чепков, ректор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського» академік Михайло Згуровський, ректор Національного університету «Чернігівська політехніка» доктор технічних наук Олег Новомлинець.

Співробітники Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона заслуговують на повагу суспільства за вірність патонівським традиціям, героїчну працю, яка допомагає зміцнювати обороноздатність України і наближає Перемогу. Патонівці внесуть значний вклад в справу повоєнного відродження та подальшого інноваційного розвитку рідної держави.

Ігор Кривцун, академік НАН України,
директор ІЕЗ ім. Є.О. Патона



ВИСТАВКА «RAILWAY INTERCHANGE 2023»

01–04 жовтня 2023 р. в США, м. Індіанополіс, відбулася виставка «Railway Interchange 2023», на якій були присутні понад 8500 відвідувачів з понад 40 країн, 750 експонентів/спонсорів-учасників і десятки засобів масової інформації. Це найкрупніший форум у залізничній галузі Північної Америки, аудиторією якої є висококваліфіковані особи, що приймають рішення з питань залізничного транспорту. «Railway Interchange» пропонує неперевершену можливість вивчити новітні технології, послуги та дослідження, представлені провідними членами Інституту залізничного постачання (RSI), Асоціації постачальників інженерно-технічного обслуговування залізниць (REMSA) і Асоціації постачальників залізничної галузі (RSSI), Асоціації залізничних інженерів та технічного обслуговування шляхів (AREMA) та інших партнерських асоціацій, де поєдналися нетворкінг, освіта та інновації в одному місці.

Компанія OKOndt GROUP втретє брала активну участь у цій виставці та представила свої

дефектоскопи для неруйнівного контролю залізничних рейок, зварних з'єднань, стрілочних переводів, елементів рухомого складу. Формат виставки дозволив OKOndt GROUP продемонструвати широкий асортимент продукції та переваги наших технологій. На стенді було представлено наступні пристрої: УДС2-77 і УДС2-73 – ультразвукові (однорельсовий і дворельсовий) дефектоскопи для безперервного контролю рейок, УСП-01 – комплект для контролю зварних з'єднань рейок (у складі скануючого пристрою та дефектоскопа Sonocon B), ETS2-77, ETS2-73 і Eddycon C – вихретокові дефектоскопи для контролю рейок, прилади для контролю елементів рухомого складу. Розробки OKOndt GROUP показали свій високий технічний рівень та конкурентоспроможність на світовому ринку, викликали широкий інтерес у відвідувачів виставки. Підсумком виставки стало встановлення нових ділових контактів із залізничними дорогами американського континенту.



Стенд OKOndt GROUP на виставці «Railway Interchange 2023»



**НОВИНИ УКРАЇНСЬКОГО ТОВАРИСТВА
НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ**
члена Європейської Федерації з неруйнівного контролю
члена Міжнародного комітету з неруйнівного контролю



ОЛЕГУ МИХАЙЛОВИЧУ КАРПАШУ – 75 РОКІВ!



Правління Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики вітає з 75-річчям від дня народження Карпаша Олега Михайловича – доктора технічних наук, професора кафедри енергетичного менеджменту і технічної діагностики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, віце-президента УТ НКТД, заслуженого працівника газової промисловості України, академіка Української нафтогазової академії та Міжнародної академії стандартизації, заслуженого діяча науки і техніки України (2001), лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки (2006), лауреата ордена «За заслуги» III ступеня (2010).

Багаторічний трудовий шлях О.М. Карпаша нерозривно пов'язаний зі створенням сучасних засобів і високоефективних технологій неруйнівного контролю і технічної діагностики нафтогазового бурового обладнання та інструменту, з розробленням нових методів і технологій визначення фактичного технічного стану металоконструкцій довготривалої експлуатації, впровадженням у виробництво стаціонарних і пересувних лабораторій для нафтогазовидобувної промисловості, з вихованням нових поколінь сучасних фахівців і молодих вчених. Він сформував власну наукову школу «Методи та засоби забезпечення технологічної

безпеки обладнання, споруд і конструкцій довготривалої експлуатації», а під його керівництвом було захищено 3 докторських і 17 кандидатських дисертацій.

Значним є внесок О.М. Карпаша у науково-технічну і педагогічну діяльність Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу на посаді проректора з наукової роботи (2001–2017 рр.) і завідувача кафедри технічної діагностики і моніторингу, яку він заснував і очолював до 2014 р. У різні роки О.М. Карпаш був заступником головного редактора науково-технічних журналів «Нафтогазова енергетика», «Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ», «Науковий вісник ІФНТУНГ», членом редколегії журналів «Технічна діагностика та неруйнівний контроль», «Методи і прилади контролю якості», «Ринок інсталяцій», «Machinery technology, Materials» (Болгарія), «Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research» (Франція), учасником численних міжнародних наукових проєктів.

У творчому доробку О.М. Карпаш має майже 400 публікацій, понад 50 патентів і авторських свідоцтв, 4 монографії, 10 підручників, більше 40 нормативних документів.

Шановний Олеже Михайловичу!

Щиро бажаємо подальших успіхів у Вашій багатогранній діяльності, реалізації всіх Ваших найсміливіших задумів і найзаповітніших мрій, незмінної удачі, міцного здоров'я та благополуччя. Нехай у Вашому житті завжди будуть присутні лише позитив, прекрасний настрій і чудові люди, робота приносить лише радість, а вдома завжди чекатимуть добробут, тепло і затишок!

Правління Українського товариства НКТД

ВІТАЄМО НОВИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЧЛЕНІВ УТ НКТД:

- **Базіла Костянтина Вікторовича**
д.т.н., професора кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету
- **Году Ольгу Юріївну**
к.т.н., старшу викладачку кафедри інформаційно-вимірювальних технологій НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

- **Деречу Валерія Яковича**
начальника відділу неруйнівних методів контролю ДП «АНТОНОВ»
- **Єременка Володимира Станіславовича**
д.т.н., професора кафедри інформаційно-вимірювальних технологій НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

■ **Козерука Сергія Олександровича**

к.ф.-м.н., доцента кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

■ **Марчука Романа Миколайовича**

к.т.н., аспіранта Національного авіаційного університету

■ **Мешкова Сергія Миколайовича**

к.т.н., доцента кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки

■ **Мікосянчик Оксану Олександрівну**

д.т.н., професорку, завідувачку кафедри Національного авіаційного університету

■ **Мнацаканова Рудольфа Георгійовича**

д.т.н., професора Національного авіаційного університету

■ **Мокійчука Валентина Михайловича**

к.т.н., доцента кафедри інформаційно-вимірвальних технологій НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

■ **Монченко Олену Володимирівну**

к.т.н., доцентку Національного авіаційного університету

■ **Мягкого Олександра Валерійовича**

к.т.н., доцента кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки

■ **Нижника Олександра Ігоровича**

к.т.н., асистента кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

■ **Орла Романа Петровича**

к.т.н., доцента кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки

■ **Семак Інну Вікторівну**

старшу викладачку Національного авіаційного університету

■ **Старовойта Ярослава Івановича**

к.т.н., асистента кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

■ **Тичкову Наталію Борисівну**

аспірантку кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Топтун Анну Володимирівну**

PhD, викладачку кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Трощинського Богдана Олександровича**

к.т.н., доцента Київського національного університету будівництва та архітектури

■ **Філімонова Сергія Олександровича**

к.т.н., доцента кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Чубукіна Олександра Сергійовича**

к.т.н., доцента Харківського національного університету радіоелектроніки

■ **Щербань Анастасію Павлівну**

к.т.н., доцентку кафедри інформаційно-вимірвальних технологій НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

■ **Юцкевича Святослава Сергійовича**

к.т.н., доцента Національного авіаційного університету

Підтвердили членство в УТ НКТД на новий термін:

■ **Близнюк Олена Дмитрівна**

м.н.с. науково-дослідної частини Національного авіаційного університету

■ **Бондаренко Максим Олексійович**

д.т.н., професор, завідувач кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Гальченко Володимир Якович**

д.т.н., професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Городжа Анатолій Дмитрович**

к.т.н., професор Київського національного університету будівництва та архітектури

■ **Кубай Микола Михайлович**

керівник відділу ТзОВ «Кипер-Пласт», м. Львів

■ **Пуларія Андрій Луарсабович**

к.т.н., доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство» Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

■ **Тичков Володимир Володимирович**

к.т.н., доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Трембовецька Руслана Володимирівна**

д.т.н., доцентка кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Туз Вячеслав Валерійович**

к.т.н., доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету

■ **Ящерицин Євген Володимирович**

к.т.н., доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

ПРО МОЖЛИВОСТІ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ НИЗЬКОЧАСТОТНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ПРОТЯЖНИХ ОБ'ЄКТІВ

В.О. Троїцький

зав. відділу неруйнівного контролю ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

Технологія низькочастотного далекодіючого УЗК за останній десяток років отримала розвиток у світі. Можна припустити, що за нею майбутнє в моніторингу технологічних трубопроводів. Ці трубопроводи в Україні зараз практично поступово руйнуються, не маючи регламентів та актуальної нормативної бази для їхньої діагностики. Ідея НЧ УЗК швидко просувається у розвинених країнах. В Україні дослідження з цього напрямку проводяться в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Окрім нових дефектоскопічних можливостей, у цій статті хочу поділитися думкою, як на основі особливостей проходження НЧ УЗ коливань оцінювати ступінь старіння металу об'єкта з тривалим терміном експлуатації.

Відомо, що з часом, залежно від того, як експлуатувався старий об'єкт, відбувається швидка або повільна деградація металу. З роками він поступово перетворюється на потерть, яка втратила властивості кристалічного тіла.

На основі оцінки дальності проходження НЧ УЗ коливань можна ввести бальність деградації металу. У новому металі УЗ коливання низької частоти поширюються на сотні метрів. У сильно деградованому металі, який вже втратив пружні властивості твердого тіла, ці коливання швидко загасають, майже не поширюються. За основу призначення балу повноцінності металу може бути взято мертву зону, властиву всім УЗ випромінювачам. Її довжина Δ залежить від геометрії труби та частоти УЗ коливань. Тоді, якщо УЗ коливання загасають лише на рівні протяжності цієї зони, тобто відстань проходження УЗ коливань $L \approx \Delta$, то якість металу як твердого тіла $Q = \frac{L - \Delta}{L}$ приблизно дорівнює нулю. Тобто це вже потерть, поцяткована міжкристалітною корозією, а не тверде тіло. Відповідно, для нового кристалічного металу $Q \approx 1$, коли відстань проходження НЧ коливань $L \gg \Delta$.

Старий метал є небезпечним. Труби зі старого металу є неприпустимими для експлуатації. Проведені нами експерименти на складах теплообмінних пунктів та на теплових трасах показали, що досить часто НЧ коливання повністю загасають, не пройшовши й кількох метрів, хоча ззовні труби вигляда-

ють як благополучні. При цьому не можна забувати про характер та тип ізоляції, заповнення труби, що впливають на ці оцінки. Описана вище оцінка деградації стосується труб без заповнення та без ізоляції.

Чи буде такий метод оцінки деградації нормований чи не буде, але ясно одне, що, перш ніж застосовувати НЧ діагностику, слід поцікавитися якістю металу, його віком, а також тим, чим заповнений трубопровід, наявністю на ньому ізоляції, її акустичними властивостями та ін. Усі ці обставини повинні бути відображені в стандартах на цей метод. Без урахування цих відомостей метод НЧ УЗК є ненадійним. Проте я вірю, що в нього є серйозне майбутнє, яке потрібно наближати.

Багато сил і часу витрачено нами на поширення НЧ УЗК для оцінки стану трубопроводів в Україні. Ейфорія, пов'язана з можливостями цього методу, пройшла. Зараз ми зрозуміли, яке місце цей вид контролю може зайняти під час діагностики протяжних об'єктів. Для того, щоб цей метод почав застосовуватися в Україні, потрібно мати нормативну базу.

Свого часу в американському журналі TNT, що видається для інженерів-практиків NDT, була оприлюднена цікава стаття під назвою «Альтернативні NDT технології для розшифрування пошкоджень, що відбулися на трубопроводі Прудхое на Алясці», що порівнює традиційні методи УЗК з НЧ УЗК.

У серпні 2006 р. велика нафтова компанія США пережила другий інцидент, пов'язаний з аварією на нафтопроводі, який призвів до порушення екологічно крихкої природи Аляски. Обидві аварії були результатом внутрішньої пітингової корозії на нафтопроводах у чотири нитки діаметром 0,85 м. Цими лініями транспортується більше 400000 барелів агресивної нафти щодня з Аляски в південні штати США. Після першої аварії всі чотири нитки нафтопроводу були перевірені загальновідомими традиційним ручним та автоматизованим УЗК. Проте з часом сталася повторна серйозна аварія на цьому трансконтинентальному нафтопроводі. Після другої аварії було зроблено негайне перекриття приблизно 3 % постачання нафти до 48-ми штатів доти, доки не буде виконаний повний повторний НК всього нафтопроводу. Інформація про потенційну небезпеку можливої екологічної катастрофи швидко

дійшла до національних засобів масової інформації. Уся громадськість США стала спостерігати за спеціалістами з НК, від оперативності яких залежали розміри збитків усієї країни. Незабаром після відключення чотириниткового нафтопроводу Міністерство транспорту США для пришвидшення запуску нафтопроводу видало припис про термінову розробку автоматизованого УЗК всіх чотирьох ниток нафтопроводів. Причому було вирішено контролювати тільки найнебезпечніші зони трубопроводів, тобто зону секторів від 4 до 8 год. Уряд США відмовився від досліджень верхньої частини нафтопроводу. Контроль за допомогою традиційного УЗК вимагав видалення поліуретанової ізоляції та ретельної підготовки під УЗ контроль поверхні труб. Для виконання цих робіт знадобилася велика кількість робітників. Для робіт з УЗК потрібно було близько 100 дефектоскопістів. Тому постало завдання знайти альтернативні методи та засоби для прискорення суцільного УЗК, які б за точністю були не гірші, ніж традиційні засоби. Треба було виявити внутрішні корозійні язви глибиною більше 50 % товщини стінки при співвідношенні геометричних розмірів у плані 3:1. Після другої аварії вимоги до НК посилювалися. Тепер вимагали забезпечення 100 % виявлення будь-якої несцільності. Для виконання традиційного УЗК кожна нитка трубопроводу була поділена на контрольовані ділянки по 0,3 км, що призвело до створення 52000 окремих НК ділянок. Труби перевірялися за допомогою ручного ультразвуку для визначення мінімальної та середньої товщини стінки в межах сегмента від 4 до 8 год., тобто у нижній порожнині нафтопроводу, де постійно присутня нафта з агресивними домішками. Кожна група з 108 фахівців перевіряла традиційним УЗК в середньому 283 сегменти за день. Був застосований ручний і традиційний автоматизований УЗ контроль (див. кн. «Мониторинг состояния конструкций»).

Швидкість автоматизованого УЗК була несподівано низькою (від 4,5 до 6,0 м) внаслідок необхідності додаткових уточнень і повільного ручного сканування. Якби не був терміново розроблений успішний альтернативний НЧ метод УЗК, то контроль 52000 ділянок зайняв би більше півроку, а саме близько 184 днів. Для 48-ми штатів США це було неприпустимо.

Тому незабаром крім традиційного УЗК з використанням п'єзоперетворювачів по зачищеній поверхні були проведені випробування електромагнітоакустичних перетворювачів (ЕМАП), які встановлювалися по осі трубопроводу в точці торкання опори труби, тобто у положенні 6 год. Так НЧ ЕМА технологія дозволяє виявляти утонення стінки на 30 %, починаючи з відстані 0,5 м від опори. Застосування ЕМАП дозволило зменшити витрати та час на проведення контролю за рахунок операцій зняття та повторного нанесен-

ня ізоляції. Далі виконувався вже АУЗК на основі ЕМАП через антикорозійне покриття завтовшки 4 і 8 мм. Випробування за допомогою ЕМАП по ізольованій трубі повністю еквівалентні контролю по зачищеній трубі, що суттєво прискорювало діагностику. Але збільшити продуктивність НК десятикратно дозволив метод НЧ УЗК.

Сьогодні НЧ ЕМАП технологія доволі поширена та стандартизована (ASTM E1816) на рівні з технологією п'єзоелектричного НЧ УЗК, але на той час технології ЕМАП контролю були абсолютно нові та не мали нормативної бази.

У підсумку польові випробування показали, що:

- команда з двох осіб за допомогою ЕМАП змогла перевірити 300 м за зміну;
- технологія НЧ ЕМАП дає широке зображення всього контрольованого сегмента (4...8 год.);
- після закінчення робіт з ЕМАП потрібно виконувати уточнюючі заміри товщини звичайним УЗ методом;
- НЧ ЕМАП продемонстрував 100 % виявленість ізольованого пітінга при втраті 25 % товщини стінки щодо розмірів дефекту в плані 3:1;
- результати НЧ ЕМАП, отримані на зачищеній поверхні, відповідають результатам на незачищеній трубі;
- НЧ ЕМАП дає рівень хибних сигналів менше 1 %.

НЧ ЕМАП дає результати краще, ніж автоматизований традиційний УЗК або ЕМАП при ізоляції. При цьому довжина ділянки об'єкта, проконтрольованої командою з двох осіб, що використовує ручний прилад для НЧ ЕМАП через допоміжні операції, не перевищувала 60 м за один день. При автоматизації та покращених кріпленнях датчиків НЧ ЕМАП (антени) продуктивність сканування підвищилася до 3 м/хв., тобто за робочий день вже контролювалося понад 1 км труби. Це був успіх НЧ ЕМАП.

До появи НЧ ЕМАП, альтернативного традиційним технологіям, сотні знімачів ізоляції, очищувачів ізоляції та техніків УЗК працювали одночасно 24 год. на добу. Нові альтернативні методи ЕМАП і НЧ ЕМАП були прийняті Міністерством транспорту США.

Дані аварії спонукали уряд США до пошуку нетрадиційних методів діагностики трубопроводів. Дивно, але ці процеси в США збіглися з тим, що робилося нами в Україні. Давно здобули популярність наші роботи з ЕМА і НЧ технологій. Проте обсяги застосування цих і інших технологій залежать від стану промисловості в країні.

Перші стандарти з НЧ далекодуючого контролю почали з'являтися лише з 2009 р. (італійський стандарт UNI/TS 11317:2009, японський стандарт JIS-NDIS 2427:2010). Тоді ж на західний ринок стало виходити третє покоління цих систем контролю якості, які не потребують проведення сканування поверхні об'єкта.

Процес проходження НЧ акустичних хвиль чутливий до змін товщин стінок труби, характеру відкладень на її поверхні, корозії та інших несучільностей. Отримані при цьому луно-сигнали містять інформацію про дефекти та відстані до них від акустичної антени.

Проблема полягає не тільки в селектуванні відбитого сигналу, але і в його виявленні на тлі завад, які можуть бути співмірними або перевершувати відбитий сигнал від дефекту. Корисний сигнал від дефекту може маскуватися сигналами від зварних швів, фланців, колін труби, відгалужень. Луно-сигнал послаблюється при відбитті з далеких ділянок трубопроводів, а чутливість і точність довгохвильового методу контролю при цьому падає.

В Україні метод і системи НЧ УЗК можуть використовуватися для випадків:

- перетину доріг трубопроводами;
- проходження трубопроводу через суцільні конструкції;
- коли необхідний 100 % контроль обсягу;
- проведення контролю при використанні різних типів опор;
- контролю наявності корозії під ізоляцією (з мінімальним видаленням ізоляції);
- порівняння якості кільцевих монтажних зварних швів.

У відділі №4 ІЕЗ ім. Є.О. Патона є НЧ УЗК апаратура для виконання подібних задач. Нами

розроблено два діагностичні УЗ комплекси для визначення корозійного зносу трубопроводів діаметром до 330 і 630 мм з резонансною частотою 36 і 16,3 кГц.

Вони складаються з наступних блоків:

- акустичної антени (кільцевого блоку акустичних перетворювачів, розташованих рівномірно по діаметру труби із зовнішнього боку, що притискаються до труби);
- блоку збудження зондувальних імпульсів, прийому відбитих сигналів і програмного управління режимами;
- персонального комп'ютера для реєстрації, обробки та аналізу отриманої інформації.

Порівняльні аналізи вимірів відстані, координат зварних з'єднань за допомогою рулетки та отриманих за допомогою НЧ УЗК за представленою на рис. 1 осцилограмою, показано в таблиці.

Розрахунок відстані до шва та дефектів виконувався за формулою $L = \frac{vt}{2}$, де t – час проходження відбитого луно-сигналу на осцилограмі, v – швидкість поширення ультразвуку для торсійних коливань.

З таблиці видно, що точність виміру відстаней вздовж осі труби досить висока (не гірше 30 см) і не залежить від відстані до виявлених дефектів і зварних швів труби. Експериментально показано, що точність визначення дефектних ділянок знаходиться в межах роздільної здатності довгохвильового методу контролю. Цієї точності цілком достатньо для визначення місця шурфу, дефектної ділянки труби або відповідного місця розкриття ізоляції, для уточнення розмірів і глибини корозійного ураження труби та виконання ремонтних робіт.

Ще один висновок, який впливає з рис. 1, полягає в тому, що кільцеві монтажні шви V–VII приблизно рівної якості. Однозначно неякісним є шов IV.

Цікаві результати (рис. 2) отримані на відкритих ділянках газопроводу (труба Ø 330 мм, товщина стінки 8 мм). Вони показали потенційні можливості, успішність використання НЧ УЗ методу для обстеження протяжних ділянок трубопроводів до 150 м від місця встановлення антени.

Також розроблену в ІЕЗ ім. Є.О. Патона систему НЧ УЗК було випробувано на підземній ділянці газопроводу, покритого посиленою протикорозійною бризольною ізоляцією завтовшки 9 мм (рис. 3). Тут акустичні хвилі затухали практично відразу, не просуваючись у тіло труби.

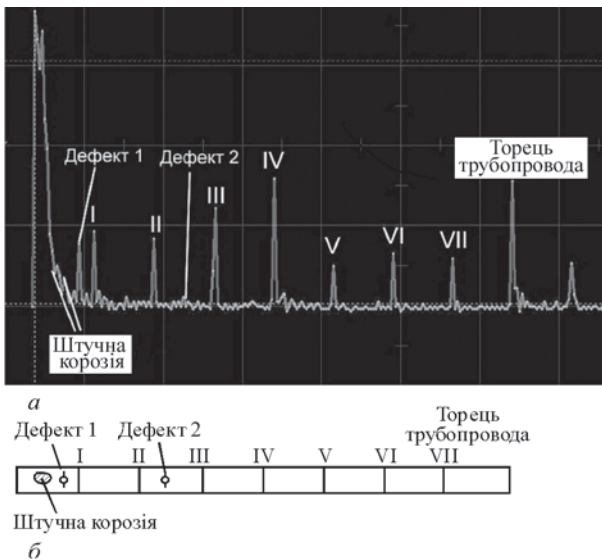


Рис. 1. Осцилограма (а) луно-сигналу на експериментальній ділянці трубопроводу (б) завдовжки 48 м. Римськими цифрами показано нумерацію швів трубопроводу

Відбивач	Дефект 1	Зварний шов I	Зварний шов II	Дефект 2	Зварний шов III	Зварний шов IV	Зварний шов V	Зварний шов VI	Зварний шов VII	Торець
Розрахункова відстань до відбивача (за результатами УЗК), м	4,15	6,05	12,12	14,97	18,35	24,48	30,78	36,59	42,88	48,68
Відстань до відбивача, виміряна рулеткою, м	4,25	6,04	12,09	15,25	18,34	24,45	30,56	36,62	42,69	48,69

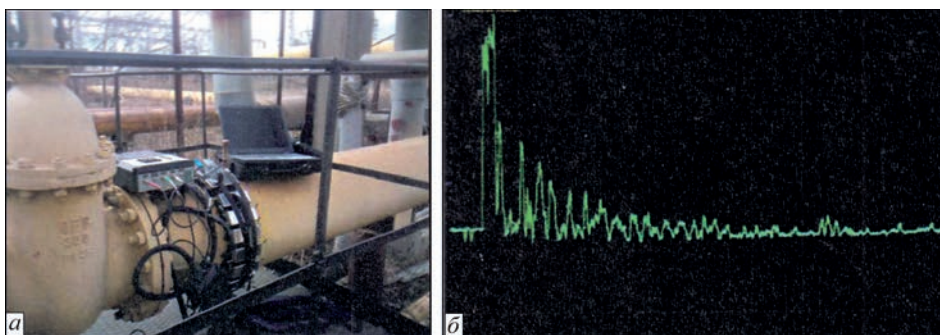


Рис. 2. Контроль наземної ділянки газопроводу завдовжки 150 м (а) та осцилограма (б) НЧ УЗ луно-сигналу

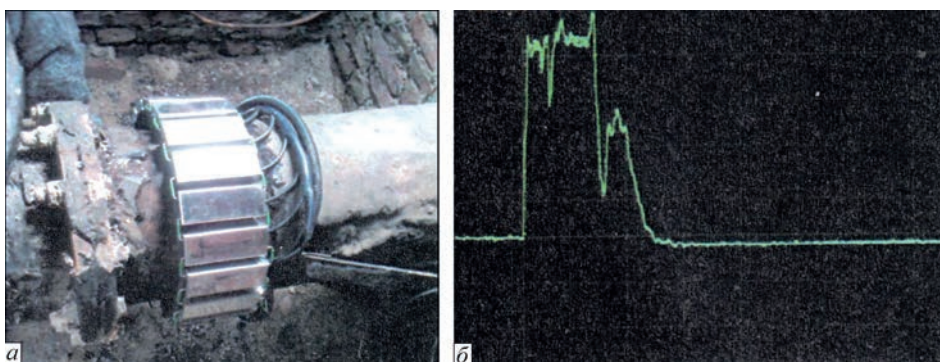


Рис. 3. Контроль підземної ділянки газопроводу з протикорозійною брізольною ізоляцією (а) та осцилограма луно-сигналу (б)



Рис. 4. Контроль підземної ділянки діючої теплотраси (а) та осцилограма луно-сигналу від корозійно ураженого трубопроводу (б)

Тривалі дослідження щодо визначення можливості виявлення корозійних уражень НЧ УЗ методом проводилися нами з досить великою кількістю нових і вживаних труб з різними видами захисної ізоляції на складі-полігоні ТЕЦ у м. Вишневе Київської області. Було експериментально підтверджено, що для бітумних покриттів з великим поглинанням УЗ коливань дальність акустичного НЧ контролю трубопроводів була обмежена та не перевищувала 1...3 м. Достатньо добре пружні хвилі проходять по трубах з теплоізоляцією, наприклад подібною до пінопласту, з подальшою гідроізоляцією. Довжина експериментальних зразків труб досягала 8...12 м. При цьому виявлялися ділянки корозійних уражень, зони отворів, врізок і т.п.

Там же успішно проведено дослідження з виявлення корозійних уражень на підземних ділянках працюючої теплотраси (рис. 4). При гідравлічних випробуваннях теплотраси несподівано з'явився витік на одній з її ділянок. Після шурфування на відкритому трубопроводі нам дозволили встановити акустичну антену. Так було вияв-

лено ділянку з глибоким корозійним ураженням на відстані від антени порядку 6 м з точністю до 30 см, що потенційно могло бути зоною чергового прориву теплотраси. Тобто НЧ моніторингом було попереджено можливу аварію. Цей практичний досвід показав можливості НЧ УЗ методу для експлуатації старих труб з високим ступенем корозійних уражень. Причому інтерпретація результатів контролю у цьому випадку порівняно проста – сигнал на ділянці сильного корозійного ураження практично повністю загасає. Таким чином, на складі труб, що були у вживанні, вдалося розсортувати та обрати для подальшого застосування труби, в яких не було сильного поглинання НЧ УЗ коливань. Для нових труб без деградації металу такі дослідження робити не потрібно.

Принципові відмінності використовуваної техніки довгохвильового УЗК і самих підходів в інтерпретації результатів контролю вимагають спеціальної підготовки та сертифікації дефектоскопістів.

НОВИНИ В СФЕРІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

З 31 грудня 2023 р. згідно з Наказом №285 від 28.12.2022 р. в Україні набули чинності 20268 європейських нормативних документів, серед яких більше 70 складають стандарти з неруйнівного контролю.

З метою впорядкування бази діючих в Україні європейських і міжнародних стандартів з НК Технічним комітетом стандартизації ТК-78 «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» було

визначено національні стандарти, які суперечать положенням щойно прийнятих, а також ті стандарти, європейські і міжнародні версії яких вже втратили чинність.

Відповідно до наданих ТК-78 рекомендацій ДП «УкрНДНЦ», що виконує функції національного органу стандартизації, Наказом № 309 від 13.11.2023 скасувало з 01 січня 2024 р. чинність таких національних стандартів з НК:

1	ДСТУ EN 1330-5:2008	Неруйнівний контроль. Термінологія. Частина 5. Терміни стосовно вихрострумового контролю
2	ДСТУ EN 1330-9:2016 (EN 1330-9:2009, IDT)	Неруйнівний контроль. Термінологія. Частина 9. Терміни, які використовують в акустико-емісійному контролі
3	ДСТУ EN ISO 3452-1:2014	Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 1. Загальні принципи
4	ДСТУ EN ISO 3452-2:2014	Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. Частина 2. Випробування дефектоскопічних матеріалів
5	ДСТУ EN ISO 10675-1:2017 (EN ISO 10675-1:2016, IDT; ISO 10675-1:2016, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Рівні приймання для радіографічного контролю. Частина 1. Сталь, нікель, титан та їх сплави
6	ДСТУ EN ISO 10675-2:2018 (EN ISO 10675-2:2017, IDT; ISO 10675-2:2017, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Рівні приймання для радіографічного контролю. Частина 2. Алюміній та його сплави
7	ДСТУ EN ISO 10863:2014	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Застосування дифракційно-часового методу (TOFD)
8	ДСТУ EN ISO 10893-6:2015 (EN ISO 10893-6:2011, IDT; ISO 10893-6:2011, IDT)	Неруйнівний контроль сталевих труб. Частина 6. Радіографічний контроль шва зварних сталевих труб для виявлення дефектів
9	ДСТУ EN ISO 10893-7:2015 (EN ISO 10893-7:2011, IDT; ISO 10893-7:2011, IDT)	Неруйнівний контроль сталевих труб. Частина 7. Цифровий радіографічний контроль шва зварних сталевих труб для виявлення дефектів
10	ДСТУ EN 12543-2:2016 (EN 12543-2:2008, IDT)	Неруйнівний контроль. Характеристики фокусних плям у промислових рентгенівських системах, які використовують у неруйнівному контролі. Частина 2. Метод радіографії із застосуванням мікроканальної камери
11	ДСТУ EN 12668-1:2015 (EN 12668-1:2010, IDT)	Неруйнівний контроль. Характеристика і верифікація обладнання для ультразвукового контролю. Частина 1. Прилади
12	ДСТУ EN 12668-2:2015 (EN 12668-2:2010, IDT)	Неруйнівний контроль. Характеристика і верифікація обладнання для ультразвукового контролю. Частина 2. Перетворювачі
13	ДСТУ EN 12668-3:2015 (EN 12668-3:2013, IDT)	Неруйнівний контроль. Характеристика і верифікація обладнання для ультразвукового контролю. Частина 3. Комбіноване обладнання
14	ДСТУ EN ISO 12718:2016 (EN ISO 12718:2008, IDT, ISO 12718:2008, IDT)	Неруйнівний контроль. Контроль вихрострумовий. Словник термінів
15	ДСТУ EN 13477-2:2016 (EN 13477-2:2010, IDT)	Неруйнівний контроль. Акустична емісія. Характеристика устаткування. Частина 2. Експлуатаційні показники
16	ДСТУ EN ISO 13588:2019 (EN ISO 13588:2019, IDT; ISO 13588:2019, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Застосування автоматизованого методу фазованих решіток
17	ДСТУ EN 14096-1:2006	Неруйнівний контроль. Оцінювання цифрових радіографічних плівкових систем. Частина 1. Визначення, кількісні виміри параметрів якості зображення, стандартна контрольна плівка та контроль якості
18	ДСТУ EN 14096-2:2006	Неруйнівний контроль. Оцінювання цифрових радіографічних плівкових систем. Частина 2. Мінімальні вимоги
19	ДСТУ EN 14127:2014	Неруйнівний контроль. Ультразвукове вимірювання товщини
20	ДСТУ EN ISO 17405:2017 (EN ISO 17405:2014, IDT; ISO 17405:2014, IDT)	Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Методика контролю покриттів, нанесених наплавленням, катанням та детонаційним напилюванням

21	ДСТУ EN ISO 17640:2018 (EN ISO 17640:2017, IDT; ISO 17640:2017, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Методи, рівні контролювання та оцінювання
22	ДСТУ EN ISO 17640:2019 (EN ISO 17640:2010, IDT; ISO 17640:2010, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Ультразвуковий контроль. Методи, рівні контролювання та оцінювання
23	ДСТУ CEN ISO/TR 25107:2015 (CEN ISO/TR 25107:2006, IDT; ISO/TR 25107:2006, IDT)	Неруйнівний контроль. Настанови щодо програм навчання методам неруйнівного контролю
24	ДСТУ ISO 18490:2017 (ISO 18490:2015, IDT)	Неруйнівний контроль. Оцінювання гостроти зору для персоналу неруйнівного контролю
25	ДСТУ ISO 15549:2015 (ISO 15549:2008, IDT)	Неруйнівний контроль. Вихрострумний контроль. Загальні вимоги
26	ДСТУ ISO 17643:2018 (ISO 17643:2015, IDT)	Неруйнівний контроль зварних швів. Вихрострумний контроль зварних швів аналізуванням у комплексній площині
27	ДСТУ ISO 18563-1:2015 (ISO 18563-1:2015, IDT)	Неруйнівний контроль. Характеристика і верифікація ультразвукового обладнання з фазованими антенними решітками. Частина 1. Прилади
28	ДСТУ ISO 18563-3:2017 (ISO 18563-3:2015, IDT)	Неруйнівний контроль. Визначення характеристик і верифікація ультразвукового обладнання з фазованими антенними решітками. Частина 3. Комбіновані системи

Навчальний посібник
«МОНІТОРИНГ СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ
(ВВЕДЕННЯ В ПРОФЕСІЮ)»

Видавництво НВФ «Інтерсервіс», форма А4, 962 кольорових ілюстрацій



Перша частина книги присвячена основам дефектоскопії, вона цікава починаючим фахівцям, а інші – являють собою навчальні плакати та оригінальні статті, запозичені з провідних професійних журналів США, Англії, Німеччини та інших країн. Представлено багато матеріалів за новими технологіями НК. В останні роки почав широко застосовуватися рухомий рентген-телевізійний контроль (РТК). Дефектоскопісти України навчилися виготовляти недорогі, портативні, дистанційно керовані РТК-перетворювачі, за допомогою яких можливо виконувати моніторинг технічного стану будь-яких об’єктів, виготовлених з будь-яких ма-

теріалів. Портативні РТК-перетворювачі можуть бути створені на основі мініатюрних ПЗЗ-матриць або на основі флюороскопічних екранів та оптоелектроніки високої роздільної здатності, яка використовується в астрономії. Обидва рішення дозволять виконувати НК у реальному часі без затратних матеріалів. Такі РТК-технології з часом зменшать застосування УЗК і повністю витіснять плівкову радіографію. У книзі описані оригінальні рішення з магнітного, капілярного та інших методів неруйнівного контролю. Автор ділиться багаторічним досвідом Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона, інших організацій НАН України, авторів доповідей на наукових конференціях Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики. У книзі представлені основи неруйнівного контролю якості металоконструкцій, газо- та нафтопроводів, елементів залізничного транспорту, продукції машинобудування, посудин високого тиску, композиційних матеріалів, а також 120 технологій та навчальних плакатів з моніторингу стану конструкцій. Під керівництвом проф. В.О.Троїцького, завідувача відділу ІЕЗ ім. Є.О. Патона, виконано чимало робіт з оцінки якості різних споруд, розроблено багато методик радіаційних та інших методів оцінки стану матеріалів. Приймаються заявки на замовлення книги: ndt@paton.kiev.ua, larimart@ukr.net, usndt@ukr.net

ЦЕНТР СЕРТИФІКАЦІЇ ПРИ УТ НКТД СЕРТИФІКУЄ ПЕРСОНАЛ З НК В ІЗРАЇЛІ

Одна з провідних фірм Ізраїлю, що працює в галузі неруйнівного контролю, – MOREX 71 LTD, – замовила в Центрі сертифікації при УТ НКТД атестацію персоналу з рентгеновського, магнітного, ультразвукового, вихрострумowego, капілярного та візуального контролю. Всього мали пройти ресертифікацію згідно з вимогами EN ISO 9712 сімнадцять фахівців, у тім числі, два – на третій кваліфікаційний рівень.

Чому фірма Ізраїлю звернулась за послугами із сертифікації персоналу до ОСП з України?

По-перше, ЦС при УТ НКТД понад два десятиліття успішно працює в галузі сертифікації персоналу в Україні та в багатьох сусідніх країнах. Ми маємо Атестат про акредитацію від Національного агентства з акредитації України, яке, в свою чергу, є членом Європейської кооперації з акредитації (EA), Міжнародного форуму з акредитації (IAF) та підписантом Багатосторонніх Угод про взаємне визнання у сфері «сертифікація персоналу». Таким чином, акредитація, що надається НААУ у вищевказаній сфері, є еквівалентною акредитації, що надається національними органами з акредитації – підписантами угод у більш ніж 80 країнах світу.

По-друге, цінова пропозиція ЦС при УТ НКТД за сертифікацію персоналу вигідно відрізняється від пропозицій інших європейських ОСП.

По-третє, йдучи назустріч побажанням замовника, ми готові працювати в режимі виїзної екзаменаційної сесії. Крім того, в умовах сьогоденної обстановки в Ізраїлі, європейські фахівці з атестації не проявляють бажання там працювати.



Фірма MOREX 71 LTD

Таким чином, два фахівці ЦС при УТ НКТД Юрій Посипайко і Віктор Глуховський поїхали у відрядження до колег Ізраїлю. З Києва через мережу Інтернет їм допомагали в роботі Валентин Литвиненко, Роман Пастовенський та Андрій Шекеро.

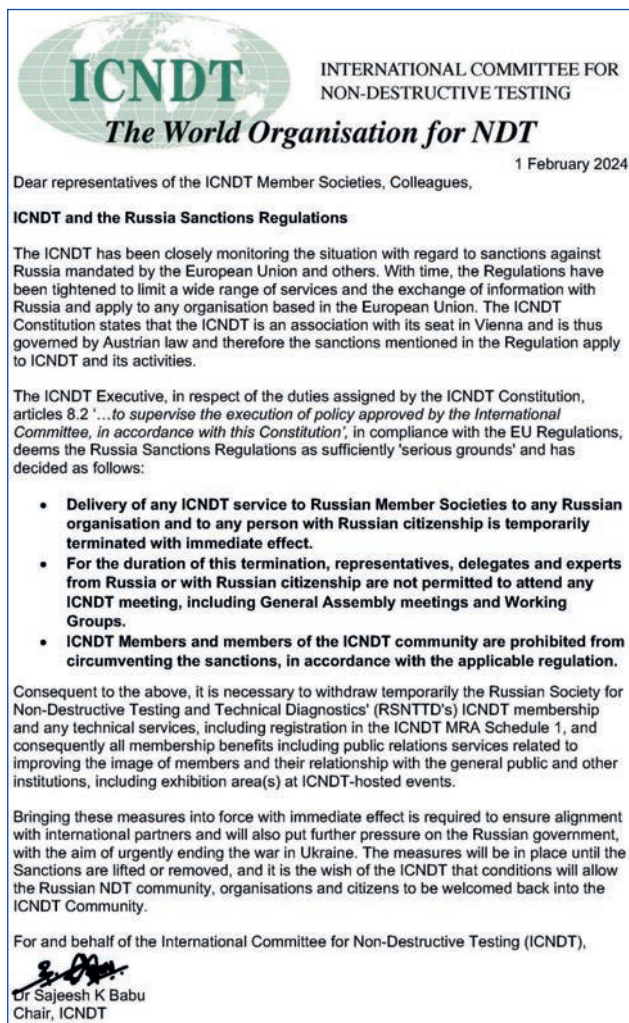
Фірма MOREX 71 LTD надає послуги з неруйнівного контролю на всій території країни, працюючи на підприємствах нафтохімічної, аерокосмічної, атомної промисловості, у суднобудуванні, трубопровідному, автомобільному та залізничному транспорті, на технічних базах військово-морських сил тощо. Центральний офіс фірми розташований в містечку Евен Єгуда біля Тель-Авіва, північний – в містечку Кір'ят Біялик біля Хайфи, а південний – в місті Беєр Шева.

Наші фахівці відвідали всі три філіали фірми, організовуючи екзаменаційний процес та знайомлячись з роботою кандидатів на ресертифікацію. У вільний час вони мали змогу ознайомитися з життям в Ізраїлі та відвідали Тель-Авів і Єрусалим.



Під час проведення сертифікації

ЛИСТ ГОЛОВИ МІЖНАРОДНОГО КОМІТЕТУ З НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ DR. SAJEESH K BABU ЩОДО ЗАПРОВАДЖЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЙ І ГРОМАДЯН РФ



діяльність регулюється австрійським законодавством, а тому санкції, згадані в Регламенті, застосовуються до ICNDT та її діяльності.

Виконавчий орган ICNDT, щодо обов'язків, визначених Статутом ICNDT, статті 8.2 «...нагляда-ти за виконанням політики, схваленої Міжнародним комітетом, відповідно до цього Статуту», відповідно до Регламенту ЄС, вважає «Регламент про санкції проти росії» як достатньо «серйозні підстави» та вирішив наступне:

- Надання будь-яких послуг ICNDT російським товариствам-членам, будь-яким російським організаціям та будь-якими особам з російським громадянством тимчасово припиняється з негайним набранням чинності.
- Протягом терміну цього припинення представникам, делегатам і експертам з росії або з російським громадянством не дозволяється відвідувати засідання ICNDT, включаючи засідання Генеральної асамблеї та робочих груп.
- Членам ICNDT та членам спільноти ICNDT заборонено обходити санкції відповідно до чинного положення.

Відповідно до вищезазначеного, необхідно призупинити членство російського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики (RSNTTD) в ICNDT та будь-які технічні послуги, включаючи реєстрацію в ICNDT MRA Schedule 1, і, отже, усі переваги членства, включаючи послуги зі зв'язків з громадськістю, пов'язані з покращенням іміджу членів та їхніх стосунків із широким загалом та іншими установами, включаючи виставкові зони на заходах, що проводить ICNDT.

Негайне введення цих заходів у дію необхідне для забезпечення узгодженості з міжнародними партнерами, а також створить подальший тиск на російський уряд з метою термінового припинення війни в Україні. Заходи діятимуть доти, доки санкції не будуть скасовані або зняті, і ICNDT бажає, щоб умови дозволили російській спільноті NDT, організаціям і громадянам повернутися до спільноти ICNDT.

Від імені Міжнародного комітету
з неруйнівного контролю (ICNDT),
Dr Sajeesh K Babu
Президент ICNDT

Переклад

Шановні представники товариств-членів ICNDT, колеги!

ICNDT і Регламент про санкції проти росії

ICNDT уважно стежить за ситуацією щодо санкцій проти росії, введених Європейським Союзом та ін. З часом Положення було посилено, щоб обмежити широкий спектр послуг та обмін інформацією з росією застосовно до будь-якої організації, що базується в Європейському Союзі. У Статуті ICNDT зазначено, що ICNDT є асоціацією з місцем розташування у Відні і, таким чином, її

КАЛЕНДАР КОНФЕРЕНЦІЙ І ВИСТАВОК З НКТД

23–26 квітня 2024	Німеччина, Штутгарт	36 th Control – Trade Fair for Quality Assurance (Торговий ярмарок із забезпечення якості)	P.E. Schall GmbH & Co. KG
27–31 травня 2024	Південна Корея, Інчхон	20 th World Conference on Non-Destructive Testing (20 th WCNDT) (20-а Всесвітня конференція з НК)	Korean Society for NDT
10–13 червня 2024	Німеччина, Потсдам	11 th European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM 2024) (Європейський семінар з моніторингу структурного здоров'я)	German Society for NDT
10–14 червня 2024	Созопіль, Болгарія	International Conference NDT Days 2024 Щорічна конференція Болгарського товариства з НК	Bulgarian Society for ND
11-13 червня 2024	Канада, Оттава	NDT in Canada 2024 (Щорічна конференція Канадського інституту НК)	Canadian Institute for NDE
15–18 жовтня 2024	Китай, Пекін	The 3 rd World Congress on Condition Monitoring - WCCM 2023 (3-й Всесвітній конгрес з моніторингу технічного стану)	Chinese Society for NDT and China SEI Institute
15–17 жовтня 2024	Беляни Вроцлавські, Польща	50 th National Conference on NDT (50-а Національна конференція з неруйнівного контролю)	Polish Society for NDT&TD
21–24 жовтня 2024	США, Лас Вегас	ASNT 2024 – The Annual Conference (Щорічна конференція Американського товариства з НК)	American Society for NDT
03-06 березня 2025	Бангалор, Індія	3 rd International Conference on NDE 4.0 (3-я Міжнародна конференція з NDE 4.0)	Indian Society for NDT
9–12 червня 2025	Канада, Онтаріо	Pan-American Conference for Nondestructive Testing (VIII PAN-NDT) (Панамериканська конференція з неруйнівного контролю)	Canadian Institute for NDE
06–09 жовтня 2025	США, Орlando	ASNT 2025 – The Annual Conference (Щорічна конференція Американського товариства з НК)	American Society for NDT
11–14 травня 2026	США, Гаваї	17 th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing (APCNDT 2026) (17-а Азіатсько-Тихоокеанська конференція з неруйнівного контролю)	American Society for NDT
15–19 червня 2026	Італія, Верона	The 14 th European Conference on Non-Destructive Testing (14 th ECNDT) (14-а Європейська конференція з НК)	Italian Society for NDT



ЧАС ЦИФРОВОЇ РЕНТГЕНТЕЛЕВІЗІЙНОЇ РАДІОГРАФІЇ (БЕЗ R-ПЛІВКИ). РТК – ЦЕ ПРОСТО, ЯКІСНО, ШВИДКО, ДЕШЕВО!

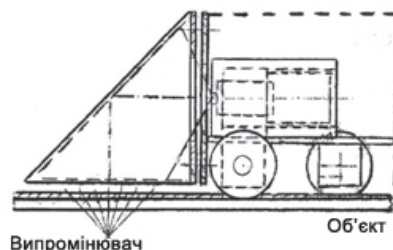
Технологія РТК



Надійно

Цифрову діагностику можна проводити за будь-яких погодних умов! Холод, спека, сніг або дощ – наші прилади працюють завжди! Не потрібні витратні матеріали, проявочні пристрої

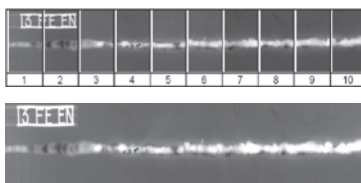
Рухомий РТК-перетворювач на магнітних колесах



ШВИДШЕ

Скорочено у рази час контролю порівняно з плівковою радіографією. Ефективно перевіряти рухомі об'єкти, можна поєднувати з плівковою радіографією

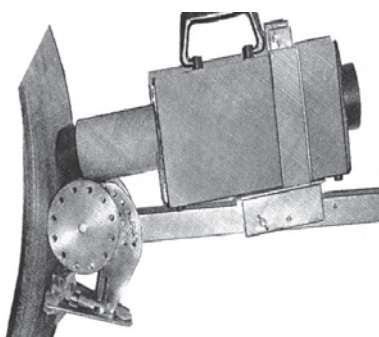
По'єднання окремих цифрових РТК-зображень в одну радіограму об'єкта практично будь-якої форми



ДЕШЕВШЕ

Вартість рентгентелевізійної радіографії набагато нижча за вартість контролю з використанням плівкової радіографії або інших променевих носіїв інформації

R-апарат на магнітних колесах, що переміщується по поверхні об'єкта по точках виконання експозицій

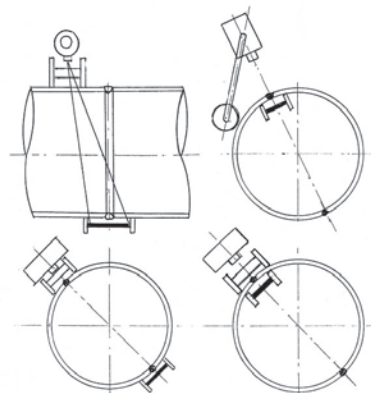


Українське товариство неруйнівного контролю та технічної діагностики

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, відділ №4

Україна, 03038, м. Київ-38, а/с 20
тел.: (044) 205-22-15, 200-80-57,
(050) 334-33-22
e-mail: ndt@paton.kiev.ua
web: paton.org.ua

Рухомий РТК кільцевих та поздовжніх швів трубопроводів



Для виконання рентгентелевізійного контролю певного об'єкта Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України (відділ №4) розробляє технологію, постачає цифрові перетворювачі, навчає та атестує спеціалістів за правилами міжнародної системи сертифікації (EN ISO 9712)