

DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-6643-2020.2-60.7>

УДК 621.396.96

**Ю. С. Тарасенко**, кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій Університету митної справи та фінансів  
**Д. І. Прокопович-Ткаченко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій Університету митної справи та фінансів  
**Ю. В. Савченко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій Університету митної справи та фінансів  
**В. О. Воскобойник**, кандидат технічних наук, доцент кафедри захисту інформації, Національного університету «Запорізька політехніка»

## ПАРАДИГМА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ВИМІРЮВАНЬ: ВІД ПОГРІШНОСТІ ДО НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

*Стаття присвячена розгляду концептуальних питань організації і проведення радіоелектронних вимірювань. Результати дослідження свідчать, що адекватність і достовірність відповідності радіоелектронних вимірювань у рамках використання принципу невизначеності слід ототожнювати як з характером апостеріорних результатів вимірювань, так і з виробленням рішення щодо їх погрішностей в можливих інтервалах змін цих погрішностей у вигляді деяких відхилень, що безпосередньо і відображає наявність факту невизначеності вимірювання.*

Ключові слова: *вимірювальні моделі, засоби вимірювальної техніки, програма метрологічної атестації, безлунна камера, метрологічна атестація засобів вимірів.*

*Статья посвящена концептуальным вопросам организации и проведения радиоэлектронных измерений. Результаты исследования свидетельствуют, что адекватность и достоверность соответствия радиоэлектронных измерений в рамках использования принципа неопределенности*

© **Ю. С. Тарасенко, Д. І. Прокопович-Ткаченко, Ю. В. Савченко, В. О. Воскобойник, 2020**

---

следует отождествлять как с характером апостериорных результатов измерений, так и с выработкой решения по приписываемых им погрешностям в возможных интервалах в виде некоторых отклонений, что и отображает наличие факта неопределенности измерений.

Ключевые слова: измерительные модели, средства измерительной техники, программа метрологической аттестации, безэховая камера, метрологическая аттестация средств измерений.

*The article is devoted to the conceptual issues of organizing and conducting radio-electronic measurements. The results of the study indicate that the adequacy and reliability of the compliance of electronic measurements within the framework of the use of the uncertainty principle should be identified both with the nature of a posteriori measurement results and with the development of a solution for the errors attributed to them in possible intervals in the form of some deviations, which reflects the presence of the fact of measurement uncertainty.*

*The analysis shows that the traceability of measurement results to the International System of Units (SI) is carried out by calibration, provided by a competent laboratory, using certified standard samples with certified values of a competent manufacturer with specified metrological traceability to SI and by direct implementation of SI units. direct or indirect comparisons with national or international standards.*

*The paradigm of reliability of conformity of measurements in the course of their realization according to modern requirements of the last ISO recommendations in Ukraine is provided by legislative requirements on creation of laboratories on calibration. At the same time, these services with a wide variety of measurements are able to cover a limited part related to determining the reliability of measurement measures in accordance with the international measurement system.*

*The results of the study can actually state that the adequacy and reliability of electronic measurements in the application of the uncertainty principle should be identified with the issuance of a posteriori measurement results and with the development of decisions on the errors attributed to them and possible intervals of their errors in the form of some deviations reflects the fact of measurement uncertainty.*

Keywords: *measuring models, measuring equipment, metrological certification program, anechoic chamber, metrological certification of measuring instruments.*

**Вступ.** Аналіз тенденцій формування основних положень по забезпе-

---

ченню надійності і єдності вимірювань в процесі реалізацій радіоелектронних способів, методів і методик вимірювань (далі вимірювальних моделей – ВМ) і засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) на сучасному етапі засвідчив нерівномірність та певні диспропорції їх розвитку. Проблема є комплексною і одним з важливих недоліків є неефективне сприйняття та використання понять погрішності і принципу невизначеності вимірювань в конкретних областях людської діяльності. Парадигма достовірності вимірювань в процесі їх реалізації відповідно до сучасних вимог останніх рекомендацій ISO в Україні забезпечується законодавчими вимогами по створенню лабораторій з калібрування. При цьому ці служби з великого різноманіття вимірювань здатні охоплювати обмежену частину, пов'язану із з'ясуванням достовірності заходів вимірювання відповідно до системи СІ. Радіоелектронні ВМ і ЗВТ ще не забезпечені достатньою нормативною базою при конкретному застосуванні і реалізації принципу невизначеності вимірювання. Це обумовлює актуальність проблеми удосконалення формування основних положень по забезпеченню надійності і єдності вимірювань в процесі реалізацій радіоелектронних способів, методів і методик вимірювань.

**Постановка задачі.** Згідно діючого раніше ДСТУ 3215-95 (натомість ГОСТ 8.326-89), що встановлює загальні вимоги до організації і порядку проведення метрологічної атестації засобів вимірювань (МАЗВ), як різновиду державного метрологічного нагляду і відомчого контролю, було прийняте, по результату позитивної МАЗВ, виносити ухвалу про придатність ЗВТ до застосування для цілей і в умовах, визначуваних їх призначенням [1, п.1.8]. При цьому метрологічну атестацію засобів вимірювань, що входять до складу випробувального устаткування і вимірювальних каналів систем (комплексів), допускається поєднувати з атестацією випробувального устаткування і метрологічною атестацією вимірювальних каналів. Причому використовується методика і програма метрологічної атестації (ПМА) засобів вимірювання можуть входити складовою частиною як в програму атестації випробувального устаткування, так і в програму метрологічної атестації вимірювальних каналів [1, п.2.6]. Тут:

- під терміном "вимірювальний канал системи" слід розуміти послідовне з'єднання вимірювальних каналів, що передбачене алгоритмом функціонування системи, які виконують скінчену функцію від сприйняття вимірюваної величини до індикації або перетворення його в сигнал, зручний або

---

для подальшого використання поза системою, або для введення в цифровий або аналоговий обчислювальний пристрій, що входить до складу системи (комплексу);

- під терміном "ПМА" – деякий методичний документ, що затверджується головними організаціями країни з державних випробувань засобів вимірювання і відповідних метрологічних служб, що встановлюють послідовність, об'єм і методику метрологічної атестації засобів вимірювання, що характеризуються спільністю функціонального призначення, методів і засобів атестації. Причому в ПМА рекомендується використовувати методики експериментальних досліджень і перегляди технічної документації, встановлені в стандартах, типових програмах державних приймальних випробувань і інших нормативно-технічних документах.

Якщо неможливо було використовувати ці методи і засоби, то підприємство (організація), що представляє засіб вимірювання на метрологічну атестацію, включають в ПМА спеціальні методи і засоби дослідження метрологічних характеристик. Більше того, допускається застосування розрахункових і розрахунково-експериментальних методів визначення метрологічних характеристик вимірювальних каналів систем (комплексів). При цьому, до проведення метрологічної атестації конкретних засобів вимірювань допускалося використання до них умовно-узагальненої назви у вигляді "нестандартних засобів вимірювань", а після успішної метрологічної атестації такі ЗВТ отримували статус стандартних засобів вимірювань. Ті ж засоби вимірювань, що не підпадають під чіткий алгоритм державного метрологічного нагляду і відомчого контролю [2-4], мали можливість бути атестованими, використовуючи ГОСТ 8.326 - 78: Метрологічне забезпечення розробки, виготовлення і експлуатації нестандартних засобів вимірювань [5]. При такій метрологічній атестації засобів вимірювальної техніки передусім здійснюється визначення метрологічних характеристик вимірювальної техніки і встановлення придатності цих ЗВТ до застосування через визначення і встановлення відповідності цих метрологічних характеристик ЗВТ, що атестуються до вимог технічного завдання (ТЗ) на розробку, а також іншим нормативним документам на ці ЗВТ, включаючи і перевірку правильності вибору методів і засобів перевірки ЗВТ, приведених (що відображаються) в експлуатаційних документах.

**Мета.** Метою публікації є аналіз тенденції формування основних по-

---

ложень по забезпеченню надійності і єдності вимірювань в процесі реалізації радіоелектронних способів, методів і методик вимірювань і засобів вимірювальної техніки з позицій використання понять погрішності і принципу невизначеності вимірювань в конкретних областях людської діяльності.

**Результати дослідження.** Наочним підтвердженням є метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки у вигляді безлунних камер (БЛК), широко вживаних при радіоелектронних вимірюваннях [6-10]. На їх основі можлива реалізація багатьох (часто дуже трудомістких) електромагнітних вимірювань, що забезпечують з'ясування як емпіричної адекватності моделей, що відображають конкретні пристрої або явища (наприклад, [11-13]), так і саму оцінку достовірності вимірювань, здійснених засобами радіоелектронної апаратури при використанні радіофізичних методів дослідження. При цьому, кожного разу перед експериментальними дослідженнями, БЛК в комплексі із стандартною вимірювальною апаратурою, повинна проходити перевірки на метрологічну достовірність підтвердження відповідності вимірювань [4].

Безпосередньо концепція принципу достовірності підтвердження відповідності вимірювань побудована на основі оцінки прийняттого ризику і аналізу функціонування комбінованої системи підтвердження відповідності в умовах невизначеності. Використання принципу невизначеності добре відоме в квантовій фізиці, радіолокації, інтроскопії і інших галузях, схильних до імовірнісних законів протікання подій в них і, нині, введений для відображення імовірнісного характеру при оцінюванні проведених вимірювань. Зокрема, наявність специфічних вимірювань при можливому відхиленні від очікуваної події або результату, наприклад, при обчисленні відношення правдоподібності [7], призводить до необхідності оцінювання достовірності підтвердження відповідності проведених вимірювань, тобто до визначення міри довіри до отриманого результату при заданому (допустимому) ризику – критерію, що визначається за допомогою статистичних закономірностей досліджуваних подій. Так, наприклад, в радіолокації використовують критерій Неймана-Пірсона або критерій ідеального спостерігача, апріорна величина яких визначається по заданій ймовірності помилкової тривоги або правильного виявлення. У разі вимірювання за допомогою БЛК, прийнято оцінювати наступні параметри: зону і рівень безлунності, уявну ефективну площу зворотного розсіювання (ЕПЗР) камери та інші параметри, необхідні

---

для оцінки істинності вимірювань, що проводяться в ній, реалізуючи наступні радіофізичні методи: безпосереднього вимірювання розсіяної потужності; рухомого індикатора (метод КСВ); накладення діаграм спрямованості приймальної антени; свіп-генератора (метод частоти, що коливається); двох приймальних антен; вимірювань уявної ЕПЗР БЛК; наноімпульсних вимірювань та інших [6-10]. Цілком зрозуміло, що кожен з перерахованих методів вимірювань має свої недоліки і переваги перед іншими, в основному в зв'язку з видом використовуваної апаратури та її якістю, зумовленої відповідними ГОСТами та ДСТУ, що забезпечують заданий (штатний) режим достовірності вимірювань. У той же час очевидно, що будь-яка методика експериментального визначення якості БЛК може претендувати лише як на її алгоритм (на метрологічній мові це означає "програма") оцінки якості, а не на атестацію. У протилежному випадку необхідно задовольнити основні положення метрологічного забезпечення згідно [5]. Тому безпосередньо сама програма метрологічної атестації таких нестандартних засобів вимірювань має включати не тільки вступну частину, але й такі розділи, як:

- перелік метрологічних характеристик, що підлягають визначенню під час атестації;
- операції й засоби метрологічних атестацій;
- умови перевірки й підготовки метрологічної атестації;
- порядок проведення метрологічних атестацій та обробка результатів вимірювання;
- оформлення результатів метрологічних атестацій.

Також, відповідно до програми атестації, необхідно визначити діапазон робочих частот безлунної камери, її коефіцієнт безлунності, уявну ефективну площу розсіювання безлунної камери, розміри безлунної зони й ефективність екранування, застосовуючи, з вище зазначеними методами, визначення рівня відбитих сигналів у безлунній камері, наприклад, у процесі випробування конкретної спрямованої антени.

В результаті реалізації описаних вище операцій можна було судити про деяку інтегральну оцінку якості досліджень в БЛК, що проводяться, підсумкові результати яких традиційно вимагали наявності достовірності вимірювань, що ототожнюється з їх апостеріорною погрішністю. Причому саме поняття "погрішність результату вимірювання" корелюється з поняттям істинного значення, чого принципово неможливо досягти. Тому на даний

---

момент належний метрологічний контроль (у тому числі й засобів вимірювань) прийнято реалізовувати в умовах невизначеності по аналогії з міжнародними стандартами, що розробляються відповідно до правил, встановлених в Директивах ISO/МЕК [14].

ISO (Міжнародна організація по стандартизації) і МЕК (Міжнародна електротехнічна комісія) утворюють спеціалізовану систему всесвітньої стандартизації, тоді як національні комітети – члени ISO і МЕК, беруть участь в розробці міжнародних стандартів у рамках технічних комітетів, що засновуються відповідними організаціями з метою дослідження конкретних областей технічної діяльності. Існуючі технічні комітети ISO і МЕК співпрацюють в тих областях, які представляють загальний інтерес, а міжнародні, урядові і неурядові організації, що мають зв'язки з ISO і МЕК, також безпосередньо беруть участь в розробці нормативних документів. Зокрема, відповідальність за розробку міжнародних стандартів і керівництва в області оцінки відповідності несе Комітет ISO за оцінкою відповідності (КАСКО). Так Стандарт ISO/МЕК 17007 [14] розроблений Комітетом ISO за оцінкою відповідності (КАСКО). У нім містяться принципи і методичні вказівки по розробці нормативних документів, спрямованих на реалізацію (здійснення) діяльності за оцінкою відповідності при випробуваннях в процесі інспекційного контролю і видачі різних форм сертифікації. Кінцевим результатом такої діяльності прийнято вважати або підтвердження відповідності у формі декларування, звітів, сертифікатів, знаків відповідності або надання дозволів і ліцензій. Причому, наріжним моментом при русі вгору за ієрархією вимірів, (включаючи калібрувальні послуги нижчого рівня, промислові дослідження і розробки, комерційну і регулюючу діяльність на ринку, інженерну роботу в промисловості, академічні дослідження, промислові початкові еталони і калібрувальні лабораторії, національні лабораторії еталонів і так далі) з'явилося, незважаючи на понятійну складність сприйняття і методик оцінювання, введення поняття невизначеності вимірювань [15]. При цьому, базовий документ виданий в 1995 році Міжнародною організацією по стандартизації (Швейцарія) у вигляді "Керівництва по вираженню невизначеності вимірювання": Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. International Organization for Standardization, Switzerland, 1995" [16,17], розробка якого з 1993 року здійснювалася під егідою семи міжнародних організацій: Міжнародного бюро мір і ваг, Міжнародної електричної комісії, Між-

---

народної організації зі стандартизації, Міжнародної організації законодавчої метрології, Міжнародного союзу чистої і прикладної хімії, Міжнародного союзу чистої і прикладної фізики, Міжнародній федерації клінічної хімії. Цим документом передбачалося повне інформаційне забезпечення по складанню звітів про невизначеність вимірювань з метою реалізації міжнародного звіряння результатів вимірювань, в основі яких покладений універсальний метод для вираження і оцінювання невизначеності результату вимірювання, застосований до усіх видів вимірювань і усіх типів даних, використовуваних при вимірювань. Фактично, емпірично визначена величина, з позицій невизначеності вимірювання, повинна бути внутрішньо узгодженою, незалежно від компонентів її складових і їх (компонентів) можливого угруповання. Крім того, належним чином має бути передбачена необхідність забезпечення спадкоємності використання невизначеності вимірювання при безпосередньої оцінки одного результату в процесі оцінюванні невизначеності іншого вимірювання, в якому використовується попередній результат. Тому, в термін "невизначеність вимірювання", незважаючи на те, що поняття "невизначеність" можна трактувати як "сумнів", вноситься цілком обгрунтований деякий розкид значень, який однозначно належить вимірюваній величині [18].

На даний момент, згідно з вимогами ISO, в метрологічній системі України простежується упевнена тенденція формування основних положень по забезпеченню надійності і єдності вимірювань з позиції реалізації принципу "невизначеності вимірювань" при оцінці ЗВТ. Зокрема, з 01 січня 2016 року набув чинності Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" від 05.06.2014 р. № 1314 - VII [19] спільно з Постановою Кабінету Міністрів України від 4 червня 2015 р. N 374 "Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці" із змінами і доповненнями, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 3 жовтня 2018 року № 852, введення дії якого передбачене з 25.04.2019г. [20]. При цьому, чітко виписані поняття:

- єдність вимірювань – стан вимірювань, за якого їх результати виражаються в одиницях вимірювання, а характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі з певною ймовірністю і не виходять за встановлені границі;

- засоби вимірювальної техніки – засоби вимірювань, вимірювальні



---

системи, матеріальні міри, стандартні зразки та будь-які частини засобів вимірювань або вимірювальних систем, якщо ці частини можуть бути об'єктом спеціальних вимог та окремого оцінювання відповідності;

- затвердження типу засобу вимірювальної техніки – рішення призначеного органу з оцінки відповідності, прийняте на основі звіту про оцінку типу, що тип засобу вимірювальної техніки відповідає встановленим вимогам і може використовуватися у сфері законодавчо регульованої метрології у спосіб, за якого він, як очікується, забезпечить надійні результати вимірювань протягом визначеного періоду часу;

- калібрувальна лабораторія – підприємство, організація або їх відокремлений підрозділ, що здійснює калібрування засобів вимірювальної техніки;

- калібрування – сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу.

Крім того, Національним агентством з акредитації України (Система управління НААУ) своїм наказом №244-Я від 23.04.2018 р. [21] опублікували Документ "Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (відповідно до ISO/IEC 17025:2017)". Цей документ носить інформаційний характер і містить вимоги до лабораторій, щоб вони могли продемонструвати, що лабораторії спроможні працювати компетентним чином і здатні отримувати достовірні результати. При цьому бажано використовувати стандарт ISO/IEC 17025:2017 англійською мовою (хоча і є українська версія [22] перекладу), а лабораторії, які відповідають цьому документу, також працюватимуть відповідно згідно принципів ISO 9001:2015. З введенням національного стандарту України ДСТУ ISO 9001:2015 (Системи управління якістю) [23] встановлені критерії системи менеджменту якості, по якій прийнято проходити сертифікацію світового рівня (хоч це і не є обов'язковою вимогою, але понад мільйон компаній і організацій більше 170 країн світу сертифіковані на відповідність стандарту ISO 9001). При цьому очевидно, що однією з найбільш серйозних перепон

---

на етапі виконання достовірності відповідності вимірювань є реалізація положень стандарту, що відповідає завданню калібрування необхідного вимірювального устаткування, яке безпосередньо використовується у випробувальних і калібрувальних лабораторіях з метою досягнення достовірності відповідності вимірювань за допомогою контрольних засобів вимірювань (КЗВ), які калібруються при забезпеченні єдності вимірювань, як правило, для пристроїв типу "лічильників води, лічильників газу і приладів перетворення об'єму, лічильників активної електричної енергії, теплотічильників, вимірювальних систем для безперервного і динамічного вимірювання кількості рідин (окрім води), автоматичних приладів зважування, таксометрів, матеріальних мір, приладів для вимірювання розмірів та аналізаторів відпрацьованих газів". Зрозуміло, що вище перелічене стосується сфери використання Міжнародної системи одиниць (метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, моль, кандела), прийнятою Генеральною конференцією мір і ваг, і рекомендованою Міжнародною організацією законодавчої метрології. Проте і ця незначна частина стандартних засобів вимірювальної техніки, що претендує на періодичну перевірку з метою забезпечення істинності результатів вимірювань для наступної їх оцінки на достовірність відповідності вимірювань і визначення рівня невизначеності вимірювань, що проводяться, вимагає наявності вітчизняних лабораторій з калібрування і метрологічної єдності та простеження (МЄП) результатів вимірювань. При цьому, не кажучи вже про нестандартні засоби вимірювань, часто підлягають обов'язковій калібрування й ті ЗВТ, точність і невизначеність вимірювань яких впливають на достовірність представлених результатів, і/або вимагають додаткового калібрування вимірювального устаткування при встановленні МЄП емпіричних результатів Тут, відповідно до [19, 21-25], приведену вище термінологію відповідно використовують в наступній редакції:

1. Калібрування засобів вимірювань – сукупність операцій, що виконуються в цілях визначення дійсних значень метрологічних характеристик засобів вимірювань;

2. Перевірка засобів вимірювань – сукупність операцій, що виконуються в цілях підтвердження відповідності засобів вимірювань метрологічним вимогам;

3. Простеження – властивість еталону одиниці величини, засоби вимірювань або результату вимірювань, що полягає в документально підтвер-

---

дженому встановленні їх зв'язку з державним первинним еталоном або національним первинним еталоном іноземної держави відповідної одиниці величини за допомогою звірення еталонів одиниць величин, перевірки, калібрування засобів вимірювань;

4. Метрологічне простеження (МП) – властивість результату вимірювання, відповідно до якого результат може бути співвіднесений з основою для порівняння через документований безперервний ланцюг калібрувань, кожна з яких вносить вклад в невизначеність вимірювань. При цьому МП вимагає наявності встановленої калібрувальної ієрархії і/або перевіркової схеми, а у визначення "основою для порівняння" може бути визначення одиниці вимірювання через її практичну реалізацію або методику вимірювання, або еталон.

Отже, необхідне простеження результатів вимірювань до Міжнародної системи одиниць (СІ) здійснюється за допомогою калібрування, компетентною лабораторією, що надається, використанням сертифікованих стандартних зразків з сертифікованими значеннями компетентного виробника і шляхом безпосередньої реалізації одиниць СІ, підтвердженої прямими або непрямыми звірненнями з національними або міжнародними еталонами. Усе це фактично вимагає розробки і застосування атестованих методик вимірювань і/або методик прямих вимірювань, включених в експлуатаційну документацію засобів вимірювань затвердженого типу з використанням повірених засобів вимірювань затвердженого типу при безпосередній реалізації калібраторів і стандартних зразків затвердженого типу і/або еталонів, що задовольняють державним перевірочним схемам з обов'язковим використанням системи одиниць СІ.

Проте досі простежується не деяке сприйняття, а частенько і протиріччя між традиційним використанням терміну "погрішність вимірювання" і сучасним – "невизначеність вимірювання", що особливо проявляються у сфері радіофізичних [26] вимірювань при використанні передусім не стандартних засобів вимірювань, метрологічне забезпечення розробки, виготовлення і експлуатації яких раніше реалізували згідно ГОСТ [5], пізніше по ГОСТ 8.326 - 89 [1], а далі відповідно до [19], де "результати вимірювань можуть бути використані у сфері законодавчо регульованої метрології за умови, що для таких результатів відомі відповідні характеристики похибок або невизначеність вимірювань" (див. Стаття 7. Вимірювання). Фактично з

---

терміном "невизначеність вимірювання", з'явився цілий напрям в техніці вимірювань, який використовує не стільки нові аналітичні вирази і обчислення, скільки реалізує трансформацію класичного погляду на парадигму вимірювання, обумовленого інтеграційним процесом міжнародного співтовариства у напрямі гармонізації стандартів та інших нормативних документів в області метрології з метою усунення бар'єрів в торговельній, промисловій, науковій і культурній співпраці. Саме тому в ході сучасних подій і явищ парадигма процесу вимірювань через реалізацію таких термінів безпосередньо закладає в його поняття сенс характерного (можливого) розкиду значень при безпосередніх вимірюваннях, які могли б бути обґрунтовано приписані вимірюваній величині. Отже, безпосередній детальний аналіз радіоелектронних вимірювань з позицій їх адекватності і достовірності дозволяє констатувати, що поняття "невизначеність вимірювання", за відсутності якихось нових аналітичних виразів і обчислень, відображає деяку трансформацію накопичених знань і досвіду у сфері необхідних умов вимірювання, а як достатня умова реалізації достовірності вимірювання потрібна апостеріорна оцінка у вигляді деякої (наполягаємо, імовірнісної) міри розсіяння результатів вимірювань. Як приклад, експериментально використовуючи оптимальну фільтрацію кореляційним приймачем, граничний пристрій якого налаштований відповідно до критерію Неймана-Пірсона або за критерієм ідеального спостерігача, відповідний рівень достовірності тривоги реалізується по апіорі заданій величині ймовірності правильного виявлення або ймовірності помилкової тривоги, що тотожно реалізації позицій принципу невизначеності конкретного вимірювального процесу, наприклад, при митному контролі [27].

**Висновки та перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Парадигма достовірності відповідності вимірювань у процесі їх реалізації відповідно до сучасних вимог останніх рекомендацій ISO в Україні забезпечується законодавчими вимогами по створенню лабораторій з калібрування [24]. При цьому ці служби з великого різноманіття вимірювань здатні охоплювати не малу, але обмежену частину, пов'язану із з'ясуванням достовірності заходів вимірювань відповідно до системи СІ. На жаль, радіоелектронні ВМ і ЗВТ ще не забезпечені достатньою нормативною базою при конкретному застосуванні і реалізації принципу невизначеності вимірювання. При цьому доцільно залишити представлення невизначеність вимірювань, (як і

---

для нижчих рівнях ієрархічного ланцюга вимірювань і апріорної доступності), у вигляді опублікованих звітів з калібрування і методах випробувань, використаній специфікації і сертифікатам відносно калібрування і випробувань, детального керівництва з експлуатації, з вказівками міжнародних і національних стандартів і локальних регулюючих актів. Фактично можна констатувати, що адекватність і достовірність відповідності радіоелектронних вимірювань у рамках використання принципу невизначеності слід ототожнювати як з представленням апостеріорних результатів вимірювань, так і з виробленням рішення щодо їм погрішностей і можливих інтервалах їх (погрішностей) змін у виді деяких  $\pm\Delta$ , що безпосередньо і відображає наявність обліку факту невизначеності вимірювань.

#### Список використаних джерел:

1. Метрологическая аттестация средств измерений. State system for ensuring the uniformity of measurements. Metrological certification of measuring instruments. [Текст]: ГОСТ 8.326 – 89: введ. 01. 01. 91. – М: Изд-во стандартов, 1991.
2. ISO 5725-1, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1. General principles and definitions. (ISO 5725-1 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений — Часть 1: Общие положения и определения)
3. ISO/IEC Guide 99:2007, International Vocabulary of Metrology (VIM) (Руководство ISO/МЕК 99 Международный словарь по метрологии — Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)).
4. Строганова Е.П. Развитие принципа достоверности подтверждения соответствия. // Технологии информационного общества. Спец. выпуск Т-Comm, август 2009. С. 138-140.
5. Метрологическое обеспечение разработки, изготовления и эксплуатации нестандартизованных средств измерений [Текст]: ГОСТ 8.326 – 78: введ. 01. 07. 79. – М: Изд-во стандартов, 1984.
6. Торгованов, В. А. Безэховые камеры [Текст] / В. А. Торгованов // Зарубеж. радиоэлектроника. 1974. № 12. – С. 20 – 46.
7. Тарасенко Ю.С. Фізичні основи радіолокації. Дніпро: Пороги, 2011. 487 с
8. Маслов М.Ю., Самоков Л.М., Скачков Д.В. Испытательная безэховая камера диапазона 30..1200 МГц. Технологии информационного общества. Спец. выпуск Т-Comm, август 2009. С. 123-128.
9. Наконечный В.С., Присяжный А.Е., Побережный А.А. Электроди-

---

намическое моделирование с использованием безэховых камер СВЧ. Методика оценки коэффициента безэховости. Харківський університет повітряних сил. Системи обробки інформації. 2005, Вип. 9 (49). С.116-123.

10. Балабуха Н.П., Меньших Н.Л., Солосин В.С. Электромагнитное моделирование низкочастотной рупорной безэховой камеры. Пятнадцатая ежегодная научная конференция ИТПЭ РАН при поддержке IEEE-APSL-LEOS-CHARTER Сборник тезисов докладов. Под ред. д.ф.-м.н. В.Н. Киселя.– М.: ИТПЭ РАН. 2014. С. 51-53.

11. А.с. №1095107 СССР. Способ определения характеристик приёмопередающей антенны [Текст] / Ю. С. Тарасенко, В. В. Турчин. (СССР). – опубл. 30.05.84, Бюл. № 20.

12. А.с. №1141319 СССР. Способ определения концентрации электронов в ионосферной плазме [Текст] / Ю.С. Тарасенко, В.В. Турчин (СССР). – опубл. 23.02.85, Бюл. №7.

13. А.с. №759002 СССР. Устройство для измерения рассеивающих свойств радиолокационной цели с плазменной оболочкой [Текст] / Ф.И. Коломойцев, Ю.С. Тарасенко, В.В. Турчин / (СССР). – №759002 заявл. 28.08.78.

14. ISO/МЕК 17007:2009 «Оценка соответствия. Методические указания по разработке нормативных документов, предназначенных для применения при оценке соответствия» (ISO/IEC 17007:2009 «Conformity assessment — Guidance for drafting normative documents suitable for conformity assessment»).

15. ISO/МЕК 17000:2004 Оценка соответствия. Словарь и общие принципы (ISO/IEC 17000:2004, Conformity assessment — Vocabulary and general principles).

16. ISO/IEC Guide 98-1:2009, Uncertainty of measurement - Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, IDT. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения. М. Стандартиформ. 2017.

17. ISO/IEC 98-3, Uncertainty of measurement — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) (Руководство ISO/МЕК 98-3 Неопределенность измерений — Часть 3: Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM:1995).

18. Походун А.И. Экспериментальные методы исследований. Погрешности и неопределенности измерений. Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. 112 с.

19 Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Із змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 15 січня 2015 року N 124-VIII, від 22 червня 2017 року N 2119-VIII, від 9 листопада 2017 ро-

---

ку N 2189-VIII (зміни, внесені підпунктом 9 пункту 8 розділу VI Закону України від 9 листопада 2017 року N 2189-VIII, вводяться в дію з 1 травня 2019 року, враховуючи зміни, внесені Законом України від 7 червня 2018 року N 2454-VIII), від 6 червня 2019 року N 2740-VIII (зміни, внесені підпунктами 2, 3 і 6 - 10 пункту 13 розділу I Закону України від 6 червня 2019 року N 2740-VIII, набирають чинності з 3 липня 2020 року)

20. Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці. Постанова Кабінет Міністрів України від 4 червня 2015 р. N 374 Із змінами і доповненнями, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 3 жовтня 2018 року N 852, действує с 25.04.2019. Київ КМ України.

21. «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» (відповідно до ISO/IEC 17025:2017). Національне агентство з акредитації України (НААУ). Система управління НААУ. Наказ №244-Я від 23.04.2018 г

22. Авторський переклад міжнародного стандарту ISO/IEC 17025:2017 (ДСТУ ISO/IEC 17025:2017). «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій». Авторський переклад: д. ф.-м. н., проф. В.М. Новіков. Київ – 2017.

23. ДСТУ ISO 9001:2015. Національний Стандарт України. Системи управління якістю. Вимоги. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT). Відповідає офіційному тексту. Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» (ДП НДІ «Система»). Надано чинності: наказ ДП «УкрНДНЦ» від 31 грудня 2015 р. № 221 з 2016-07-01. (ДП «УкрНДНЦ» <http://uas.org.ua>).

24. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Межгосударственный стандарт Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Форма доступу: standartno.by. М. СтандартИнформ 2020. Дата актуализации: 01.07.2020.

25. Текст Сравнительного анализа ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 с ГОСТ ISO/МЕК 17025-2009МКС 03.12.20 Дата введения 2019-09-01 Подготовлен Республиканским унитарным предприятием "Белорусский государственный центр аккредитации" (Государственное предприятие "БГЦА") на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта. М.: Стандартинформ, 2020.

26. Белоус А.И., Мерданов М.К., Шведов С.В. СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Техническая энциклопедия. Издание 2-е, дополненное. В 2-х книгах. Книга 1. Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 818с.

27. Тарасенко Ю.С., Стелюк Б.Б., Прокопович-Ткаченко Д.І. Сучасні

---

підходи достовірності митного контролю оптично непрозорих об'єктів. / «Сучасні підходи до соціально-економічного, інформаційного та науково-технічного розвитку суб'єктів національного господарства»: монографія / за ред. Л.М. Савчук, Л.М. Бандоріної. – ISBN 978-617-518-381-6 Дніпро: Пороги, 2020. – 520 с. С.416-427.

### References:

1. Metrolohichna atestatsiya zasobiv vymiryuval'noyi tekhniky. State system for en-suring the uniformity of measurements. Metrological certification of measuring instruments. [Tekst]: HOST 8.326 - 89: vved. 01. 01. 91. - M: Yzd-vo standartamy-tov, 1991.

2. ISO 5725-1, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1. General principles and definitions. (ISO 5725-1 Tochnist' (pravyl'nist' i pretsyziynist') metodiv ta rezul'tativ vymiryuvan' - Chastyna 1: Zahal'ni polozhennya ta vyznachennya) \*

3. ISO / IEC Guide 99: 2007, International Vocabulary of Metrology (VIM) (ISO / IEC Guide 99 Mizhnarodnyy slovnyk z metrolohiyi - Osnovni i zahal'ni ponyattya i vidpovidni terminy (VIM)).

4. Strohanova Ye.P. Rozvytok pryntsyphu dostovirnosti pidtverdzhennya vidpovidnosti. // Tekhnolohiyi informatsiynoho suspil'stva. Spetsvypusk T-Comm, serpen' 2009. S. 138-140.

5. Metrolohichne zabezpechennya rozrobky, vyhotovlennya i ekspluatatsiyi nestandratizovannykh zasobiv vymiryuvan' [Tekst]: HOST 8.326 - 78: vved. 01. 07. 79. - M: Yzd-vo standartov, 1984.

6. torhivli, V. A. bezlunna kamery [Tekst] / V. A. torhivli // zarubizhzhya. radioelektronika. 1974. № 12. - S. 20 - 46.

7. Tarasenko Yu.S. Fizychni osnovy radiolokatsiyi. Dnipro: Porohy, 2011. 487 s

8. Maslov M.Yu., Samokov L.M., Skachkov D.V. Vyprobuval'na bezekhovaya kamera diapazonu 30..1200 MHz. Tekhnolohiyi informatsiynoho zahal'nostva. Spetsvypusk T-Comm, serpen' 2009. S. 123-128.

9. Nakonechnyy V.S., Prysyzhnyy A.E., Poberezhnyy A.A. Elektrodynamicheskikh modelyuvannya z vykorystanniam bezekhovikh kamer SVCH. Metodyka otsinky koefitsiyenta bezlunna. Kharkivs'kyy universytet Povitryannykh syl. Systemy obrobky informatsyy. 2005, Vyp. 9 (49). S.116-123.

10. Balabukha N.P., Menshykh N.L., Solosin V.S. Elektromahnitne modelyuvannya nyz'kochastotnoyi ruporno-yi bezlunniy kamery. P'yatnadtsyata shchorichna naukova konferentsiya ITPE RAN za pidtrymky IEEE-APS-LEOS-CHAPTER Zbirnyk tez dopovidey. Pid red. d.f.-m.n. V.N. Kisi-lya.- M .: ITPE RAN. 2014. S. 51-53.



- 
11. A.s. №1095107 SRSR. Sposib vyznachennya kharakterystyk pryymal'no-peredaval'noyi anteny [Tekst] / Yu.S. Tarasenko, V.V. Turchyn. (SRSR). - opubl. 30.05.84, Byul. № 20.
  12. A.s. №1141319 SRSR. Sposib vyznachennya kontsentratsiyi elektroniv v ionosfernii plazmi [Tekst] / Yu.S. Tarasenko, V.V. Turchyn (SRSR). - opubl. 23.02.85, Byul. №7.
  13. A.s. №759002 SRSR. Prystriy dlya vymiryuvannya rozsiyuyut' vlastyovostey radiolokatsiyanoi tsili z plazmovoyi obolonkoyu [Tekst] / F.I. Kolomoitsev, Yu.S. Tarasenko, V.V. Turchyn / (SRSR). - №759002 zayavl. 28.08.78.
  14. ISO / IEC 17007: 2009 «Otsinka vidpovidnosti. Metodychni vkapiznannya po rozrobtsi normatyvnykh dokumentiv, pryznachenykh dlya prytransformatsiynykh zmin pry otsintsi vidpovidnosti »(ISO / IEC 17007: 2009« Conformity assessment - Guidance for drafting normative documents suitable for conformity assessment »).
  15. ISO / IEC 17000: 2004 Otsinka vidpovidnosti. Slovyk i zahal'ni pryntsypy (ISO / IEC 17000: 2004, Conformity assessment - Vocabulary and general principles).
  16. ISO / IEC Guide 98-1: 2009 Uncertainty of measurement - Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, IDT. Nevyznachenist' vymiryuvannya. Chastyna 1. Vvedennya v kerivnytstva za vyslovom neopretnosti vymiryuvannya. M. Standartynform. 2017.
  17. ISO / IEC 98-3, Uncertainty of measurement - Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995) (ISO / IEC Guide 98-3 Ni-vyznachenist' vymiryuvan' - Chastyna 3: Kerivnytstvo po vyrashennyu neopretnosti vymiryuvan' ( GUM: 1995).
  18. Pokhodun A.I. Eksperymental'ni metody doslidzhen'. Yak i pokhybky ineopredelennosti vymiryuvan'. Navchal'nyy posibnyk. SPb: SPbHU ITMO, 2006. 112 s.
  19. Zakonu Ukrainy «Pro metrolohiyu ta metrolohichnu diyal'nist'». Iz zminami y dopovnennya, vnesenymy Zakonamy Ukrainy vid 15 sichnya 2015 roku N 124-VIII, vid 22 chervnya 2017 roku N 2119-VIII, vid 9 lystopada 2017 roku N 2189-VIII (Zminy, vneseni pidpunktom 9 punktu 8 rozdil VI Zakonu Ukrainy vid 9 lystopada 2017 roku N 2189-VIII, vvodyat'sya v diyu z 1 travnya 2019 roku, vrakhovuyuchy Zminy, vneseni Zakonom Ukrainy vid 7 chervnya 2018 roku N 2454-VIII), vid 6 chervnya 2019 roku N 2740-VIII (Zminy, vneseni pidpunktami 2 , 3 y 6 - 10 punktu 13 rozdil I Zakonu Ukrainy vid 6 chervnya 2019 roku N 2740-VIII, nabirayut' chynnosti z 3 lypnya 2020 roku)
  20. Pro pohodzhennya materialiv Pereliku katehoriy zakonodavcho rehul'ovanosti zasobiv vymiryuval'noyi tekhniky, chto pidlyahayut' periodichniy

---

povirtsi. Postu-nova Kabinet Ministriv Ukrainy ot 4 chervnya 2015-ho. N 374 Iz zminami y do-povnennyami, vnesenymy postanovyv Kabinetu ministriv Ukrainy vid 3 zho-vtnya 2018 roku N 852, diye z 25.04.2019. Kyiv KM Ukrainy.

21. «Zahal'ni vymohy do kompetentnosti Vyprobuval'nyy ta kalibruval'nykh laboratoriy» (vidpovidno do ISO / IEC 17025 do: 2017). Natsional'ne ahentstvo z akredytatsiyi Ukrainy (NAAU). Systema upravlinnya NA-AU. Nakaz №244-YA vid 23.04.2018 r

23. DSTU ISO 9001 diye do: 2015. Natsional'nyy Standart Ukrainy. Systemy upravlinnya yakistyu. Vymohy. DSTU ISO 9001 diye do: 2015 (ISO 9001: 2015-ho, IDT). Vidpovidaye Ofitsynomu tekstu. Derzhavne pidpryyemstvo «Naukovo-doslidnyy instytut metrolohiyi vymiryuval'nykh y upravlyayuchykh system» (DP NDI «Si-stema»). Nadano chynnosti: nakaz DP «UkrNDNTS» vid 31 hrudnya 2015-ho. № 221 z 2016-07-01. (DP «UkrNDNTS» <http://uas.org.ua>).

24. DSTU ISO / IEC 17025-2019 Mizhderzhavnyy standart Zahal'ni vymohy do kompetentnosti vyprobuval'nykh ta kalibruval'nykh laboratoriy. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

25. Tekst Porivnyal'noho analizu DSTU ISO / IEC 17025-2019 s HOST ISO / IEC 17025-2009MKS 03.12.20 Data vvedennya 2019-09-01 Pidhotovleno Respublikans'kym unitarnym pidpryyemstvom "Bilorus'kyy derzhavnym-nyy tsentr akredytatsiyi" (Derzhavne pidpryyemstvo "BHTSA") na osno-ve vlasnoho perekladu na rosiys'ku movu anhlomovnoyi versiyi standartu. M.: Standartynform, 2020.

26. Bilous O.I., Merdanya M.K., Shvedov S.V. SVCH-elektronika v si-stem radiolokatsiyi i zv'yazku. Tekhnichna entsyklopediya. Vydannya 2-e, dokonannya. U 2-kh knyhakh. Knyha 1. Moskva: TEKHNOSFERA, 2018. – 818 p.

27. Tarasenko Yu.S., Stelyuk B.B., Prokopovych-Tkachenko D.I. Suchasni pidkhodi dostovirnosti mytneho kontrolyu optychno neprozorikh ob'yektiv. / «Suchasni pidkhodi do sotsial'no-ekonomichnoho, informatsiynoho ta naukovo-tekhnichnoho rozvytku sub'yektiv natsional'noho hospodarstva»: monohrafiya / za red. L.M. Savchuk, L.M. Bandorinoyi. - ISBN 978-617-518-381-6 Dnipro: Porohy, 2020. pp.416-427