

УДК 006.9:53.089.68:543

I. М. КОРЖОВ**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ В РОЗРІЗІ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЇ ЛАБОРАТОРІЙ**

Розглянуто перспективи розвитку теорії та практики контролю та діагностування складних промислових об'єктів шляхом підвищення точності вимірювань, що забезпечується принципом єдності вимірювання в Україні, для забезпечення якого є необхідним організація та проведення перевірок кваліфікації калібрувальних, повірочних, випробувальних лабораторій. Розглянуто світовий стан, тенденції, перспективи перевірки кваліфікації та міжлабораторних порівнянь результатів калібрувальних, повірочних, випробувальних лабораторій. Розглянуті основні вимоги міжнародних нормативних документів у сфері перевірки кваліфікації щодо учасників програм перевірки кваліфікації та провайдерів перевірки кваліфікації, також розглянуті основні питання щодо переваг та необхідності перевірки кваліфікації, її сучасний стан в Україні та перспективи розвитку. Наведені результати діяльності Державного підприємства «Харківстандартметрологія» в якості провайдера перевірки кваліфікації згідно з міжнародним стандартом EN ISO/IEC 17043 «Conformity assessment – General requirements for proficiency testing» («Оцінка відповідності. Загальні вимоги до перевірки кваліфікації») та допоміжні статистичні інструменти, що надає зазначений провайдер перевірки кваліфікації для аналізу та підтримки якості метрологічних послуг, що надають учасники програм перевірки кваліфікації. Викладений матеріал може бути корисним для подальшого розвитку теорії та практики контролю та діагностування складних промислових об'єктів, для використання персоналом калібрувальних, повірочних, випробувальних лабораторій України та для виробників засобів, приладів, систем контролю та діагностування складних промислових об'єктів з точки зору вибору постачальника якісних метрологічних послуг для досягнення цілей підвищення точності та надійності своєї продукції.

Ключові слова: єдність вимірювань, перевірка кваліфікація, EN ISO/IEC 17043, провайдер перевірки кваліфікації, міжлабораторні порівняння, координатор.

I. М. КОРЖОВ**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ В РАЗРЕЗЕ ПРОВЕРКИ КВАЛИФИКАЦИИ ЛАБОРАТОРИЙ**

Рассмотрены перспективы развития теории и практики контроля и диагностирования сложных промышленных объектов путем повышения точности измерений, обеспечивающиеся принципом единства измерения в Украине, для обеспечения которого необходимо организация и проведение проверок квалификации калибровочных, поверочных, испытательных лабораторий. Рассмотрены мировое состояние, тенденции, перспективы проверки квалификации и межлабораторных сравнений результатов калибровочных, поверочных, испытательных лабораторий. Рассмотрены основные требования международных нормативных документов в области проверки квалификации в отношении участников программ проверки квалификации и провайдеров проверки квалификации, также рассмотрены основные вопросы о преимуществах и необходимости проверки квалификации, её современное состояние в Украине и перспективы развития. Приведены результаты деятельности Государственного предприятия «Харьковстандартметрология» в качестве провайдера проверки квалификации в соответствии с международным стандартом EN ISO/IEC 17043 «Conformity assessment – General requirements for proficiency testing» («Оценка соответствия. Общие требования к проверке квалификации») и вспомогательные статистические инструменты, которые предоставляет указанный провайдер проверки квалификации для анализа и поддержки качества метрологических услуг, предоставляемых участниками программ проверки квалификации. Изложенный материал может быть полезным для дальнейшего развития теории и практики контроля и диагностирования сложных промышленных объектов, для использования персоналом калибровочных, поверочных, испытательных лабораторий Украины и для производителей средств, приборов, систем контроля и диагностирования сложных промышленных объектов с точки зрения выбора поставщика качественных метрологических услуг для достижения целей повышения точности и надежности своей продукции.

Ключевые слова: единство измерений, проверка квалификации, EN ISO/IEC 17043, провайдер проверки квалификации, межлабораторные сравнения, координатор.

I. M. KORZHOV**PERSPECTIVES FOR THE DEVELOPMENT OF THEORY AND PRACTICE OF CONTROL AND DIAGNOSTICS IN TERMS OF PROFICIENCY TESTING OF LABORATORIES**

The prospects of development of the theory and practice of control and diagnostics of complex industrial objects by increasing the accuracy of measurements, which is ensured by the principle of unity of measurement in Ukraine, are considered. To ensure the unity of measurement in Ukraine, it is necessary to organize and conduct inspections of proficiency of calibration, verification, and testing laboratories. The world situation, trends, prospects of proficiency testing and interlaboratory comparisons of the results of calibration, verification, testing laboratories are considered. The main requirements of the international proficiency testing regulations regarding proficiency testing program participants and proficiency testing providers are considered. The main questions regarding the advantages and necessity of proficiency testing, its current state in Ukraine, and prospects of development are considered. The results of the activity of the State Enterprise «Kharkivstandardmetrology» as the proficiency testing provider in accordance with the international standard EN ISO/IEC 17043 "Conformity assessment – General requirements for proficiency testing" and the auxiliary statistical tools provided by the specified proficiency testing provider for the analysis and quality assurance of metrological services are discussed. The presented material may be useful for further development of the theory and practice of control and diagnostics of complex industrial objects, for use by personnel of calibration, verification, testing laboratories of Ukraine, and for manufacturers of tools, devices, systems of control and diagnostics of complex industrial objects in terms of choosing the provider of quality metrological services.

Key words: unity of measurement, proficiency testing, EN ISO/IEC 17043, proficiency testing provider, interlaboratory comparison, coordinator.

Вступ. Напряг наукових і технічних досліджень в області контролю та діагностування об'єктів промисловості (дизельні і газотурбінні двигуни, будівельні, дорожні, сільськогосподарські машини і механізми, технологічні агрегати, енергетичне обладнання і т.д.) є досить перспективним [1 – 2]. Над подальшим розвитком теорії і практики в цій області працює багато вчених, організацій, фірм. Спрямувань з удосконалення пристроїв, систем, технологій, алгоритмічного і програмного забезпечення є величезна кількість. Як правило, всі дослідження стосуються удосконалення первинних і вторинних перетворювачів неелектричних величин, розробки нових та удо-

© I. М. Коржов, 2018

сконаленню існуючих алгоритмічних і програмних забезпечень координатора (спостерігача) другого рівня ієрархії [2 – 3], підвищення технічних властивостей джерел живлення, допоміжної апаратури тощо [1 – 3].

Не менш важливим напрямом досліджень в області контролю і діагностування є єдність вимірювань лабораторіями України. Така задача була виявлена під час наукового співробітництва між НТУ «Харківський політехнічний інститут» та ДП «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації». Саме цей напрям, *перевірка кваліфікації (proficiency testing)* – оцінювання характеристик функціонування учасників по задалегідь встановленим критеріям за допомогою міжлабораторних порівнянь [4], розглянуто у цій статті.

Аналіз сучасного стану перевірки кваліфікації. Перевірка кваліфікації – ефективний інструмент зовнішньої оцінки якості метрологічних робіт та підтвердження поточної компетентності лабораторії, дозволяє виявляти недоліки в роботі лабораторії, підвищує довіру замовників до результатів метрологічних робіт. Участь в перевірці кваліфікації є необхідною умовою відповідності лабораторії ISO/IEC 17025 [5], що визначено у ISO/IEC 17011 [6] та оформлено у вигляді концепції та політики Національного агентства з акредитації України (НААУ) «Концепція оцінювання компетентності випробувальних лабораторій на основі результатів участі в МПР» [7] та «Політика НААУ щодо участі органів з оцінки відповідності у перевірках кваліфікації» [8], а також результати участі враховуються при оцінюванні стану вимірювань на відповідність ISO 10012 [9].

Основні вимоги до проведення перевірки кваліфікації визначені у міжнародному стандарті EN ISO/IEC 17043 [4], документах ILAC, EA, APLAC, НААУ. Стандарт EN ISO/IEC 17043 [4] є базовим документом, що регламентує проведення перевірки кваліфікації, включно з основними вимогами до організацій, що проводять перевірку кваліфікації, та організаційними аспектами, такими як підготовка зразка до перевірки кваліфікації, перевірка його однорідності та стабільності, статистична обробка результатів участі у перевірці кваліфікації тощо. Стандарт EN ISO/IEC 17043 [4] було підготовлено для забезпечення всіх зацікавлених сторін узгодженою базою для визначення компетентності організацій, які надають послуги перевірки кваліфікації, та містить не лише настанови щодо розроблення та проведення перевірки кваліфікації, вибору та застосування перевірки кваліфікації органами з акредитації лабораторій, настанови стосовно належних статистичних методів, але й корисні описи типових видів перевірки кваліфікації.

Згідно EN ISO/IEC 17043 [4] перевірку кваліфікації реалізує провайдер перевірки кваліфікації. У світі існує велика кількість акредитованих провайдерів перевірки кваліфікації, наприклад, у міжнародній електронній базі провайдерів перевірки кваліфікації EPTIS (<http://www.eptis.org/about.htm>) [10] учасником пропонується більше трьох тисяч дев'ятисот програм перевірки кваліфікації з більше ніж сорока країн світу, що свідчить про ефективність та необхідність проведення такої перевірки. На сьогоднішній день в Україні існує лише один акредитований НААУ провайдер перевірки кваліфікації – ДП «Харківстандартметрологія» (атестат № 50003 від 03.12.2018 р.) [11].

Аналіз досвіду діяльності і сталої практики таких організацій як ILAC, Eurachem, EUROLAB, EA, APLAC тощо, показує, що саме перевірка кваліфікації (професійного рівня) зі застосуванням міжлабораторних порівнянь є найбільш раціональним методом перевірки технічної компетентності калібрувальних та вимірювальних лабораторій.

Необхідність у постійній впевненості у відповідній діяльності лабораторії є принципово важливою не лише для лабораторії та їхніх користувачів, але й для інших зацікавлених сторін, зокрема регуляторних органів, органів з акредитації лабораторій та інших організацій, що встановлюють вимоги до лабораторій. Потреба в перевірці кваліфікації (професійного рівня) зростає й для інших видів діяльності з оцінювання відповідності, таких як інспектування або сертифікація виробів.

ILAC – це міжнародний орган з акредитації лабораторій, що складається з органів акредитації і зацікавлених організацій зі всього світу. Вимоги ILAC щодо перевірки кваліфікації викладені у ILAC-P9:06 [12], у якому викладені основні положення та вимоги до формування політик органів з акредитації, що входять до ILAC, стосовно участі лабораторій всіх типів (калібрувальних/випробувальних) та органів з інспектування (при необхідності) у перевірці кваліфікації для цілей підтвердження своєї компетенції у заявлених сферах акредитації. Зазначений документ опублікований та доступний на офіційній веб-сторінці ILAC (ilac.org).

EA – це об'єднання національних органів акредитації в Європі, що офіційно визнані їхніми національними урядами для оцінки та перевірки на відповідність міжнародним стандартам організацій, що здійснюють оціночні послуги, такі як сертифікація, верифікація, перевірка, випробування та калібрування (також відомі як послуги оцінки відповідності). Вимоги EA щодо перевірки кваліфікації викладені у EA-4/18 INF [13], у якому викладені принципи визначення рівня участі (кількості суб-дисциплін (напрямків), за якими слід прийняти участь у перевірці кваліфікації) та частоти участі (кількість учасників у перевірках кваліфікації, рекомендований мінімум складає один раз за зазначеними суб-дисциплінами за період циклу акредитації (час між повторними оцінками органу акредитації)) з приведенням прикладів з практики. Зазначений документ опублікований та доступний на офіційній веб-сторінці EA (www.european-accrreditation.org/).

APLAC – це об'єднання органів акредитації в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, які акредитують лабораторії, інспекційні органи та виробників референтних матеріалів, що визнано Азіатсько-Тихоокеанським економічним співробітництвом як один із п'яти регіональних органів спеціалістів. Вимоги APLAC щодо перевірки кваліфікації викладені у серії документів APLAC PT і в тому числі такими: APLAC PT 001 [14], APLAC PT 002 [15], APLAC PT 003 [16], APLAC PT 005 [17], APLAC PT 006 [18]. В зазначених документах розглядаються основні питання організації та проведення перевірки кваліфікації; серед висвітлюваних питань слід зазначити чітке завдання мінімальної частоти участі у перевірках кваліфікації в залежності від виду суб-дисциплін, які розді-

лені за видом на калібрувальні (розділені за видом вимірювальної величини на сімнадцять груп, рекомендований мінімум участі у перевірках кваліфікації складає один раз на два роки) та випробувальні (розділені за сферою діяльності (медична, біологічна, хімічна, тощо) на тринадцять груп, рекомендований мінімум участі у перевірках кваліфікації складає від одного разу на два роки до десяти раз на один рік).

EUROLAB було створено в Брюсселі на основі меморандуму про взаєморозуміння, підписаного делегаціями, які представляють приватні та державні лабораторії 17 з 19 країн ЕЕС та ЕФТА. EUROLAB є юридичною особою у формі міжнародної асоціації згідно з законодавством Бельгії (AISBL – Association Internationale Scientifique sans but Lucratif), яке встановлює її як Європейську федерацію національних асоціацій вимірювань, тестування та аналітичних лабораторій. Вимоги EUROLAB щодо перевірки кваліфікації викладені у серії документів EUROLAB cookbooks – короткі документи з питань якості, які допоможуть лабораторіям дотримуватись вимог ISO/IEC 17025 [5] і в тому числі такими: EUROLAB «Cook Book» – Doc No.2. Rev.2017 [19], EUROLAB «Cook Book» – Doc No.17. 2013 [20], EUROLAB «Cook Book» – Doc No.4. [21], EUROLAB «Cook Book» – Doc No.4.2. [22]. В зазначених документах розглядаються основні питання участі лабораторій у перевірках кваліфікації, з точки зору лабораторій, у тому числі вибір схеми перевірки кваліфікації, використання та аналіз результатів участі тощо.

Вимоги НААУ, як органа з акредитації лабораторій, щодо проведення та участі у перевірках кваліфікації, викладені у документах: Наказ № 108 від 22.04.2015 [23], ЗД-08.00.29:ред. 02 [8], ЗД-08.01.21-ред. 01 [7], ЗД-08.15.31 [24]. Зазначені документи опубліковані на офіційній веб-сторінці НААУ (naau.org.ua). Перевірка кваліфікації розглядається НААУ як важливий інструмент для демонстрації компетентності та підтримання якості технічної діяльності лабораторій та органів з інспектування (якщо це доречно). З цієї причини, лабораторії та органи з інспектування, які перебувають у процесі акредитації або є акредитованими, повинні мати розроблену стратегію участі у відповідних перевірках кваліфікації, що бере до уваги ризики діяльності органів з оцінки відповідності та інші процеси контролю якості та забезпечення якості технічної діяльності. Таку стратегію розробляють для кожного циклу акредитації та у разі потреби актуалізують.

Програми перевірки кваліфікації провайдера перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія». ДП «Харківстандартметрологія», в якості провайдера перевірки кваліфікації, та Відділ прикладної метрології вимірювальних систем і процесів (ВСП), в якості координатора перевірки кваліфікації, регулярно проводить програми перевірки кваліфікації за такими напрямками як калібрування (сорок програм) та випробування (чотири програми). Програми перевірки кваліфікації за напрямком калібрування охоплюють наступні види вимірювання:

- **AUV** – акустика, ультразвук, вібрація;
- **EM** – електрика та магнетизм;
- **L** – довжина;
- **M** – маса та пов'язані з нею величини;
- **PR** – фотометрія та радіометрія;
- **QM** – фізико-хімічні вимірювання;
- **T** – термометрія;
- **TF** – час і частота.

Кількість програм перевірки кваліфікації за напрямками та видами вимірювань наведено на рис. 1.



Рис. 1 – Програми перевірки кваліфікації за напрямками та видами вимірювань.

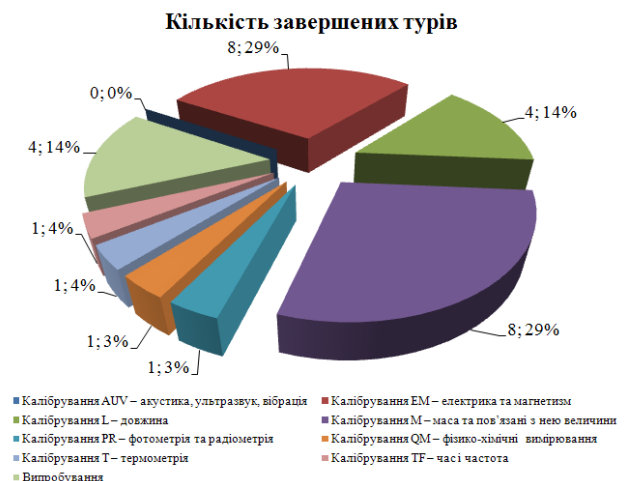


Рис. 2 – Проведені тури програм перевірки кваліфікації за напрямками та видами вимірювань.

Перелік програм перевірки кваліфікації з інформацією про них, умови участі, а також звіти за завершеними турами програм перевірки кваліфікації наведені на офіційній веб-сторінці провайдера перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія» (<http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23/>) [11].

У період з 2016 року по грудень 2018 року було завершено 28 турів програм перевірки кваліфікації, в яких прийняли участь більше 50-и організацій зі всієї України, у тому числі акредитовані НААУ на відповідність

ISO/IEC 17025 [5] калібрувальні лабораторії. Кількість завершених турів програм перевірки кваліфікації за напрямками та видами вимірювань наведено на рис. 2.

Слід зазначити, що за трьома програмами перевірки кваліфікації проведено більше одного туру, в яких прийняли повторну участь щонайменше десять лабораторій, що складає 25,6 % від загальної кількості лабораторій, що приймали участь у зазначених програмах. Повторна участь у турах програм перевірки кваліфікації необхідна для виконання положень ISO 13528 [25], згідно з якими учасник, у якого діє система управління якістю та який отримав задовільні результати в декількох турах, має право використовувати ці результати в якості доказу того, що він в змозі послідовно отримувати задовільні результати калібрування/випробування.

Повторна участь у турах програм перевірки кваліфікації дає змогу оцінити лабораторії, їх стабільність шляхом побудови контрольних карт Шухарта та/або контрольних карт кумулятивних сум (Кусум-карта) z (z') – індексів згідно з ISO 13528 [25].

Контрольні карти Шухарта – це графічний засіб, що демонструє зміну параметрів процесу проведення вимірювання/калібрування у часі. Контрольна карта Шухарта z (z') – індексів застосовується для забезпечення статистичного контролю стабільності процесу проведення вимірювання/калібрування та своєчасного виявлення нестабільності цього процесу для отримання його керованості. Побудову та інтерпретацію контрольних карт Шухарта описано в ISO 7870-2 [26].

Контрольна карта кумулятивних сум (Кусум-карта) – інформативне графічне представлення даних, один з розповсюджених методів визначення зміни показників якості процесу проведення вимірювання/калібрування. На відміну від контрольних карт Шухарта, контрольні карти кумулятивних сум наглядно демонструють наявність тенденції змін показників якості процесу проведення вимірювання/калібрування. Контрольні карти кумулятивних сум (Кусум-карти) z (z') – індексів можуть забезпечити раннє виявлення того моменту, коли процес проведення вимірювання/калібрування вийде з-під контролю, і дають більш чітке уявлення про поведінку процесу проведення вимірювання/калібрування, ніж звичайна контрольна карта Шухарта. Побудову та інтерпретацію контрольних карт кумулятивних сум (Кусум-карт) описано в ISO 7870-4 [27].

Зазначені вище статистичні засоби використовуються провайдером перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія», що дає змогу учасникам програм перевірки кваліфікації отримати додаткову статистичну інформацію про стан своєї лабораторії, зробити висновки про якість своєї роботи, планувати поліпшення якості своїх метрологічних послуг. Приклад контрольної карти Шухарта наведено на рис. 3.

Наведена на рис. 3 контрольна карта Шухарта z – індексів учасника III туру програми перевірки кваліфікації MetrCentr-PT-T-01:2016 свідчить про поліпшення результатів лабораторії у зв'язку з коригувальними діями, проведення яких були рекомендовані через наявність сумнівних результатів участі у першому турі програми перевірки кваліфікації MetrCentr-PT-T-01:2016.

Приклад контрольної карти кумулятивних сум (Кусум-карт) наведено на рис. 4.

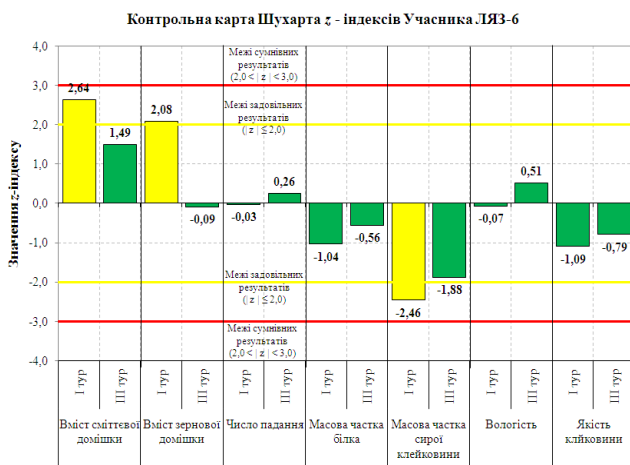


Рис. 3 – Контрольна карта Шухарта z – індексів учасника III туру програми перевірки кваліфікації MetrCentr-PT-T-01:2016.

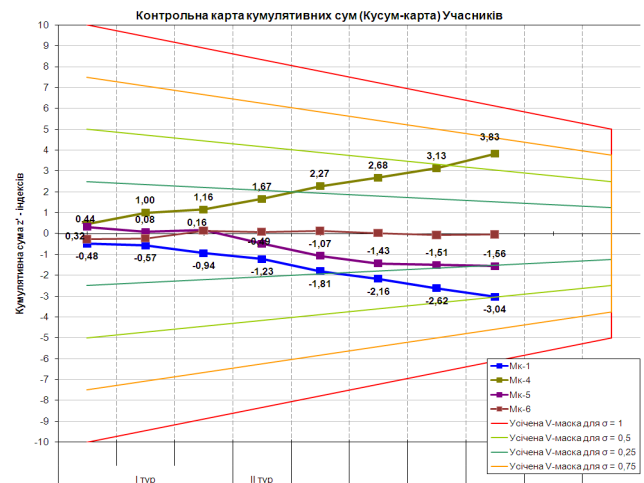


Рис. 4 – Контрольна карта кумулятивних сум (Кусум-карт) z' – індексів учасників II туру програми перевірки кваліфікації MetrCentr-PT-C-01-03:2016.

Наведена на рис. 4 контрольна карта кумулятивних сум (Кусум-карт) z' – індексів учасників II туру програми перевірки кваліфікації MetrCentr-PT-C-01-03:2016 є суміщенням на одному графіку контрольних карт кумулятивних сум (Кусум-карт) чотирьох учасників, що дає змогу порівняти їх результати на протязі двох турів. Для більш зручної інтерпретації також наведені усінчені V – маски (один з наглядних графічних методів, що викладено у ISO 7870-4 [27]) для різних значень σ .

У доповнення слід зазначити, що провайдер перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія» у повній відповідності до положень EN ISO/IEC 17043 [4] суворо дотримується вимог конфіденційності учасників програми перевірки кваліфікації та не передає/публікує інформацію про результати участі у програмах перевірки кваліфікації та документи учасників програми перевірки кваліфікації без їх письмової згоди. У всіх офіцій-

них документах провайдера перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія» за результатами програм перевірки кваліфікації учасників знеособлено шляхом присвоєння їм шифрів, які повідомляються виключно учаснику. Своїм шифром учасник може розпоряджатися на власний розсуд. Виключенням є проведення відкритих турів програм перевірки кваліфікації, в яких учасники не зашифровуються. Перед проведенням таких турів всі учасники повідомляються про це письмово, а також вся інформація про особливості відкритого туру публікується на офіційній веб-сторінці провайдера перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія» (<http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23/>) [11].

Висновки. Підсумовуючи все вище зазначене, можливо зробити наступні висновки: використання перевірок кваліфікації є ефективним та об'єктивним засобом для забезпечення єдності вимірювань в Україні, що сприяє розвитку теорії та практики контролю та діагностування складних промислових об'єктів. Участь у перевірці кваліфікації – ефективний та необхідний інструмент для компетентного функціонування вимірювальних та калібрувальних лабораторій, що підтверджує розповсюдженість провайдерів перевірки кваліфікації в світі та значний попит на участь в програмах перевірки кваліфікації, що проводить провайдер перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія».

Список літератури

1. Щапов П. Ф., Мигущенко Р. П., Крощак О. Ю., Коржов І. М. Дослідження кореляційних моделей спектральної нестационарності випадкових сигналів // *Метрологія та прилади*. Науково-виробничий журнал. – Харків, 2018. – № 5 (73). – С. 11 – 14.
2. Щапов П. Ф., Аврунин О. Г. Повышение достоверности контроля и диагностики объектов в условиях неопределенности : монография. – Х. : ХНАДУ, 2011. – 191 с.
3. Коржов І. М., Крощак О. Ю. Реалізація обчислювальних процедур системного інформаційного перетворення нестационарних вібро-сигналів засобами labview // *Системи управління, навігації та зв'язку*. Збірник наукових праць. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Т. 6 (46). – С. 76 – 80.
4. EN ISO/IEC 17043:2010 Conformity assessment – General requirements for proficiency testing. – 2010. – 39 p.
5. ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. – 2017. – 30 p.
6. ISO/IEC 17011:2017 Conformity assessment – Requirements for accreditation bodies accrediting conformity assessment bodies. – 2017. – 29 p.
7. ЗД-08.01.21-ред. 01 Концепція оцінювання компетентності випробувальних лабораторій на основі результатів участі в МПР. – Режим доступу : <https://naau.org.ua/dokumenti-dlya-akreditaciyi/mpr/konceptiya-ocinyuvannya-kompetentnosti-viprobuvalnykh-laboratorij-na-osnovi-rezultativ-uchasti-v-mpr/>. – Дата звертання : 20 жовтня 2018.
8. ЗД-08.00.29-ред. 02 Політика НААУ щодо участі органів з оцінки відповідності у перевірках кваліфікації. – Режим доступу : <https://naau.org.ua/english-polityka-naau-shhodo-uchasti-organiv-z-otsinky-vidpovidnosti-u-mizhlaboratornyh-porivnyannyah-ta-perevirkah-kvalifikatsiy/>. – Дата звертання : 20 жовтня 2018.
9. ISO 10012:2003 Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment. – 2003. – 19 p.
10. Міжнародна база EPTIS. – Режим доступу : <http://www.eptis.org/about.htm>. – Дата звертання : 20 жовтня 2018.
11. Перевірка кваліфікації (міжлабораторні порівняння результатів) / Офіційна веб-сторінка провайдера перевірки кваліфікації ДП «Харківстандартметрологія». – Режим доступу : <http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23>. – Дата звертання : 20 жовтня 2018.
12. ILAC-P9:06 ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities. – Australia, 2014. – 8 p.
13. EA-4/18 INF Guidance on the level and frequency of proficiency testing participation. – 2010. – 15 p.
14. APLAC PT 001 Issue No. 5, 03/08 Calibration Interlaboratory Comparisons. – 2008. – 23 p.
15. APLAC PT 002 Issue No. 6, 03/08 Testing Interlaboratory Comparisons. – 2008. – 25 p.
16. APLAC PT 003 Issue No. 15, 11/10 Proficiency Testing Directory. – 2010. – 37 p.
17. APLAC PT 005 Issue No. 2, 09/10 Artefacts for Measurement Audits. – 2010. – 17 p.
18. APLAC PT 006 Issue No. 2, 09/10 Proficiency Testing Frequency Benchmarks. – 2010. – 6 p.
19. EUROLAB “Cook Book” – Doc No.2. Rev.2017 – Criteria for the Selection of a Proficiency Testing Scheme. – 2017. – 2 p.
20. EUROLAB “Cook Book” – Doc No.17. Rev.2017 – Interlaboratory Comparison : the Views of Laboratories. – 2017. – 3 p.
21. EUROLAB “Cook Book” – Doc No.4. Use of Interlaboratory Comparison Data by Laboratories. – 2010. – 2 p.
22. EUROLAB “Cook Book” – Doc No.4.2. Use of Interlaboratory Comparison Data by Laboratories – rev. 2. – 2010. – 2 p.
23. Наказ № 108 від 22.04.2015 «Щодо впровадження стандарту ISO/IEC 17043:2010 в діяльності НААУ». – Київ : НААУ, 2015. – 2 с.
24. ЗД-08.15.31 Оцінка відповідності. Основні вимоги до проведення перевірки кваліфікації (відповідно до ISO/IEC 17043:2010). – Режим доступу : <https://naau.org.ua/rozmishheno-zd-08-15-31-vidpovidno-do-iso-iec-17043-2010-v-redaktsiyi-01/>. – Дата звертання : 20 жовтня 2018.
25. ISO 13528:2015 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison. – 2015. – 89 p.
26. ISO 7870-2:2013 Control charts – Part 2: Shewhart control charts. – 2011. – 44 p.
27. ISO 7870-4:2011 Control charts – Part 4: Cumulative sum charts. – 2011. – 63 p.

References (transliterated)

1. Schapov P. F., Mygushchenko R. P., Kropachek O. Ju., Korzhov I. M. Doslidzhennya korelyatsiynykh modeley spektral'noyi nestatsionarnosti vypadkovykh sygnaliv [Studying correlation models of spectral non-stationarity of random signals]. *Metrologiya ta prylyady. Naukovo-vyrobnychy zhurnal* [Metrology and devices. Scientific and industrial journal]. Kharkiv, 2018, no. 5 (73), pp. 11–14.
2. Schapov P. F., Avrunin O. G. *Povyshenie dostovernosti kontrolya i diagnostiki ob'ektov v usloviyakh neopredelyennosti : monografiya* [Improving reliability of monitoring and diagnostics of objects under indeterminate conditions: monograph]. Kharkov, KnNADU Publ., 2011. 191 p.
3. Korzhov I. M., Kropachek O. Ju. Realizatsiya obchyslyval'nykh protsedur systemnogo informatsiyonogo peretvorennya nestatsionarnykh vibrosygnaliv zasobamy labview [Implementation of computing procedures for system information transformation of non-stationary vibration signals by labview tools]. *Sistemy upravlinnya, navigatsiyi ta zv'yazku. Zbirnyk naukovykh prats'* [Management, navigation, and communication systems. Collection of scientific works]. Poltava, PNTU Publ., 2017, vol. 6 (46), pp. 76–80.
4. EN ISO/IEC 17043:2010 *Conformity assessment – General requirements for proficiency testing*. 2010. 39 p.
5. ISO/IEC 17025:2017 *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. 2017. 30 p.
6. ISO/IEC 17011:2017 *Conformity assessment – Requirements for accreditation bodies accrediting conformity assessment bodies*. 2017. 29 p.
7. ЗД-08.01.21-ред. 01 *Kontseptsiya otsinyuvannya kompetentnosti viprobuval'nykh laboratoriy na osnovi rezul'tayiv uchasti v MPR* [Concept of assessment of the proficiency of test laboratories based on the results of participation in the MND]. Available at : <https://naau.org.ua/dokumenti-dlya-akreditaciyi/mpr/konceptiya-ocinyuvannya-kompetentnosti-viprobuvalnykh-laboratorij-na-osnovi-rezultativ-uchasti-v-mpr/>. (accessed 20.10.2018).
8. ЗД-08.00.29-ред. 02 *Polityka NAAU shhodo uchasti organiv z otsinky vidpovidnosti u perevirkakh kvalifikatsiyi* [NAAU policy on participation of conformity assessment bodies in proficiency testing]. Available at : <https://naau.org.ua/english-polityka-naau-shhodo-uchasti-organiv-z-otsinky-vidpovidnosti-u-mizhlaboratornyh-porivnyannyah-ta-perevirkah-kvalifikatsiyi/>. (accessed 20.10.2018).

9. ISO 10012:2003 *Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment*. 2003. 19 p.
10. *Mizhnarodna baza EPTIS* [EPTIS international database]. Available at : <http://www.eptis.org/about.htm>. (accessed 20.10.2018).
11. *Perevirka kvalifikatsiyi (mizhlaboratorni porivnyannya rezul'tativ)* [Proficiency testing (interlaboratory comparison of results)]. Ofitsiyna veb-storinka provaydera perevirky kvalifikatsiyi DP "Kharkivstandartmetrologiya" [Official web-site of the proficiency testing provider SOE "Kharkiv standard metrology"]. Available at : <http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/repair/id/23>. (accessed 20.10.2018)
12. ILAC-P9:06 *ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities*. Australia, 2014. 8 p.
13. EA-4/18 INF *Guidance on the level and frequency of proficiency testing participation*. 2010. 15 p.
14. APLAC PT 001 Issue No. 5, 03/08 *Calibration Interlaboratory Comparisons*. 2008. 23 p.
15. APLAC PT 002 Issue No. 6, 03/08 *Testing Interlaboratory Comparisons*. 2008. 25 p.
16. APLAC PT 003 Issue No. 15, 11/10 *Proficiency Testing Directory*. 2010. 37 p.
17. APLAC PT 005 Issue No. 2, 09/10 *Artefacts for Measurement Audits*. 2010. 17 p.
18. APLAC PT 006 Issue No. 2, 09/10 *Proficiency Testing Frequency Benchmarks*. 2010. 6 p.
19. EUROLAB "Cook Book" – Doc No.2. Rev.2017 – *Criteria for the Selection of a Proficiency Testing Scheme*. – 2017. – 2 p.
20. EUROLAB "Cook Book" – Doc No.17. Rev.2017 – *Interlaboratory Comparison : the Views of Laboratories*. – 2017. – 3 p.
21. EUROLAB "Cook Book" – Doc No.4. *Use of Interlaboratory Comparison Data by Laboratories*. – 2010. – 2 p.
22. EUROLAB "Cook Book" – Doc No.4.2. *Use of Interlaboratory Comparison Data by Laboratories – rev. 2.* – 2010. – 2 p.
23. Nakaz № 108 vid 22.04.2015 "Schodo vprovadzheniya standartu ISO/IEC 17043:2010 v diyal'nosti NAAU" [Order No. 108 dated April 22, 2015 "Regarding the implementation of the ISO / IEC 17043: 2010 standard in the activities of the NAAU"]. Kyiv, NAAU Publ., 2015. 2 p.
24. ЗД-08.15.31 *Ocinka vidpovidnosti. Osnovni vymohy do provedennja perevirky kvalifikaciji (vidpovidno do ISO/IEC 17043:2010)* [Conformity assessment. Essential requirements for proficiency testing (according to ISO / IEC 17043: 2010)]. Available at : <https://naau.org.ua/rozmishhenozd-08-15-31-vidpovidno-do-iso-iec-17043-2010-v-redaktsiyi-01/>. (accessed 20.10.2018).
25. ISO 13528:2015 *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. 2015. 89 p.
26. ISO 7870-2:2013 *Control charts -- Part 2: Shewhart control charts*. 2011. 44 p.
27. ISO 7870-4:2016 *Control charts – Part 4: Cumulative sum charts*. 2011. 63 p.

Надійшла (received) 26.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / Information about authors

Коржов Ігор Михайлович (Коржов Игорь Михайлович, Korzhov Ihor Mykhailovych) – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків; тел.: (068) 953-34-69; e-mail: korgiov_igor@mail.ru.

УДК 534.1:539.3

В. П. ОЛЬШАНСЬКИЙ, С. В. ОЛЬШАНСЬКИЙ**КОЛИВАННЯ БАЛКИ З БІНАРНИМ ЗАКРІПЛЕННЯМ КРАЇВ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ НАВАНТАЖЕННІ**

Описано динамічне згинання балки короткочасним силовим імпульсом, симетрично розподіленим по її довжині. Розглянуто варіант спеціального закріплення країв, при якому граничні умови залежать від напрямку очікуваного повороту торців балки. Припускається, що під час дії зовнішнього навантаження, та деякий час після нього, кінці балки жорстко затиснуті, а при згинанні розвантаженої балки у протилежний бік вони вільно обіперті, тобто відбувається зміна крайових умов у процесі руху. Цей процес поділено на два етапи. На першому з них розв'язок задачі динаміки розкладено в ряд за формами вільних коливань балки з затиснутими кінцями, при яких переміщення і кути повороту країв дорівнюють нулю. На другому етапі переміщення і згинальні моменти розкладено в ряд синусів, що задовольняє умовам вільного опирання країв, та реалізовано зшивання розв'язків. Проведені розрахунки показали, що при дії рівномірно розподіленого по довжині балки імпульсу малої тривалості порівняно з періодом основного тону коливань, амплітуда прогину в бік дії навантаження менша за амплітуду переміщення розвантаженої балки у протилежному напрямі, при її вільних коливаннях. Це стосується і амплітуд згинальних моментів по середині балки. Вказаний динамічний ефект, властивий системам з несиметричною характеристикою пружності, пов'язаний з тривалістю дії зовнішнього імпульсу на балку.

Ключові слова: силовий імпульс, згинання балки, бінарне закріплення країв, динамічний ефект несиметрії характеристики пружності.

В. П. ОЛЬШАСКИЙ, С. В. ОЛЬШАНСКИЙ**КОЛЕБАНИЯ БАЛКИ С БИНАРНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ КРАЕВ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ**

Описан динамический изгиб балки кратковременным силовым импульсом, симметрично распределенным по ее длине. Рассмотрен вариант специального закрепления краев, при котором граничные условия зависят от направления ожидаемого поворота торцов балки. Предполагается, что во время действия внешнего нагружения и некоторое время после него, концы балки жестко защемлены, а при изгибе разгруженной балки в противоположную сторону они свободно оперты, то есть происходит изменение граничных условий в процессе движения. Этот процесс разделен на два этапа. На первом из них решение задачи динамики разложено в ряд по формам свободных колебаний балки с зашумленными краями, при которых перемещения и углы поворота краев равны нулю. На втором этапе перемещения и изгибающие моменты разложено в ряд синусов, что удовлетворяет условиям свободного опирания краев, и реализовано приспособывание построенных решений. Проведенные расчеты показали, что при действии равномерно распределенного по длине балки импульса малой продолжительности по сравнению с периодом основного тона колебаний, амплитуда прогиба в сторону действия нагрузки меньшая, нежели амплитуда перемещения разгруженной балки в противоположную сторону, при ее свободных колебаниях. Это касается и амплитуд изгибающих моментов по середине балки. Указанный динамический эффект, свойственный системам с несимметричной характеристикой упругости, связан с продолжительностью действия внешнего импульса на балку.

Ключевые слова: силовый импульс, изгиб балки, бинарное закрепление краев, динамический эффект несимметрии характеристики упругости.

© В. П. Ольшанський, С. В. Ольшанський, 2018