

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ТЕСТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТУРИ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

Я. Гереб¹, М.А. Яременко², М.А. Овсієнко², С.А. Недосека², Д.Д. Топчев², С.О. Кушниренко³

¹Sensophone. 1029 Hungary, Budapest, Honfoglalas u. 28.

²ІЕЗ ім. Є. О. Пагона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: inpat59@ukr.net

³АТ «Одеський припортовий завод». м. Одеса, Головоштамт а/с № 304.

У статті представлено розроблене обладнання та програмне забезпечення для тестування функціональних і вимірювальних параметрів апаратури акустичної емісії. Операції та засоби повірки такого обладнання регламентуються відповідними стандартами та проводяться один раз на рік. Наявність додаткового обладнання та програмного забезпечення у складі систем технічної діагностики дозволяє оперативно визначати та контролювати стан вимірювального обладнання, що підвищує достовірність отриманих результатів. Також це дозволяє підготувати прилади до проходження обов'язкової метрологічної повірки. Бібліогр. 13, рис. 8.

Ключові слова: метрологія, повірка, функціональні параметри, вимірювальні параметри

Вступ. Активне використання систем акустичної емісії (АЕ) як при контролі стану відповідальних промислових об'єктів, так і при проведенні наукових досліджень, значно підвищує вимоги до технічного стану приладів [1, 2]. У забезпеченні єдності та точності вимірів, що є основою для наукових досліджень, технічного прогресу та ефективного виробництва, ключову роль відіграє метрологія як наука про вимірювання та їх застосування [3–5]. Висока точність вимірювань забезпечує достовірність і повторюваність результатів. Саме тому важливу роль відіграють наукові дослідження, спрямовані на вдосконалення методів оцінки точності вимірювань та розробку нових підходів до забезпечення їх якості [6]. За даними Європейської асоціації національних метрологічних інститутів (EURAMET), інвестиції в метрологічні дослідження зросли на 30 % за останні п'ять років, що підкреслює стратегічну важливість цього напрямку для інноваційного розвитку [7].

Для отримання достовірних результатів необхідно, щоб засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) своєчасно проходили повірку. Повірка ЗВТ – це сукупність операцій, що містить перевірку та маркування та/або видачу документа про повірку засобу вимірювальної техніки, які встановлюють і підтверджують, що зазначений засіб відповідає встановленим вимогам [8].

Метрологічна повірка ЗВТ є одним з ключових процесів у метрології, що забезпечують точність, достовірність і надійність вимірювань. Це особливо важливо в умовах, де помилки чи похибки можуть

привести до серйозних наслідків. Основна мета повірки – підтвердити, що засіб вимірювання забезпечує результати в межах допустимої похибки.

Системи технічної діагностики Sensophone/ЕМА – зручний і надійний сучасний засіб, що активно застосовується для забезпечення безпечної експлуатації навантаженого промислового обладнання, для виявлення та визначення місцезнаходження небезпечних дефектів, відстеження втомних і корозійних процесів, контролю якості технологічних процесів методом АЕ [9].

Повна перевірка функціональних і вимірювальних параметрів АЕ апаратури є складною та копіткою роботою. Державні стандарти України (це також і європейські та міжнародні нормативні документи, які прийняті як національні стандарти України методом підтвердження) [10–12] та розроблені методики [13] описують найважливіші з цих параметрів і методи їх перевірки. Під час повірки АЕ комплексів (систем) оцінюється зовнішній вигляд обладнання, перевіряється його працездатність і визначаються такі метрологічні характеристики як: власні шуми, нерівномірність АЧХ, динамічний діапазон і абсолютна похибка під час вимірювання рівня амплітуди сигналів АЕ, встановлення рівня порога реєстрування сигналів АЕ, вимірювання часу приходу сигналів АЕ та координат джерел сигналів АЕ.

Проте будь-яка конкретна апаратура має ще багато додаткових параметрів, що підлягають перевірці та/або калібруванню. Повірка систем АЕ проводиться один раз на рік фахівцями ДП

Яременко М.А. – <https://orcid.org/0000-0001-9973-4482>, Овсієнко М.А. – <https://orcid.org/0000-0002-2202-827X>,

Недосека С.А. – <https://orcid.org/0000-0001-9036-1413>, Топчев Д.Д. – <https://orcid.org/0000-0002-7885-7907>

© Я. Гереб, М.А. Яременко, М.А. Овсієнко, С.А. Недосека, Д.Д. Топчев, С.О. Кушниренко, 2025

«Укрметртестстандарт» з видачею відповідного свідоцтва про перевірку законодавчо регульованого ЗВТ. Розвиток обладнання та програмного забезпечення (ПЗ) для проведення контролю відповідальних промислових об'єктів, а також виконання дослідницьких робіт у лабораторних умовах вимагають і змін у проведенні оцінки стану власне обладнання АЕ контролю та діагностування. Особливо це важливо у випадку оперативної оцінки стану промислових об'єктів і прийняття рішення щодо їх зупину або корегування режиму їхньої роботи. Крім того, перевірка дозволяє виявити відхилення в роботі обладнання на ранніх етапах, запобігаючи його виходу з ладу.

Мета роботи – розробка додаткових засобів контролю відповідності систем АЕ технічним характеристикам відповідно до експлуатаційної документації безпосередньо в процесі використання.

Виклад основного матеріалу. Для автоматизації процедури оцінки стану АЕ системи перевіряються, згідно з вимогами вищезазначених НД, на наступні складові.

1. Процедура перевірки датчиків АЕ призначена для: попередження про пошкодження внутрішнього екрану коаксіального кабелю; виявлення непрацюючих датчиків; перевірки працездатності датчиків, які зазнали впливу умов високого ризику (механічні удари, висока температура, високе іонізуюче випромінювання або корозійне середо-

вище, потрапляння води, пошкоджений роз'єм або кабель) та підбору датчиків з ідентичними характеристиками для формування акустичних антен.

2. Визначення рівня власного електричного шуму комбінації «датчик–попередній підсилювач». Рівень шуму не повинен перевищувати рівень власних шумів, вказаний виробником.

3. Перевірка споживання постійного струму попереднім підсилювачем, вимірювання коефіцієнта підсилення і АЧХ, а також вимірювання рівня власних шумів.

4. Перевірка здатності сигнального процесора забезпечити цифрову обробку сигналів АЕ у реальному масштабі часу.

5. Перевірка пікової та неперервної швидкості отримання сигналу АЕ для системи.

Максимальна швидкість, з якою комп'ютер може зчитувати дані з АЕ каналів, обробляти та зберігати їх, залежить від: максимальної швидкості передачі інформації між контролером АЕ каналу та контролером АЕ системи, АЕ контролером і ПК, ПК і жорстким диском; об'єму даних кожного хіта, продуктивності центрального процесора; складності online аналізу даних і наявності сервісних завдань операційної системи (наприклад, сканер вірусів). Усі відповідні параметри повинні бути ретельно визначені та записані для відтворюваності перевірки.

Детальніші рекомендації щодо частоти, динамічного діапазону, прийнятної похибки кожного



Рис. 1. Мультиплексор тестових сигналів та осцилограф/генератор сигналів PicoScore 2006B/2008B

вимірювання та інші необхідні складові наведені у вищевказаних стандартах. На основі цих вимог до перевірки складових АЕ систем і порядку її виконання було розроблено та створено обладнання та відповідне ПЗ, що інтегрується до загального ПЗ системи АЕ, для перевірки роботи систем АЕ Sensophone/ЕМА. Розроблена система автоматичного тестування (АТ) може також використовуватись і для інших аналогічних систем.

Апаратура системи АТ функціональних і вимірювальних параметрів приладів АЕ складається з мультиплексора тестових сигналів та USB-осцилографа/генератора сигналів PicoScope 2006B/2008B (50 МГц, частота вибірки 500 Мб/с, 8 біт АЦП, 32 Мб пам'яті) (рис. 1).

Обидва пристрої підключаються окремо до портів USB керуючого комп'ютера та приєднані один до одного коротким кабелем BNC. Система доповнюється 16-ма короткими коаксіальними LEMO кабелями для підключення виходів мультиплексора до входів тестованого АЕ приладу, а також кабелем для роз'єму зовнішніх низькочастотних (НЧ) параметрів (рис. 2). Останній є у двох варіантах: один – для тестування 4-х каналних приладів Sensophone AED-404(ЕМА-4/4) з одним НЧ входом і трьома логічними входами управління; другий – для 16-ти каналних приладів Sensophone AED 416(ЕМА-4/16) з 5-ма НЧ входами та 8-ма логічними входами управління.

ПЗ системи АТ – це частина загального пакету програмних засобів систем АЕ контролю. Функція тестування обладнання доступна після вибору цієї опції в ПЗ системи в режимі online. Система АТ дозволяє перевірити наступні функціональні та вимірювальні параметри приладу АЕ: коефіцієнт підсилення акустичного сигналу в лінійному режимі підсилення; функцію передачі сигналу підсилювального тракту каналів АЕ в логарифмічному режимі підсилення; сумарний рівень власних шумів підсилювального тракту каналів АЕ в логарифмічному режимі підсилення; АЧХ вхідних

ЛС-фільтрів підсилювального тракту каналів АЕ в лінійному та логарифмічному режимах підсилення; АЧХ підсилювального тракту каналів АЕ з включеним цифровим фільтром у лінійному та логарифмічному режимах підсилення; АЧХ перехресних перешкод каналів до сусіднього каналу АЕ в логарифмічному режимі підсилення.

Слід зазначити, що при перевірці вищевказаних параметрів приладу АЕ датчик АЕ, попередній підсилювач і кабель датчика не використовуються. Амплітуди тестових і реєстрованих сигналів, виражені в дБ, наводяться з урахуванням коефіцієнта підсилення 20 дБ попереднього підсилювача, що входить у реальні ланцюжки «датчик АЕ–апаратура АЕ». З використанням розробленого обладнання перевіряється робота каналів АЕ в режимі тестування шляхом подачі імпульсів на датчик АЕ; контролюються логічні входи управління та вимірювання вихідної напруги та струму.

При тестуванні приладів багатоприладової системи АЕ кожний прилад тестується окремо. Такий прилад повинен бути відокремлений від інших складових багатоприладової системи АЕ та мати установку порту Ethernet, яка дозволяє перехід в online режим вимірювання (автоматично або вручну), а також відповідний код модуля.

У режимі online вікно функції АТ відкривається при виборі вкладки «Випробування обладнання» у рядку вибору основних робочих вікон головного вікна програми (рис. 3).

Корекцію конфігурації системи АТ можна робити за рахунок зміни деяких важливих умов роботи системи. За наявності в системі мультиплексора тестових сигналів можна вибрати послідовний чи паралельний режим вибору каналів АЕ для тестування. Більшість тестів виконуються набагато швидше в паралельному режимі, але є й такий тест (АЧХ рівня перехресних перешкод каналів до сусіднього каналу АЕ в логарифмічному режимі підсилення), який вимагає послідовного режиму. У разі відсутності мультиплексора тестових сиг-

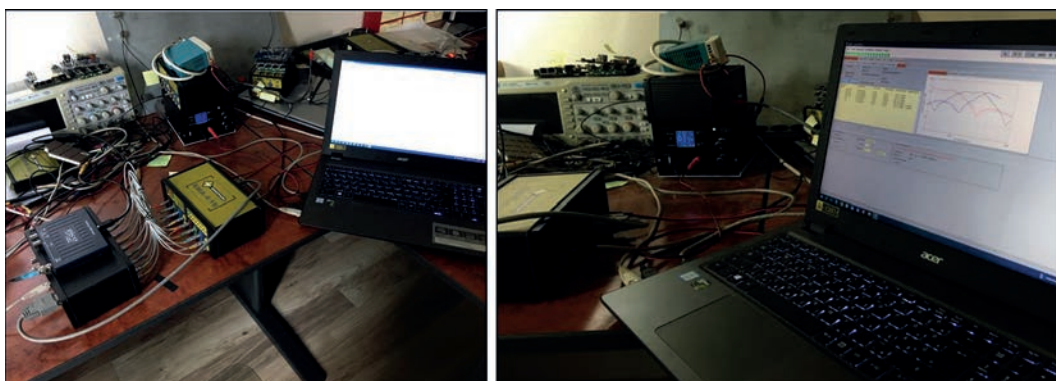


Рис. 2. Перевірка параметрів системи ЕМА-4/16

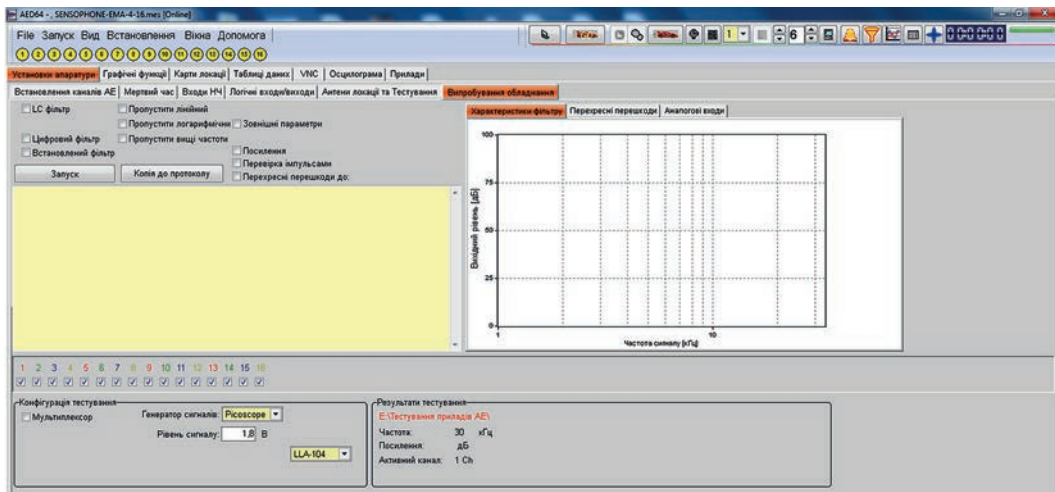


Рис. 3. Вікно функцій автоматичного тестування приладу АЕ

налів можливий лише послідовний режим. Виконання підтестів «Зовнішні технологічні сигнали» виконуються на НЧ каналах завжди послідовно. У віконці «Рівень сигналу» вказано номінальну амплітуду тестових синусоїдальних сигналів. Це значення вибрано для корекції зменшення амплітуди сигналу ненавантаженого 50 Ом-го виходу генератора тестових сигналів після підключення до входу АЕ приладу з вхідним імпедансом 75 Ом. Також можна уточнити тип основних підсилювачів тестованого приладу АЕ. Для тестування каналів АЕ необхідно вибрати відповідні канали (рис. 4).

Для проведення тестування апаратури можна вибрати наступні функції (вузли) приладу для перевірки: підсилення (відношення вихідного рівня сигналу до вхідного за різних режимів підсилення), LC фільтр, цифровий фільтр, рівень шуму, перехресні перешкоди, тестовий імпульс, зовнішній сигнал (рис. 5).

Для прикладу розглянемо, як проводиться тест «Підсилення». На всі виділені для тестування входи АЕ приладу подається неперервний сигнал синусоїдальної форми. Вибираються по черзі різні режими підсилення (загалом існує 12 підтестів), а амплітуда сигналу змінюється в залежності від встановленого режиму підсилення. Частота сиг-

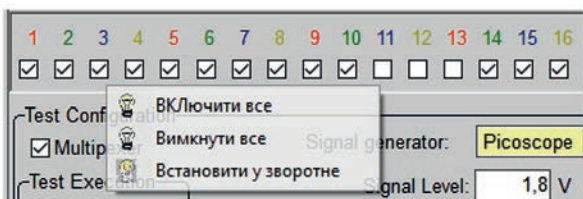


Рис. 4. Вибір каналів для тестування

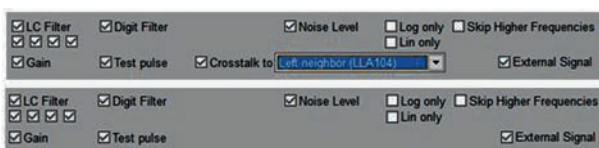


Рис. 5. Вибір функцій (вузлів) для тестування

налу – 175 кГц. LC-фільтр № 4 (30...1000 кГц), цифровий фільтр відключений. Вимірюється параметр «Середній рівень сигналу АЕ» та порівнюється з номінальним значенням амплітуди тестового сигналу.

Для тесту «LC фільтр» на всі виділені для тестування входи АЕ приладу подається неперервний сигнал синусоїдальної форми. Частота сигналу змінюється в діапазоні 30...1000 кГц, номінальна амплітуда сигналу 80 дБ. Цифровий смуговий фільтр вимкнено. Тест виконується двічі: вимірюється параметр «Середній рівень сигналу АЕ» при виборі всіх 4-х-смугових LC-фільтрів спочатку в режимі лінійного підсилення 40 дБ, потім у логарифмічному режимі підсилення.

Для тесту «Цифровий фільтр» на всі виділені для тестування входи АЕ приладу подається неперервний сигнал, як і у випадку попереднього тесту, проте цифровий смуговий фільтр включений з нижніми та верхніми граничними частотами, відповідними смуговим LC-фільтрам 1, 2 і 3, а потім у діапазоні 100...200 кГц. Тест виконується двічі: вимірюється параметр «Середній рівень сигналу АЕ» спочатку в режимі лінійного підсилення 40 дБ, потім – у логарифмічному режимі підсилення.

Для проведення тесту «Рівень шуму» на входи АЕ пристрою подається нульовий сигнал. Установка смугових LC-фільтрів і цифрового смугового фільтра відповідає установкам при тесті «LC фільтр», а потім при тесті «Цифровий фільтр». Вимірюється параметр «Середній рівень сигналу АЕ» лише в логарифмічному режимі підсилення.

Аналогічно проводиться й тест «Перехресні перешкоди», коли вибираються сусідні канали. Тест «Перехресні перешкоди» потребує послідовного режиму тестування.

Для перевірки аналогових входів зовнішніх НЧП на всі входи по чергово подається тестовий

сигнал, який збільшується від 0 до максимального значення 14 рівними ступенями. Спочатку перевіряються НЧ входи в режимі напруги 0...9,375 В, потім – в режимі струмового контура 0...18,75 мА.

Для перевірки логічних входів ліній керування на всі входи подаються тестові коди, які дозволяють перевірити правильність прийому сигналів логічного рівня цими входами. Кількість тестових кодів для 4-х-канального приладу AED404(EMA-4/4) – 6, для 16-ти-канального

AED416(EMA-4/16) – 16. Детальніше всі можливі види тестування описані в документації до системи АТ.

Після корекції конфігурації системи АТ, вибору необхідних тестів, підключення коротких коаксіальних LEMO кабелів і кабелю вимірювання зовнішніх НЧП між відповідними роз'ємами мультиплексора та приладу, що тестується, виконується заплановане тестування. Після запуску тестування можна корегувати вибір тестів або модифікувати виконання тих тестів, які ще не розпочато. Після



Рис. 6. Результати виконання тесту «LC фільтри»

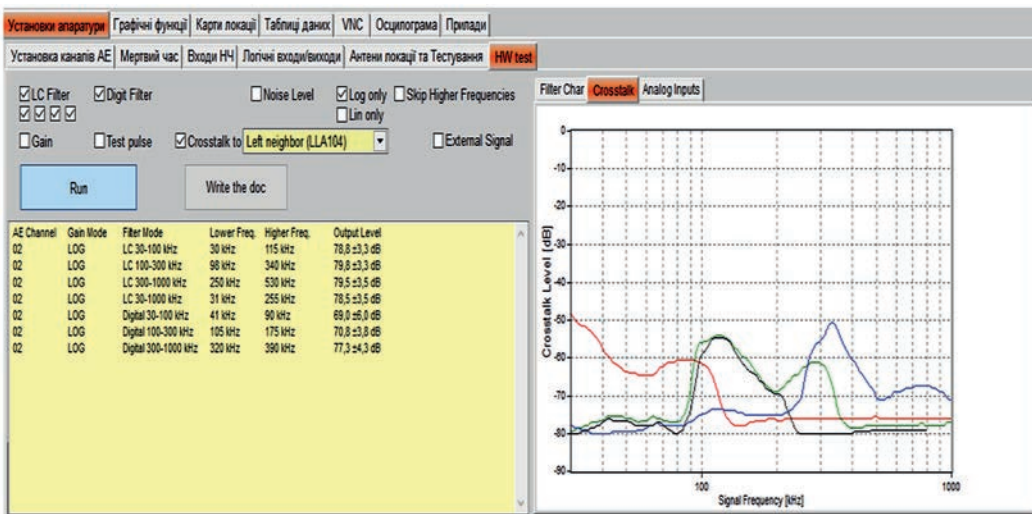


Рис. 7. Результати виконання тесту «Перехресні перешкоди»

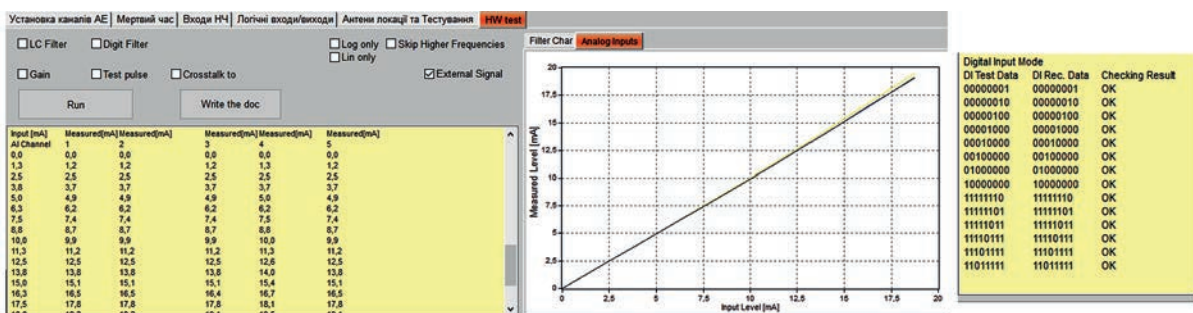


Рис. 8. Результати виконання тесту «Зовнішній сигнал»

виконання останнього тесту створюється спеціальний файл з результатами тестування.

Екрани програми під час тестування вибірково наведено на рис. 6–8.

У програмі також є можливість вибрати модифікацію/прискорення виконання тестів: пропустити тести в лінійному режимі підсилення; пропустити тести в логарифмічному режимі підсилення; тести з сигналами змінної частоти виконувати лише в діапазоні 30...52 кГц. Застосування цих модифікацій значно прискорює контроль апаратури, проте для остаточної та повної перевірки приладу зі складанням відповідного протоколу ці режими не використовуються. Перелік тестів буде розширено для детальнішого аналізу роботи обладнання АЕ контролю та діагностування.

За результатами проведення описаних вище тестів є можливість автоматичного створення протоколу перевірки, що включає всі таблиці та графіки результатів, отриманих у ході тестування.

Висновки

Створено систему автоматичного тестування приладів АЕ контролю та діагностування з урахуванням вимог українських і міжнародних стандартів у галузі АЕ. Прилади та ПЗ для проведення тестування включені в загальну систему АЕ.

Наявність у структурі систем технічної діагностики, зокрема систем Sensophone/ЕМА, обладнання та програм для автоматичного тестування приладів дозволяє в будь-який зручний час і в робочих умовах проводити контроль роботи приладів системи АЕ, що сприяє підвищенню достовірності результатів визначення технічного стану контрольованих промислових об'єктів.

Список літератури

- (2017) *Технічна діагностика матеріалів і конструкцій: довідковий посіб. у 8 т. Т.5: Акустичні методи контролю деградації матеріалів і дефектності елементів конструкцій*. За ред. З.Т. Назарчука. Львів, Простір-М.
- Недосека А.Я., Недосека С.А., Яременко М.А., Овсієнко М.А. (2020) Системи акустико-емісійного моніторингу при технічному діагностуванні промислових об'єктів. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, **3**, 37–42. DOI: <https://doi.org/10.15407/tdnk2020.03.05>
- (2018) *Метрологія та вимірювальна техніка: підручник*. За ред. В.Д. Кухарчук, В.М. Сlepченко. Київ, Видавничий центр «Академія».
- Лоскутов В.М., Кисельов І.О. (2016) *Основи метрології та електровимірювальної техніки*. Харків, НТУ «ХПІ».
- BIPM (2022) *International vocabulary of metrology – basic and general concepts and associated terms (VIM)*. Joint Committee for Guides in Metrology, 3rd edition.
- Величко В.А., Колбасін О.І., Чепела В.М. (2020) Проблемні питання метрологічної діяльності в умовах реформування національної метрологічної служби. *Український метрологічний журнал: Доповіді XII Міжнародної науково-технічної конференції «Метрологія та вимірювальна техніка» («МЕТРОЛОГІЯ–2020»)*,

- 124–128. DOI: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3A.2020.218544>
7. *Research programme «Strategic Research Agenda 2030»*. Brussels, European Commission.
8. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» № 1314-VII від 5 червня 2014 р.
9. Недосека С.А., Недосека А.Я., Яременко М.А., Овсієнко М.А. та ін. (2019) Особливості АЕ діагностики. Технологія, апаратура, алгоритми. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, **1**, 3–12. DOI: <https://doi.org/10.15407/tdnk2019.01.01>
10. ДСТУ 9096:2021 *Метрологія. Комплекси діагностичні акустико-емісійні. Методика перевірки*. Київ, ДП «УкрНДНЦ».
11. ДСТУ EN 13477-1:2016. *Неруйнівний контроль. Акустична емісія. Характеристика устаткування. Частина 1. Технічні характеристики устаткування (EN 13477-1:2001, IDT)*. Київ, ДП «УкрНДНЦ».
12. ДСТУ EN 13477-2:2022. *Неруйнівний контроль. Акустична емісія*. Київ, ДП «УкрНДНЦ».
13. МПУ 002/10-22-2004. *Метрологія. АЕ діагностичний комплекс ЕМА (електронна частина). Методика перевірки*. Київ, ДП «УкрНДНЦ».

References

- (2017) *Technical diagnostics of materials and structures: Manual. In 8 Vol., Vol. 5: Acoustic methods for controlling the degradation of materials and the defectivity of structural elements*. Ed. by Z.T. Nazarchuk. Lviv, Prostir-M [in Ukrainian].
- Nedoseka, A.Ya., Nedoseka, S.A., Yaremenko, M.A., Ovsienko, M.A. (2020) Systems of acoustic emission monitoring at technical diagnostics of industrial facilities. *Tekh. Diahnost. ta Neruiniv. Kontrol*, **3**, 37–42 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.15407/tdnk2020.03.05>
- (2018) *Metrology and measuring equipment: Textbook*. Ed. by V.D. Kukharchuk, V.M. Slepchenko. Kyiv, Publ. Center Academiya [in Ukrainian].
- Loskutov, V.M., Kiselyov, I.O. (2016) *Fundamentals of metrology and electrical measuring equipment*. Kharkiv, NTU KhPI [in Ukrainian].
- BIPM (2022) *International vocabulary of metrology – basic and general concepts and associated terms (VIM)*. Joint Committee for Guides in Metrology, 3rd Edition.
- Velychko, V.A., Kolbasin, O.I., Chepela, V.M. (2020) Problem issues of metrological activity in the conditions of reforming the national metrological service. *Ukrainian Metrological J. : Reports of the XII Int. Sci. and Techn. Conf. on Metrology and Measuring Techniques*, **3A**, 124–128 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3A.2020.218544>
7. *Research Programme «Strategic Research Agenda 2030»*. Brussels: European Commission.
8. *Law of Ukraine «On Metrology and Metrological Activities»*, No. 1314-VII of June 5, 2014 [in Ukrainian].
- Nedoseka, S.A., Nedoseka, A.Ya., Yaremenko, M.A., Ovsienko, M.A. et al. (2019) Features of AE diagnostics. Technology, instrumentation and algorithms. *Tekh. Diahnost. ta Neruiniv. Kontrol*, **1**, 3–12 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.15407/tdnk2019.01.01>
- (2021) DSTU 9096:2021. *Metrology. Diagnostic acoustic-emission complexes. Methods of verification*. Kyiv, SE UkrNDNC [in Ukrainian].
- (2016) DSTU EN 13477-1:2016. *Non-destructive testing. Acoustic emission. Characteristics of the equipment. Pt 1: Technical characteristics of the equipment (EN 13477-1:2001, IDT)*. Kyiv, SE UkrNDNC [in Ukrainian].
- (2022) DSTU EN 13477-2:2022. *Non-destructive testing. Acoustic emission*. Kyiv, SE UkrNDNC [in Ukrainian].
- (2004) MPU 002/10-22-2004. *Metrology. AE diagnostic complex EMA. Verification procedure*. Kyiv, SE UkrNDNC [in Ukrainian].

SYSTEM FOR AUTOMATIC TESTING OF FUNCTIONAL AND MEASUREMENT PARAMETERS OF ACOUSTIC EMISSION EQUIPMENT

Y. Gereb¹, M.A. Yaremenko², M.A. Ovsiienko², S.A. Nedoseka², D.D. Topchev², S.O. Kushnyrenko³

¹Sensophone. 1029 Hungary, Budapest, Honfoglalas u. 28.

²E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevich Str., 03150, Kyiv, E-mail: inpat59@ukr.net

³JSC «Odesa Port Plant». Odesa, Main Post Office, PO Box 304.

The paper presents the developed equipment and software for testing the functional and measurement parameters of acoustic emission equipment. The operations and means of verification of such equipment are regulated by the relevant standards and the operations are carried out once a year. The availability of additional equipment and software as part of technical diagnostics systems allows quickly determining and monitoring the condition of measuring equipment, which increases the reliability of the results obtained. It also makes it possible to prepare the devices for mandatory metrological verification. 13 Ref., 8 Fig.

Keywords: metrology, verification, functional parameters, measurement parameters

Отримано 11.03.25

Отримано у переглянутому вигляді 28.04.25

Прийнято 07.05.25

До 155 річчя від дня народження Є.О. Патона



Євген Оскарович Патон народився 4 березня 1870 р. у родині консула російської імперії в м. Ніцці, Франція. Вищу освіту здобув у 1894 р. у Королівській Саксонській технічній вищій школі у м. Дрездені, Німеччина. У 1905 р. Є.О. Патон почав працювати у Київському політехнічному інституті, де очолив кафедру мостів, був вибраний деканом інженерно-будівельного факультету. Він удосконалює навчальні програми, створює лабораторії, інженерний музей, продовжує наукову роботу, видає посібники та підручники. У 1914 р. Є.О. Патон організував мостову секцію при військово-промислового комітеті Південно-Західного фронту, проектував та організував виготовлення мостів, поворотно-підйомних естакад, льодорізів та інших конструкцій. Для переправ через р. Дніпро розробив проекти 7-ми великих стратегічних розбірних мостів. У 1934 р. уряд УРСР видав постанову про створення Інституту електрозварювання. Директором було затверджено Є.О. Патона. У 1946–1951 рр. під керівництвом Є.О. Патона створено спеціальну

марку низьковуглецевої сталі МСтЗ для зварних мостів, що була малочутливою до термодеформаційного циклу зварювання; нову конструктивну форму мосту; вдосконалено апаратуру для автоматичного і механізованого зварювання конструкцій; розроблено технології заводського і монтажного зварювання. Зразком універсального застосування автоматичного зварювання під флюсом є спорудження першого у світі суцільнозварного автодорожнього мосту через р. Дніпро у м. Києві завдовжки 1543 м.

Американське зварювальне товариство (AWS) у 1995 р. визнало міст імені Євгена Патона видатною зварною конструкцією XX століття. У 2000 р. Міжнародний інститут зварювання (IIW) заснував міжнародну премію імені Євгена Патона для фахівців, які зробили значний внесок у науку і техніку завдяки своїй життєвій відданості прикладним дослідженням і розробкам в області передових технологій, матеріалів і обладнання для зварювання та суміжних процесів. Є.О. Патон створив відому в усьому світі патонівську науково-інженерну школу, яка стала символом ефективною реалізації фундаментальних наукових розробок і ще зробить багато корисного для розвитку науки і техніки в Україні.



Арочний міст над алеєю Магдебурзького права у м. Києві, побудований у 1910 р.