

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ТА НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ

Техническая диагностика и неразрушающий контроль

Technical Diagnostics and Non-Destructive Testing

www.patonpublishinghouse.com

3 • 2023



АСОЦІАЦІЯ ОКО, липень 2023. Лісабон, Португалія.

Виробник засобів неруйнівного контролю, що
представляє Україну на всесвітній виставці ECNDT 2023



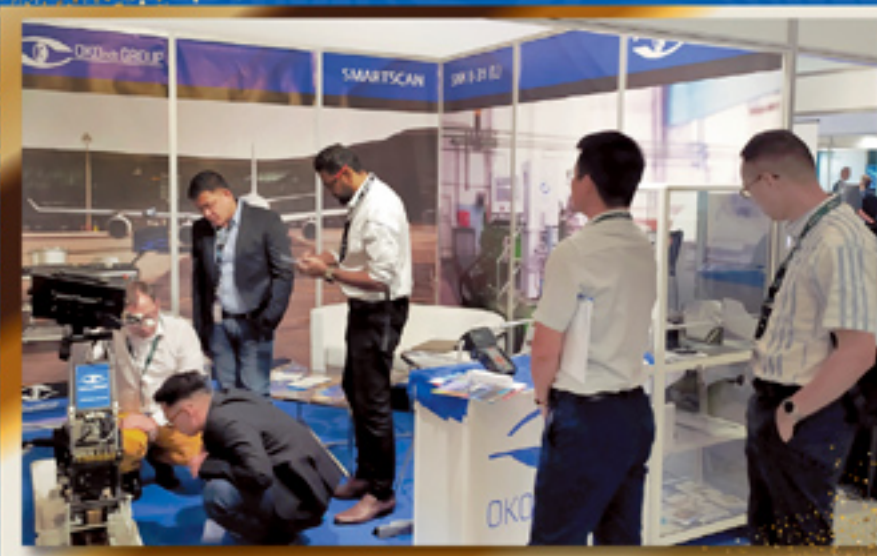
OKOndt GROUP

☎ (044) 531 37 26 (27)

▶ ProNDTSolutions

🌐 www.ndt.com.ua

✉ sales@ndt.com.ua



УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО
НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

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. Недосєка,

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/dnkn

Свідоцтво 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

СОЛОМАХА Р.М., РИБАЧУК В.Г., УЧАНІН В.М.

Розподіл ефективної коерцитивної сили складених зразків при її вимірюванні приставними магнітними перетворювачами 3

МІЛЕНІН О.С., ГЛУХОВСЬКИЙ В.Ю., ВЕЛИКОІВАНЕНКО О.А.,

ЛИТВИНЕНКО В.А. Чисельно-інструментальний метод термографічного контролю стану великогабаритних конструкцій та споруд 10

ЛОБАНОВ Л.М., СТЕЛЬМАХ Д.І., САВИЦЬКИЙ В.В.,

ДЯДІН В.П., ШУТКЕВИЧ О.П., КОЗАЧЕК А.Г. Дистанційна оцінка пошкоджень Київської телевежі на основі застосування аерофотозіомки та методу фотограмметрії..... 16

ЮРЖЕНКО М.В., КОВАЛЬЧУК М.О., КОНДРАТЕНКО В.Ю.,

ДЕМЧЕНКО В.Л., ГУСАКОВА К.Г., ВЕРБОВСЬКИЙ В.С., ЖУК Г.В., КОСТОГРИЗ К.П., ГОЦИК І.А. Вплив газових сумішей водню з метаном на фізичну та хімічну структуру поліетиленових труб з ПЕ-80 21

НЕДОСЄКА С.А., НЕДОСЄКА А.Я., ЯРЕМЕНКО М.А.,

ОВСІЄНКО М.А., ГУР'ЯНОВ О.М. Використання методу акустичної емісії для оцінки змін властивостей сталі 17Г1С після тривалої експлуатації..... 26

QUINTANA M.J., JI Y., COLLINS P.C. Затребуваність і

перспективи поєднання матеріалознавства та неруйнівної оцінки матеріалів для адитивного виробництва металопродукції... 31

ІНФОРМАЦІЯ

13-а Європейська конференція з неруйнівного контролю..... 46

Державний політехнічний музей імені Бориса Патона 49

Міжнародний промисловий форум 52

Пам'яті В.В. Панасюка 54

Новини Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики 55

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

SOLOMAKHA R.M., RYBACHUK V.G., UCHANIN V.M.

Distribution of effective coercive force of composite samples at its measurement by attachable magnetic transducers..... 3

MILENIN O.S., GLUKHOVSKIY V.Yu., VELYKOIVANENKO O.A.,

LYTVYVENKO V.A. Numerical-instrumental method of thermographic control of the state of large-sized structures and constructions 10

LOBANOV L.M., STELMAKH D.I., SAVYTSKYI V.V.,

DIADIN V.P., SHUTKEVYCH O.P., KOZACHEK A.G. Remote assessment of damage to Kyiv TV tower based on the application of aerial photography and photogrammetry method..... 16

IURZHENKO M.V., KOVALCHUK M.O., KONDRATENKO V.Yu.,

DEMCHENKO V.L., GUSAKOVA K.H., VERBOVSKIY V.S., ZHUK G.V., KOSTOHRYZ K.P., GOTSYK I.A. Influence of gas mixtures of hydrogen with methane on the physical and chemical structure of polyethylene pipes from PE-8..... 21

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

OVSIIENKO M.A., HURIANOV O.M. Application of acoustic emission method to evaluate the changes in the properties of 17G1S steel after long-term service 26

QUINTANA M.J., JI Y., COLLINS P.C. A perspective of the

needs and opportunities for coupling materials science and nondestructive evaluation for metals-based additive manufacturing information 31

INFORMATION

13th European Conference on Non-Destructive Testing 46

Boris Paton State Polytechnic Museum..... 49

International Industrial Forum 2023 52

In memory of V.V. Panasiuk 54

News of the Ukrainian society for non-destructive testing 55

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»

XIII ЄВРОПЕЙСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ З НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

З 3 по 7 липня 2023 року у Лісабоні відбулась XIII Європейська Конференція з Неруйнівного Контролю (ECNDT 2023). Ця традиційна подія зібрала експертів, дослідників, представників промисловості та академічного середовища з усього світу, щоб обмінятися знаннями, поділитися інсайтами та обговорити останні досягнення у сфері неруйнівного контролю (НК). Конференцію відвідали понад 1200 фахівців з різних країн і більше 580 доповідачів. Учасники конференції подали 358 матеріалів, з яких 332 відібрано для усного представлення та 26 в якості стендових доповідей і презентацій на 8-ми паралельних секціях. У рамках конференції традиційно проходила виставка сучасних приладів і систем НК, у якій взяла участь 135 підприємств.

Після урочистого відкриття конференції наставала черга пленарних презентацій. Мабуть найцікавішою була доповідь Мохамеда Елькармоті (Mohamed Mohy Elkarmoty) з Каїрського університету, в якій подано результати дослідження внутрішньої структури Великої піраміди різними методами НК. Використовувались, зокрема, муографія (застосування ядерно-емульсійної плівки), георадар, ультразвукова томографія та електрична резистивна томографія. Дослідження виконувалось групою фахівців із багатьох країн, серед яких було приємно знайти українську дослідницю Ольгу Попович. У результаті комплексних досліджень виявлено дві невідомі рани-

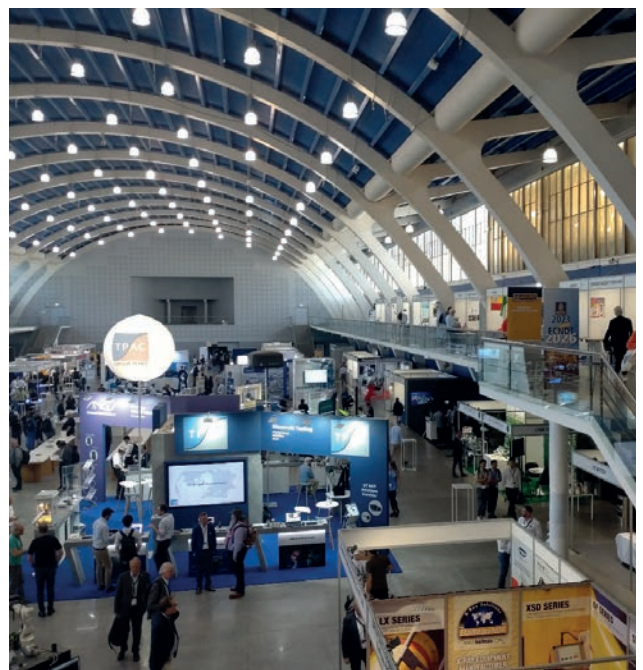
ше аномалії: великий порожнистий простір над Великою галереєю та аномалію на північному фасаді піраміди. Дослідження демонструє можливість та обмеження кожного з використаних методів НК та їх важливість для аналізу структури піраміди.

Доповідь Тельмо Сантоса (Telmo G. Santos) зі Школи науки і технологій Лісабонського університету NOVA стосувалась останніх досягнень в НК, серед яких варто відмітити біологічний НК (bio-inspired NDT) з використанням бактеріальних клітин. Доповідь Тельмо Сантоса пояснювала цінність адаптації різних фізичних явищ для створення інновацій у сфері НК, поєднання концепцій числового моделювання та експериментів.

Тенденції і перспективні напрямки розвитку НК були розглянуті Йоханнесом Враном (Johannes Vrana). Автор звернув увагу на практичний досвід застосування інноваційних технологій і методик НК, зокрема в сфері цифрової трансформації і штучного інтелекту, та підкреслив важливість впровадження таких рішень з метою покращення ефективності та якості діагностики матеріалів і конструкцій. Пізніше Йоханнес Врана провів презентацію довідника «Неруйнівні методи оцінювання 4.0» (Non Destructive Evaluation 4.0), що нещодавно вийшов з друку. Під час нашого знайомства отримано пропозицію підготувати розділ до наступного видання цього довідника. Зазначимо, що на цій конференції технології майбутнього,



Церемонія відкриття



Виставкова зала



Співголови секції «Характеризування матеріалів» Valentyn Uchanin та Christophe Rebound

які можна віднести до НК 4.0, вперше розглядались на окремій секції.

Пленарні презентації задали тон конференції і спонукали учасників до активних дискусій. Конференція створила платформу для представників промисловості, щоб поділитися своїми останніми напрацюваннями та досвідом у галузі НК. Основні орієнтири провідних компаній зосереджені на автоматизації і портативності пристроїв НК, компактності та універсальності рішень для спрощення виїзних робіт з діагностики та оптимізації часу на виконання контролю. Також варто відзначити, що основний акцент наукових досліджень у доповідях був зосереджений на автоматизації процесів неруйнівного контролю, роботизацію діагностики та застосування елементів штучного інтелекту для аналізу результатів і прийняття рішень.

У рамках конференції відбулися засідання Міжнародної Академії НК (Academia International Research Day), Європейський Форум національних авіаційних рад з НК, комітетів зі стандартизації у галузі НК, а також засідання Світового і Європейських комітетів НК.

Засідання Міжнародної Академії НК відкрив її президент Петер Трампс (Peter Trampus), який також зробив окрему доповідь щодо перспектив Академії. Але найцікавішою, на нашу думку, була пленарна доповідь «NDE and Deep Learning: Fashion Trend or the Future» Романа Маєва (Roman Maev) з Віндзорського університету (University of Windsor) (Канада). У якості яскравого прикладу застосування штучного інтелекту на практиці автор представив технологію ультразвукового моніторингу процесу точкового зварювання. Тут цікавою була сама ключова ідея розробленої технології, коли ультразвуковий давач вмонтовується безпосередньо в зварювальну головку. Не менш



Члени Міжнародної Академії НК (зліва направо - Yoshikazu Ohara, Telmo Santos, Peter Trampus, Valentyn Uchanin, Shant Kenderian, Reza Zoughi, Serge Dos Santos, Michele Carboni, Uwe Zscherpel, Elena Jasiuniene, Dr. Sajeesh Kumar Babu)

ефективним є використання штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж, для аналізу великого масиву даних, які надходять неперервно під час реалізації процесів точкового зварювання. Ці розробки захищено, зокрема, американськими патентами № 7516022 та № 9296062, які є у вільному доступі.

Міжнародна Академія НК вислухала низку доповідей, присвячених покращенню освіти в галузі НК. На секції «International Forum on NDT Education at Universities» свій досвід представили представники Міжнародного університету Дрездена (Dresden International University, Німеччина), Університету Саарланду (Saarland University, Німеччина), Університету Ле Мана (Le Mans University, Франція), Національного інституту на-



Учасники конференції з України: М.Л. Козакевич, В.П. Міщенко, Т.М. Луценко, В.М. Учанін, Ю.Ю. Лисенко

укових досліджень в регіоні Вал де Луара (INSA Centre Val de Loire, Франція), Університету Цзінхуа (Tsinghua University, Китай), Дослідницького центру неруйнівного контролю Великої Британії (United Kingdom Research Centre for NDE, Велика Британія), Університету Штату Айова (IOWA State University, США), Національного інституту наукових досліджень (INSA, Франція), Індійського інституту технологій (ІІТ, Індія). Було обговорено досвід створення та розвитку міжнародних магістерських освітніх програм з НК, розглянуто стратегії розвитку програм навчання в різних країнах, діяльності організацій і розвитку навчання з НК на університетському рівні. Загалом було визнано, що існуючі освітні програми є недостатніми для покриття потреби в якісних і компетентних кадрах для сучасної промисловості та технічного сектору. Враховуючи постійний науково-технічний прогрес і розвиток суспільства, важливість НК зростає, оскільки це – необхідна складова частина забезпечення безпеки та надійності матеріалів, конструкцій, техніки та пристроїв.

На виставці обладнання були представлені сучасні засоби, пристрої та методики контролю. Провідні компанії у галузі НК (Rohmann, Olympus, Evident, ETherNDE, Trac, Eddyfi Technologies, Karl Deutsch) представили найновіші розробки, надаючи учасникам можливість ознайомитися з інноваційними рішеннями та взяти участь в інтерактивних демонстраціях. Україну на виставці представляла група фахівців ПАТ Асоціація «ОКО» (Oko NDT Group) на чолі з Луценко Т.М. Виставка створювала також умови для обговорення можливої співпраці. Зокрема, така можливість обговорювалась нами з представниками фірми EXTENDE, яка має суттєві досягнення з моделювання задач НК. Йшлося, зокрема, про моделювання за допомогою програми CIVА вихрострумівих перетворювачів подвійного диференціювання та імпульсного варіанту вихрострумівого методу.

Науковців України на конференції представляли автори цього матеріалу Учанін В.М. (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України) та Лисенко Ю.Ю. (Київський політехнічного інститут імені Ігоря Сікорського), які завдяки підтримці колег з Італії і Болгарії знайшли ресурси для участі в конференції незважаючи на військовий стан і фінансові реалії. Українське Товариство НК та технічної діагностики офіційно представляв Казакевич М.Л. Протягом усієї конференції науковці від України демонстрували високу активність, намагаючись компенсувати нечисленність нашої делегації.

Учанін В.М. виступив з доповіддю «Eddy Current False Indications in Austenitic Steel and Titanium Alloys Heat Exchanger Tubes Activated by Stress» (співавтори Дж. Нардоні, Д. Нардоні та М. Ферольді). Доповідь було заслухано на секції «Materials Characterization», де Учанін В.М. виконував за сумісництвом функцію головуючого та модератора. У роботі міжнародного колективу проведено аналіз хибних індикації під час вихрострумівого контролю труб теплообмінників із аустенітної сталі та титанових сплавів, які пов'язані з магнітними включеннями різного типу. Показано, що додатковим джерелом таких включень є мартенситні перетворення, які можуть мати місце в аустенітних сталях і деяких титанових сплавах. Такі мартенситні включення мають магнітні властивості на відміну від матеріалу в стані постачання. Запропоновано методичні процедури, які дозволять розпізнавати сигнали від реальних дефектів і сигналів, пов'язаних з допустимими магнітними включеннями. Крім того, представлено оригінальну технологію виявлення тріщин в трубках складної форми, коли мартенситні включення в пластичній зоні вершини тріщини є ознакою дефекту та можуть бути виявлені з високою селективністю на основі гармонічного аналізу вихрострумівого сигналу.

Лисенко Ю.Ю. представила доповідь «Analysis of formation processes of informative features in eddy current probes with pulsed excitation mode» (співавтори Куц Ю.В., Учанін В.М. і Протасов А.Г.), у якій на основі моделювання розглянуто умови формування осциляційного режиму імпульсного вихрострумівого контролю та можливість виділення з отриманих сигналів інформаційних ознак, пов'язаних з різними характеристиками об'єкта контролю.

Казакевич М.Л. представив доповідь «Creation and Non-Destructive Control of Electric Heating Elements of the Aircraft Icing Prevention System» (співавтори Семенець О.І., Казакевич В.М., Кондратюк А.С., Чирва О.О., Шестаков О.О. та Кутко Г.А.), у якій розглянув питання створення електричних нагрівальних елементів для запобігання обледеніння авіаційних конструкцій та особливості їх НК.

Конференція в Лісабоні продемонструвала останні досягнення НК і тенденції його розвитку, сприяла обміну знаннями та формуванню нових творчих проектів, метою яких є забезпечення високої якості продукції у різних галузях промисловості та підвищення надійності експлуатації критичних об'єктів сучасної техніки.

Наступна XIV Європейська конференція з НК відбудеться у Вероні в 2026 році.

Матеріал підготували В.М. Учанін, Ю.Ю. Лисенко



**НОВИНИ УКРАЇНСЬКОГО ТОВАРИСТВА
НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ**

члена Європейської Федерації з неруйнівного контролю
члена Міжнародного комітету з неруйнівного контролю



ОЦІНКА ЯКОСТІ БРОНЕПЛАСТИН ЗА ДОПОМОГОЮ РЕНТГЕН-ТЕЛЕВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ

В.О. Троїцький, С.Р. Михайлов

Відомі випадки пошкодження бронеплит під час бойових дій, що супроводжуються пораненням бійців через неякісні захисні пластини. Ефективність засобів захисту потребують рентгенівського контролю їх якості. Крім співробітників ІЕЗ ім. Є.О. Патона у випробуваннях брали участь Кирило Бебко та Ігор Молодан – ініціатори журналістського розслідування. Рентгеноконтроль бронеплит проводився за допомогою рентген-телевізійної системи РТВ-4. Ця портативна рентген-телевізійна система завжди до послуг Міністерства оборони України (суцільність, витончення металу, заповнення об'ємів вибухових речовин та ін.).

Система РТВ-4 дозволяє зазирнути всередину бронеплит, визначити щільність використаного матеріалу, реальну площу броні. На моніторі комп'ютера РТВ-4 відображується інформація, яку неможливо отримати іншим шляхом, крім контрольного обстрілу. Рентген-телевізійного контролю (РТК) зазнали 23 керамічні та металічні бронепласти американських, ізраїльських, українських, польських, німецьких та китайських виробників. Ре-

Найбільш шокуючий вигляд мала пластина, яку приніс один з бійців. Вона складалася з двох частин. Те, що видно у центрі (рис. 2) – кусок металу (перевірено магнітом). Фактично корисна площа захисту склала лише 1,7 дм², тоді як вага бронеплити відрізнялась від норми тільки на 10 г. Складається враження, що метал дивної форми у центрі просто для ваги, а навколо нього рихла маса без будь-якого захисту.

Часто виробники оголошують більший розмір, а реальна площа захисту менша на 10...25 %. Такі плити було виявлено як у китайських, так і у інших зразках. У Міністерстві оборони України немає процедур перевірки фактичних захисних розмірів плит.

Плити лише відстрілюються у лабораторіях з відстані не ближче 7 см до краю, тобто відстрілюється тільки центральна частина. По периметру 5...6 см від краю плити ніяк та ніким не контролюється. У цій зоні ніяких перевірок не передбачено!

Наступною проблемою, яку було виявлено, є великі зазори між керамічними пластинами дея-



Рис. 1. Зовнішній вигляд пластин та система рентген-телевізійного контролю їх якості в ІЕЗ ім. Є.О. Патона

зультати були неочікуваними та навіть шокуючими.

Зазначена фактична площа плит (ФП) і корисна площа захисного елемента (ЗЕ), що запаяні всередині. Ці параметри у різних виробників суттєво відрізняються. Чим темніше зображення, тим щільність середовища вище. Крім того, на знімках видно стикувальні зазори елементів плит, тріщини, пустоти та виробничий брак.



Рис. 2. Зовнішній вигляд (ліворуч) бронепластини та її рентген-телевізійне цифрове зображення (праворуч)

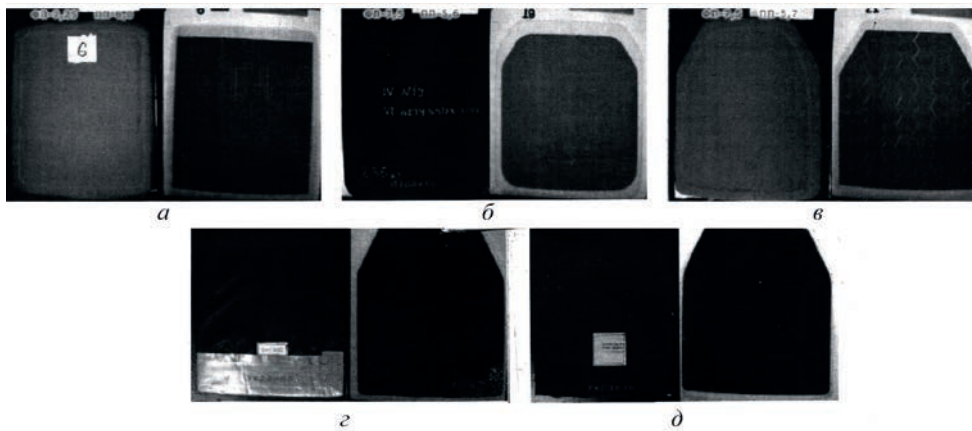


Рис. 3. Приклади рентген-телевізійних зображень бронепластин із зменшеною порівняно з оголошеною площею захисту, де виробниками є: *a, v* – Китай, *б* – Ізраїль, *z, d* – Україна

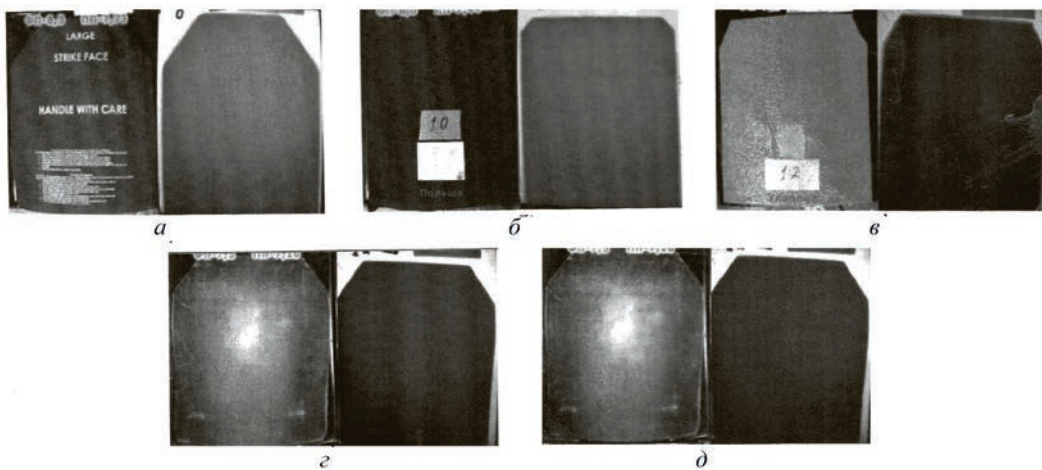


Рис. 4. Рентген-телевізійні зображення бронепластин, які відповідають замовленим параметрам, де виробниками є: *a* – США, *б* – Польща, *в* – Україна, *z* – Німеччина, *д* – Ізраїль

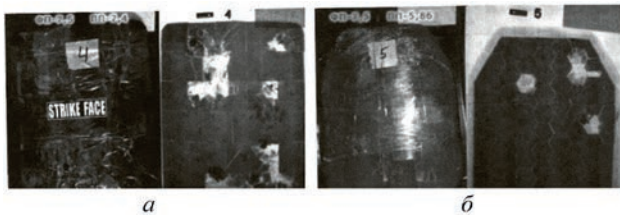


Рис. 5. Рентген-телевізійні зображення руйнувань бронепластин після контрольного відстрілу: *a* – набірна пластина з чотирикутних сегментів, *б* – набірна пластина з шестикутних сегментах

ких плит та їх неакуратне склеювання. Виявлені на рентгені зазори в деяких місцях сягали 3 мм, що є забагато для кулі калібру 5,45 мм. Такі стики куля проб'є навиліт, якщо туди потрапить. До того ж, самі пластини, при потраплянні кулі у центр можуть через зміщення елементів створювати критичні рани. Такі проблеми було виявлено у виробників кераміки; їх теж добре видно на рентгєнівських зображеннях.



МОНІТОРИНГ СТАНУ ЗРУЙНОВАНИХ СПОРУД, ОЦІНКА ШКОДИ ТА ПОШУКУ ПОСТРАЖДАЛИХ ПІД РУЇНАМИ

В.О. Троїцький

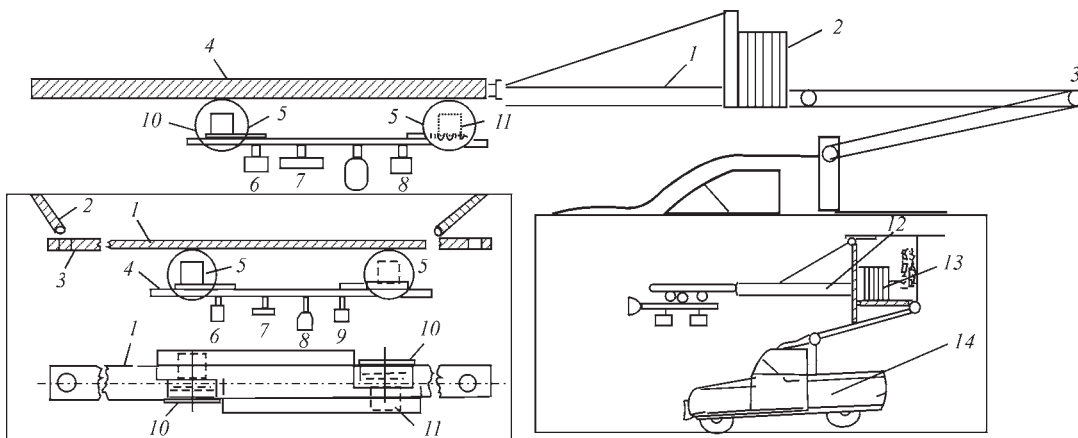
В Україні є велика кількість важкодоступних відповідальних об'єктів, що потребують регулярного моніторингу, оцінка реального фізичного стану яких має велике значення для безпеки навколишнього середовища (наприклад, магістральні трубопроводи, авіаційна техніка, морський, залізничний та автотранспорт, турбіни тощо). Їх моніторинг потрібен для запобігання критичних наслідків.

Так само вкрай важливим є ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій, що виникають в останні роки. Ці ситуації не тільки завдають величезних збитків державі, а й призводять до численної загибелі людей. Прикладом цього є останні події війни, усунення наслідків якої потребує оперативного залучення великої кількості фахівців та відповідного обладнання. Від того, наскільки швидко та оперативно надаватиметься допомога особам, які зазнали впливу небезпечних факторів надзвичайних ситуацій, наскільки своєчасно та професійно спрацюють аварійно-рятувальні підрозділи під час ліквідації бомбардування, природних катастроф, землетрусів та інших стихійних лих, залежить здоров'я і життя людей. Тому розроблений в ІЕЗ ім. Є.О. Патона прилад призначений для здійснення пошуково-рятувальних робіт за допомогою різноманітного устаткування, діагностичних пристроїв. Вони використо-

вуються в тих місцях, до яких людині дістатись вкрай важко – при обвалах будівель, техногенних катастрофах.

Рухомий прилад для моніторингу стану зруйнованих споруд, фіксації об'єму пошкоджень та пошуку постраждалих містить рухому платформу, обладнану напрямними колесами. На платформі встановлено моніторингові засоби – пошукові, дефектоскопічні, оцінювальні та трансляційні, що мають гнучкі кріплення до платформи. Колеса встановлені з можливістю вільного пересування сталеву смугою телескопічної штанги. Платформа оснащена широкозахватними пристроями. У залежності від цілей дослідження пристрій може бути обладнаний відеокамерою, мікрофоном, лазерним вимірювачем відстані та лінійних розмірів, освітлювачем, тепловізійним, магнітометричним, безконтактним ультразвуковим, електромагнітно-акустичним перетворювачами, газоаналізатором і радіаційним дозиметром, засобами трансляції інформації.

Рухома платформа з пристроями має можливість пересування над та всередині досліджуваного об'єкта, здійснення широкомасштабного моніторингу ступеню руйнувань і виявлення постраждалих (Патент України за заявкою № 202302286).



Прилад для моніторингу стану зруйнованих споруд для пошуку постраждалих з платформою та двома подвоєними магнітними колесами на сталевій смугі (куточку) на тросах (мотузках): 1 – сталеві смуги; 2 – трос (цеп, мотузка); 3 – кріплення троса; 4 – платформа з приладами; 5 – подвоєне магнітне колесо; 6 – лазерний вимірювач; 7 – тепловізор; 8 – освітлювач; 9 – газовий аналізатор; 10 – зовнішні шайби магнітних коліс; 11 – електродвигун

Пошуковий прилад з дослідними пристроями на телескопічній штанзі для зовнішнього та внутрішнього обстеження завалів пошкоджених споруд: 12 – телескопічна штанга з освітлювачем, відеокамерою, тепловізором та ін.; 13 – місце оператора; 14 – автопідйомник

ЗМЕНШЕННЯ УРАЖЕНЬ БОЙОВИХ ДРОНІВ З ІМІТАЦІЄЮ ЇХ УРАЖЕННЯ

В.О. Троїцький

Тихохідні літальні апарати часто гинуть при проходженні зони ППО противника та не досягають цілі. Проходження цієї зони для дронів – найскладніша задача.

В ІЕЗ ім. Є.О. Патона розроблено алгоритм вирішення цієї задачі. При перших ознаках польовання дрон (рис. 2) повинен переходити у режим хаотичного, лабіринтового руху (рис. 1). У такий режим польоту дрон переходить без команд з землі від пілота. Це робить автоматично блок захисту бортового комп'ютера, який слідує за інформацією, що поступає з відеокамер, бортових оптоелектронних датчиків на його фюзеляжі. Перехід на хаотичний лабіринтовий рух починається з вистрілу червоно-жовтого піропатрона. Починаються горизонтальні та вертикальні рухи, котрі супроводжуються димовим захистом, що імітує ураження і ускладнює попадання ракети в дрон. Димова шашка, прискорення та червоний колір

від піропатрону дезорієнтує стрілка. «Попадання» у дрон викликає задоволення стрілка. При цьому він стає розслабленим і намагається побачити місце падіння дрона, тобто є час прискорити та змінити напрямок його руху. Стрілок побачить косе падіння через виключення частини електродвигунів дрону, який продовжує свій шлях на низькій висоті. Після імітації попадання (падіння по косій з димовим і червоним піротехнічним слідом) дрон продовжує рух хаотично до заданої цілі (рис. 1).

На рис. 3 показано блок-схему взаємодії вузлів дрона, а на рис. 4 – алгоритм його керування.

Стрілок спостерігає за «падінням» та втрачає час для повторних пострілів, які могли би бути здійснені як із землі, так і додаткового літального апарату системи ППО. Аналогічний спосіб захисту діє і у випадку атаки з іншого літального апарату. Реалізація запропонованого алгоритму допоможе не тільки виконувати бойові завдання за лінією ППО, а й повертати дрони на базу іншим шляхом, де немає стрілка, координати якого зафіксовані дроном (Патент України за заявкою 2023 00931).

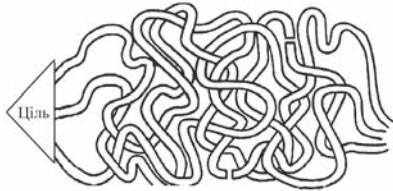


Рис. 1. Три приклади хаотичного руху до цілі



Рис. 2. Дрон MJX D16 Pro, оснащений великим набором датчиків, відеокамерою, бортовим комп'ютером та ін.



Рис. 3. Блок-схема взаємодії вузлів дрона

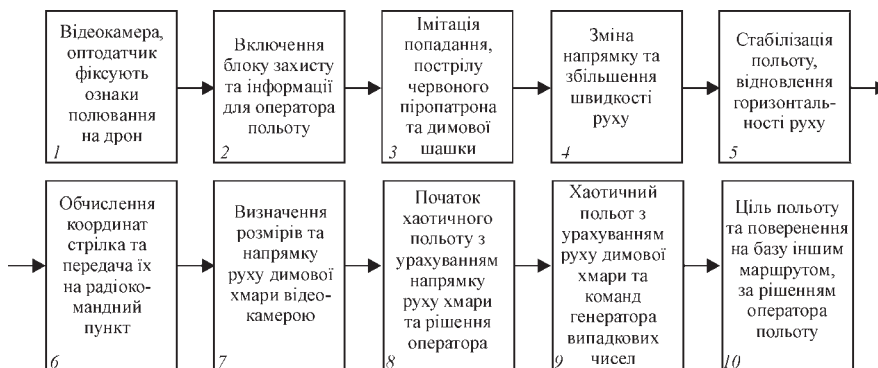


Рис. 4. Алгоритм керування дроном

ПРОПОЗИЦІЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОВІТРЯНОГО ПОШУКУ МІННИХ ПОЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗЙОМКИ З БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (БПЛА)

В.О. Троїцький

Оригінальні пропозиції в ІЕЗ ім. Є.О. Патона запропоновані задля ведення повітряної розвідки місць розташування мін, зокрема на великих сільськогосподарських угіддях, за допомогою щонайменше одного безпілотного літального апарату (дрона), який містить систему відеоспостереження, тепловізор, портативні прилади фіксації мін, блок зв'язку з пунктом керування польотом та ємність з позначальною фарбою. Отриману розвідувальну інформацію передають з борту дрона на командний пункт (Патент України UA 148677U за заявкою 2023 00932).

На першому етапі повітряної розвідки виявляють загальні порівняльні картини оптичних і теплових аномалій поверхні землі в місцях ймовірних закладок мін. Перший етап – проліт на великій висоті над зоною розвідки та порівняльне покадрове фотографування з широким охоптом топографічної картини місцевості. У разі виявлення аномалій теплової картини і топографії слідів від вірогідної діяльності мінувальників здійснюють другий етап розвідки та кадрове тепловізійне та оптичне дискретне фотографування цих зон на низькій висоті з вищою роздільною здатністю приладів та у збільшених масштабах.

Після цього за допомогою програмних блоків комп'ютера порівнюють оптичні та тепловізійні кадри, відзняті на різних висотах і під різними ракурсами, та роблять остаточний висновок щодо місця закладання мін. Ці місця позначають люмінесцентною фарбою, у яку додають речовину, яка відлякує тварин. У разі невпевненості в результатах отриманої інформації перед фіксацією координат виявленого місця ймовірного закладання мін з командного пункту здійснюють його вивчення на

наявність металу за допомогою бортового портативного тепловізора, індуктора, радара, щупа. Команду на фіксацію координат і розмітки фарбою дає керуючий оператор. Розмінування роблять сапери за координатами від дрона. Дотримання безпеки та високої результативності пошуку значно важливіше за витрати. Ця методика дозволяє знаходити мінні поля та координати окремих мін, уточнює контур металу під ґрунтом за допомогою пінпойтера та щупа.

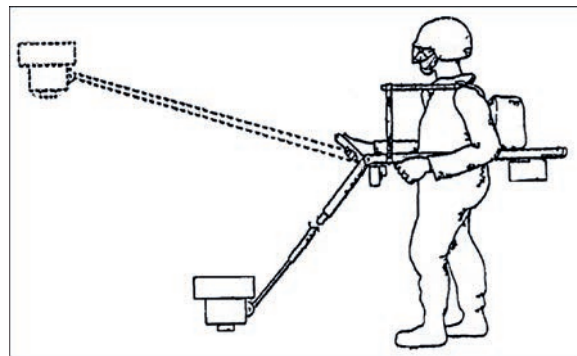


Рис. 2. Напівавтоматичний пошук мін



Рис. 3. Пінпойтер для визначення контурів металу

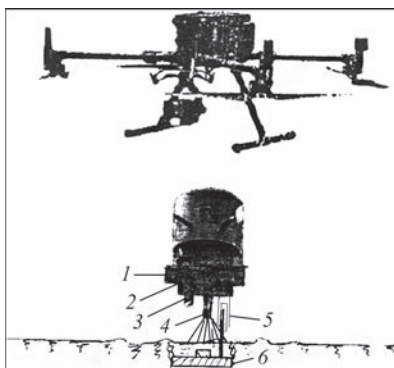


Рис. 1. Пошуковий дрон з блоком керування (1), індуктором (2), відеокамерою і тепловізором (3), фарбовідмітником (4); телескопічним щупом (5) над міною (6)

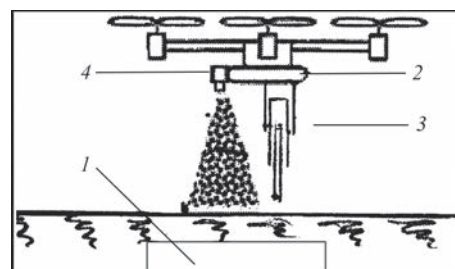


Рис. 4. Квадрокоптер (дрон) над міною (1) з індуктором і пінпойтером (2), телескопічним щупом (3), фарбовідмітником (4)

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 матеріалів. 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



ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України (відділ №4) виконує роботи з моніторингу технічного стану об'єктів (металоконструкцій, трубопроводів, бронезилетів, резервуарів для зберігання палива, прокату та заготовок для виготовлення деталей військової техніки) із застосуванням ультразвукового, магнітопорошкового, рентген-телевізійного, капілярного методів контролю та надає послуги з ремонту зварних з'єднань, дефектоскопічної та зварної техніки різного призначення.

E-mail: ndt@paton.kiev.ua, usndt@ukr.net



ГЕНЕРАЛЬНА АСАМБЛЕЯ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ З НК В ЛІСАБОНІ

4 липня 2023 року в рамках XIII Європейської конференції з неруйнівного контролю в Лісабоні відбулося засідання Генеральної асамблеї Європейської федерації з неруйнівного контролю (EFNDT). Було повідомлено, що російське товариство НКТД було відсторонено від участі в засіданнях EFNDT і позбавлене права голосу у зв'язку із запровадженими щодо РФ європейськими санкціями. Напередодні засідання було отримано електронний лист від РОНКТД про відмову від членства в EFNDT.

Президент EFNDT Fermin Gomez (Португалія) представив звіт Ради директорів Федерації, повідомив про відставку віце-президента EFNDT Александра Мулліна (РФ), Pavel Mazal (Чехія), закінчення повноважень Peter Trampus (Угорщина), а також запропонував створити новий форум цифрового будівництва та конструкцій.

Відбулася дискусія щодо робочих груп і нового Статуту організації, веб-сайту і електронної газети EFNDT, угоди про співпрацю з фінансових питань з TIC – міжнародною асоціацією, що представляє незалежні компанії з випробувань, перевірки та сертифікації.

Peter Trampus підбив підсумки виконання Європейського проекту RIMA (Robotics for Inspection and Maintenance), спрямованого на створення мережі центрів цифрових інновацій і галузевих асоціацій для підтримки впровадження робототехніки та допомоги малим і середнім ком-

паніям, розробки нових рішень для різних галузей промисловості.

Etienne Martin (Франція) розповів про взаємовідносини EFNDT з ENIQ (European network for inspection and qualification).

Rene Klieber (бухгалтер EFNDT, Швейцарія) і Casper Wassink (аудитор EFNDT, Нідерланди) пояснили питання бюджету EFNDT на 2023 рік.

Thomas Wenzel (Німеччина), Bento Alves (Португалія) і David Gilbert (Велика Британія) взяли участь в обговоренні питання сертифікації персоналу, зазначивши, зокрема, що системи сертифікації товариств з НК їхніх країн вже перейшли на випуск цифрових сертифікатів з QR-кодом, завдяки якому кожен сертифікат можна перевірити за кілька секунд.

Відбулися вибори президента, віце-президента та членів Ради директорів EFNDT. Нижче наведено список обраних членів Ради директорів:

Президент: Fermin Gomez (Іспанія)

Віце-президент: Ezio Tuberosa (Італія)

Члени: Bento Ottone Alves (Португалія), Gerald Idinger (Австрія), Thomas Wenzel (Німеччина), David Gilbert (Велика Британія), Peter Fisch (Швейцарія), Tomasz Chady (Польща), Frederic Schaditzki (Франція).

В останній день конференції відбулися Генеральна асамблея EFNDT з загальних питань та спільний семінар EFNDT-ICNDT за темою «Навчання, кваліфікація та сертифікація – нова редакція стандарту 9712». Постпринти доповідей





М.Л. Казакевич (віце-президент УТНКТД), В.М. Учанін, (заступник гол. редактора журналу ТДНК), Серж дос Сантос (віце-президент Міжнародної академії НК)

конференції можна найти в її архіві. Офіційна публікація доповідей запланована в серпні цього року.

Важливою подією міжнародної зустрічі був День наукових досліджень Міжнародної академії НК (ANDTI). Українське товариство НКТД було у витоків заснування АКОТІ, почесним членом якої у свій час було обрано академіка Б.Є. Патона. У ході засідання діючий Президент Академії Пітер Трампс доповів про перспективи розвитку Академії, а екс-президент та засновник ANDTI Джузеппе Нардоні розповів про можливості залучення законів квантової фізики для розвитку дефектоскопії.

Дійсний член Академії Девід Гілберт (Британський Інститут НК) запропонував інтегрувати Програму підготовки з NDT, яку підтримав Пітер Трампс у доповіді щодо створення курсу про вищу освіту, який оформлено у вигляді пілотного проекту «NDT, Інженерія цілісності». Він пропонує включити кваліфікацію «NDT» до переліку спеціальностей вищої освіти, пропагувати та вважати одним з пріоритетів діяльності ANDTI. Це важлива професія, яка спрямована на розробку матеріалів, методів і технологій НК та оцінку працездатності конструкцій на базі матеріалознавства, механіки руйнування та інших наук, що гарантують безпеку в індустрії.

Необхідно зазначити, що роботи українських вчених з наукового потенціалу не уступають кращим результатам іноземних досліджень, які було продемонстровано під час конференції. Так, наприклад, одна з небагатьох робіт зі створення екологічно безпечних водних технологій для поверхневих методів НК (PT & MPI) повторює те, що вже 20 років тому було розроблено, впроваджене



но то серійно виготовлялось в ДП «КОЛОРАН» НАН України. А портативні скануючі рентгенотелевізійні системи, які було розроблено в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ, затребувані у Європі та США, але дотепер використовуються тільки в Україні.

Одним з організаторів Європейської Конференції в Лісабоні був Португальський інститут якості (Instituto Portugues da Qualidade – IPQ). Сумісно з цією організацією в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України було реалізовано кілька науково-технічних програм. Працюють в Португалії й фахівці, навчені та атестовані у Києві. Разом із Португальським інститутом якості готувалися проекти спільних робіт, один із яких стосувався неруйнівного контролю якості зварних з'єднань для Чорнобильського укриття. Сподіваємось на подальший розвиток співпраці з європейськими колегами.

На завершення засідання його учасникам була представлена відеопрезентація, присвячена наступній Європейській конференції з НК, яка відбудеться в 2026 році у Вероні (Італія).

*Казакевич М.Л.
віце-президент УТНКТД*

КАЛЕНДАР КОНФЕРЕНЦІЙ І ВИСТАВОК З НКТД

10–11 жовтня 2023	США, Хьюстон	World Conference for Inspection and Maintenance Robotics 2023 (Всесвітня конференція з інспекції та технічного обслуговування робототехніки)	Global I&M robotics community
10–11 жовтня 2023	США, Хьюстон	ASNT 2023: The Annual Conference (Щорічна конференція Американського товариства з НК)	American Society for NDT
5–8 листопада 2023	Південна Корея, Бусан	14 th International Symposium on NDT in Aerospace (AeroNDT2023) (XIV міжнародний симпозиум з НК в аерокосмічній галузі)	Pusan National University
14–16 листопада 2023	Чехія, Требіч	53 rd Defektoskopie / NDE for Safety (Щорічна міжнародна конференція і виставка Чеського товариства з НК)	Czech Society for NDT
28–30 листопада 2023	Італія, Брешія	ART23 (Неруйнівний контроль у сфері культурної спадщини)	Italian Society for NDT
7–9 грудня 2023	Індія, Пуне	33 rd Annual Conference & Exhibition on Non-Destructive Evaluation (NDE 2023) (Щорічна конференція та виставка з оцінки неруйнівними методами)	Indian Society for NDT
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) (XX 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
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 (III Всесвітній конгрес з моніторингу технічного стану)	Chinese Society for NDT and China SEI Institute
11–14 листопада 2024	США, Лас Вегас	ASNT 2024 – The Annual Conference (Щорічна конференція Американського товариства з НК)	American Society for NDT
9–12 червня 2025	Канада, Онтаріо	Pan-American Conference for Nondestructive Testing (VIII PANNDT) (Панамериканська конференція з неруйнівного контролю)	Canadian Institute for NDE
6–9 жовтня 2025	США, Лас Вегас	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) (XVII 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) (XIV Європейська конференція з НК)	Italian Society for NDT



Центр сертифікації при Українському товаристві
неруйнівного контролю та технічної діагностики

Атестаційний центр неруйнівного контролю
при Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона

ЗАПРОШУЮТЬ СПЕЦІАЛІСТІВ

що працюють в сфері неруйнівного контролю
пройти підготовку, атестацію та сертифікацію
з різних методів неруйнівного контролю:

рентгенографічного (RT)	магнітного (MT)
ультразвукового (UT)	капілярного (PT)
акустико-емісійного (AT)	контролю герметичності (LT)
теплого (TT)	візуального (VT)
вібродіагностичного (VA)	вихрострумового (ET)

Ми здійснюємо підготовку, атестацію та сертифікацію спеціалістів, що працюють в галузі неруйнівного контролю, на 1, 2 і 3 рівні кваліфікації у відповідності до вимог національних та міжнародних стандартів:

- ДСТУ EN ISO 9712 «Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу НК»,
- SNT-TC-1A "Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing",
- НПАОП 0.00-1.63-13 "Правила сертифікації фахівців з неруйнівного контролю"

в 12 виробничих секторах:

сектори за типом продукції: литво, поковки, зварні вироби, труби та трубопроводи, прокат.

промислові сектори: виробництво та оброблення металів, контроль перед введенням та в процесі експлуатації, залізничний транспорт та обладнання для нього, авіакосмічна продукція, продукція суднобудування, обладнання для атомної енергетики, бурове обладнання.

**Ви отримаєте сертифікат компетентності фахівця від Центру сертифікації
Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики**

Три кроки до сертифікату:

1. На сайті www.usndt.com.ua в розділі «Сертифікація→Форми» знайдіть, заповніть і надішліть на e-mail: usndt@ukr.net і acnk@ukr.net форми «Заявка на сертифікацію» та «Особова карта фахівця»;
2. Ми підготуємо проект договору про надання послуг з підготовки (за необхідності), атестації і сертифікації;
3. Після підписання договору з боку Замовника ми погодимо з Вами терміни підготовки, екзаменів, а також інші питання стосовно сертифікації.

м. Київ, вул. Казимира Малевича, 23 (корпус 6 ІЕЗ ім. Є.О. Патона)

м. Київ-38, 03038, а.с. 20 (для листування)

тел. (044) 205-22-49, 200-81-40; e-mail: usndt@ukr.net, acnk@ukr.net