***Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1.***

**Вимірювання для глобальної торгівлі. Послання директорів BIPM та BIML з нагоди Всесвітнього дня метрології – 20 травня 2020 р.** // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 3.

**Величко, О. М. Прив`язка результатів міжлабораторних порівнянь для мір електричного опору електричному струму** / О. М. Величко // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 4-11.

Вимірювання невеликих кількостей електричного опору є актуальним завданням не тільки в галузі енергетики (вимірювання опору захисного заземлення, опору ізоляції тощо), але й у біофізиці та медицині (визначення електричних властивостей біологічних об’єктів тощо).

Для підтвердження компетентності калібрувальних і випробувальних лабораторій відповідно до вимог стандарту ISO/IEC 17025 необхідна відповідна акредитація. Питання організації та проведення міжлабораторних порівнянь результатів є досить нагальним питанням для акредитованих калібрувальних і випробувальних лабораторій. Важливо проводити періодичні раунди міжлабораторних порівнянь результатів із залученням все більшої кількості лабораторій та, відповідно, встановити їх компетентність.

У статті надано результати другого раунду міжлабораторних порівнянь результатів калібрування мір електричного опору номіналів 1 Ом, 10 Ом та 100 Ом на постійному струмі. Референтною лабораторією (ДП “Укрметртестстандарт”) здійснено дослідження мір електричного опору як засобу порівняння, визначені опорні значення порівняння із розрахунком їхніх розширених невизначеностей. Порівняння результатів вимірювань, отриманих під час калібрування мір електричного опору п’ятьма лабораторіями, відбувалося за радіальною схемою протягом 2018‒2019 рр.

Доцільно пов’язати всі результати кожної лабораторії, яка брала участь у двох раундах міжлабораторних порівнянь результатів. Описано процедуру прив’язки міжлабораторних порівнянь, яку використано для раундів зазначених міжлабораторних порівнянь. Визначені скореговані відхилення отриманих результатів кожною лабораторією. Оцінено їхню коректність з урахуванням невизначеності вимірювань за допомогою одного із критеріїв за статистикою функціонування для обраних номіналів електричних опорів. Проведено аналіз міжлабораторних порівнянь результатів калібрування мір електричного опору всіх лабораторій.

**Захаров, І. П. Оцінювання невизначеності вимірювань методом ексцесів під час калібрування мір електричного опору за допомогою компаратора** / І. П. Захаров, О. А. Боцюра, В. С. Семеніхін // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 12-16.

Наведено приклади застосування мір електричного опору в метрологічній практиці. Аналізуються існуючі методи їх калібрування. Встановлюється, що калібрування за допомогою компаратора є найбільш точним та поширеним методом калібрування мір електричного опору. Зазначається, що стандарт ISO/IEC 17025:2017 передбачає можливість включення в сертифікат калібрування висновку про відповідність засобу вимірювання метрологічним вимогам. Оскільки висновок про відповідність має прийматися з урахуванням зазначеної в сертифікаті розширеної невизначеності вимірювань, тому від достовірності її оцінювання буде залежати рівень ризику, пов’язаного із застосовуваним правилом прийняття рішення про відповідність. Пропонується оцінювати розширену невизначеність за допомогою методу ексцесів, який враховує закони розподілу вхідних величин.

Розглянуто модель передачі розміру одиниці опору при калібруванні мір електричного опору за допомогою компаратора. Наведено вираз для оцінювання значення вимірюваної величини. Складено модельне рівняння, записані формули для оцінювання стандартних невизначеностей вхідних величин за типом А і В та формула для оцінювання сумарної стандартної невизначеності. Описано процедуру оцінювання розширеної невизначеності вимірювань на основі методу ексцесів, складено бюджет невизначеності.

Наведено приклад оцінювання невизначеності вимірювань при калібруванні котушки електричного опору P321 за допомогою компаратора опору P3015. Оцінено значення опору котушки, що калібрується, сумарна стандартна та розширена невизначеності, коефіцієнт охоплення рівня довіри 0,9545. Показано збіг отриманих результатів із результатами, які отримані за допомогою методу Монте-Карло.

**Щерба, А. А. Метод визначення напруги нульової послідовності трифазної мережі з корекцією похибки** / А. А. Щерба, Д. К. Маков, В. І. Чибеліс // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 17-23.

Подано новий метод аналого-цифрового визначення напруги симетричних складових по нульовій послідовності (ННП) основної частоти (ОЧ), який реалізовано використанням операцій підстроювання, кратного трьом, частоти вимірювання миттєвих значень трифазної напруги до ОЧ мережі електроживлення, аналого-цифровим перетворенням АЦПА, АЦПВ, АВСС миттєвих значень трифазної напруги із запам’ятовуванням отриманих кодів. Отримані коди в кожний період ОЧ заносять у відповідні регістри RА, RВ, RС. При цьому обертаються по кільцю з фазним кроком 120о тільки складові похибки від розкиду параметрів фазних каналів А, В, С.

Після третього вимірювального періоду ОЧ використовується алгебраїчне складання кодів відповідних миттєвих значень трьох різних періодів поспіль однакових часових відліків, що корегує похибку від розкиду параметрів фазних каналів А, В, С, а шукані коди ННП ОЧ потроюються. Подальші складання послаблюють домінуючу неінформативну напругу симетричних складових по прямій послідовності (НПП) ОЧ, неінформативну напругу симетричних складових по зворотній послідовності (НЗП) ОЧ та більшість вищих гармонік а шукані коди ННП ОЧ знову потроюють. Останньою операцією є виділення гармоніки ОЧ з послідовності сум отриманих кодів, що підвищує точність та спрощує реалізацію.

**Погудін, А. В. Методи і засоби експериментальних досліджень електронагрівних двигунів космічних апаратів** / А. В. Погудін, С. В. Губін, В. І. Білокінь, Т. Ю. Іванова // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 24-34.

Предметом дослідження є вимірювання основних характеристик електронагрівного двигуна в процесі прискорення робочого тіла при стендових випробуваннях. Метою є формування стендових засобів дослідження характеристик електронагрівної рухової установки для застосування на космічному буксирі з урахуванням динаміки запуску, умов експлуатації та динаміки виключення. Завдання: вимірювання тяги електронагрівної рухової установки як основної характеристики в сталому і перехідному режимі; визначення витрати робочого тіла, що корелює з тягою; вимірювання параметрів електроспоживання ‒ струмів, напруги, потужності в статиці й динаміці; вимірювання зовнішніх умов імітації космічного простору, а саме вакууму у випробувальній камері. Використовуваними методами є: тензометрія диференціального манометра, чотирьохзондове вимірювання потужності, яка подається на нагрівачі двигуна, парогенератора і бака електронагрівної рухової установки, іонізаційно-термопарний вакуумметр.

Отримано такі результати: визначено склад інформаційно-керуючої системи, що складається з тензометричного давача, застосовуваного з електронагрівною руховою установкою, витратоміра робочого тіла електронагрівної рухової установки, вимірювача потужності нагрівача двигуна, парогенератора, бака електронагрівної рухової установки, іонізаційно-термопарних давачів визначення вакууму. Створено програмний продукт для градуювання тензометричного давача. Наукова новизна полягає в тому, що отримали подальший розвиток такі методи: метод вимірювання тяги електронагрівної рухової установки за допомогою тензометричного давача, метод вимірювання витрати робочого тіла електронагрівної рухової установки, метод вимірювання потужності нагрівача двигуна, парогенератора, бака електронагрівної рухової установки. Вперше розроблено алгоритм градуювання тензометричного давача за допомогою програмного продукту, створеного для електронагрівної рухової установки.

**Відновлення приповерхневих радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об`єктів при вихрострумових вимірювань із наявності апріорних даних. Формування вибірки для побудови сурогатної** **моделі** / В. Я. Гальченко, В. В. Тичков, А. В. Строчак, Р. В. Трембовецька // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 35-50.

Показано перспективність розв’язку багатопараметрової оберненої задачі вихрострумових вимірювань щодо ідентифікації радіальних профілів електрофізичних характеристик циліндричних об’єктів контролю апроксимаційним методом, який передбачає використання апріорної інформації про випробування об’єктів шляхом математичного моделювання. Виконано постановку задачі, визначено основні етапи її ефективного розв’язку. Наведено універсальну математичну модель процесу вимірювань, створено комплекс програм її реалізації в середовищі Python 3. Розрахунками на тестових моделях для простих випадків, коли є відомими аналітичні розв’язки, доведено адекватність створеного програмного забезпечення. З використанням комплексу програм проведено серію чисельних експериментів, які показали можливість розрізнення різновидів профілів розподілу матеріальних характеристик об’єктів моделювання. Проведено підготовчий етап побудови апроксимаційної сурогатної моделі для випадку залежності вихідного сигналу вихрострумового перетворювача від електричної провідності та магнітної проникності при фіксованій частоті збудження, що полягає в створенні комп’ютерного плану експерименту на основі ЛП-послідовностей Соболя та формуванні на базі “точної” електродинамічної моделі задачі навчальної вибірки. Вказано шляхи узагальнення на більш складні випадки розв’язку вимірювальних задач.

**Аналіз впливів сейсмічних завад на результати вимірювання прискорення вільного падіння балістичними лазерними гравіметрами** / О. І. Вінніченко, П. І. Неєжмаков, А. В. Омельченко, О. В. Федоров, В. Ф. Болюх // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 51-61.

Статтю присвячено аналізу впливу сейсмічних завад на невизначеність вимірювання прискорення вільного падіння (ПВП) балістичними лазерними гравіметрами (БЛГ), що реалізують як симетричний, так і несиметричний методи вимірювання. Проведення такого аналізу є наразі актуальним метрологічним завданням, спрямованим на вдосконалення конструкцій БЛГ та методів обробки сигналів у них.

Використано модель механічної системи БЛГ, що враховує пружність ґрунтової основи, на якій встановлено фундамент БЛГ, а також пружність підвісу референтного відбивача (РВ) інтерферометра відносно фундаменту.

Основними видами сейсмічних завад є зовнішня завада, що зумовлена мікроколиваннями ґрунту, і автосейсмічна завада, обумовлена коливаннями в механічній частині БЛГ внаслідок поштовху або відпускання пробного тіла (ПТ). Ці завади мають різні причини, різні характеристики і призводять до різних невизначеностей вимірювання ПВП: зовнішня сейсмічна завада обумовлює невизначеність типу А, а автосейсмічна завада – невизначеність типу B.

Однією з найважливіших характеристик БЛГ стосовно зовнішніх сейсмічних завад є його ефективна шумова смуга. У статті вперше проаналізовано залежність ефективної шумової смуги як від способу обробки даних у БЛГ, так і від періоду власних коливань системи підвісу РВ. Встановлено, що коли період власних коливань системи підвісу РВ значно перевищує час спостереження, то ефективна шумова смуга БЛГ визначається системою підвісу РВ.

Методом моделювання показано, що гравіметри, які реалізують несиметричний метод, забезпечують значно меншу (на порядок і більше) автосейсмічну невизначеність (АСН) вимірювання ПВП, ніж гравіметри симетричного типу. За рахунок пружного підвісу РВ інтерферометра можна суттєво зменшити АСН вимірювання ПВП для всіх типів балістичних гравіметрів.

Зроблено висновок, що застосування зваженого методу найменших квадратів (ЗМНК) для обробки даних у балістичних гравіметрах здатне забезпечити кращі показники завадостійкості, ніж використання традиційного МНК.

**Методологія та програмне забезпечення вимірювання питомих різниць облікових об`мів природного газу** / М. В. Кузь, Л. М. Заміховський, В. В. Скляров, Г. М. Кузь // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 62-67.

Найбільш точним вимірювання об’ємів природного газу побутовими лічильниками буде лише у випадку, коли параметри газу (тиск, температура) будуть максимально наближені до стандартних умов. Інакше необхідно проводити додаткові вимірювання цих параметрів, але більшість побутових лічильників газу не містять засобів вимірювань цих величин; або здійснювати приблизні математичні обчислення, що з точки зору метрології є недостовірним.

**Результати дослідної експлуатації підсистеми забезпечення єдиним часом військових споживачів на базі серверів точного часу Microsemi Time Provider 4100** / В. В. Солдатов, О. В. Дзисюк, В. М. Бойко, А. Б. Гаврилов, М. І. Світенко, Р. М. Рарог, А. М. Свистун, М. В. Матвієнко // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 1. – C. 68-78.

В межах функціонування військового сегменту Служби єдиного часу і еталонних частот подано результати дослідної експлуатації підсистеми забезпечення єдиним часом військових споживачів, яка побудована на базі національного еталона одиниць часу та частоти, вихідного еталона одиниць часу та частоти Збройних Сил України із застосуванням серверів точного часу (Microsemi Time Provider 4100) та оптоволоконних технологій для передачі сигналів синхронізації часу за протоколами РТР та NTP по пакетних мережах передачі даних – Ethernet. Дослідження підтвердили можливість передавання еталонних сигналів часової та частотної синхронізації із застосуванням сучасних цифрових та оптоволоконних технологій від національного еталона одиниць часу та частоти до вихідного еталона одиниць часу та частоти Збройних Сил України із середньоквадратичним відхиленням (СКВ) похибки, що не перевищувала 30 нс. СКВ від середнього значення еталонного сигналу частоти 1 РРS веденого сервера вузла зв’язку (м. Київ) при передаванні еталонних сигналів синхронізації часу від вихідного еталона одиниць часу та частоти Збройних Сил України (м. Харків) на інтервалі спостереження 30 діб (при періодичному щодобовому включенні серверів, що розташовані в МЦВЕ ЗС України) не перевищило 100 нс. При безперервному режимі роботи (2 доби) СКВ становило не більше 65 нс. Результати досліджень дають можливість сформувати базові вимоги до складу, технічних характеристик, функціональних можливостей та режимів роботи обладнання системи синхронізації часу за протоколами РТР та NTP по пакетних мережах передачі даних – Ethernet з метою забезпечення її надійності та точності.