***Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2.***

**Неєжмаков, П. І. Новий державний еталон одиниці девіації частоти частотно-модульованих коливань** / П. І. Неєжмаков, Ю. Ф. Павленко, В. І. Огар, О. М. Васильєва, С. Р. Кирієнко // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 3-11.

Статтю присвячено огляду основних результатів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, що виконувались під час удосконалення державного первинного еталона одиниці девіації частоти. Наведено аналіз ситуації, яка склалась у галузі вимірювання параметрів частотно-модульованих коливань в Україні й привела до необхідності вдосконалення створеного в 1996 р. ДПЕ одиниці девіації частоти, а саме до необхідності суттєвого підвищення метрологічних характеристик і розширення функційних можливостей еталона. Оскільки одним із кардинальних рішень при вдосконаленні еталона стало використання в ньому цифрових генераторів сигналів, які побудовані на базі DDS-технології (прямого цифрового синтезу) і її подальшої версії – Trueform, у статті викладено результати ретельного аналізу метрологічних можливостей цих генераторів, розроблених оригінальних методів їх дослідження і одержаних нових результатів щодо їхніх характеристик у режимі ЧМ. Під час удосконалення в еталоні використано і досліджено новий спосіб прийому ЧМ сигналу, що ґрунтується на використанні аналізатора спектра і опції – аналого-цифрового демодулятора. Проведено автоматизацію керуючих і обчислювальних операцій на еталоні на базі програми Labview. У результаті роботи створено еталонний комплекс, який за своїми метрологічними характеристиками і функційними можливостями здатний калібрувати не тільки ЗВТ в галузі ЧМ, а й широку номенклатуру радіовимірювальних приладів як приймального, так і генеруючого видів.

**Isaiev V. Математична модель високоточного відтворення сили змінного струму** / V. Isaiev, Oleh Velychko // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 12-17.

Роботу присвячено виконанню одного з етапів розвитку національної метрологічної служби – вирішенню проблеми метрологічного забезпечення виробництва та експлуатації прецизійних вимірювачів, джерел сили змінного струму й термоелектричних перетворювачів сили струму в галузях національної економіки. В Україні експлуатуються близько 250 одиниць прецизійних засобів вимірювальної техніки – еталонів, які на цей час не мають належного метрологічного забезпечення, їх метрологічні характеристики не підтверджені. Оптимальним рішенням зазначеної проблеми в галузі виробництва та експлуатації прецизійних вимірювальних приладів змінного струму є створення високоточного еталону.

У роботі зазначено основні методи метрологічного забезпечення прецизійних вимірювань сили змінного струму, що використані при побудові національних еталонів країн світу. Здійснено аналіз прецизійних засобів, призначених для вимірювання й компарування сили та напруги змінного струму, окреслено теоретичні засади створення високоточного еталону одиниці сили змінного струму. Для побудови еталону було обрано метод порівняння сили змінного струму з еквівалентною силою постійного струму із використанням прецизійного термоперетворювача та шунтів. Оскільки зберігання та відтворення одиниці сили змінного струму повинно реалізуватися за допомогою порівняння з еквівалентною силою постійного струму, основним джерелом невизначеності вимірювань цієї одиниці є комбінація невизначеностей вимірювань термоелектричного компаратора Fluke 792A та прецизійних шунтів А40.

Для моделювання процесу відтворення сили змінного струму застосовано міжнародно узгоджене визначення похибки компарування постійного та змінного струмів, проаналізовано вимірювальну схему, послідовність операцій і супутні електричні явища. У результаті було отримано математичну модель процесу відтворення сили змінного струму з урахуванням внеску прецизійних вимірювачів вихідної напруги міри опору і вихідного сигналу термоперетворювача

**Модель групового пошуку дефектів при метрологічному обслуговуванні радіоелектронних засобів** / Y. Ryzhov, L. Sakovych, V. Romanenko, D. Khaustov, Y. Nastishin // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 18-26.

Розроблено узагальнену модель групового пошуку дефектів для розрахунку кількісних параметрів процесу діагностування радіоелектронних засобів. Її використання зменшує трудові та часові затрати на пошук дефектів. Модель ґрунтується на аналітичних виразах для різних типів пошуку дефектів, які визначають показники якості діагностування, такі як: загальна кількість перевірок; ймовірність правильної постановки діагнозу; метрологічна надійність вимірювального приладу; загальна кількість годин на відновлення радіоелектронних засобів; мінімальна вартість ремонту та ін.

На практиці для ремонту радіоелектронних засобів застосовують три типи групового пошуку дефектів, а саме: незалежний, спільний та зонний. Виведено вирази для кількісної оцінки середнього часу відновлення, математичного сподівання відхилення діагнозу з однією помилкою в оцінці результату обстеження, ймовірності правильного діагнозу та ймовірності коректної оцінки результату перевірки для всіх типів групового пошуку дефектів. Розроблено модель, яка поєднує в собі всі три типи групового пошуку дефектів і обґрунтовано дозволяє обрати найбільш ефективний із них. Модель призначено для прогнозування якості процедури діагностування з урахуванням метрологічної надійності вимірювальних приладів і оцінки помилкової постановки діагнозу при ремонті агрегатним методом. На завершальному етапі розробляється умовний алгоритм діагностування та уточнюються показники якості відновлення радіоелектронних засобів з урахуванням особливостей метрологічного забезпечення цього процесу.

Запропонована модель є універсальним засобом, який можна застосовувати для технічного обслуговування та ремонту комплексних об’єктів, що включають механічні, електронні та електричні складові.

**Zaharov, I. Особливості обробки даних додаткових двосторонніх звірень** / I. Zaharov, O. Botsiura, I. Zadorozhnaya // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 27-32.

Досліджено алгоритм обробки даних додаткових звірень. Наведено рекомендації з перевірки стабільності еталона, що транспортується, на основі критеріїв Фішера та Стьюдента. Розглянуто порядок обробки даних для двох типів звірень еталонів: звірення еталонів, які не були внесені до списку ключових звірень, і звірення еталонів, які запозичують розмір одиниці в учасників ключових звірень.

При обробці даних додаткових двосторонніх звірень першого типу не є необхідним знання дійсного значення, відтвореного еталоном, що транспортується. При цьому необхідно за допомогою критерію Пірсона визначити ступінь узгодженості даних національних метрологічних інститутів, що є об’єктивним підтвердженням калібрувальних і вимірювальних можливостей. Показано, що при двосторонніх звіреннях виявлення неузгоджених даних провести неможливо. Однак у цьому випадку виконання критерію En є додатковим підтвердженням узгодженості даних національних метрологічних інститутів.

При обробці даних додаткових двосторонніх звірень другого типу необхідно знати дійсне значення величини, відтвореної еталоном, що транспортується, та її невизначеність. При оцінюванні даних для цього типу звірень проводиться облік кореляцій результатів вимірювань, що виникають внаслідок запозичення розміру одиниці.

Як приклад розглянуто двосторонні звірення інтерферометрів Кестерса для вимірювання кінцевих мір довжини в діапазоні 0,1‒100 мм, що дозволили підтвердити калібрувальні та вимірювальні можливості національних метрологічних інститутів. Рішення провести звірення прийнято на засіданні ТК 1.5 “Довжина і кут” КООМЕТ. Пілотною організацією звірень був ННЦ “Інститут метрології” (Україна), другим учасником звірень виступав Казахстанський РДП ПКФ “КазІнМетр”.

Отримані результати дозволили зробити висновок про узгодженість даних національних метрологічних інститутів, що підтвердило заявлені ними невизначеності вимірювань.

**Дослідження і оптимізація вихрострумового вимірювача товщини діелектричних покриттів на металевих поверхнях виробів** / М. Д. Кошовий, О. В. Заболотний, М. В. Цеховський, І. І. Кошова, О. М. Костенко // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 33-39.

Мета дослідження – підвищення техніко-економічних показників вихрострумових перетворювачів товщини діелектричних покриттів.

Удосконалено вихрострумовий метод вимірювання товщини діелектричних покриттів на металевих поверхнях виробів і розроблено пристрій, що його реалізує. Основними завданнями вдосконалення вихрострумового методу і пристрою, що його реалізує, є підвищення точності вимірювання товщини діелектричних покриттів на металевих поверхнях і зниження впливу зовнішніх магнітних полів. Для досягнення мети використовуються такі методи: оптимального за вартісними витратами планування експерименту, заснованого на застосуванні коду Грея, і диференціального методу визначення первинного інформаційного параметра. Це дозволило скоротити вартісні та часові витрати на дослідження вихрострумових перетворювачів, підвищити точність вимірювання товщини діелектричних покриттів на металевих виробах (невизначеність вимірювання не більше 0,3%), забезпечити стійкість і хороші ергономічні показники.

У результаті дослідження отримано математичну модель, яка характеризує залежність невизначеності вимірювання від таких чинників, як діаметр і висота осердя, кількість витків, частота напруги живлення. Отримано раціональні значення конструктивних параметрів вихрострумового вимірювача та розроблено дослідний зразок.

**Дослідження методу та засобу вимірювання швидкості руху снаряда в каналі ствола вогнепальної зброї** / О. М. Крюков, В. Г. Мудрик, Р. О. Кайдалов, О. І. Біленко // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 40-48.

Важливу роль для фахівців при проєктуванні, модернізації та оцінюванні технічного стану вогнепальної зброї та боєприпасів до неї має інформація про залежності тиску порохових газів або швидкості руху снаряда каналом ствола в функції часу (так звані балістичні елементи пострілу).

Відомі методи і засоби вимірювання тиску порохових газів у каналі ствола передбачають незворотне руйнування зразка зброї, а розповсюджені методи і відповідні їм засоби вимірювання швидкості руху снарядів добре адаптовані для проведення вимірювань лише за межами каналу ствола.

Одним з перспективних шляхів підвищення точності визначення балістичних елементів пострілу є реалізація вимірювання швидкості руху снаряда всередині каналу ствола.

Викладено принципи побудови засобу вимірювання швидкості руху снаряда на основі подвійного диференційного методу лазерної доплерівської анемометрії. Розглянуто зміст та порядок перетворення вимірювальної інформації, наведено алгоритм її оброблення. Проведено аналіз джерел виникнення похибок засобу вимірювання, отримано вирази для складових похибки, виконано їх кількісне оцінювання. Викладено опис макету для дослідження засобу вимірювання, наведено результати експериментальних досліджень з моделювання внутрішньобалістичного процесу, реєстрації та оброблення вимірювальної інформації.

Експериментальним шляхом підтверджено наявність стійкого вимірювального сигналу та можливість його реєстрації й оброблення в умовах проведення вимірювань, що є близькими до реальних. Результати досліджень можуть стати основою для створення зразка засобу вимірювання швидкості руху снаряда в каналі ствола.

**Moshchenko, I. Дослідження метрологічної моделі оптико-теплового методу вимірювання витрати природного газу** / I. Moshchenko, M. Serhiienko, A. Yegorov // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 49-55.

У статті обґрунтовано важливість проведення досліджень, спрямованих на розробку та вивчення безконтактних методів вимірювання витрати природного газу.

На базі розробленої математичної моделі безконтактного оптико-теплового методу вимірювання витрати газу та основних положень теорії невизначеності здійснено аналіз метрологічної моделі методу. Досліджено та оцінено складову сумарної стандартної невизначеності, яка обумовлена невизначеністю некорельованих вхідних параметрів рівняння вимірювання. Виокремлено домінуючі складові та проаналізовано шляхи зменшення їх впливу на сумарну стандартну невизначеність. Найбільший вклад у сумарну стандартну невизначеність методу вносять невизначеність вимірювання кількості інтерференційних смуг, невизначеність вимірювання відстані між досліджуваними перетинами трубопроводу та невизначеність завдання коефіцієнта, який характеризує розподіл швидкостей газового потоку.

Виявлено складові сумарної стандартної невизначеності (теплофізичні параметри газового середовища і матеріалу трубопроводу, геометричні характеристики трубопроводу), які корельовані одна з одною через залежність від температури середовища. Складено бюджет невизначеностей корельованих вимірювань. Кількісна оцінка показала, що наявність кореляції між визначеними вхідними параметрами не впливає значною мірою на сумарну стандартну невизначеність вимірювання.

Аналіз метрологічної моделі безконтактного оптико-теплового методу вимірювання витрати природного газу дозволив оцінити відносну сумарну стандартну невизначеність методу та обґрунтувати перспективність застосування методу для вимірювання витрати газу в трубопроводах великих діаметрів.

**Дослідження кутової рівномірності колориметричних параметрів світлодіодних ламп і світильників** / С. В. Шпак, С. Г. Кислиця, Н. В. Єрмілова, Г. М. Кожушко // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 56-63.

Наведено результати досліджень кутової рівномірності колірних параметрів світлодіодних ламп і світильників для загального освітлення. Показано, що застосування дифузних розсіювачів світла забезпечують кутову рівномірність у межах 3-ступеневих еліпсів Мак-Адама. Світильники без світлорозсіювачів та із розсіювачами, що спричиняють направлене розсіювання світла, можуть мати кутову нерівномірність колірності, що перевищує 7 і більше ступенів еліпсів Мак-Адама. Використання дифузних світлорозсіювачів, крім підвищення рівномірності колірності, знижує корельовану колірну температуру (ССТ). Для ССТ, вищих за 6000 К, зниження може досягати 1000 К і більше. При низьких ССТ зміни не такі суттєві – не більше 200 К. Зроблено висновки та пропозиції щодо інформування споживачів про колірність світла світлодіодних ламп і світильників, що використовуються для внутрішнього освітлення.

**Створення стандартних зразків питомої електропровідності авіаційних палив як складової забезпечення єдності вимірювання у хіммотологічних лабораторіях** / В. С. Єременко, В. М. Мокійчук, О. О. Редько, Н. В. Пащенко // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 64-71.

На сьогодні в Україні відсутні стандартні зразки або референтні матеріали авіаційних палив, у тому числі й дуже важливі стандартні зразки питомої електропровідності авіаційних палив. Ця обставина ускладнює забезпечення діяльності акредитованих лабораторій, які проводять випробування авіаційних палив. Актуальність створення комплекту стандартних зразків питомої електропровідності авіаційних палив зумовлена необхідністю забезпечити єдність, простежуваність та достовірність вимірювань під час оцінювання придатності методики вимірювання (випробування) та перевірки кваліфікації у випробувальних хіммотологічних лабораторіях, акредитованих на відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO/IEC 17025, а також проведення проміжних перевірянь вимірювального обладнання та внутрішньолабораторного контролю якості на всьому діапазоні вимірювань методики. Важливою характеристикою для забезпечення безпеки експлуатації авіаційних двигунів є питома електропровідність палив. Цю характеристику може бути досить легко та точно виміряно в кожній одиниці з партії референтного матеріалу. За допомогою спеціалізованих присадок може бути отримано широкий спектр значень питомої електропровідності референтних матеріалів.

Проведено аналіз існуючих нормативних документів та публікацій стосовно процедур виготовлення й застосування стандартних зразків палив у цілому та специфічних вимог до палив, що застосовуються в авіації. Розглянуто питання виготовлення й наведено результати експериментальних досліджень однорідності та стабільності стандартних зразків авіаційного палива з урахуванням до вимог ДСТУ-Н ІSO Guide 35:2018.

Запропоновано створення ряду стандартних зразків реактивного палива з антистатичною присадкою з різними рівнями значення атестованої характеристики у діапазоні від 25 до 650 пСм/м.

**Економетричне моделювання рівня взаємодії зацікавлених сторін на будівельних підприємствах** / K.Mamonov, E. Gritskov, V. Velychko, D. Zubarev // Український метрологічний журнал. – 2020. – № 2. – C. 72-77.

Представлено напрямки і результати економетричного моделювання рівня взаємодії стейкхолдерів будівельних підприємств. Вони визначаються як фізичні та юридичні особи або групи осіб, що взаємодіють у будівельній сфері на основі стратегічних контурів і соціальних напрямів та визначаються функціональними, результатними, структурними, процесними, стратегічними, комплексними ознаками, взаємовідносини яких мають певний рівень ризику й загроз, що дозволяє сформувати підрядні відносини у капітальному будівництві, здійснити архітектурний контроль, відповідні розрахунки, забезпечити проєктною документацією, матеріальними й трудовими ресурсами. Для реалізації економетричного моделювання побудовані математичні моделі факторів, які визначають рівень взаємодії стейкхолдерів. Розроблено схему формування методичного підходу до комплексної оцінки рівня взаємодії стейкхолдерів будівельних підприємств. Запропоновано узагальнюючий показник фінансового стану будівельних підприємств, побудовано математичну модель його визначення. У рамках економетричного моделювання запропоновані критерії, які підтверджують адекватність розроблених математичних моделей (t-тест Стьюдента та F-тест Фішера, які використовуються для визначення достовірності та повноти встановлених зв’язків; критерії перевірки залишків у математичній моделі на однорідність розподілу (гомоскедастичність) проводяться за критерієм; тест Дарбіна-Уотсона (DW) для перевірки на автокореляцію).

Результатом дослідження є застосування методів і моделей економетричного моделювання та побудова моделі впливу інтегрального показника рівня взаємодії стейкхолдерів будівельних підприємств на системний фактор їх фінансового стану. Це створило кількісну основу для застосування напрямків і механізмів підвищення ефективності взаємодії зі стейкхолдерами для зміцнення фінансового стану будівельних підприємств.