

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЛЕКТРОНІКИ

**МАТЕРІАЛИ 25-го МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ**

**«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У ХХІ СТОЛІТТІ»**

20 – 22 квітня 2021 р.

Том 4

КОНФЕРЕНЦІЯ

**«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»**

Харків 2021

УДК 004:[621.317+621.391](06)

25-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. Т.4. – Харків: ХНУРЕ. 2021. – 176 с.

В збірник включені матеріали 25-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті».

Видання підготовлено факультетом інфокомунікацій  
Харківського національного університету радіоелектроніки

61166 Україна, Харків, прос. Науки, 14  
тел./факс.: (057) 7021397

E-mail: [mref21@nure.ua](mailto:mref21@nure.ua)

Харківський національний університет  
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2021

## Програмний комітет конференції

Снігуров А.В.

Безрук В.М.

Лемешко О.В.

Захаров І.П.

к.т.н., декан факультету ІК

д.т.н, зав. каф. ІМІ

д.т.н., зав. каф. ІКІ

д.т.н., зав. каф. ІМТ

**УДК 004:621.391**

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ,  
МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,  
СТАНДАРТИЗАЦІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ**

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПРЕЦИЗИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Бельков Е.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Крушев В.Т.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

(220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, каф. ИРТ, тел. (8017) 293-89-11)

e-mail: [zenya.belkov@mail.ru](mailto:zenya.belkov@mail.ru).

Today, precision temperature measurement is a very relevant task in many high-tech areas. This article discusses the main methods and means of precision temperature measurement. The purpose of this work is to analyze and select the most accurate and stable method of temperature measurement. The article describes the principles of work of each of the methods and provides examples of their implementation. The advantages and disadvantages of each method are listed. As a result, it was found that the nuclear quadrupole resonance method is the most promising for further research due to its high accuracy and good stability in time.

На сегодняшний день, существует несколько способов прецизионного измерения температуры, и каждому из них присущи свои уникальные преимущества и недостатки.

Для точного измерения температуры с помощью терморезистивного метода в качестве датчика используют металлические и полупроводниковые резисторы, которые обладают достаточно стабильным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) и линейной зависимостью сопротивления от температуры. В качестве материалов для таких резисторов применяют платину, медь, никель и т.д. Использование платины позволяет измерять температуру с абсолютной погрешностью в  $0,001^{\circ}\text{C}$ .

К достоинствам металлических терморезисторов относятся: высокая точность измерений, простота и надёжность, удобство в эксплуатации. К недостаткам относятся маленький ТКС, резкое уменьшение чувствительности в области сверхнизких температур (для платиновых термометров), и достаточно большие габариты по сравнению с полупроводниковыми термометрами сопротивлений [1].

Полупроводниковые терморезисторы (ПТР) имеют меньшие габариты и большие значения ТКС. Для сравнения ПТР и медного терморезистора построена температурная зависимость [2], представленная на рисунке 1. В данном случае ТКС ПТР имеет отрицательное значение и уменьшается обратно пропорционально квадрату абсолютной температуры, что является недостатком, который существенно снижает качество измерения.

Достоинствами ПТР являются: большое удельное электрическое сопротивление и ТКС, высокая чувствительность, широкий температурный диапазон, малые погрешности, простота и надёжность. Недостатками ПТР

являются: нелинейность температурной характеристики и значительный разброс номинального сопротивления  $R$ . Из-за этого возникают проблемы с получением линейных шкал термометров, с взаимозаменяемостью терморезисторов, а также построением многоканальных приборов.

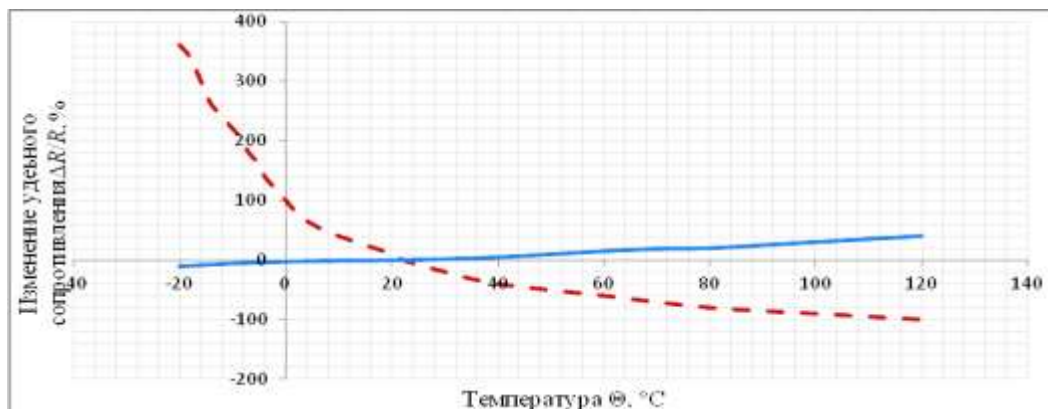


Рисунок 1 – Температурная зависимость ПТР (пунктирная линия) и медного терморезистора (сплошная линия)

Для измерения температуры с помощью термоэлектрического метода используют два проводника из разных сплавов, соединённых на одном конце и образующих часть устройства. В результате разных температур между точкой соединения (горячим спаем) и другими точками (холодным спаем) возникает ЭДС, которую можно измерить с помощью соответствующей цепи.

К основным преимуществам термопары относятся её прочность, широкий диапазон рабочей температуры от  $-270$  до  $3000^\circ\text{C}$ , быстрое срабатывание, и низкая стоимость. К числу недостатков можно отнести невысокую точность  $\pm 0,01^\circ\text{C}$  и большой шум. Однако повысить точность термопары можно методом компенсации холодного спая. В этом случае система оснащается ещё одним термодатчиком (термистор), который устанавливается на точку холодного спая [3].

Одним из термочастотных методов является метод ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР). Данный метод основан на взаимодействии градиента электрического поля кристаллической решётки и квадрупольного электрического момента ядра, вызванного отклонением распределения заряда ядра от сферической симметрии.

Для измерения температур в диапазоне  $10 - 600\text{ K}$  в качестве термометрического вещества используют соль  $\text{KClO}_4$ , в которой определяется частота ЯКР ядер  $^{35}_{17}\text{Cl}$ . При температурах до  $870\text{ K}$  используется ЯКР ядер  $^{63}_{29}\text{Cu}$  в  $\text{Cu}_2\text{O}$  или ядер  $\text{Re}$  в соли  $\text{NaReO}_4$ . На рисунке 2 представлены зависимости ЯКР от температуры перечисленных выше ядер.

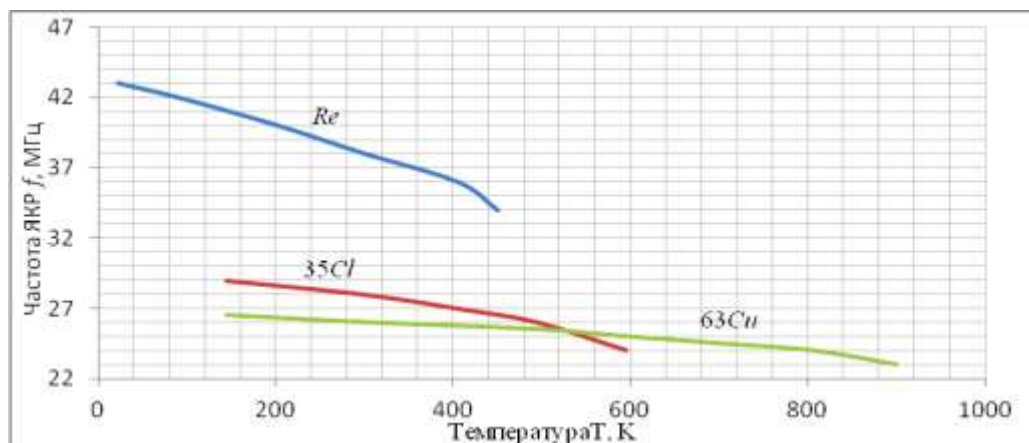


Рисунок 2 – Зависимость частоты ЯКР от температуры для ядер  $^{35}_{0}\text{Cl}$  в  $\text{KClO}_3$ , для ядер  $^{63}_{0}\text{Cu}$  в  $\text{Cu}_2\text{O}$  и для ядер Re в  $\text{NaReO}_4$ .

Достоинством ЯКР-термометра является его неограниченная во времени стабильность, т.к. зависимость частоты от температуры определяется только молекулярными свойствами вещества, а также высокая точность, позволяющая использовать такие термометры для создания вторичных эталонов температуры. Из графика видно, что недостатком является резкая нелинейность их характеристики, исключающая возможность прямого цифрового отсчёта температуры [2], а также сложность технической реализации в заводских условиях.

Закключение. Проведённое исследование показывает, что применение ЯКР для прецизионного измерения температуры более целесообразно, т.к. данный метод использует свойства кристаллической решётки вещества (состояние решётки строго зависит от температуры). Это позволяет повысить стабильность характеристик во времени и точность измерения температуры по сравнению с другими прецизионными методами.

#### Список использованных источников:

1. Мирошников, В.В. Обзор существующих методов и средств измерения температуры / В.В. Мирошников, А.И. Котуза. – Луганск : ВЛУ, 2008. – С. 118 – 127.
2. Электрические измерения неэлектрических величин: учеб. пособие / А.М. Турчин [и др.]. Л. : Энергия, 1975. – 576 с.
3. С. Гупта. Прецизионное измерение температуры в промышленных системах контроля / С. Гупта, У. Камат // Конференция «Цифровая электроника». – М. : электроника медиагруппа, 2011. – С. 32–34.

## КОНЦЕПЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА ПОХИБКИ ВИМІРІВ

Ащепков В.О.

Науковий керівник — д.т.н. проф. Неєжмаков П.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Радіотехніки, тел. (057) 702-00-00

e-mail: [valerii.ashchepkov@nure.ua](mailto:valerii.ashchepkov@nure.ua)

It is believed that the term "uncertainty of measurements" has replaced the term "error of measurement". However, this is not entirely a correct statement. In fact, the notion of "error" also has the right to exist. The terms "error" and "uncertainty" are different expressions of the same notion - "accuracy of measurements". There are two approaches to the evaluation of measurement accuracy parameters - the concept of uncertainty and the concept of unambiguity of measurements. The concept of uncertainty is aimed at obtaining the most accurate result, while the concept of unambiguity is aimed at obtaining the most realistic result.

Невизначеність вимірів розуміють як неповне знання значення вимірюваної величини і для кількісного вираження цієї неповноти розглядають розподіл вірогідності можливих значень цієї величини. Таким чином, параметр цього розподілу кількісно характеризує точність результату вимірів. Зазвичай основою для введення невизначеності вважають непізнаваність істинного значення фізичної величини. Тому дуже важливо встановити спільність і відмінність в поняттях невизначеності і похибки. Концепція невизначеності почала формулюватись в 1978 р., коли теорія похибки вже досягла піку свого розвитку. Очевидною перевагою нової концепції стало підвищення надійності і якості результатів вимірів. Абсолютно не випадково країни з розвинутою економікою прийняли саме невизначеність як найкращу оцінку точності результату вимірів.

Чому ж теорія похибки не прижилася у світовому просторі? Самим очевидним її недоліком було те, що вона базується на понятті "Істинного значення фізичної величини", визначити яке просто неможливо через недосконалість методів і засобів вимірів. На практиці за істинним зазвичай приймають дійсне значення. Концепція ж невизначеності заснована на "оцінці середнього значення деякої величини", яку цілком реально розрахувати, тобто міра довіри до якості результату зростає.

Ще однією недосконалістю концепції похибки є класифікація її на систематичну і випадкову, тобто за характером виникнення. Тоді як класифікація невизначеності здійснюється за способом оцінювання. Виділяють невизначеність типу А - дані, що отримуються методом статистичного аналізу ряду спостережень, і невизначеність типу В, - дані, отримані способами, відмінними від статистичного аналізу ряду спостережень. Розподіл невизначеностей за способом оцінювання виглядає більш розумним, ніж розподіл похибок на систематичні і випадкові.



Метод оцінювання невизначеності єдиний у всьому світі. Невизначеність вимірів оцінюється при заяві відповідності міжнародним вимогам, при взаємному визнанні результатів калібрувань, звірень і випробувань, при заяві про якість продукції. Також він використовується як міра довіри в області охорони здоров'я, безпеки і охорони довкілля, при проведенні фундаментальних наукових досліджень.

Україна на сьогодні знаходиться на перехідному етапі, який затягнувся на невизначений час. Але паралельне існування двох систем оцінки якості вимірів ускладнює методи оцінки характеристик точності і суперечить базовим принципам стандартизації. Не можна визнати правильною компіляцію цих двох систем. Кожна з них є самодостатньою, але з'єднання їх частин не може бути успішним. У Україні діє нормативна документація, яка базується на понятті "похибка". Проте в окремих видах метрологічної діяльності, таких як: робота по міжнародних проектах, міжнародні звірення національних еталонів, публікація матеріалів в зарубіжному друці, випуск продукції і надання послуг відповідно до вимог зарубіжного замовника, акредитація систем менеджменту якості національних метрологічних інститутів, акредитація вимірювальних лабораторій та ін., ми вже вимушені результат вимір представити тільки в термінах невизначеність.

Для метрологічної взаємодії з іншими країнами перехід до невизначеності стає неминучим. Єдність підходів з питання оцінювання точності відсутня. Повністю перейти до концепції невизначеності доки не вдається. .

Список використаних джерел:

- Испытания, измерения, анализ “ Погрешность или неопределенность? Вот в чем вопрос... “ Ю.В. Грачёва, инженер-метролог отдела контроля качества ЗАО «РОСА»
- ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.
- Захаров И.П. “Неопределенность измерений. Для чайников и ... начальников”.
- В.П. Чалый “Неопределенность и погрешность, их сходство, различие и употребление в разных метрологических процедурах”// Невизначеність вимірювання: наукові, нормативні та прикладні аспекти.
- Захаров И.П. Составление бюджета неопределенности совместных измерений // Український метрологічний журнал. – 2005. – No 3. – С. 15-18.

## СИНТЕЗ ВИПРОБУВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФОРМИ ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИМИ СПЛАЙНАМИ

Куліченко В.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шумков Ю.С.

Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського,  
03056, м. Київ, пр-т Перемоги, 37,

каф. Інформаційно-вимірювальних технологій, тел. (044) 204-99-38

e-mail: [vladkulichenko@gmail.com](mailto:vladkulichenko@gmail.com)

Analog filtering is used to obtain smooth dependences during discrete synthesis. If the conditions of Kotelnikov's theorem are not satisfied, then the exact reproduction of a continuous signal by its discrete samples is not possible. Filtration results in some smoothed functions. The synthesis problem becomes approximation, is solved in the time domain in the class of piecewise exponential functions. In the discrete synthesis of test signals, which belong to the class of exponential signals and are described by the same functions as the approximating functions, exponential splines are optimal. The high efficiency of the synthesis method with a small number of approximation sites from the point of view of reducing the measurement error of the parameters of electric circuits in comparison with other systems of approximating functions is shown.

Для одержання гладких залежностей під час дискретного синтезу застосовується аналогова фільтрація. Найчастіше це фільтрація деякого кусково-ступінчастого сигналу, який сформовано ЦАП. Якщо умови теореми Котельникова не виконуються, то точне відтворення неперервного сигналу за його дискретними відліками не можливо [1]. Фільтрація призводить до деяких згладжених функцій. Задача синтезу стає апроксимаційною та розв'язується у часовій області у класі кусково-експоненціальних функцій. При цьому для одержання гладких залежностей доцільним є використання математичного апарату сплайн-функцій [2]. Експоненціальні сплайни є оптимальними для формування випробувальних сигналів (ВС) спеціальної форми, які теж описуються експонентами, та використовуються під час вимірів та контролю параметрів багатoelementних електричних кіл за методом нулів та полюсів [3]. Сутність дискретного синтезу полягає в поданні сигналів, що формуються, у вигляді суми зміщених у часі фінітних базисних експоненціальних сплайнів зі своїми ваговими коефіцієнтами.

$$\begin{aligned} sf_{G_m}(\bar{t}) &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} f[n+1-i] \cdot G_m(i+\varepsilon) = \\ &= A^*(a)[0 + f[n+1] \cdot b_0(\varepsilon) + f[n] \cdot b_1(\varepsilon) + f[n-1] \cdot b_2(\varepsilon) + \dots + f[1] \cdot b_{m-1}(\varepsilon) + 0] \end{aligned}$$

Сплайн-функція  $sf_{G_m}(\bar{t})$  порядку  $m$  є дискретною згорткою решітчастої функції  $f[n]$  з експоненціальним сплайном  $G_m(\bar{t}) = G_m(n+\varepsilon)$ , який є імпульсною перехідною характеристикою деякого сплайн-

апроксимуючого фільтру,  $\bar{t} = n + \varepsilon$  – відносний час, пов’язаний з дійсним часом  $\bar{t} = t/h$ ;  $h$  – рівномірний інтервал дискретизації;  $n = 0, 1, 2, \dots$ ;  $\varepsilon \in [0, 1]$ ;  $\{b_i(\varepsilon)\}_{i=0}^{m-1}$  – кускові функції, що на кожній ділянці утворюють сплайн; складаються з розв’язків деякого лінійного диференціального рівняння електричного кола, з розв’язків якого формується сплайн;  $m$  – порядок диференціального рівняння,  $A^\bullet(a)$  – нормуючий множник.

Нижче наведено приклад фінитного базисного сплайну  $G_{3,1}(\bar{t})$  та експоненціальної сплайн-функції  $sf_{G_{3,1}}(\bar{t})$  третього порядку.

$$G_{3,1}(\bar{t}) = \begin{cases} \left(-1 + \alpha + e^{-\alpha}\right)^{-1} \left[-1 + \alpha\varepsilon + e^{-\alpha\varepsilon}\right], & \bar{t} \in [0, 1]; \\ \left(-1 + \alpha + e^{-\alpha}\right)^{-1} \left[1 + \alpha + e^{-\alpha} - (1 + e^{-\alpha}) \cdot \alpha\varepsilon - 2e^{-\alpha\varepsilon}\right], & \bar{t} \in [1, 2]; \\ \left(-1 + \alpha + e^{-\alpha}\right)^{-1} e^{-\alpha} \left[-1 + \alpha(\varepsilon - 1) + e^{-\alpha(\varepsilon - 1)}\right], & \bar{t} \in [2, 3]; \\ 0, & \bar{t} < 0, \bar{t} > 3. \end{cases}$$

$$sf_{G_{3,1}}(\bar{t}) = \left(-1 + \alpha + e^{-\alpha}\right)^{-1} \left\{ f[n+1] \cdot (-1 + \alpha\varepsilon + e^{-\alpha\varepsilon}) + \right. \\ \left. + f[n] \cdot \left[1 + \alpha + e^{-\alpha} - (1 + e^{-\alpha}) \cdot \alpha\varepsilon - 2e^{-\alpha\varepsilon}\right] + f[n-1] e^{-\alpha} \left[\alpha(\varepsilon - 1) - 1 + e^{-\alpha(\varepsilon - 1)}\right] \right\},$$

де відліки  $f[n]$  – коефіцієнти сплайн-функції.

У роботі наведено аналіз математичної моделі формування ВС сплайнами, умови синтезу сплайнів, приклади одержання різноманітних моделей експоненціальних сплайнів другого та третього порядків за моделями передатної функції лінійних електричних кіл. Наведено вимоги до передатної функції. Приклади апаратної реалізації методу синтезу. Наведено використання ВС спеціальної форми, які сформовано сплайнами, під час вимірів та контролю параметрів електричних кіл. Показано високу ефективність методу синтезу при невеликій кількості ділянок апроксимації з точки зору зменшення похибки вимірів у порівняння з іншими системами апроксимуючих функцій.

Я.З. Цыпкин, *Теория линейных импульсных систем*, М.: Физматгиз, 1963, 968 с.

Brian J. McCartin, «Theory of Exponential Splines», *Journal of Approximation Theory*, vol. 66, pp. 1-23, 1991.

Yu. Shumkov, «Exponential splines in electric circuits' parameters measuring», in *Proc. of the International Conf. Actual problems of Measuring Technique "Measurement-98"*, Kyiv, Ukraine, 1998, pp. 250-253.

В.В. Куліченко, та Ю.С. Шумков, «Аналіз математичної моделі формування сигналів експоненціальними сплайнами», на *XV Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених "Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні"*, Київ, 10-11 грудня 2019, с. 506-509.

## **РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Варченко М.А., Запотоєв Д.І.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Дегтярьов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МТЕ, тел. (057) 702-13-31),

E-mail: d\_mme@nure.ua

The system objects for quality management at machine-building enterprise. Developed activities for development, metrology expertise, quality assessment developed technical documentation for the wheel - shaft, it is estimated the impact of technological process on the quality of finished products, proposed statistical methods for quality control of manufactured production, developed a quality manual. Object of study – the elements of quality management system the machine enterprise. Purpose – to improve the quality of products.

У центр економічної політики держави на сучасному етапі поставлено завдання всебічного підвищення технічного рівня і якості продукції, яка повинна втілювати новітні технології, задовольняти найвищі техніко-економічні, естетичні та інші вимоги споживачів. Питання стандартизації, взаємозамінності і технічних вимірювань безпосередньо пов'язані з якістю машин, надійністю і їх довговічністю. Взаємозамінність вимагає високого рівня вимірювальної техніки та метрологічного забезпечення.

Всі види діяльності людини підпорядковані одному: підвищення якості життя. А в сфері матеріального виробництва: поліпшення якості продукції, що виробляється [1]. Якість – головна мета і основна рушійна сила розвитку суспільства. Згідно ISO 9000:2015 [2] якість – ступінь відповідності сукупності при-сущих характеристик об'єкта вимогам.

Особливе місце якість займає у виробництві продукції машинобудування – головної галузі економіки будь-якої держави. Продукція, що випускається машинобудівною промисловістю це машини, верстати, прилади, інструменти і пристосування, які складаються з деталей різноманітних форм і розмірів. Для машинобудування найефективнішими показниками якості є експлуатаційні характеристики машин. Експлуатаційні показники механізмів і машин (довговічність, надійність, точність і т. д.) в значній мірі залежать від правильності вибору посадок, допусків форми і розташування, шорсткості поверхні.

Система управління якістю підприємства – інтегрований механізм управління, призначений для реалізації цілей в області якості і орієнтований як на мінімізацію всіх видів втрат, так і на узгоджене функціонування всіх елементів. Одним з головних елементів управління якістю є управління контрольним, вимірювальним та випробувальним обладнання відповідно до міжнародного стандарту ISO 10012 "Measurement management systems - Requirements for measurement processes and measuring equipment". При проектуванні деталей машин їх геометричні параметри задаються розмірами

елементів, а також формою і взаємним розташуванням їх поверхонь. При виготовленні виникають відхилення геометричних параметрів реальних деталей від запроектованих значень. Ці відхилення називаються похибками. Вимірювання є головним джерелом відомостей про відповідність продукції встановленим вимогам. Для контролю відповідності встановленим вимогам використовують контрольно-вимірювальні інструменти. Тому для забезпечення належної якості проектування, виготовлення деталей, вузлів і машин важливим є питання метрологічного забезпечення контролю та вимірювань параметрів якості виробів.

Для того щоб визначити придатність деталі необхідно визначити її дійсні розміри. Відхилення дійсного розміру деталі від номінального для заданого квалітету не повинно виходити за межі допуску, встановленого стандартами ISO 286: 2010 [3].

У дослідженні застосовано статистичні методи управління якістю машинобудівної продукції. Статистичне регулювання технологічного процесу ґрунтується на застосуванні контрольних карт. Щоб в найбільш повною мірою відобразити технологічний процес і в подальшому вживати заходів щодо його регулювання виберемо два типи контрольних карт: карта, яка відображає відхилення від номінального радіального биття (тобто математичного очікування) – карта середніх значень; і карта, що характеризується розсіювання (розмах) окремих значень і їх зміна в часі – карта розмахів «R» (рис.1).

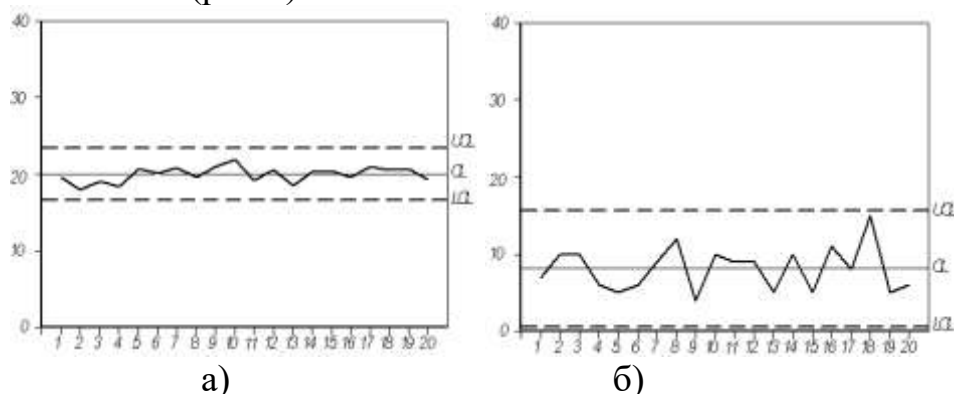


Рисунок 1 - Контрольна карта середніх значень (а), карта розмахів «R» (б).

#### Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT). – Введ. 2016-07-01. – Київ: УкрНДНЦ, 2016. – 31 с.
2. ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2015, IDT) [Текст]. – Введ. 2017-01-01. – Київ: УкрНДНЦ, 2016, 50 с.
3. ISO 286-1 : 2010 ISO system of limits and fits – Part 1: Bases of tolerances, deviation and fits.

# **АЛГОРИТМ ВИБОРУ ПОРЯДКУ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНОГО ПОЛІНОМА ПРИ ПОБУДОВІ НЕЛІНІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАНЬ**

Русанова Є.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Запорожець О. В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, м. Харків, пр. Науки, 14, каф. метрології і  
технічної експертизи, тел. (057) 702-13-31  
e-mail: yelyzaveta.rusanova@nure.ua

The problem of choosing the order of the interpolation polynomial for constructing the transformation function of measuring devices is considered. Increasing this parameter increases the accuracy of the approximation, but significantly increases the number of required calculations. A heuristic algorithm is proposed that provides a compromise between accuracy and computational complexity of the model. Modeling was performed using the system of engineering and scientific calculations MATLAB to study the proposed algorithm.

У метрологічній практиці досить часто доводиться мати справу з вимірювальними пристроями, що мають нелінійні характеристики. Для ідентифікації функції перетворення таких засобів вимірювань зазвичай здійснюють лінеаризацію математичної моделі шляхом заміни змінних з наступним визначенням її параметрів за допомогою методу найменших квадратів. Але при цьому необхідно мати апріорну інформацію про вид цієї нелінійної функції, тобто знати структуру математичної моделі засобу вимірювань. Обґрунтований вибір загального виду нелінійної залежності є досить складною задачею, що погано піддається формалізації.

У сучасній математиці розроблено численні методи вирішення завдань побудови функціональних залежностей за експериментальними даними, перш за все – статистичні методи, засновані на імовірнісних моделях для похибок вимірювань. Найбільш поширеним з них є метод найменших квадратів. У цьому методі оцінки параметрів залежності визначають з умови, що сума квадратів відхилень розрахункових значень від експериментальних мінімальна. Метод найменших квадратів було розроблено для оцінок параметрів лінійної моделі. У випадку суттєво нелінійних функціональних залежностей для апроксимації використовуються нелінійні функції, які зводяться до лінійного вигляду шляхом заміни змінних.

Одним із ефективних підходів до вирішення задачі відшукування нелінійної функції перетворення є застосування математичних моделей на базі алгебраїчних поліномів або многочленів. Обґрунтуванням доцільності такого вибору служить той факт, що поліноміальні функції мають добрі апроксимуючі властивості і придатні для відтворення широкого класу нелінійностей, їх можна вважати універсальними апроксиматорами.

Оптимальні коефіцієнти поліноміальної функції визначаються методом найменших квадратів.

Проте є певні труднощі, пов'язані з обґрунтованим вибором порядку поліноміальної моделі. Зрозуміло, що чим вище порядок інтерполяційного полінома, тим точніше модель буде відтворювати нелінійну залежність. Однак, метод найменших квадратів передбачає розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь, порядок якої на одиницю більше порядку інтерполяційного полінома. З одного боку, це призводить до суттєвого зростання обсягу обчислень, а з іншого системи рівнянь високих порядків в методі найменших квадратів часто бувають погано обумовленими.

Таким чином, порядок інтерполяційного полінома є компромісом між точністю апроксимації і обчислювальною складністю задачі. Пропонується евристичний алгоритм вибору порядку поліноміальної моделі, який дозволяє автоматизувати цю процедуру. Ідея полягає у тому, що спочатку за допомогою методу найменших квадратів будується лінійна функція (поліном першого порядку) і оцінюється середньоквадратична похибка апроксимації. Далі послідовно в циклі порядок полінома збільшується на одиницю, оцінюються коефіцієнти нової моделі і середньоквадратична похибка апроксимації. Перехід до наступної ітерації циклу здійснюється у випадку, якщо середньоквадратична похибка моделі порядку  $n$  зменшується в 1,5...2 рази порівняно з похибкою моделі порядку  $n - 1$  (значення цього коефіцієнта задається на початку роботи програми). Алгоритм зупиняється, коли збільшення порядку поліноміальної моделі дає несуттєвий приріст точності, не співрозмірний із збільшенням обчислювальної складності.

Для дослідження запропонованого алгоритму було проведено моделювання з використанням системи інженерних та наукових розрахунків MATLAB. Результати моделювання підтвердили ефективність розробленої процедури вибору порядку інтерполяційного полінома.

#### Література:

1. Грановский В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях [Текст] / В. А. Грановский, Т. Н. Синая. – Л. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
2. Лященко М. Я. Чисельні методи : Підручник [Текст] / М. Я. Лященко, М. С. Головань. – К. : Либідь, 1996. – 288 с.
3. Нікітенко О. М. Maple : навч. посібн. [Текст] / О. М. Нікітенко. – Харків : ХНУРЕ, 2011. – 288 с.
4. Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. [Текст] / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 768 с.

# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПИЛОТНЫХ И КЛЮЧЕВЫХ СЛИЧЕНИЙ КИЛОГРАММА.

## НАЧАЛО НОВОЙ ФАЗЫ ПЕРЕДАЧИ КИЛОГРАММА

Паценко А. Н.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Захаров И. П.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. Метрологии и технической экспертизы,  
тел. (057) 702-13-31

e-mail: [sashapatsenko@ukr.net](mailto:sashapatsenko@ukr.net)

The new definition of the kilogram, based on the fixed numerical value of the Planck constant, came into force on May 20, 2019. The paper analyzes the results of pilot and key comparisons of kilogram realizations based on the new definition. Shows the consistency of the results obtained with those expected according to the roadmap of a complete transition within 10-20 years.

После переопределения килограмма неопределенность международного прототипа килограмма (IPK)  $u_{m_{IPK}}$  составляет 0,010 мг.

В табл. 1 представлены результаты пилотных и ключевых сличений, влияющие на согласованное значение IPK и его неопределенность [1-3] через прослеживаемость к постоянной Планка.

Цели ключевого сличения состояли в том, чтобы определить уровень согласия между реализациями килограммов от различных национальных метрологических институтов (NMI) и предоставить информацию для расчета первого согласованного значения (CV).

Таблица 1 – Результаты пилотных [1] и ключевых [2] сличений

| № | NMI                                   | 2017                                                           |                                                        |                                                                                     | 2020                                                                                        |                                                        |                                                                                     |
|---|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                       | Отклонение от эталонного значения<br>$\Delta m_i' / \text{мг}$ | Стандартное отклонение<br>$u(\Delta m_i') / \text{мг}$ | Расширенная неопределенность отклонения ( $k = 2$ )<br>$U(\Delta m_i') / \text{мг}$ | Отклонение от контрольного значения ключевого сравнения (KCRV)<br>$\Delta m_i' / \text{мг}$ | Стандартное отклонение<br>$u(\Delta m_i') / \text{мг}$ | Расширенная неопределенность отклонения ( $k = 2$ )<br>$U(\Delta m_i') / \text{мг}$ |
|   | BIPM (IPK) <sup>1</sup>               | 0,0006                                                         | 0,0113                                                 | 0,0226                                                                              | -                                                                                           | -                                                      | -                                                                                   |
| 1 | BIPM                                  | -                                                              | -                                                      | -                                                                                   | 0,0252                                                                                      | 0,0485                                                 | 0,0970                                                                              |
| 2 | LNE                                   | -0,2038                                                        | 0,1396                                                 | 0,2792                                                                              | -                                                                                           | -                                                      | -                                                                                   |
| 3 | NIST                                  | 0,0296                                                         | 0,0274                                                 | 0,0548                                                                              | 0,0003                                                                                      | 0,0259                                                 | 0,0519                                                                              |
| 4 | NMIJ                                  | -0,0012                                                        | 0,0218                                                 | 0,0436                                                                              | 0,0022                                                                                      | 0,0201                                                 | 0,0401                                                                              |
| 5 | NRC                                   | -0,0015                                                        | 0,0119                                                 | 0,0238                                                                              | 0,0154                                                                                      | 0,0091                                                 | 0,0181                                                                              |
| 6 | PTB                                   | -0,0061                                                        | 0,0165                                                 | 0,0330                                                                              | -0,0210                                                                                     | 0,0104                                                 | 0,0209                                                                              |
| 7 | KRISS                                 | -                                                              | -                                                      | -                                                                                   | 0,0724                                                                                      | 0,1070                                                 | 0,2140                                                                              |
| 8 | NIM                                   | -                                                              | -                                                      | -                                                                                   | -0,0117                                                                                     | 0,0449                                                 | 0,0899                                                                              |
|   | BIPM ( $h(\text{IPK})$ ) <sup>2</sup> | -                                                              | -                                                      | -                                                                                   | 0,0188                                                                                      | 0,0138                                                 | 0,0276                                                                              |



**Примечание 1.** Средневзвешенное значение результатов пяти NMI. Результат:  $\overline{\Delta m} = -0.0006$  мг; стандартная неопределенность: 0,0102 мг.

Это означает, что средневзвешенное значение результатов калибровки для эталонов 1 кг участников всего на 0,0006 мг отличается от калибровки, основанной на IPK.

После завершения первого ключевого сличения экспериментов по реализации принято согласованное значение килограмма, которое составляет 1 кг - 0,002 мг. Стандартная неопределенность 0,020 мг [4].

Значение будет физически поддерживаться BIPM, который обеспечит прослеживаемость национальных эталонов массы. Прослеживаемость единицы массы в системе СИ будет взята из согласованного значения килограмма, начиная с 1 февраля 2021 года. Первоначальное согласованное значение рассчитано на основе среднего арифметического трех наборов данных:

- данные, напрямую отслеживаемые до IPK (последний раз использовались в 2014 году и поддерживаются рабочими эталонами BIPM);
- данные пилотного сличения экспериментов по реализации CCM, проведенного в 2016 г. (в соответствии с рабочими эталонами BIPM), с поправкой на сдвиг, введенный корректировкой CODATA 2017, в отношении значения CODATA 2014, которое использовалось в качестве эталона в пилотном сличении;
- контрольное значение ключевого сравнения (KCRV) ключевого сличения (отклонение  $\overline{\Delta m} = -0.0188$  мг по отношению к единице массы, поддерживаемой рабочими эталонами BIPM, со стандартной неопределенностью 0,0075 мг).

#### Литература:

1. Результаты пилотных сличений CCM.R-kg-P1. Report on CCM Pilot Study CCM.R-kg-P1. Comparison of future realizations of the kilogram. Final Report. [https://www.bipm.org/cc/CCM/Allowed/16/03-7B2\\_CCM-PilotStudy-FinalReport.pdf](https://www.bipm.org/cc/CCM/Allowed/16/03-7B2_CCM-PilotStudy-FinalReport.pdf)
2. Результаты ключевых сличений CCM.M-K8.2019. Report on the CCM key comparison of kilogram realizations CCM.M-K8.2019 Final Report.
3. CCM detailed note on the dissemination process after the redefinition of the kilogram [https://www.bipm.org/cc/CCM/Allowed/17/06B\\_CCM-DetailedNote\\_Dissemination-after-redefinition.pdf](https://www.bipm.org/cc/CCM/Allowed/17/06B_CCM-DetailedNote_Dissemination-after-redefinition.pdf)
4. CCM Task Group on the Phases for the Dissemination of the kilogram following redefinition, “Calculation of the Consensus Value for the Kilogram 2020”, available from the BIPM web site.

## СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Мальцев Д.В., Богомазов С.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Богомазов С.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

03056, Київ, просп. Перемоги, 37, каф. Інформаційно-вимірювальних технологій, тел. (044) 204-98-93, e-mail: [malcevdimitriy@gmail.com](mailto:malcevdimitriy@gmail.com)

The article presents an analysis of the peculiarities of the organization of experimental data collection systems. Determining the main advantages of using this concept in modern IoT systems. The system is implemented using the Electric Imp platform. The Electric Imp connects sensors, devices, or systems to services and IoT applications quickly. It securely scales to large volumes. On the basis of this platform the model of system of collecting and processing of temperature parameters of diesel engines was developed.

На сьогоднішній день Інтернет речей – один із головних світових трендів в сфері інформаційних технологій. Звичні нам прилади стають частиною системи Інтернету речей і можуть виконувати нові функції. Важливу роль в таких системах відіграють засоби віддаленого збору вимірювальної інформації. Складні обчислення в таких системах в багатьох випадках виконуються в хмарному середовищі. При цьому виникає необхідність розробки систем автоматизації віддаленого збору експериментальних даних. Тому було проведено аналіз особливостей реалізації таких систем на базі платформи Electric Imp[1].

На базі цієї платформи була розроблена модель системи збору і обробки температурних параметрів дизельних двигунів. Вона складається з модуля imp001 (мережевого вузла бездротового зв'язку)[2], плати-носія impExplorer, хмарного середовища Electric Imp Cloud і блоку вимірювання температур. Плата impExplorer включає в себе датчик температури і вологості, акселерометр, датчик атмосферного тиску та надає можливість розширення своїх функцій за допомогою чотирьох роз'ємів GroveSystem (два роз'єми для підключення пристроїв за допомогою інтерфейсу I2C, інші – для підключення цифрових і аналогових пристроїв)[3].

Платформа Electric Imp складається з трьох рівнів. На рівні пристроїв (Device Tier) авторизований модуль imp дозволяє підключити кінцевий пристрій до хмари Electric Imp Cloud. Наступний рівень платформи – рівень хмари Electric Imp Cloud Tier. Хмарне середовище Electric Imp Cloud є кінцевою точкою для всіх пристроїв і надає необхідні послуги для:

- управління пристроєм;
- оновлення “на льоту” (Over-the-Air – OTA);
- аутентифікації пристрою в системі;

- безпечного збереження даних;
- можливості легкого масштабування системи.

Electric Imp Cloud надає віртуальне представлення пристрою в хмарі та виконує логіку додатку і інтеграції від імені пристрою[4]. Кожний пристрій системи Electric Imp пов'язаний зі своїм програмним агентом, який розташований в хмарному середовищі і відповідає за безпеку і обробку вхідних даних. Третій рівень платформи (Customer Cloud Tier) – це користувацький хмарний додаток, що отримує надійні та оброблені дані від хмари Electric Imp.

Розроблена модель системи реалізує п'ять вимірювальних каналів (температура води на вході дизеля, температура води на виході правого і лівого блоків дизеля, температури масла на вході і температури масла на виході дизеля). В якості датчиків температури було використано платинові термометри опору. Мікропроцесорний блок вимірювання температури виконує вимірювання опору та розраховує температуру за відповідною залежністю. Отримані значення температури передаються по інтерфейсу I2C на модуль Electric Imp. Пристрій imp001 зчитує інформацію від блоку вимірювання температури і надсилає її агенту в хмарне середовище для подальшої обробки і передачі на інший пристрій або сервер.

Використання хмарних технологій для збору експериментальних даних забезпечило можливість проведення випробувань дизельних двигунів із обробкою результатів вимірювань в реальному часі і збереженням даних в хмарному середовищі.

Таким чином, розроблена система для отримання експериментальних даних з використанням хмарних технологій надає можливість швидко підключати будь-який сенсор, пристрій або систему до додатків Інтернету речей. Використання хмарних технологій та платформи Electric Imp спрощує організацію систем віддаленого збору даних, підвищує їх надійність і надає великі можливості для розширення свого функціоналу.

#### Список використаних джерел

1. Мальцев Д.В., Богомазов С.А. Організація системи Інтернету речей на базі платформи ElectricImp// Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 419 - 421
2. Imp001.[Online]. Available: <https://store.electricimp.com/products/imp001?variant=31635697938>. Accessed on: November 22, 2020.
3. Electric Imp impExplorer Kit [Online]. Available: <https://developer.electricimp.com/hardware/resources/reference-designs/explorerkit>. Accessed on: November 22, 2020.
4. Electric Imp Cloud. [Online]. Available: <https://www.electricimp.com/platform/cloud/>. Accessed on: November 22, 2020.

# ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ БЮДЖЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Тищенко М.В.

Научный руководитель – д.т.н., с.н.с. Скляр В.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. Метрологии и технической  
экспертизы, тел. (057) 702-13-31  
e-mail: [vladimir.skliarov@gmail.com](mailto:vladimir.skliarov@gmail.com)

The report discusses the features of budgeting the uncertainty of the measurement result in the field of ionizing radiation. As an example, the issue of compiling the uncertainty budget for the national standard of radon-222 volumetric activity was studied. The budget of the measurement uncertainty has been calculated and presented, taking into account the half-life and the emanation coefficient of the mass of the radon generator based on a standard sample of uranium ore UR-768C. The calculations of the uncertainty of the measurement result for the reference points of the volumetric activity of radon-222 for several laboratories for radon monitors have been performed.

Особенностью составления бюджета неопределенности в области ионизирующих излучений, на примере национального эталона объемной активности радона-222 есть невозможность представления в виде коэффициентов чувствительности [1]. В данном случае, имеет место представление бюджета неопределенности в виде бюджета погрешностей, пересчитанных в терминах теории неопределенности (см. табл.1).

Таблица 1

| Составляющие неопределенности                      | u, % значение |       |
|----------------------------------------------------|---------------|-------|
|                                                    | A             | B     |
| Фактор эманации радона-222 из стандартного образца | -             | 0,393 |
| Фактор массы стандартного образца                  | -             | 0,027 |
| Фактор распада радона-222                          | -             | 0,003 |
| Фактор геометрии эталонной установки               | -             | 0,076 |
| Фактор температуры                                 | -             | 0,041 |
| Фактор давления                                    | -             | 0,032 |
| Фактор откалиброванного эталона-переносчика        | 1,743         | -     |
| Фактор геометрии эталона переносчика               | -             | 0,165 |
| Суммарная стандартная неопределенность, $u_c$      | 1,797         |       |
| Росширенная неопределенность, $U_p$                | 4,629         |       |

При этом, среднеквадратическое отклонение, которое характеризует случайную погрешность, соответствует стандартной неопределенности типа А. Среднеквадратическое отклонение, которое характеризует неисключенную систематическую погрешность, соответствует стандартной неопределенности типа В и пересчитывается по формуле [2]:

$$u_B = \frac{\Theta(p)}{k\sqrt{3}},$$

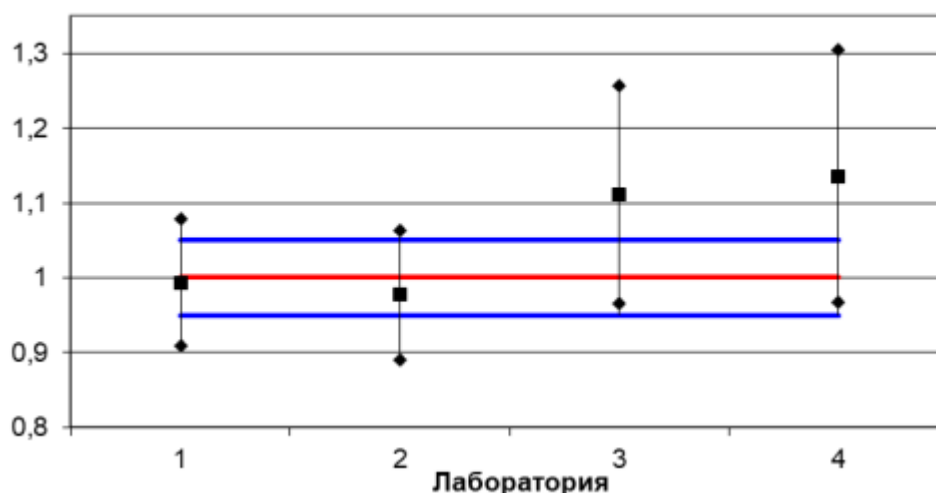
где  $\Theta(p)$  - доверительные границы неисключенной систематической погрешности результата измерения,  $k=1,4$  при  $p=0,95$ .

Результаты расчета опорного значения измерений [3] для точки 1500 Бк/м<sup>3</sup> для четырех различных лабораторий, с учетом расширенной неопределенности, представлены в таблице 2.

Таблица 2

| Лаборатория | $x_{ref}$ , Бк/м <sup>3</sup> | $U(x_{ref})$ , Бк/м <sup>3</sup> | $x_i$ , Бк/м <sup>3</sup> | $U(x_i)$ , Бк/м <sup>3</sup> |
|-------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1           | 1500                          | 75                               | 1474,70                   | 68,26                        |
| 2           |                               |                                  | 1579,53                   | 143,91                       |
| 3           |                               |                                  | 1666,41                   | 212,60                       |
| 4           |                               |                                  | 1736,74                   | 286,22                       |

Нормированные значения результатов представления измеренных значений активности 1500 Бк/м<sup>3</sup> относительно опорного значения и с учетом неопределенности представлено на рисинке.



Результаты измеренных значений с учетом расширенной неопределенности.

#### Список источников

1. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений». Государственное предприятие „Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева // Санкт-Петербург, 2001. - 20 с.
2. I.A. Kharitonov, A.G. Chunovkina. The estimation of the data of the regional key comparisons//Izmeritelnaya tekhnika.- 2005.- No. 5.-P. 11-17.
3. M.G. Cox. The evaluation of key comparison data // Metrologia, 2002, 39, 589-595.

## **ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Твердохлеб Л.А.

Научный руководитель – к.т.н., с.н.с. Буденный М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. Метрологии и технической  
экспертизы, тел. (057) 702-13-31,

[mmb@mtl.kharkov.ua](mailto:mmb@mtl.kharkov.ua)

An integral area of additive technologies is the regulatory framework. The existing volume of regulations can be divided into three areas: general purpose standards defining process requirements and applications; standards for materials that apply; standards that define the requirements for the additive manufacturing process for various consumers from aerospace to medicine. Harmonization of regulatory documents of additive manufacturing is a significant task for Ukrainian scientists in the field of metrology. Because of the metal Additive Manufacturing (AM) industry moves towards industrial production, the need for qualification standards covering all aspects of the technology becomes ever more prevalent.

Перспективы аддитивного производства (АМ) привлекли внимание промышленности в таких отраслях, как аэрокосмическая, медицинская и оборонная. Использование технологий аддитивного производства применительно для выпуска металлических элементов изделия, позволит сократить время изготовления изделия без ухудшения качества выпускаемой продукции. Помимо значительного сокращения времени изготовления, существуют другие бизнес-факторы, в том числе снижение веса, сокращение количества составных элементов изделия, высокий уровень геометрической сложности [1]. Раскрывающиеся перспективы и явные преимущества аддитивного производства не снижают, а повышают требования к качеству и надежности выпускаемой продукции. Разработка отраслевых стандартов и нормативов особенно важны в быстро меняющейся среде производства, должны способствовать надежной квалификация выпускаемой продукции.

Для выполнения возрастающих требований к аддитивному производству и стандартизации аддитивного производства, в США создан межотраслевой координирующий орган Additive Manufacturing Standardization Collaborative (AMSC). AMSC координирует совместную деятельность по стандартизации аддитивного производства, является межотраслевым органом, целью которого – ускорение разработки стандартов с спецификаций аддитивного производства в соответствии с потребностями заинтересованных сторон [2].

Стандарты аддитивного производства охватывают весь жизненный цикл аддитивной печати детали, от входных данных трехмерного дизайна до выбора исходных материалов; контроль качества в процессе печати;



постобработку; оценку свойств готового материала; тестирование, квалификация и сертификация; обслуживание и ремонт.

Дорожная карта, разработанная AMSC, описывает 9 областей (технических направлений), в которых, в настоящее время, не существует опубликованных стандартов или спецификаций, которые могли бы удовлетворить потребности конкретной отрасли. На рисунке представлены основные направления для стандартизации и обеспечения качества аддитивного производства [3].

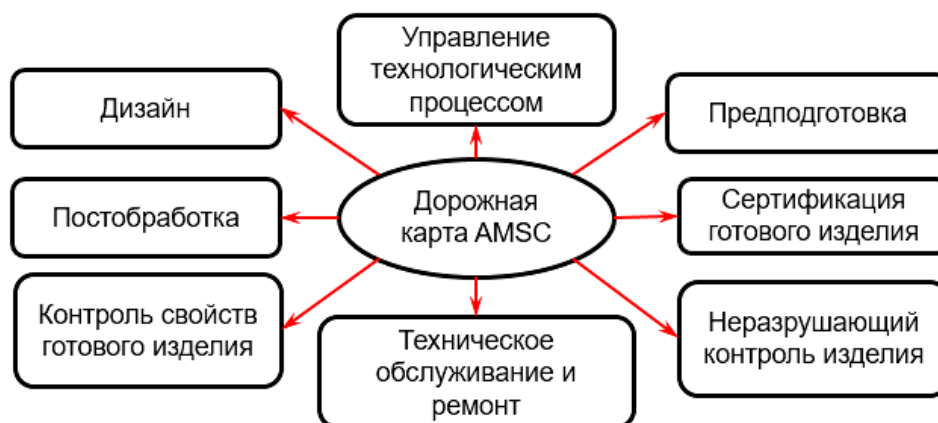


Рисунок – Направления система качества аддитивного производства

Каждое из направлений содержит ряд поднаправлений для стандартизации, сертификации, обеспечения качества и надежности аддитивного производства. В частности, раздел “неразрушающего контроля” (NDE) содержит 8 подразделов регламентирующих: терминологию для идентификации дефектов АМ, обнаруживаемых методами NDE; стандарты проектирования и изготовления артефактов или фантомов, подходящих для демонстрации возможности неразрушающего контроля; руководства по применению NDE к объектам, производимым процессами АМ; размерная метрология внутренних элементов; объединение данных; NDE полимеров и других неметаллических материалов; NDE контрафактных деталей АМ; критерии приемки неразрушающего контроля для критических для разрушения частей АМ.

### Список источников

1. GE Additive ([www.geadditive.com](http://www.geadditive.com)), “GE Additive.” [Online]. Available: [www.geadditive.com](http://www.geadditive.com). [Accessed: 20-Dec-2016].
2. America Makes & ANSI Additive Manufacturing Standardization Collaborative (AMSC), “Standardization Roadmap for Additive Manufacturing.” ANSI, p. Public Draft, 2017.
3. Электронный ресурс: <https://www.ansi.org/portal/amsc/america-makes-and-ansi-amsc-overview>

## МОНІТОРИНГ ТА ВИМІРЮВАННЯ У ISO 14001

Юношев Д.Є.

Науковий керівник – доц. каф. МТЕ Штефан Н.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МТЕ, тел. (057) 702 13 31

e-mail: dmytro.yunoshev@nure.ua

After the introduction of the new version of ISO 14001, it became necessary to change the rules for use of the standard. The version of ISO 14001:2015 removes the mandatory requirement for full monitoring of locations where significant environmental impacts exist or may exist. To do so, consider what the standard itself proposes and the need to documenting monitoring and measurement in ISO 14001.

У версії стандарту ISO 14001:2015 не має обов'язкової вимоги до повного моніторингу тих областей, де існує або може існувати значний вплив на навколишнє середовище.

Проте переглянутий стандарт вимагає, щоб екологічні показники та наступні поліпшення вимірювалися та відстежувалися. Є необхідність розглянути, що необхідно визначати, які методи необхідно використовувати та коли необхідно аналізувати данні та повідомляти про них. У якості загальної рекомендації організаціям, що вводять ISO 14001, необхідно визначити, яка інформація їх необхідна для оцінки екологічної результативності та ефективності.

Після введення СЕМ (системи екологічного менеджменту), стандарт вимагає постійного моніторингу системи, а також періодичних перевірок.

- оцінки ефективності, впровадженої СЕМ;
- об'єктивної оцінки, наскільки добре виконуються мінімальні вимоги стандарту;
- перевірки, наскільки були задоволені вимоги, що пред'являються до організації, зацікавленим сторонам та законодавству;
- аналіз придатності, адекватності, ефективності та дієвості СЕМ;
- демонстрації, що планування було успішно виконано;
- оцінки ефективності процесів СЕМ;
- визначення необхідності або можливості для постійного поліпшення СЕМ.

Впровадження СЕМ в організаціях без ефективного моніторингу та вимірювань не може показати кінцевого результату системи.

Моніторинг у розумінні ISO 14001 означає, що організація повинна перевіряти, контролювати, інспектувати та стежити за запланованими заходами, щоб переконатися, що вони проводяться так, як це планувалося. Отже, якщо операційний контроль вказує, що внутрішній аудит повинен проводитися двічі на тиждень, то це вважається процесом моніторингу.



Моніторинг та вимірювання допомагають у наступних процесах СЕМ:

- оцінювання екологічних характеристики;
- аналізування кореневих проблем;
- оцінки відповідності законодавчих вимог;
- визначення області, де необхідно прийняти коригуючі міри;
- покращення продуктивності та підвищення ефективності системи.

Для працездатної СЕМ необхідно визначити критерії вимірювання (показники ефективності) програми, що допоможе оцінювати успіхи програми СЕМ у цілому.

ISO 14001:2015 не вимагає використання ключових показників ефективності (KPI). Однак, пункт 9.1.1 висуває вимогу визначити, за якими критеріями буде оцінюватися екологічна діяльність та за якими саме показниками необхідно відстежувати деякі екологічні показники, але сам термін KPI перестав використовуватися.

Однак, якщо організація спеціалізується в галузі, яка вже використовує термін KPI, то у системі менеджменту організації або де-небудь ще, можливо, буде легше використовувати цей термін, коли мова йде про моніторинг і контроль процесів, що мають значні екологічні аспекти.

Необхідність документування у моніторингу та вимірюваннях

ISO 14001:2015 не висуває вимоги про ведення документації на кожний процес та процедуру, але необхідно переконатися, що всі вимоги до моніторингу та вимірюванням задокументовані, і включає необхідну документацію, для проведення вимірювання, таку як: очікувані значення та перелік обладнання, що використовується. Таким чином, з'являється впевненість у тому, що вимірювання проводяться послідовно між всіма співробітниками, які залучені до цих процесів, та це гарантує, що важливі екологічні аспекти не перетворяться в надзвичайні екологічні події. А записи о калібруванні або верифікації необхідні для підтвердження виконаної роботи та можуть використовуватися при розслідуванні, у випадку виникнення проблем у процесах організації.

Під кінець необхідно підсумувати те, що моніторинг та вимірювання, які вказані у редакції ISO 14001:2015, мають істотне значення в процесах СЕМ організацій.

## **ПРОЦЕДУРА ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ КАЛИБРОВКЕ МАГАЗИНА СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Семенихин В.С., Фоменко В. Д.

Научный руководитель – профессор Захаров И. П.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, кафедра МТЭ, тел. +38 066-175-1092)

E-mail: [valeriia.fomenko@nure.ua](mailto:valeriia.fomenko@nure.ua)

Using the example of resistance calibration on a direct current, the features of taking into account the distribution of input values in the procedure for estimating uncertainty when using the method of excesses and propagation of expanded uncertainty are shown. The procedure for estimating the measurement uncertainty is described, and the uncertainty budget is given. An example of uncertainty estimation of measurements when calibrating a resistance box P33 class 0.2 using a Fluke 8508A digital multimeter is described.

Оценивание неопределенности измерений в аккредитованных испытательных и калибровочных лабораториях регламентировано международным стандартом ISO 17025:2017 [1]. При этом [1] предписывает использовать в качестве нормативного документа Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM) [2]. Однако использование GUM сопряжено с рядом недостатков, основным из которых является независимость получаемых оценок расширенной неопределенности от законов распределения (PDF) входных величин и наличие смещения числовых значений измеряемой величины и ее стандартной и расширенной неопределенностей при нелинейных модельных уравнениях.

Именно поэтому Рабочей группой 1 (WG-1) Объединенного комитета по руководствам в метрологии (JCGM) разработано Дополнение 1 к GUM основанное на методе Монте-Карло [3], устраняющем указанные недостатки. Однако следует отметить, что даже при линейных модельных уравнениях и гауссовских распределениях входных величин оценки неопределенности, получаемые с помощью [1] и [2] отличаются друг от друга [4].

Причиной этому являются разные подходы к оцениванию характеристик неопределенности типа A в обоих документах [4]. Поэтому при разработке процедур оценивания неопределенности целесообразно опираться на подходы, приводящие к результатам, совместимым с результатами, получаемыми методом Монте-Карло. Такие подходы описаны в разработанной в ННЦ «Институт метрологии» процедуре оценки неопределенности измерений, однако этот документ не содержит примеров использования предлагаемых подходов. Восполняя этот пробел, в статье [5], на которой основываются данные тезисы, рассмотрены особенности учета законов распределений входных величин

при оценивании неопределенности измерений на примере калибровки магазина сопротивления.

#### Выводы

1. При оценивании неопределенности в калибровочных лабораториях используют Руководство по выражению неопределенности измерений и Дополнение к нему, основанное на методе Монте-Карло, дающие различные значения неопределенности при линейных модельных уравнениях и гауссовских распределениях входных величин.

2. Для устранения расхождений в оценках неопределенности предлагается использование метода эксцессов и закона распространения расширенной неопределенности, описанные в разработанной в ННЦ «Институт метрологии» процедуре оценивания неопределенности измерений.

3. Рассмотрены процедуры оценивания неопределенности при калибровке магазина сопротивления на постоянном токе, составлены бюджеты неопределенности, которые могут служить основой для создания программных средства для автоматизации оценивания неопределенности измерений при калибровке.

4. Исследование неопределенности измерений, проводимых при поверке магазина сопротивлений Р33 с помощью цифрового мультиметра Fluke 8508A показало хорошее совпадение полученных результатов с оценками расширенной неопределенности, получаемыми методом Монте-Карло.

#### Перечень ссылок:

1. ISO/IEC 17025:2017 General requirement for the competence of testing and calibrating laboratories, 2017, 30 p.

2. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. ISO, Geneva, First Edition. – 1995 – 101 p.

3. Zakharov I.P., Vodotyka S.V. Application of Monte Carlo simulation for the evaluation of measurements uncertainty // Metrology and Measurement Systems, 2008, Vol. XV, № 1. – pp. 118-123.

4. Боцюра О.А., Захаров И.П. Особенности оценивания неопределенности измерений типа А на основе Байесовского подхода// Системи обробки інформації, 2015, вип. 6(131), с. 17 – 20.

5. I. Zakharov, O. Botsiura, V. Semenikhin, V.Fomenko. Considering of the input quantities distributions in the procedure for measurement uncertainty evaluating on the example of resistance box calibration. *Ukrainian Metrological Journal*, 2020, no. 4, pp. 3–8. doi: 10.24027/2306-7039.4.2020.224189

## **РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРА НА ОСНОВІ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ**

Хіхло В.Ю., Мірошников П.П.

Науковий керівник – д.і.н., проф. О.Є. Тверитникова

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

61002, Харків, вулиця Кирпичова, 2, кафедра «Інформаційно-вимірювальні технології і системи», тел. (057) 707-61-15

e-mail: [vadym.khikhlo@gmail.com](mailto:vadym.khikhlo@gmail.com), [pashamiroshnikov99@gmail.com](mailto:pashamiroshnikov99@gmail.com)

Energy saving is a priority of the state policy of Ukraine. Implementation of energy management allows to get a detailed picture of energy consumption, to determine the optimal required amount of their consumption at the appropriate quality, to determine the most affordable types of energy, to obtain maximum economic, environmental and social effects. It also allows you to plan energy consumption for future periods, monitor targets and optimize limited financial resources for energy efficiency projects.

Економічна і політична ситуація в Україні, призводить до різкого зниження державної дотації енергопостачальним компаніям та субсидій їх споживачам, що тягне за собою підвищення тарифів на енергоносії. В цих умовах необхідність в розробленні й реалізації цілеспрямованої політики енергозбереження особливо актуальна.

Енергетичний менеджмент (ЕМ) – система управління процесом енергоспоживання, спрямована на досягнення максимального рівня енергоефективності споживання енергоресурсів при мінімумі витрат на них. Автоматизоване робоче місце (АРМ) енергоменеджера (рисунк 1) складається з персонального комп'ютера (ПК), який підключено до інтернету. ПК періодично зв'язується з віддаленим сервером, на якому розміщена програма збору даних з «інтелектуальних» приладів обліку, підключених до відповідних каналів зв'язку, які потім обробляються базовою програмою. Згодом оброблені дані формуються в графіки або цифрові показники, зручні для перегляду та аналізу. Дана система дозволяє контролювати споживання енергоресурсів в оперативному режимі, виключити наднормативне споживання і планувати ефективне витрачання коштів. Програмне забезпечення налаштовується індивідуально для кожної локальної мережі і адаптується для конкретного споживача.

Збір інформації для АРМ енергоменеджера можна розділити на два рівня. Перший рівень: збір інформації про споживання енергоресурсів в цілому по об'єкту: електроенергія; теплова енергія; споживання палива (газу); споживання холодної та гарячої води; зовнішня температура повітря; природна освітленість; кількість відвідувачів об'єкта. Другий рівень

доповнюється поглибленим дослідженням структури споживання електроенергії.



Рисунок 1. Автоматизоване робоче місце (АРМ) енергоменеджера

Спожита електроенергія розбивається на групи: освітлення; кліматична техніка; оргтехніка; спеціальне обладнання (печі, верстати, медичне обладнання, тощо). Також на другому рівні проводяться виміри освітленості, вологості і температури кожного приміщення в будівлі. Також рекомендується установка сенсорів задимлення і  $\text{CO}_2$ . На третьому рівні додаються дані з енергопостачальних компаній (обленерго, теплові мережі, водоканал, тощо): обсяги відпущеної електроенергії, тепла, води; споживання паливно-енергетичних ресурсів [1].

Евроінтеграційні процеси економічної політики сучасної України, поширення зовнішньоекономічних зав'язків з країнами Європи та світу безумовно вплинули на створення нових підходів до впровадження системи ЕМ та інтеграції нормативних документів України до міжнародного та європейського рівня. Зокрема міжнародного стандарту ISO 5001, який регламентує на законодавчій основі впровадження системи ЕМ в адміністративних одиницях і на промислових підприємствах. Згідно міжнародного та вітчизняного досвіду впровадження системи ЕМ дозволяє знизити витрати на енергоносії від 10 до 20%.

#### Список використаних джерел

1. Концепція організації служби енергетичного менеджменту в житлово-комунальному господарстві на рівні територіально-адміністративної одиниці. Методичне керівництво. Поточне діловодство кафедри ІВТС НТУ «ХП». 18 с.

## **ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦІ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УДОСКОНАЛЕНОЇ ПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ**

Кепещук Д. Т.

Науковий керівник – доц., к.т.н. Витвицька Л.А.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
76000 м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, кафедра метрології та  
інформаційно-вимірювальної техніки, тел. 0988527814

e-mail: denkepe@gmail.com

The metrological analysis of the developed reference piston installation of the improved design for reproduction and measurement of a gas expense is carried out. Factors influencing the accuracy of reproduction and transmission of the volume and volume flow of gas are analyzed. Based on experimental data, the values of the components of the total uncertainty, which are associated with design deviations of the cylinder dimensions and additional effects of changes in temperature and pressure of the internal environment, are calculated. The expediency of improving the design of the reference piston installation is substantiated, as the expanded uncertainty reduced to the control reproducible volume was 0.025%.

Для забезпечення єдності вимірювань, в першу чергу, ставиться задача створення еталонів одиниць вимірюваних величин. Однією з основних і дуже важливих з економічної точки зору фізичних величин є об'єм і об'ємна витрата газу, оскільки це пов'язано з проблемами обліку газу, особливо в комунально-побутовій сфері. Тому створення високоточних засобів для відтворення, передачі і зберігання одиниць об'єму і витрати газу є актуальною задачею, яка на даний час вирішується багатьма різними методами, серед яких одним з основних є поршневий метод [1]. Принцип дії поршневих еталонних установок базується на вимірюванні переміщення поршня, що рухається в мірній ділянці трубопроводу. Було встановлено, що основним недоліком поршневих еталонних установок є наявність незгладжуваних пульсацій тиску та значні його втрати на поршнях, що впливає на стабільність відтворення витрати. Тому запропонована удосконалена конструкція поршневої установки зі спеціальними ущільнювачами та точним приводом руху поршнів, яка забезпечує відсутність перетоків газу за рахунок створення надмірного тиску мастила для переміщення поршнів.

Для встановлення доцільності розроблення удосконаленої конструкції поршневої еталонної установки здійснено її метрологічний аналіз на основі концепції невизначеності. Процедура менеджменту невизначеності проведена на основі аналізу факторів впливу на процес відтворення та передавання одиниці витрати. Складові невизначеності визначені на основі експериментально отриманих даних при випробуваннях поршневої

установки на базі державного підприємства Івано-Франківськстандартметрологія [2].

Відтворення одиниці об'єму газу забезпечується незмінністю та стабільністю геометричних розмірів циліндрів поршневих секцій. Об'ємна витрата газу є умовною похідною об'єму відносно одиниці часу і формується тільки при передаванні одиниці об'єму газу. Тому сумарна невизначеність відтворення одиниці об'єму газу залежить від невизначеності задання об'єму газу і впливу додаткових факторів, основними з яких є температура і тиск внутрішнього середовища, що приводить до зміни геометричних розмірів циліндрів, в яких рухаються поршні. Оскільки загальний об'єм витісненого мастилом газу у поршневій установці визначається з врахуванням діаметра основи та висоти кожного циліндра і роздільної здатності оптичної лінійки, за якою визначається положення поршня, то саме неточність вимірювання цих величин і впливає на невизначеність задання об'єму. Виходячи з технологічних особливостей поршневої установки, яка може мати чотири паралельно працюючі поршневі секції необхідно звернути увагу на те, що така конструкція зменшує сумарну невизначеність установки, оскільки при паралельній роботі ідентичних засобів їхня випадкова невизначеність зменшується в  $\sqrt{n}$  разів, де  $n$  – кількість одночасно працюючих паралельних одиниць. Тому розрахована сумарна невизначеність задання одиниці об'єму газу склала  $1,836 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ . Невизначеність, спричинена температурним об'ємним розширенням металу, склала  $5,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ . Невизначеність, спричинена впливом на розміри циліндрів надлишкового тиску до 1,6 МПа, рівна  $8,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$ .

Загальне значення сумарної невизначеності відтворення одиниці об'єму газу при тиску до 1,6 МПа склало  $1,93 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ . Розширена невизначеність (при коефіцієнті охоплення, рівному 2 і при довірчій ймовірності, рівній  $P = 0,95$ ) з приведенням до контрольного відтворюваного об'єму газу, виражена у відсотках, склала 0,025%, що свідчить про високу точність відтворення одиниці витрати, а значить, і про доцільність розроблення і впровадження поршневої установки удосконаленої конструкції.

1. Петришин І.С. Технічні аспекти створення еталонної бази для метрологічного забезпечення лічильників газу в експлуатації / І.С. Петришин, П.Я. Джочко, Т.І. Присяжнюк, В.А. Бас // Український метрологічний журнал - 2013. - №1 - С. 50—55.

2. Про науково-дослідну та дослідно-конструкторську роботу створення державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу на газовому середовищі при тиску до 1,6 МПа / І.С. Петришин П.Я. Джочко, О.А. Бас, Я.В. Безгачнюк <http://www.ifdcsm.com.ua/> - Сайт ДП «Івано-Франківськстандартметрологія».

# МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОБРОБЛЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО БАЛІСТИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ПОСТРІЛУ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КАНАЛІВ СТВОЛІВ ТА БОЄПРИПАСІВ

Мельніков Р.С.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Крюков О.М.

Національна академія Національної гвардії України.

61001, Харків, м-н Захисників України, 3, докторантура та ад'юнктура,  
тел. (067) 584-84-23 e-mail: melnikov85r@gmail.com.

Deviations of the internal geometric parameters of the barrel bore at its wear or blow-up, leads to irretrievable loss of energy of powder gases at the shot.

Known methods and means of diagnosing the technical condition of the channels of barrels and ammunition for barrel systems are ineffective, because they are based on outdated principles and provide for the use of measuring instruments of limited accuracy.

Proposes a promising method for diagnosing the technical condition of the channels of barrels and ammunition based on the analysis of ballistic elements of the shot.

Хід кривих балістичних елементів пострілу  $p(t)$ ,  $v(t)$  визначається параметрами перебігу процесу пострілу і, зокрема, геометричними характеристиками каналу ствола (КС), а також енергетичними характеристиками порохового заряду та швидкістю його горіння. Між геометричними характеристиками КС та характеристиками порохового заряду і виглядом кривих для балістичних елементів пострілу (БЕП) існує певний зв'язок. При цьому певним дефектам КС та боєприпасів відповідають пов'язані з ними відхилення реальних кривих  $p_d(t)$ ,  $v_d(t)$ . Наприклад, роздуття КС внаслідок прориву порохових газів і втрати частини їх енергії призводить до падіння тиску порохових газів («провалу» кривої  $p_d(t)$  на ділянці, що відповідає місцю розташування такого дефекту.

Таким чином, за виглядом кривих  $p(t)$ ,  $v(t)$  можна встановити характер та місце знаходження дефекту КС або характер і ступінь деградації порохового заряду.

Для отримання об'єктивних даних про реальні БЕП  $p_d(t)$ ,  $v_d(t)$ , які відповідають поточному технічному стану КС і боєприпасу, потрібна реалізація їх визначення шляхом вимірювань. Для цього можуть бути застосовані як засоби вимірювання миттєвих значень тиску порохових газів, так і засоби вимірювання миттєвих значень швидкості руху снаряду, принципи побудови і характеристики яких детально розглянуті в літературі, зокрема, [1-5].

Однак, у цих джерелах не отримали розвитку науково-методичні основи аналізу і інтерпретації результатів таких вимірювань для встановлення виду і ступеню прояву дефекту КС або боєприпасів. З огляду на це постає актуальне завдання, пов'язане з обґрунтуванням методичних



основ оброблення вимірювальної інформації про балістичні елементи пострілу при діагностуванні технічного стану каналів стволів та боєприпасів.

Ключовим питанням для практичної реалізації діагностування технічного стану КС та боєприпасів на основі аналізу характеристик БЕП залишається встановлення залежностей між видом дефекту КС (боєприпасу) і ступенем його прояву та виглядом кривих  $p(t)$ ,  $v(t)$ . Такі залежності можуть бути встановлені на основі розв'язання системи рівнянь внутрішньої балістики за умов інтеграції до неї виразів, які моделюють відхилення відповідних геометричних параметрів КС та енергетичних параметрів порохового заряду. З огляду на можливості сучасних засобів обчислювальної техніки, доцільним є отримання рішення рівнянь внутрішньої балістики чисельним шляхом. Зокрема, із застосуванням чисельних методів можуть бути визначені номінальні криві  $p_n(t)$ ,  $v_n(t)$ , які відповідають справному стану КС та боєприпасу.

Таким чином, запропонований методичний підхід до оброблення вимірювальної інформації про балістичні елементи пострілу полягає у отриманні кривих для БЕП  $p_d(t)$  або  $v_d(t)$  шляхом вимірювань та співставленні їх з відповідними номінальними кривими ( $p_n(t)$  або  $v_n(t)$ ), які відповідають технічно справному стану КС та боєприпасу. Визначається характер і обсяг відхилень цих кривих, і за показниками цих відхилень та на основі формалізованих правил (критеріїв) встановлюється вид дефекту та ступень його прояву.

Застосування запропонованого методичного підходу та відповідних засобів вимірювання відкриває шлях для реалізації експлуатаційного контролю зброї та боєприпасів в польових умовах, що виключатиме її транспортування до стаціонарних місць проведення контролю. Внаслідок цього може бути суттєво підвищена оперативність контролю.

#### Список використаних джерел:

1. Медведева Н.П. Экспериментальная баллистика. Часть 1 Методы измерения давления [Текст] : Н.П. Медведева, - Томск: ТГУ 2006.-148с.
2. Михайлов, К. В. Экспериментальная баллистика. Приборы и методы баллистических измерений [Текст] / К. В. Михайлов. – София : ВТС, 1976. – 388 с,
3. Шкворников П.Н. Экспериментальная баллистика [Текст] : П.Н. Шкворников, Н.М. Платонов, София ВТС 1976.- 392с.
4. Крюков А.М. Дифференциальная лазерная доплеровская анемометрия объектов со световозвращающей поверхностью [Текст] / Крюков А.М. , Доля Г.Н., Мудрик В.Г. Прикладная радиоэлектроника – 2013 –Т 12 № 3 ЖДТУ. – С. 436-441.
5. Крюков, О. М. Проблеми вимірювального контролю параметрів внутрішньобалістичних процесів [Текст] / О. М. Крюков, О. А. Александров // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Х. :, 2009. – Вип. 1 (19). – С. 150–152.

## **РОЗПОДІЛЕНА ІВС МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ СИТУАЦІЇ НА ТОРФ'ЯНИХ РОДОВИЩАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ**

Шестак О.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Павлишин М.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Київ, вул. Політехнічна 14, корпус 18, каф. Інформаційно –  
вимірювальних технологій, каб.334, тел. (044) 204-98-93

email: [shashashestak@gmail.com](mailto:shashashestak@gmail.com) (або [soa-ivt-pbf22@iit.kpi.ua](mailto:soa-ivt-pbf22@iit.kpi.ua))

This work is devoted to the development of the distribution of IMS parameters of peat mass. Namely temperature and humidity at different depths. It simultaneously measures the temperature and humidity of atmospheric air. This IMS prevents the critical situation of spontaneous combustion of peatlands. And including the conservation of biosphere resources and natural biodiversity. Therefore, this system is very useful and necessary for our planet. The need for such IMS is about thousand a year. This system is very easy to implement.

Майже кожен рік ми стикаємося з проблемою горіння торф'яних родовищ, та з наслідками таких катастроф - гектарами вигорілої землі, задимлень, падінь дерев, а також провалу людей і техніки під землю. Причинами пожеж є суттєві зміни клімату, а саме підвищення температури та зменшення кількості опадів.

Для запобігання займання запропонована система, яка складається з сукупності сенсорів з відповідним обладнанням (модуль інтернет – речей), розташованих на конкретній локальній території та на достатніх відстанях один від одного. На кожному модулі розміщуються по три датчики температури, які заглиблюються на 1.8м в землю, цей же модуль містить датчикки вологості ґрунту та датчики вимірювання температури та вологості атмосферного повітря.

Датчики які знаходяться у ґрунті розташовані вертикально в ґрунті через 60см і вимірюють температуру та вологість торфу, відповідно на поверхні ґрунту вимірюється температура та вологість повітря. Результати вимірювань вказаних параметрів передаються на мікроконтролер ІВС за допомогою GSM модулів. ІВС проводить обробку та оцінку результатів вимірювань, формує інтегральний висновок результатів вимірювання і по каналах радіо зв'язку і передає цю інформацію в службу ДСНС.

Для передачі інформації ми обрали модуль стандарту GSM, бо він має в порівнянні з іншими такі переваги: хороша якість зв'язку при певній щільності розташування, велика ємність мережі, низький рівень похибок в частотному діапазоні, а також ефективно кодування.

На рисунку 1 представлена схема електрична структурна даної ІВС. На рисунку 2 приведено алгоритм роботи даної ІВС. Робота даної ІВС

зводиться до почергового опитування модулю інтернет- речей, обробки та оцінювання результатів вимірювання та формуванню результату по кожній точці вимірювання. Модуль інтернет – речей представляє собою сукупність вище описаних датчиків, мікроконтролера, елементів пам'яті та засобів зв'язку. Живлення такого модуля комбіноване – акумулятор плюс сонячна батарея.

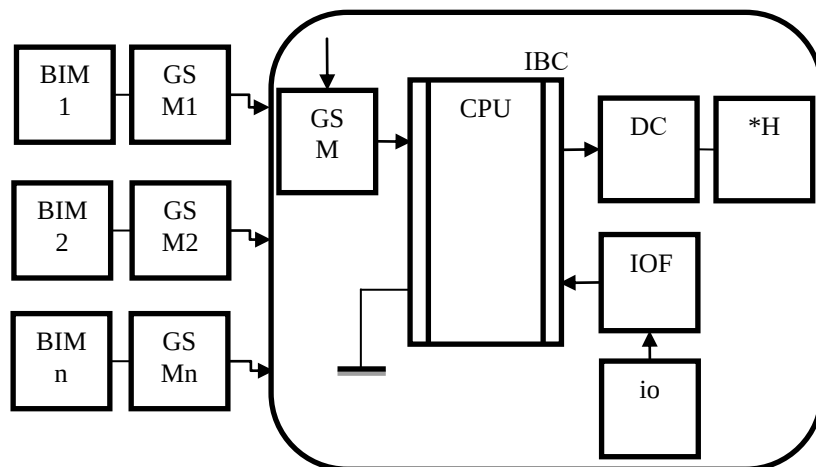


Рисунок 1

CPU – центральний процесор  
 GSM – модуль передачі даних  
 IOF — інтерфейс  
 DC –дешифратор  
 io – пристрій вводу/виводу

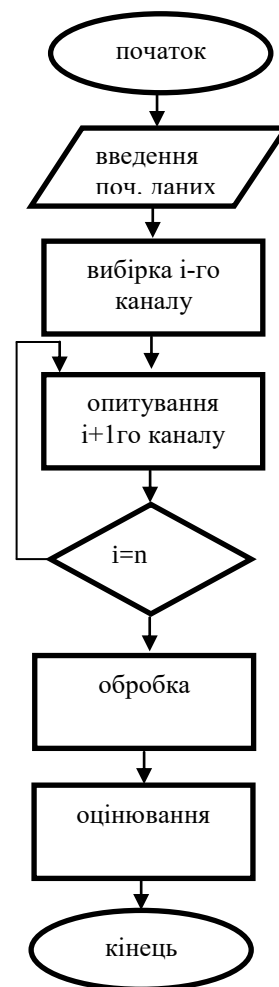


Рисунок 2

Висновок: використання запропонованої IBC дозволить контролювати рівень пожежної безпеки торф'яників, вчасно реагувати на критичні ситуації та забезпечить збереження навколишнього середовища та природного різноманіття.

#### Література

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%80%D1%84>
2. <https://fireman.club/inseklodepia/torfyanye-pozhary/>
3. <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/industrial-internet-things-iiot/>
4. <https://wireless-e.ru/gsm/enfora/>
5. <http://edu-mns.org.ua/files/materials.pdf>

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОИСКА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНОВ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Малкова А.В.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Кошевой Н.Д. Национальный  
аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»  
61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, каф. интеллектуальных измерительных  
систем и инженерии качества, тел. (057) 788-43-03 e-mail:

[amalkova158@gmail.com](mailto:amalkova158@gmail.com)

The cost of the experiment is significantly influenced by the order of alternation of the levels of change in the factors of the planning matrix. Therefore, an urgent task is to study and apply methods that will allow alternating experiments in such a way that the cost of conducting an experiment becomes minimal. For this, a method has been developed for optimizing a multifactor experiment using electromagnetic search. This method is based on Coulomb's law and the idea of the attraction-repulsion mechanism of the theory of electromagnetism.

В науке и технике всё больше возрастает необходимость рационального использования труда ученых и инженеров, а также средств производства – технического оборудования и материалов. Одним из направлений повышения производительности научного труда является применение передовых математических методов и вычислительных средств. К таким методам относится планирование эксперимента. Его качественная и оптимальная реализация позволяет успешно решать научные, производственные и технологические проблемы.

Разработан метод оптимизации многофакторного эксперимента с использованием алгоритма электромагнитного поиска. Метод основан на аналогии с законом Кулона: агент – это электрически заряженная частица, заряд которой прямо пропорционален значению функции в той точке области поиска, где ее значение минимальное и обратно пропорционально расстоянию между этими частицами [1]. Реализация метода заключается в перестановке строк матрицы планирования эксперимента и нахождения минимального значения стоимости перестановки по отношению к первой строке матрицы. Одновременно с этим, на минимальное значение стоимости влияет расстояние между строками матрицы.

При исследовании фотоэлектрических преобразователей угловых перемещений [2] в качестве факторов, влияющих на процесс, целесообразно выбрать:  $x_1$  – угол отклонения центральной оси излучающего элемента (ИЭ) от центральной оси принимающего элемента (ПЭ),  $x_2$  – интервал между центральными осями ИЭ и ПЭ,  $x_3$  – дистанция между ИЭ и ПЭ. Напряжение  $U$ , мВ является параметром оптимизации. Для построения математической модели в виде  $U = f(x_1, x_2, x_3)$  достаточно применить полный факторный эксперимент  $2^3$ . Стоимости изменений значений

факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Стоимости изменений значений факторов

| Уровни              | $S_{x1}, \text{у.е.}$ | $S_{x2}, \text{у.е.}$ | $S_{x3}, \text{у.е.}$ |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| -1 $\rightarrow$ +1 | 3,2                   | 6,8                   | 7                     |
| +1 $\rightarrow$ -1 | 3                     | 5,5                   | 6,4                   |

План эксперимента, полученный с помощью метода электромагнитного поиска, представлен в таблице 2.

Таблица 2 – План эксперимента, полученный методом электромагнитного поиска

| Номер опыта | Факторы |       |       |
|-------------|---------|-------|-------|
|             | $x_1$   | $x_2$ | $x_3$ |
| 1           | -1      | -1    | -1    |
| 2           | -1      | -1    | +1    |
| 3           | +1      | -1    | +1    |
| 4           | +1      | +1    | +1    |
| 5           | -1      | +1    | +1    |
| 6           | -1      | +1    | -1    |
| 7           | +1      | +1    | -1    |
| 8           | +1      | -1    | -1    |

Стоимость проведения эксперимента составляет 35,1 у.е. По сравнению с начальным планом эксперимента [3], который имеет стоимость реализации 47,9 у.е., выигрыш составляет 1,3 раза.

Разработан метод, который реализует оптимизацию многофакторного эксперимента с использованием алгоритма электромагнитного поиска.

Выполнено построение оптимального плана эксперимента для исследования фотоэлектрических преобразователей угловых перемещений. Перспективы дальнейших разработок заключаются в создании и применении программного обеспечения для оптимизации данным методом планов многофакторных экспериментов с количеством факторов  $k > 3$ .

#### Список литературы

1. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 446 с.
2. Кошевой Н. Д., Костенко Е.М. Оптимальное по стоимостным и временным затратам планирование эксперимента: монография. Полтава: изд. Шевченко Р.В., 2013. 317 с.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1971, 283 с.

## **ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ КОНТРОЛЬНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗРАЗКІВ ТЕХНІКИ**

д.т.н., проф. Кононов В.Б., Кононова О.А.

Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба

61023, Харків, вул. Сумська 77/79, каф. метрології та стандартизації,  
тел. 0673045784 e-mail: [aveprofessor@gmail.com](mailto:aveprofessor@gmail.com)

In this report we will consider the quantitative evaluation methods of vehicle samples condition, in basis of which there are operations of measurement control, accuracy properties of which are characterized by probability indicators. Existed measuring methods of complex devices workability control are based on individual predictive and diagnostic methods of controlling the vehicle condition. For evaluation the probability of which we use the known errors probability for the first and second type, which are functionally related with vehicles parameters measurement errors.

В основі кількісних контрольних методів оцінювання стану зразків техніки лежать операції вимірювального контролю працездатності (ВКП), точнісні властивості яких характеризуються показниками ймовірності.

Кожна група методів ВКП відрізняється сукупністю засобів вимірювання, що використовується. У системі контролю працездатності складних виробів можуть бути передбачені методи індивідуального прогнозуючого контролю стану (ПКС) й діагностичного контролю стану (ДКС). ДКС, які використовують кількісні (параметричні) або якісні (функціональні) методи пошуку й локалізації відмов апаратури зразків техніки, завжди базуються на операціях контролю. Для оцінки ймовірності яких використовуються відомі ймовірності помилок першого й другого роду, що функціонально пов'язані з похибками вимірів параметрів зразків техніки. Визначимо існуючи ВКП.

При проведенні контролю - перевірки працездатності зразків техніки за ВКП 1 працездатність зразків техніки оцінюється за результатами ВКП його технічних параметрів (метод диференціального або поелементного контролю). Система контролю зразка техніки, що реалізує методи ВКП1, є сукупністю засобів вимірювання кожного контрольованого параметра зразків техніки й ланки контролю, що виробляє сигнали "придатний" або "непридатний" по параметрах, а також по зразку техніки в цілому.

При проведенні контролю - перевірки працездатності зразків техніки, за ВКП 2 працездатність зразків техніки оцінюється безпосередньо за результатами контролю вихідних (узагальнених) параметрів або характеристик зразків техніки, що отримуються розрахунковим шляхом, на основі вимірювання його технічних параметрів. Він має назву інтегрального або комплексного контролю. В якості узагальненого параметру виробу виступають показник потенціалу зразка техніки, його наробіток на відмову, коефіцієнт готовності, коефіцієнт збереження ефективності. Система контролю стану, яка здійснює реалізацію методу ВКП 2, є сукупністю засобів вимірювання параметрів зразків техніки, пристроїв обробки даних і

обчислення узагальнених параметрів зразків техніки й ланки контролю, що виробляє контрольну оцінку “придатний” або “непридатний” по зразку техніки в цілому.

При проведенні контролю - перевірки працездатності зразків техніки, за ВКП 3 працездатність зразків техніки оцінюється безпосередньо за результатами порівняння вихідних параметрів виробу з параметрами контрольного (“зразкового” або “еталонного”) зразка техніки, характеристики якого в 2 - 10 раз точніше відповідних характеристик контрольованого зразка техніки.

У систему контролю стану, що реалізує методи ВКП1-ВКП3, входить контрольний зразок, наприклад, оптичний або лазерний засіб для контролю, ланка контролю із пристроєм обробки й аналізу результатів порівняння вихідних параметрів, що виробляють сигнали “придатний” або “непридатний” по зразку техніки в цілому.

При проведенні контролю - перевірки працездатності зразків техніки, за ВКП 4 працездатність зразків ОВТ оцінюється за результатами аналізу відгуків виробу на контрольні (стимулюючі, іспитові) сигнали (тести) генераторів або імітаторів з нормованими метрологічними або точністними характеристиками. Система контролю стану, що реалізує методи ВКП 4, містить джерела каліброваних сигналів, індикатори або засоби вимірів параметрів відгуків на функціональних виходах зразка техніки, пристрою обробки й аналізу вимірювальної інформації.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кононов В.Б. Використання вимірювальних перетворювачів виїзними метрологічними групами в умовах проведення операції Об'єднаних сил: підручник / В.Б. Кононов, І.В. Толок, А.М. Науменко та ін.. – Х.:ХНУПС, 2019. – 428 с.
2. Кононов В.Б. Застосування електричних вимірювань засобами вимірювальної техніки в умовах проведення АТО: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018. – 392 с.
3. Кононов В.Б. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2017. – 288 с.
4. Кононов В.Б. Instrumentation and general principles of sensors. Part 1: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018.-64 с.
5. Mohammed A.S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Date/ ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences. 2017. Vol. 29. No 5. P/ 137 – 145, DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>.

## СТРУКТУРНА СХЕМА ЦИФРОВОГО ВИМІРЮВАЧА ТИСКУ

д.т.н., доц. Шевяков Ю.П., к.т.н., доц. Рафальський Ю.І.

Харківський національний університет Повітряних Сил

імені Івана Кожедуба,

61023, Харків, вул. Сумська 77/79, каф. Метрології та стандартизації,

тел. 0673045784

e-mail: [aveprofessor@gmail.com](mailto:aveprofessor@gmail.com)

In this report we consider the structural scheme of digital pressure meter. The following questions will be discussed: using the measuring pressure converters in the automatized system of parameters controlling of pressure measuring devices (ASPC); reasoning the structural scheme of digital pressure meter. For the purpose of developing the structural scheme of pressure meter, in this report were considered the conceptions about construction the chains of structural schemes of measuring devices. Based on this analysis the auothors proposed the structural scheme of digital pressure meter.

В доповіді розглядається структурна схема цифрового вимірювача тиску. Розглядаються наступні питання, як: використання вимірювальних перетворювачів тиску в автоматизовані системи контролю параметрів засобів вимірювання тиску (АСКП); обґрунтування структурної схеми цифрового вимірювача тиску.

Основою вдосконалення і розробки перспективних засобів вимірювання тиску є автоматизовані системи контролю параметрів АСКП та розробка нових приладів. Це дозволяє скоротити витрати часу з метою підтримання метрологічних характеристик засобів вимірювання тиску на необхідному (відповідному) рівні. Для прямого вимірювання тиску рідкої або газоподібної середовища з відображенням його значення безпосередньо по шкалі, табло або на індикаторі у якості первинного вимірювального приладу використовуються манометри. Манометри класифікують за принципом дії та конструкції, по виду вимірюваного тиску, за застосуванням та призначенням, по типу відображення даних та іншими ознаками. За принципом дії манометри можна розділити на рідинні, деформаційні, вантажнопоршневі, електричні (тиск визначається на основі залежності електричних параметрів та інші (теплові, онізаційні, термопарові та інші). В промисловості при локальних вимірюваннях тиску енергоносіїв в більшості випадків використовуються деформаційні манометри на основі одновиткової трубчатої пружини-трубки Бурдона - для прямопоказуючих стрілкових приладів або з багатовитковими пружинами для самописних манометрів, але на зміну їм все частіше надходять електричні манометри з цифровим табло та розвиненою системою інтерфейсів.

На сьогоднішній день найпопулярніші в світі є тензорезисторні ВПТ. Тензорезисторні чутливі елементи ТРЧЕ зображують собою металеву та або діелектричну вимірювальну мембрану, на якій розміщується тензорезистори з контактними площадками для провідного підключення до внутрішньої або зовнішньої схеми – електронному блоку обробки.



Тензорезистори (ТР) виконуються, як із металу так і з напівпровідників. Для ТРЧЕ, особливо напівпровідникових, існує вплив температури на пружні та електричні характеристики ТР, що потребує застосування спеціальних схем температурної компенсації.

З метою розробки структурної схеми вимірювача тиску в доповіді розглянуті поняття щодо побудови ланцюгів структурних схем ЗВТ.

В засобі вимірювання, сигнал, що переносить інформацію про значення вимірюваної величини, звичайно проходить ряд перетворень з метою отримання потрібного вихідного сигналу. Кожне перетворення сигналу можна уявити собі окремими частинами і дати їм назву “ланки”. З’єднання таких ланок у визначений ланцюг перетворювачів має назву структурної схеми. Структурна схема визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення і взаємозв’язок. Основними ланками вимірювальних систем є: вимірювальний елемент; вимірювальний ланцюг; чутливий елемент; вимірювальний механізм; звітний пристрій. В залежності від з’єднання кіл розрізняють два основних виду структурних схем: прямого перетворення (дії) та врівноваженого (компенсаційного) перетворювання (дії). Структурна схема врівноваженої дії також має назву схеми з від’ємним зворотним зв’язком. На основі цього аналізу авторами була запронована структурна схема цифрового вимірювача тиску.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кононов В.Б. Використання вимірювальних перетворювачів виїзними метрологічними групами в умовах проведення операції Об’єднаних сил: підручник / В.Б. Кононов, І.В. Толок, А.М. Науменко та ін.. – Х.:ХНУПС, 2019. – 428 с.
2. Кононов В.Б. Застосування електричних вимірювань засобами вимірювальної техніки в умовах проведення АТО: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018. – 392 с.
3. Кононов В.Б. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2017. – 288 с.
4. Кононов В.Б. Instrumentation and general principles of sensors. Part 1: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018.-64 с.
5. Mohammed A.S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Date/ ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences. 2017. Vol. 29. No 5. P/ 137 – 145, DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>.

# **АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАКОНОДАВЧО РЕГУЛЬОВАНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В СФЕРІ ЗАХИСТУ ЖИТТЯ ТА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ГРОМАДЯН**

Інженер з метрології 2 категорії Дученко П.Ю.,

інженер з метрології Сафін В.Т.

Керівник – начальник науково-виробничого відділу прикладної метрології фізико-хімічних вимірювань (ВФХ) Пономарьов А.В.

ДП «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» (ДП «Харківстандартметрологія»)

61002, Харків, вул. Мироносицька, 36, тел. 0680742511, 0958142162

e-mail: [pasha-duchenko@ukr.net](mailto:pasha-duchenko@ukr.net), [safin31021@gmail.com](mailto:safin31021@gmail.com)

The purpose of this work is to analyze the impact of changes to the Technical Regulations of legally regulated measuring equipment № 94 from 13.01.2016, introduced by the Resolution of the Cabinet of Ministers № 598 from 10.07.2019 to ensure the unity of measurements in the field of life and health.

Keywords: measurement, metrology, maintenance, means of measuring equipment, means of medical equipment.

Метою цієї роботи є аналіз впливу зміни до Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки № 94 від 13.01.2016р., внесені Постановою КМУ № 598 від 10.07.2019р. на забезпечення єдності вимірювань в сфері захисту життя та охорони здоров'я громадян.

Урядом України у 2013 році медичні вироби з функцією вимірювання включено до сфери регулювання Технічного регламенту щодо медичних виробів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 02.10.2013р. № 753, та Технічного регламенту щодо медичних виробів для діагностики *in vitro*, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 02.10.2013р. № 754 (далі – Технічний регламент № 753, Технічний регламент № 754), без відсильної норми на будь-які інші технічні регламенти щодо вимірювальної техніки.

З прийняттям Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13.01.2016р. № 94 (далі – Технічний регламент № 94), під його регуляторну дію потрапили медичні вироби з функцією вимірювання, на які поширюється дія Технічного регламенту № 753 або Технічного регламенту № 754, чим створено проблему подвійної оцінки відповідності медичних виробів з функцією вимірювання вимогам технічних регламентів, що негативно вплинуло на нормальне функціонування операторів ринку.

На початку 2017 року наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 02.02.2017р. № 129 створено Робочу групу з питань удосконалення оцінки відповідності законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що застосовуються для забезпечення захисту життя та охорони здоров'я громадян (далі – робоча група).

Робочою групою, сформованою для вирішення проблеми, прийнято рішення (протокол від 11.05.2017р. № 2) підготувати проекти змін до Технічного регламенту № 94, на ті засоби вимірювальної техніки, що є медичними виробами та на які поширюється дія Технічного регламенту № 753 та/або Технічного регламенту № 754. Постановою КМУ № 598 від 10.07.2019р., яка набрала чинність з 19.01.2020р. були внесені зміни до Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки № 94 від 13.01.2016р. з якого виключили медичні вироби з функцією вимірювання.

З одного боку, операторам ринку спростили вимоги для введення в обіг медичних виробів з функцією вимірювання, однак з іншого це негативно вплине на забезпечення єдності та точності вимірювань у сфері захисту життя та охорони здоров'я громадян, оскільки Технічний регламент № 753 не містить вимог щодо метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки.

З наведеної вище інформації можна зробити висновок, що для забезпечення єдності вимірювань та простежуваності в сфері забезпечення захисту життя та охорони здоров'я громадян, до Технічного регламенту №753 необхідно долучити вимоги щодо технічної документації на медичні вироби з функцією вимірювання, яка повинна бути достатньою мірою деталізованою для забезпечення додержання таких вимог:

- 1) визначення метрологічних характеристик;
- 2) відтворюваність метрологічних характеристик виготовлених засобів вимірювальної техніки за умови проведення належного регулювання з використанням призначених для цього засобів.

Наведені вище висновки є важливими, так як метрологічне забезпечення є важливою складовою якості надання медичних послуг, оскільки точність результатів вимірювань, яка використовується в медичних закладах безпосередньо впливають на точність діагнозу та правильність лікування, а отже – на здоров'я та життя пацієнтів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 03.07.2020 № 1314-VII.
2. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 03.07.2020 № 124-VIII.
3. Кушнір М. Проблеми метрологічного забезпечення діяльності закладів первинної медико-санітарної допомоги // Метрологія та прилади. – 2019. – № 3. – С. 67–71.

## ВІДТВОРЕННЯ НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ НА ЕФЕКТІ ДЖОЗЕФСОНА

Жирна Г.А.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Павленко Ю.Ф.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Метрології та технічної експертизи,

тел. (050) 619-92-83, e-mail: hanna.zhyrna@nure.ua

The reference base, which currently has 79 national standards, creates conditions for improving product quality and production efficiency, environmental control and protection of life and health of citizens, improving the country's defense capabilities, ensuring the requirements of technical regulations. Therefore, this article will consider methods for implementing AC voltage on the Josephson effect.

Створенні еталонів постійної напруги з використанням ефекту Джозефсона і багатоконтактних матриць стимулювали дослідження щодо можливості використання цього ефекту для відтворення напруги змінного струму. Формування напруги змінного струму з використанням ефекту Джозефсона може бути виконане:

1. Методом синтезу відліків або програмованої матриці (PJVS-метод);
2. Кодоімпульсним методом (JAWS-метод);
3. Методом з використанням частотної модуляції НВЧ-опромінення;

**PJVS-метод** полягає в отриманні серії дискретних відліків постійної напруги з виводів джозефсонівської матриці і у формуванні східчастого сигналу змінного струму. Для відтворення напруги змінного струму необхідна швидка і точна перекомутація опорних напруг Джозефсона. Перекомутація неможлива з переходами SIS (надпровідник-ізолятор-надпровідник). Таку можливість надають тільки лінійні матриці сильно загасаючих переходів – SINIS і SNS, однак при цьому збільшується необхідне число переходів.

Матриця з частотою опромінення 70 ГГц повинна мати близько 70 000 переходів для одержання напруги 10 В, що у 5 разів більше, ніж у стандартної матриці для одержання постійної напруги. Якщо з ряду причин потрібно використовувати більш низьку частоту опромінення (близько 20 ГГц), число переходів навіть збільшується пропорційно зменшенню частоти опромінення. Такі високотехнологічні матриці випускають тільки метрологічні інститути США і Німеччини.

Даний метод має як переваги, так і недоліки. Перевага - мала невизначеність рівня кожної сходинки, яка не перевищує  $5 \cdot 10^{-9}$  на частотах до 1 кГц, недолік - у спектрі такого сигналу міститься велика кількість

гармонік, що не дозволяє використовувати даний метод у деяких задачах метрології.

**JAWS-метод.** Недолік попереднього методу можна виправити, якщо використовувати як опромінюючий сигнал не синусоїдальний, а послідовність імпульсів. Залежно від тривалості окремих імпульсів по переходу буде проходити певне число квантів потоку на імпульс. Шляхом регулювання частоти імпульсів на матриці генерується точно визначена напруга змінного струму. Для цього в найпростішому випадку можна використовувати промисловий високошвидкісний генератор імпульсів.

Метод з використанням програмованої джозефсонівської матриці (PJVS-метод) забезпечує високу вихідну напругу (до 10 В), однак її спектр містить чималу кількість гармонік (тобто має значні спотворення). Кодоімпульсний метод (JAWS-метод) забезпечує чистий спектр, але рівень вихідного сигналу не перевищує 1 В.

**Метод з використанням частотної модуляції НВЧ-опромінення**. Цей метод базується на прямій залежності напруги на виході джозефсонівської матриці від частоти опромінення. Метод запропоновано в ННЦ «Інститут метрології», на цей час він знаходиться в стадії дослідження.

Можлива **комбінація двох методів**, яка поєднує у собі позитивні якості першого та другого методу, тобто (PJVS+JAWS) метод, який дозволяє одержати рівень напруги до 10 В з високою спектральною чистотою. Поетапно синтезують сигнал методом PJVS і на нього накладають сигнал JAWS (метод суперпозиції). Експеримент показує, що при коректній реалізації і синхронізації сигнал JAWS здатний суттєво зменшити стрибки напруги, які виникають у сигналі PJVS.

Еталони змінної напруги на ефекті Джозефсона мають своє особливе значення для метрології, воно полягає в можливості відтворення напруги змінного струму з невизначеністю, на 1-2 порядки меншою, ніж існуючі еталони, які працюють на методі теплового компарування.

Список використаної літератури:

1. Вступ до квантової метрології. Підручник. Ю.Ф. Павленко, С.І. Кондрашов, П.І. Неєжмаков та ін.; за ред. Ю.Ф. Павленка. – Харків : ФОП Мезіна В.В., 2017.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОФЕССИИ QUALITY ASSURANCE ИНЖЕНЕР

Луценко М.И.

Научный руководитель - к.т.н., проф. Егоров А.Б.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. Метрологии и технической  
экспертизы, тел. (057) 702-13-31)

e-mail: [milana.lutsenko@nure.ua](mailto:milana.lutsenko@nure.ua)

Quality assurance (QA) is any systematic process of determining whether a product or service meets specified requirements. QA establishes and maintains set requirements for developing or manufacturing reliable products. A quality assurance system is meant to increase customer confidence and a company's credibility, while also improving work processes and efficiency, and it enables a company to better compete with others.

Современное понимание обеспечения качества (Quality Assurance) продукции включает в себя прежде всего принцип отражения качества продукции в процессах, ее создающих, уменьшение вариативности процессов вследствие их статистического контроля (управления) и стандартизацию. Отцами современного менеджмента по обеспечению качества безусловно являются Такиши Тойлда, Генри Форд, Уолтер Шухард и Эдвард Деминг.

Иногда ошибочно считают, что QA - инженер и тестировщик ПО – это одно и то же. На самом деле тестировщик программного обеспечения занимается тестировкой уже готового ПО, QA - инженер работает над формированием процессов всего жизненного цикла ПО.

Quality Assurance engineer — это специалист по обеспечению качества, деятельность которого направлена на улучшение процесса разработки ПО, предотвращение дефектов и выявление ошибок в работе продукта.

Основная задача QA — обеспечение качества процессов. QA-инженер фокусирует внимание на процессах разработки ПО, улучшает их, предотвращает появление дефектов и проблем (Makes sure you are doing the right things, the right way).

Процесс обеспечения качества состоит из таких этапов:

- проверка требований к продукту;
- оценка рисков;
- планирование идей по улучшению качества продукта;
- планирование тестирования;
- анализ результатов тестирования.

Поскольку QA-инженер сотрудничает с большим количеством людей, он должен разговаривать с ними на одном языке и в какой-то мере обладать качествами этих специалистов:

- как разработчик - понимать код и иметь представление о технических рамках для реализации различных методологий;

- как бизнес-аналитик — знать рынок и целевую аудиторию, для которой создаётся ПО;

- как менеджер проекта — видеть общую картину, составленную из всех частей проекта;

- как конечный пользователь — понимать удобство пользования ПО.

К безусловным плюсам профессии можно отнести следующее:

- возможность (и необходимость!) постоянного повышения профессионального уровня в соответствии с прогрессом IT-отрасли и сферы бизнеса. Профессия не позволяет расслабиться и умственно деградировать, заставляет быть в курсе новых технологий;

- высокая оплата труда;

- престиж и всё возрастающая востребованность профессии в будущем.

Недостатками профессии являются:

- рутинная и монотонная работа при прохождении тест-кейсов в ручном тестировании и работе с документацией;

- постоянная сидячая работа за компьютером;

- большое количество заинтересованных лиц в каждом проекте, у которых свои пожелания и требования: заказчики, разработчики, пользователи.

По данным ДОУ, среднему украинскому QA-инженеру 26 лет. Он имеет опыт работы от полугода (джуниор) до 5 лет (сеньор) и получает зарплату \$600-2700.

Литература:

1. ДСТУ ISO 13053-1:2011. Статистичні методи. Методологія поліпшення процесів «Шість сигма». Частина 1. Методологія DMAIC/

2. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта / Дональд Уиллер, Девид Чамберс; Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2019 – 409 с.

3. <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/quality-assurance>.

4. [https://www.profguide.io/professions/qa\\_injeneer.html](https://www.profguide.io/professions/qa_injeneer.html).

5. <https://dou.ua/lenta/articles/qa-engineer-position/>.

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Інженер з метрології 2 категорії Бондаренко С.В.

Керівник – начальник сектору прикладної метрології вимірювань  
механічних та акустичних величин (СМА) Юрченко В.М.

ДП Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації,  
метрології та сертифікації (ДП «Харківстандартметрологія»)

61002, Харків, вул. Мироносицька, 36, тел. 0969787348

e-mail: [sergey3bond@gmail.com](mailto:sergey3bond@gmail.com),

The main purpose of the article is to reveal the reasons for measuring the air flow velocity and the processes it affects, to classify air flow velocity measuring instruments. Description of the main types of anemometers is presented. The article is of great help to choosing an anemometer to solve specific problems. From this work we can conclude that to choose an anemometer you need to clearly understand for what purposes it will be used.

Keywords: air flow velocity, anemometer, impeller, hot wire, pressure tube, ultrasound, laser.

Метою цієї роботи є розкриття цілей вимірювання швидкості повітряного потоку та процесів на які вона впливає, наведення класифікації вимірювальних приладів за їхніми конструктивними відмінностями, методом взаємодії з потоком та принципом дії.

Швидкість повітряного потоку – це дуже важливий параметр, який впливає на продуктивність людської праці, строк напрацювання на відмову механізмів, проведення будівельних робіт на висоті, метеорологічні умови оточуючого середовища та на багато інших процесів, які зустрічаються у нашому житті.

Для вимірювання швидкості повітряного потоку використовуються вимірювальні прилади, які називаються анемометрами. Анемометр – це прилад для вимірювання швидкості потоків та напрямку руху повітря, газів і рідин. Принцип роботи анемометра полягає у виявленні зміни деякої фізичної властивості потоку, або у дії потоку на механічний пристрій, розміщений в потоці.

В залежності від методу вимірювання та типу приймального пристрою анемометри поділяють на ряд типів [1]: механічні (крильчаті, чашкові), теплові (термоанемометри), динамометричні (з напірними трубками), ультразвукові (акустичні), оптичні (лазерні доплерівські).

У крильчатих та чашкових анемометрах рух повітря сприймається чотирма полими півкулями або пластинками, вигнутими у вигляді лопатей. Їхнє обертання передається стрілкам індикатору системою зубчатих коліс (анемометри АСО-3 та МС-13). Також механічні чутливі елементи можуть бути використані у поєднанні з електронним вторинним перетворювачем (анемометри Testo 417, АЦК-10). Механічні анемометри мають діапазон



вимірювань від 0,1 до 50 м/с. Переваги: порівняно невисока ціна, певна стійкість до турбулентних потоків, незалежність від температури потоку. Недоліки: недовговічність обертального механізму, невисока точність [2].

Принцип роботи теплового анемометра полягає у вимірюванні температури пластини чи нитки розжарювання, з якою взаємодіє потік. В залежності від швидкості потоку, необхідна різна енергія для того, щоб підтримувати температуру сталою. Тобто за температурою пластини можна визначити швидкість повітряного потоку (термоанемометри Testo 405, ТКА-ПКМ, МЕТЕОСКОП-М). Діапазон вимірювань від 0,01 до 20 м/с. Переваги: достатньо висока точність, невеликі розміри, висока чутливість. Недоліки: менший діапазон вимірювань, вища ціна.

Вимірювання швидкості потоку повітря можна проводити також методом визначення тиску повітря всередині напірної трубки (найчастіше конструкції Піто та НІИОГАЗ). Швидкість руху повітря обчислюється шляхом порівняння надлишкового тиску повітря всередині трубки та зовні. Це так звані динамометричні анемометри. Вимірювальний діапазон від 2 до 100 м/с. Переваги методу: визначення високих швидкостей повітряного потоку, широкий температурний діапазон, довгий строк служби напірної трубки. Недоліки: неможливість вимірювання низьких швидкостей, необхідність використання напірної трубки у взаємодії з диференціальним манометром, необхідність проведення розрахунків [3].

Ультразвукові та лазерні анемометри використовуються для вирішення спеціальних завдань. Вони хоча і мають високу точність та широкий діапазон вимірювань, але коштують дуже багато, через це для контролю швидкості потоку у повсякденних задачах їх використовувати недоцільно та дорого.

З наведеної вище інформації можна зробити висновок, що найпоширенішими вимірювачами швидкості повітряних та газових потоків є механічні, теплові та динамометричні анемометри. Для того, щоб обрати потрібний вимірювальний прилад, треба знати у якому діапазоні та з якою динамікою змінюється швидкість повітряного потоку, з якою точністю її потрібно виміряти та розуміти скільки коштів ви готові заплатити за бажаний прилад.

### **Список використаних джерел:**

1. Анемометр//<https://simvolt.ua/anemometr-prilad-dlya-viznachennya-shvidkosti-ta-napryamku-rukhu-potoku/>, 23.02.2021.
2. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько – Харків : НГУ, 2014. – 271 с.
3. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підручник / Ю.І. Посудін — Київ: Світ, 2003. — 288 с.

## **ПРОВЕРКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ КАЛИБРОВОЧНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ЦЕНТРОМ**

**ГП «ХАРЬКОВСТАНДАРТМЕТРОЛОГИЯ»**

Новомодный О.Н., PhD Коржов И.М.

Государственное предприятие «Харьковский региональный  
научно-производственный центр стандартизации,  
метрологии и сертификации»

Украина, 61002, г. Харьков, ул. Мироносицкая, 36,

тел. (057) 752-43-82, e-mail: [330@mtl.kharkov.ua](mailto:330@mtl.kharkov.ua), [provayder330@gmail.com](mailto:provayder330@gmail.com)

Proficiency testing is the most objective tool for external quality assessment of calibration laboratories. Proficiency testing is performed by a proficiency testing provider. The Metrological Center of SE "Kharkovstandartmetrology" is the first in Ukraine accredited proficiency testing provider. The metrological center of SE "Kharkovstandartmetrology" has implemented about 100 rounds of proficiency testing schemes, in which 39 different calibration laboratories took part. SE "Kharkovstandartmetrology" implements European and world approach to recognition of proficiency testing.

Проверка профессионального уровня (проверка квалификации) (proficiency testing) – наиболее объективный и эффективный инструмент внешней оценки общего качества метрологических работ и деятельности, калибровочных лабораторий в частности [1].

Согласно ДСТУ EN ISO/IEC 17043:2017 [2] проверку профессионального уровня реализует провайдер проверки профессионального уровня. Для независимого подтверждения своей компетенции в проведении работ по проверке профессионального уровня провайдер профессионального уровня Метрологический центр ГП «Харьковстандартметрология» первый в Украине успешно прошёл аккредитацию в Национальном агентстве аккредитации Украины на соответствие ДСТУ EN ISO/IEC 17043:2017 [2] в 2018 году.

ГП «Харьковстандартметрология», в качестве провайдера проверки профессионального уровня и Отдел прикладной метрологии измерительных систем и процессов (ОСП), в качестве координатора, регулярно проводят раунды проверки профессиональной деятельности по таким направлениям как калибровка средств измерительной техники и испытание продукции. За 5-и летний период деятельности провайдер –Метрологический центр ГП «Харьковстандартметрология» реализовал около 100 раундов схем проверки профессионального уровня, в которых приняли участие 39 различных калибровочных лабораторий различных форм собственности. В тоже время, на момент написания статьи, согласно реестру Національного агентства з акредитації України (НААУ) [3], в Украине насчитывается 35 аккредитованных калибровочных лабораторий, для которых участие в подобных проверках является обязательным.



Заинтересованность к деятельности Метрологического центра ГП «Харьковстандартметрологія» как провайдера проявляют лаборатории и организации не только в Украине, но и за рубежом (см. рис. 1):

Рис. 1 – Статистика посещаемости официального web-сайта провайдера

Метрологический центр ГП «Харьковстандартметрологія» не останавливается на достигнутом и разрабатывает новые направления реализации раундов проверки профессиональной деятельности. Наши предложения открыты широкому кругу лабораторий благодаря освещению деятельности провайдера в глобальной сети Интернет по адресу <http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23/lang/ua> [4]

Деятельность ГП «Харьковстандартметрологія» в этом направлении реализует европейский и мировой подход к признанию профессионального уровня не только в рамках Украины, но и позволяет поставщикам продукции и услуг выходить на международный уровень.

#### **Список литературы:**

1. Коржов І. М. Перспективи розвитку теорії і практики контролю та діагностування в розрізі перевірки кваліфікації лабораторій // Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – 2018. – №. 27. – С. 62-67
2. ДСТУ EN ISO/IEC 17043:2017 (EN ISO/IEC 17043:2010; ISO/IEC 17043:2010, IDT) Оцінка відповідності. Загальні вимоги до перевірки професійного рівня
3. Реєстр акредитованих ООВ Національне агентство з акредитації України URL: <https://naau.org.ua/rejestr-akreditovanix-ooov/> (дата звернення 23.02.2021)
4. Офіційна веб-сторінка провайдера перевірки професійного рівня Метрологічний центр ДП «Харківстандартметрологія» URL: <http://khsms.com/primaryactivity/metrology/about/type/remont/id/23> (дата звернення 23.02.2021)

## РЕАЛІЗАЦІЯ СТАТИСТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЦИКЛУ PDCA В СМК MAPLE

Пахомова А. О.

Науковий керівник –к.т.н., старший викладач Мощенко І.О.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166, Харків, просп. Науки,14, каф. Метрології та інформаційно-  
вимірювальної техніки,  
тел.: 0951613590, e-mail: [anastasiia.pakhomova@nure.ua](mailto:anastasiia.pakhomova@nure.ua)

Due to international standards, the quality of products of Ukrainian manufacturers meets the requirements of international and European standards. The methodological support of the guarantor of a certain level of product quality is the introduction of the PDCA cycle, which helps to achieve a certain level of product quality without the development and application of additional processes through the principle of feedback. Statistical methods of quality control are used for effective implementation of this cycle. Computer data processing methods can be used to increase the efficiency and reliability of statistical quality control methods.

Відповідність якості продукції українських виробників вимогам міжнародних та європейських нормативних документів забезпечується виконанням рекомендацій основоположного стандарту в галузі якості ДСТУ EN ISO 9001:2018 Системи управління якістю. Вимоги (EN ISO 9001:2015, IDT) [1]. Методологічною підтримкою гаранту визначеного рівня якості продукції виступає реалізація циклу PDCA («Plan» - «Do» - «Check» - «Act»), який допомагає завдяки виконанню послідовних ітераційних операцій з планування, контролю та корекції визначених параметрів продукції або технологічного процесу досягти певного рівня якості продукції без розробки та застосування додаткових процесів завдяки принципу зворотного зв'язку. Тому впровадження практичних інструментів, що забезпечують реалізацію циклу PDCA у вітчизняній промисловості, виступають сьогодні дуже важливим науковим і практичним завданням науки і техніки України.

Складність практичної реалізації циклу PDCA в умовах виробничого процесу полягає у першу чергу в тому, що його коректне та ефективне застосування передбачає обґрунтований вибір та використання статистичних методів контролю якості, перелік та загальні рекомендації щодо застосування яких наведено в ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ISO 9001:2000 (ISO/TR 10017:2003, IDT) [2]. Переважна більшість цих методів передбачає оперування з масивами статистичних даних, отриманих під час застосування методів описової статистики, і вимагає досконалого розуміння і практичних навичок використання методів математичної статистики та теорії ймовірності для отримання достовірних результатів.

Для підвищення ефективності й достовірності при реалізації статистичних методів контролю якості, кращої візуалізації отриманих результатів в умовах виробничого процесу можуть використовуватися методи

комп'ютерної обробки даних, зокрема реалізовані за допомогою систем комп'ютерної математики (СМК). Дослідження застосування таких програмних середовищ, як, наприклад, СМК Matlab, Microsoft Office Excel, Statistica, SAP, SPSS, Microsoft Visual Studio, при реалізації окремих інструментів циклу PDCA, наведено в працях науковців [3]. Але відсутній системний підхід до комплексної реалізації інструментів контролю якості в рамках одного програмного середовища, яке є нескладним в застосуванні та вивчається студентами метрологічних та технічних спеціальностей вищих навчальних закладів України. Таким програмним засобом є СМК Maple, яка є однією з найбільш розповсюджених в застосуванні, значні можливості для здійснення символічних обчислень, велику базу команд для обчислення статистичних показників, можливості побудови та дослідження багатой кількості законів розподілу випадкових величин й генерування нових законів розподілу, наочної візуалізації отриманих статистичних результатів у вигляді дво- та тривимірної графіки.

Планується розробити модель комплексної реалізації базових інструментів контролю якості, що застосовуються в процесі застосування циклу PDCA на базі СМК Maple. Перелік статистичних методів, за якими будуть реалізовані програмні модулі на відповідних етапах циклу PDCA, наведено в таблиці:

| Етап № | Сутність етапу                                                                                       | Інструмент контролю якості                                  |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1      | Оцінка відхилення параметрів технологічного процесу або виробленої продукції від нормативних значень | Контрольні мапи, контрольні аркуші, гістограма якості       |
| 2      | Оцінка факторів, які можуть викликати відхилення                                                     | Метод стратифікації, діаграма розкиду і причинно-наслідкова |
| 3      | Визначення найбільш значущих факторів                                                                | Діаграма Парето                                             |
| 4      | Розробка та реалізація заходів щодо усунення або зменшення впливу цих факторів                       | -                                                           |
| 5      | Оцінка ефективності заходів                                                                          | Контрольні мапи, гістограма якості, діаграма Парето         |

#### Список літератури

1. ДСТУ EN ISO 9001:2018 Системи управління якістю. Вимоги (EN ISO 9001:2015, IDT; ISO 9001:2015, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
2. ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ISO 9001:2000 (ISO/TR 10017:2003, IDT). Львів : ДП «НДІ «Система», 2005.
3. Власов А.И., Маркелов В.В., Сергеева Н.А., Зотьева Д.Е. Реализация визуальных инструментов контроля качества в среде Matlab. *Международный научно-исследовательский журнал*. № 4 (46). 2016. С. 59-70.

## ВСТАНОВЛЕННЯ УЗГОДЖЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Пономарьов А.В.

Науковий керівник – к.т.н., доцент Козлов Ю.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. Метрології та технічної експертизи,

тел. (096) 352-98-04, e-mail: yurii.kozlov83@nure.ua

The approach to solving the problem of checking the consistency of experts' opinions when considering the tasks of expert evaluation is considered. To do this, use different indicators. The most used of these is the concordance factor. But the results of calculations show some of its shortcomings. A modified concordance coefficient or Spearman's rank correlation coefficient is recommended. These coefficients are also suitable for use in algorithms for constructing ranked lists of any objects of comparison using a four-point scale, as well as in professional selection procedures and in pedagogical qualimetry.

При вирішенні завдань експертного оцінювання з використанням різних шкал виникає потреба у виявленні зв'язку між кількісними та якісними показниками властивостей деяких об'єктів порівняння (ОП), поданими, наприклад, у вигляді ранжируваного списку. Зазвичай для цього використовують різні характеристики: коефіцієнт кореляції Пірсона або коефіцієнт кореляції знаків Фехнера (для шкал відношень, інтервалів та кількісної шкали), рангову кореляцію Спірмена або Кендалла (для шкал порядку), тобто для випадку використання даних нечислової природи [1]. В цьому разі недостатня узгодженість ОП і малий обсяг вибірки не дають змоги отримати очікуваний результат [2].

В практиці експертного оцінювання часто за міру узгодженості думок експертів використовують так званий коефіцієнт конкордації (КК), що розраховується в два кроки за відомими формулами [3]. Наявність у числівнику першої з них постійного коефіцієнту 12 викликає «підозру» як натяк на емпіричність. Результати аналітичного моделювання із застосуванням табличного процесора MS Excel показують, що при рівності рангів деяких об'єктів значення КК перевищує одиницю (що потребує попередньої обробки ранжируваного списку), а при недостатній узгодженості об'єктів навіть по одному з вимірів різко зменшується. До речі, нульове значення КК є взагалі недосяжним при парній кількості експертів. Але головним недоліком коефіцієнта конкордації є необхідність підбору експертної групи і «тренування» експертів, що, на нашу думку, виключає будь-яку об'єктивність при вирішенні завдань експертного оцінювання.

Для порівняння вибірок  $X$  та  $Y$ , складених із оцінок  $y_i$  та  $x_i$ , отриманих за шкалою порядку запропоновано використовувати [4] модифікований коефіцієнт конкордації (МКК):

$$W_m = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m |y_i - x_i|}{m(k-l)}, \quad (1)$$

де  $m$  – обсяг вибірки (фактично – кількість об’єктів експертизи, оцінюваних ознак тощо);  $k$  та  $l$  – відповідно максимально та мінімально можливі значення оцінок експертів, тому можна розглядати  $(k-l) = L$  як довжину шкали, застосовувану для оцінювання.

Легко перевірити, що для будь-яких  $m, k, l$  при повному збігу оцінок числитель дробу дорівнює 0, так як  $m \cdot \Delta_i = m \cdot 0 = 0$ , значення  $W_m = 1$ , при повному незбігу числитель дробу дорівнює  $m \cdot \Delta_i = m \cdot (k-l)$ , значення  $W_m = 0$ .

Якщо одну із вибірок, наприклад  $Y$ , визначити як зразок ( $y_1 = y_2 = \dots = y_i = y_m = 5$  за чотирибальною шкалою), то МКК можна використати для ранжирування будь-яких об’єктів порівняння за деякими ознаками, відповідні оцінки  $x_i$  яких визначені експертним методом і приведені до чотирибальної шкали [5]; розрахункова формула приймає такий вигляд:

$$W_m = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m |y_i - x_i|}{3m}. \quad (2)$$

Крім розглянутого МКК, для встановлення узгодженості експертних оцінок зі зразком, можна використовувати також коефіцієнт рангової кореляції Спірмена. Такий підхід може бути прийнятним також для вирішення завдань педагогічної кваліметрії і професійного відбору.

### Список використаних джерел

1. Корреляция [Электронный ресурс] Режим доступа: [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org). – Название с экрана.
2. Орлов, А.И. Нечисловая статистика. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 516 с.
3. Шишкин, И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством/ И.Ф. Шишкин; под ред. акад. Н.С. Соломенко. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 342 с..
4. Кузнецов, А.В. Модифицированный коэффициент конкордации и его использование в нечисловой статистике/ А.В. Кузнецов [Электронный ресурс] Режим доступа: [exponenta.ru/educat/referat/XIkonkurs/student32](http://exponenta.ru/educat/referat/XIkonkurs/student32).
5. Дубровіна, В.В. Встановлення узгодженості результатів при вирішенні завдань експертного оцінювання/ В.В. Дубровіна, В.Є. Козлов, Ю.В. Козлов, ОО. Новикова// Зб. наук. праць Національної Академії Національної гвардії України. – Харків, 2014. – Вип. 2 (24). – С. 92- 94.



## **МЕТОДИКА БАГАТОКРЕТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ КВАЛІМЕТРІЇ РІЗНОЇ ПРИРОДИ**

Черняк О.М., Сороколат Н.А., Каницька І.В.

Українська інженерно-педагогічна академія

61003, м. Харків, вул. Університетська, 16, каф. охорони праці,

стандартизації та сертифікації, тел. (057)733-78-38,

e-mail: [cherniak@uipa.edu.ua](mailto:cherniak@uipa.edu.ua)

Having single quality indicators in a single (dimensionless) assessment scale, it is proposed to determine a single integrated quality indicator of a qualimetry object using integration methods. It is proposed to find the area under the broken curve, which is constructed as a result of combining the assessments of quality indicators on a dimensionless scale during a certain observation time. A method for determining a generalized quality indicator of a qualimetry object is proposed, which can be considered universal, since it can be used for multi-criteria assessment of the quality of qualimetry objects of various nature.

Виробництво якісних товарів - актуальне завдання національної економіки України, так як являється головною умовою для забезпечення конкурентоспроможності продукції національних виробників на європейських та міжнародних ринках. Для забезпечення якості продукції на виробництві існує ряд завдань, для вирішення яких необхідно застосовувати сучасні методи вимірювання, оцінювання, аналізування з метою управління технологічними процесами.

Продукція характеризується набором показників якості, які мають різні одиниці та діапазони вимірювання, тому необхідно володіти або великою кількістю інженерних методик оцінювання їх якості, або одну, універсальну, яка могла би застосовуватися для об'єктів кваліметрії різної природи. В даному випадку під об'єктом кваліметрії різної природи розуміємо різні види продукції, які мають різні показники якості зі своїми одиницями та діапазонами вимірювання.

Для розроблення такої методики необхідно вирішити декілька важливих задач, серед яких:

- визначити вид залежності між вимірним значенням показника якості об'єкту кваліметрії та його оцінкою на безрозмірній шкалі;
- запропонувати метод об'єднання оцінок вимірних показників якості у єдину (комплексну) оцінку.

Пропонується методика визначення комплексного показника якості об'єкту кваліметрії, яка складається з ряду кроків:

Крок 1. Вимірюються дійсні показники якості об'єкту кваліметрії в одиницях його вимірювання.

Крок 2. Використовуючи одну із залежностей [1-3] визначають оцінки кожного показника якості на безрозмірній шкалі.

Крок 3. Будують часовий ряд зміни оцінки кожного показника якості з часом у вигляді, показаному на рисунку 1.





Рисунок 1 – Часовий ряд оцінок показників якості

Крок 4. Визначають площу під ламаною лінією, яка будується в результаті об'єднання оцінок протягом певного проміжку часу застосовуючи метод середніх прямокутників для інтегрування часового ряду з метою отримання комплексного показника якості об'єкту кваліметрії з часом:

$$S = h \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1)$$

Крок 5. Використовуючи формулу (2) визначають об'єм під ламаною площиною, яка будується в результаті об'єднання усіх оцінок усіх показників якості протягом певного проміжку часу.

$$V = h \cdot k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{i,j}, \quad (2)$$

де  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$ .

Величина об'єму під ламаною площиною буде являтися комплексною оцінкою якості об'єкту кваліметрії з часом. Таку методику можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання якості об'єктів кваліметрії різної природи.

#### Список використаних джерел

1. Ginevičius R., Trishch H., Petraškevičius V. "Quantitative assessment of quality management systems' processes". *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*. 2015. №. 28:1, P. 1096-1110.
2. Cherniak O., Trishch R., Kim N., Ratajczak S. Quantitative assessment of working conditions in the workplace. *Engineering Management in Production and Services*. 2020. № 12(2). P. 99-106.
3. Trishch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. № 4/3 (82). P. 18-24.

## ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОШЕННЯ НЕЧІТКОЇ ПЕРЕВАГИ ПРИ ПОРІВНЯННІ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Босенко Д.В., Яремчук Н.А., Шведова В.В.

Науковий керівник – професор, к.т.н., Яремчук Н.А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37, кафедра інформаційно-вимірjuвальних технологій, тел. (044) 204-98-97

[qwertyzs@bigmir.net](mailto:qwertyzs@bigmir.net), [shvedova\\_viktoiya@ukr.net](mailto:shvedova_viktoiya@ukr.net), [yaremchukna@i.ua](mailto:yaremchukna@i.ua)

The paper proposes the application of the relation of fuzzy advantage when comparing distance learning systems for quality using a linguistic evaluation scale and fuzzy expert evaluations that characterize the degree of belonging of system quality indicators to certain gradations or classes of equivalence of the linguistic scale.

На сьогоднішні день все більшого поширення набуває дистанційне навчання, і невід’ємним його елементом технічного забезпечення є система дистанційного навчання.

Вибір найкращої для реалізації поставлених завдань системи дистанційного навчання є процедурою не тривіальною і часто залежить від: а) якщо експерта, який приймає рішення, один - його досвіду, кваліфікації і ряду суб’єктивних чинників; б) якщо експертів декілька, що є суттєвою перевагою – від їх консолідованої позиції, або умовно кажучи «вирішального алгоритму прийняття рішення», який теж може бути недостатньо обґрунтованим.

Тому в публікації запропоновано застосувати підхід, який дозволяє проранжувати декілька варіантів систем дистанційного навчання із застосуванням експертного оцінювання та поєднання отриманих оцінок експертів за алгоритмом нечіткого оцінювання.

На експертизу подано декілька проектів систем дистанційного навчання. Експертизу проводять експерти за шкалою оцінок:

$$Y = (Y_1, Y_2, Y_3),$$

де  $Y_1$  - «повністю відповідає вимогам»,  $Y_2$  - «відповідає більшості вимог»,  $Y_3$  - «відповідає меншій частині вимог».

Узагальнені нечіткі оцінки групи експертів характеризують ступінь приналежності до наведених вище категорій шкали, наприклад  $Y_1|0,7$ ;  $Y_2|0,3$ ;  $Y_3|0$ . Для вибору найкращого проекту запропоновано використати відношення нечіткої переваги [1].

Між градаціями лінгвістичної шкали обрано чіткий лінійний порядок  $S$ , тобто:

|    | Y1 | Y2 | Y3 |
|----|----|----|----|
| Y1 | 1  | 1  | 1  |
| Y2 | 0  | 1  | 1  |
| Y3 | 0  | 0  | 1  |

За оцінками групи експертів визначається наближеність оцінки якості проекту до градацій лінгвістичної шкали.

Наприклад, для трьох проектів  $X1$ ,  $X2$ ,  $X3$  нечітке відношення  $F1(XY)$  становить:

|    | Y1   | Y2   | Y3  |
|----|------|------|-----|
| X1 | 0,5  | 0,4  | 0,1 |
| X2 | 0,4  | 0,6  | 0   |
| X3 | 0,45 | 0,55 | 0   |

Після нормалізації отримуємо  $FN(XY)$ :

|    | Y1   | Y2   | Y3   |
|----|------|------|------|
| X1 | 0,83 | 0,67 | 0,15 |
| X2 | 0,67 | 1,0  | 0    |
| X3 | 0,75 | 0,93 | 0    |

Для отримання відношення нечіткої переваги формуємо композицію нечітких відношень  $R$ :

$$R = FNT * S * FN,$$

де  $FNT$  - трансформована матриця відношення  $FN$ .

|    | X1   | X2   | X3   |
|----|------|------|------|
| X1 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| X2 | 0,67 | 1,0  | 0,83 |
| X3 | 0,75 | 0,93 | 0,93 |

Відношення суворої переваги  $P$  (за формулою з [1]):

|    | X1 | X2 | X3 |
|----|----|----|----|
| X1 | 0  | 1  | 1  |
| X2 | 0  | 0  | 0  |
| X3 | 0  | 1  | 0  |

З відношення переваги витікає, що  $X1$  краща за  $X2$  та  $X3$ , а  $X3$  краща за  $X2$ , тобто системи дистанційного навчання за результатами експертного оцінювання та застосування лінгвістичної шкали можна проранжувати з точки зору якості в такому порядку:  $X1$ ,  $X3$ ,  $X2$ .

#### Література

1. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ./Под ред. Р. Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. - 408 с.

## АЛФАВІТНИЙ ПЕРЕЛІК

### А

Andrii Zhuravka, 14, 16, 18  
Ayodele Tega Ajadi, 46

### Д

David Ogamune, 16  
Denis Zhuravka, 14, 16, 18

### Е

Ethel Chila, 18

### І

Ikeza Obasi A. D., 44

### Ј

Joel Kashiija, 66

### О

Okwudili Gene Onukaogu, 14

### Р

Pershyn I. V., 22

### С

Samad Habib Suhel, 8

### Т

Tresor M.A., 42

### А

Аль-Вандави Саиф Ахмед Искандар  
Исмаель, 104  
Ащепков В.О., 119

### Б

Безрученко О.Ю., 104  
Бельков Е.А., 116  
Беленцов А.С., 38  
Білик В. О., 26  
Білокурова А.О., 40  
Богомазов С.А., 129  
Бондаренко С.В., 159  
Босенко Д.В., 169

Бураківська А. О., 100

### В

Варченко М.А., 123  
Вервейко В.В., 110

### Г

Герус М.А., 68  
Гонтарь І. А., 78  
Греков І. С., 24

### Д

Давиденко Н.В., 112  
Дікаленко Д. Д., 36  
Добринін К.І., 56  
Дученко П.Ю., 153

### Є

Єрмолаєв А.А., 88

### Ж

Жирна Г.А., 155

### З

Запотроєв Д.І., 123

### К

Каницька І.В., 167  
Кепещук Д. Т., 141  
Кононов В.Б., 149  
Кононова О.А., 149  
Коржов И.М., 161  
Корнейцова Н.В., 32  
Красюкова В.В., 70  
Куліченко В.В., 121  
Курлан О.О., 90  
Кухарчук М.М., 30

### Л

Ларіонов В.В., 72  
Лісняк О.О., 12  
Луценко М.И., 157  
Лялічев В. Д., 102

## М

М. О. Чурсанов, 6  
Мазепа А.Д., 60, 62, 64  
Малкова А.В., 147  
Мальцев Д.В., 129  
Мельніков Р.С., 143  
Мірошников П.П., 139  
Муляр Б.П., 34

## Н

Назаренко К.А., 50  
Новомодный О.Н., 161

## П

Пахомова А. О., 163  
Паценко А. Н., 127  
Пономарьев А.В., 165  
Пономарьев А.К., 108  
Пушкарьов В. В., 92

## Р

Рафальський Ю.І., 151  
Румянцева О.В., 58  
Русанова Є.В., 125  
Рязанцева Л.Н., 104

## С

Сафін В.Т., 153  
Семенихин В.С., 137  
Семенченко О. А., 98  
Семеренська В.В., 54  
Сердюк А.Ю., 76  
Сердюк К.М., 94  
Сороколат Н.А., 167

## Т

Тарасов А.С., 60, 62, 64  
Твердохлеб Л.А., 133

Тищенко М.В., 131  
Товкун Ю.І., 52  
Токар Д. І., 10

## Ф

Федоренко А.С., 28  
Фоменко В. Д., 137

## Х

Хвостик И.О., 104  
Хіхло В.Ю., 139  
Ходаківський М.А., 96  
Холобок В.И., 20  
Худяков А. Д., 24

## Ч

Чапарин І.М., 82  
Черняк О.М., 167

## Ш

Шамшур І.В., 28  
Шатунова М.С., 86  
Шведова В.В., 169  
Шевченко К. Л., 84  
Шевяков Ю.П., 151  
Шестак О.А., 145  
Шульга М.Д., 74

## Ю

Юношев Д.Є., 135

## Я

Яремчук Н.А., 169

## **ЗМІСТ**

|                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ПРОБЛЕМИ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ .....</b>                                                                           | <b>5</b>   |
| <b>УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ .....</b>                                                                  | <b>49</b>  |
| <b>ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....</b>                                                                        | <b>81</b>  |
| <b>ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ, МЕТРОЛОГІЧНЕ<br/>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ .....</b> | <b>115</b> |
| <b>АЛФАВІТНИЙ ПЕРЕЛІК .....</b>                                                                                 | <b>171</b> |