

## ВІДГУК

на дисертацію **Лазаренка Сергія Леонідовича,**

«Метрологічне забезпечення вимірювань характеристик іонізуючого випромінення та модернізація еталонної бази під вимоги

Європейського Союзу»,

подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**

з галузі знань 15 – Автоматика та приладобудування,

спеціальності 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Актуальність роботи полягає у потребі неперервного розвитку та вдосконалення інформаційно-вимірювальних засобів для реєстрації, моніторингу та керування параметрами устаткування систем радіології, виробництва та використання радіації у різноманітних галузях народного господарства, починаючи від генерування електричної енергії й завершуючи медициною. У цьому плані Європейський Союз нагромадив значний досвід, вклав істотні кошти у постійний розвиток засобів вимірювальної техніки і оприлюднив його. Так-що важливість теми полягає саме у творчому перенесенні його досвіду на ґрунт систем метрологічного забезпечення галузі радіометрії в Україні, які неперервно працюють від початку розвитку атомної енергетики, тобто на протязі 50 і більше років.

Проте, наявність і потреба у значній кількості засобів вимірювання - лічильників опромінення та потужності доз - стає складною задачею, і тут виникають суто метрологічні складнощі, що стосуються вимірювальних систем, передавання розміру одиниць характеристик від Еталонів до рядового споживача, що користується дозиметром. Ці проблеми додатково ускладнюються небезпекою радіоактивного опромінення залученого персоналу. Як наслідок, лише спеціалізовані сертифіковані лабораторії можуть займатись вищевказаними роботами. Тому постановка теми рецензованої дисертаційної роботи, як і її виконання, є достатньо унікальним завданням, спроможним вирішуватись лише висококваліфікованим науковцем у межах виконання науково-прикладних задач із використанням спеціального обладнання. Навіть, закупивши подібне обладнання за величезні кошти, не отримаєш гарантій його правильного і творчого використання для потреб галузі і народного господарства у цілому.

Дослідження в області радіометрії, особливо такі, що гарантують надійність виробництва енергії на АЕС завдяки підвищенню точності



вимірювань параметрів іонізуючого випромінення, закладають основу виживання не тільки держави, але і людства в цілому. Таким чином, представлена робота щодо забезпечення єдності вимірювань характеристик іонізуючого випромінення та модернізації еталонної бази України під вимоги Європейського Союзу має велике значення і є актуальним напрямом наукових досліджень.

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення**

Дисертація спрямована на розгляд методів удосконалення еталонної бази передавання розміру одиниці радіоактивно випромінення в Україні та подальшого розвитку методів і засобів метрологічного забезпечення галузі.

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 4-х додатків. Загальний обсяг основного тексту становить 150 сторінок, список використаних джерел містить 101 найменування.

У вступі аргументовано викладено актуальність теми дисертації, мету, завдання дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами і темами, відзначено наукову новизну результатів, їх практичне значення, особистий внесок претендента.

У першому розділі проаналізовано літературні джерела щодо характеристик радіоактивного випромінювання, відзначено проблеми, які пов'язані зі специфікою галузі та відзначено значну кількість науково-технічної документації, що визначає специфіку роботи в галузі.

У другому розділі істотна увага приділена методології вимірювань характеристик дозиметричних величин, методам і засобам їх створення. Розглянуто стандартні характеристики рентгенівського та гамма-випромінювання, що істотно залежать при перенесенні розміру одиниці - від еталону до конкретного ЗВТ.

У третьому розділі досліджено Еталони дозиметричних одиниць іонізуючого випромінення. Саме вони гарантують метрологічну надійність передавання розміру одиниці випромінювання.

Четвертий розділ присвячений вивченню аспектів впровадження методів і засобів метрологічного забезпечення дозиметричних вимірювань характеристик іонізуючого випромінення.

Висновки містять інформацію про основні наукові результати роботи.

## **3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**



Дисертація виконувалася відповідно до науковому напрямку кафедри «Інформаційно-вимірювальних технологій» Національного університету «Львівська політехніка» - теоретичні та прикладні основи метрології і вимірювань в інформаційних технологіях (інформаційно-вимірювальних, кіберфізичних, робототехнічних та інших системах); тестування якості продукції і програмного забезпечення - та Державного підприємства «Київський обласний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації» в рамках його прикладної тематичної роботи, позаяк дисертант навчався у заочній аспірантурі, працюючи у згаданому підприємстві.

#### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків**

Наукові висновки та рекомендації дисертації Сергія ЛАЗАРЕНКА обґрунтовані належним чином з використанням математичного інструментарію, підкріпленим успішною реалізацією у галузі забезпечення єдності вимірювань при передаванні розміру одиниці випромінювання від Державного еталону до кінцевого споживача-користувача дозиметра. Дисертаційна робота, в цілому, може слугувати ефективним прикладом глибокої методологічної праці, увінчаної практичним застосуванням результатів дослідження на серійних ЗВТ, що підлягали калібруванню на унікальному устаткуванні, розробленому, підтримуваному і експлуатованому дисертантом.

Обґрунтованість наукових положень і висновків у дисертації є достатньою і впливає з детального аналізу наявних літературних, переважно зарубіжних та європейських джерел, чіткого опису цілей дослідження, використання досягнень сучасних метрологічних методів дослідження, зокрема методу аналізу метрологічних ризиків.

Достовірність представлених результатів підтверджується результатами експериментами, коректністю методології, які були використані під час виконання роботи і забезпечується виконаними автором теоретичними та експериментальними дослідженнями, публікаціями у фахових виданнях України та закордоном, включаючи співавторство у закордонній монографії.

#### **5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна**

Основні наукові результати та висновки дисертації апробовані на 6-и вітчизняних та міжнародних конференціях. За матеріалами дисертації опубліковано 5 статей у фахових виданнях України, 1 стаття – у науковому періодичному виданні іншої держави, що включене до міжнародної наукометричної бази даних, 1 розділ у закордонній колективній монографії, 5 тез доповідей.



Дисертант отримав такі наукові результати:

- На основі вивчення чинної в ЄС та в Україні нормативної та нормативно технічної документації, що стосуються забезпечення єдності вимірювань у галузі дозиметрії встановлено, що Схема передавання розміру одиниці, яка включає високовартісні джерела випромінювання (Національні еталони), спеціалізоване устаткування з вторинними та робочими еталонами, що передають розмір одиниці до дозиметрів і вимірювачів потужності доз, вимагає модернізації під Європейські стандарти.
- Доведено дослідженнями, що за існуючих в Україні з 70-х років минулого століття еталонних джерел випромінювання та установок, вимоги Європейського Союзу до точності передавання розміру одиниці та її niepewності можуть бути досягнуті завдяки подальшому відпрацюванню методології, розвитку методів, вивченню і вдосконаленню еталонного устаткування рентгенівського і гамма-випромінювання, для чого визначено об'єкти досліджень - стандартні характеристики рентгенівського та гамма-випромінювання, розвинуто методи моделювання і процедури калібрування.
- На основі досліджень вперше доведено, що еталонне устаткування України колімованого типу може ефективно використовуватись у метрологічному забезпеченні галузі для калібрування (повірки) і випробувань дозиметрів, причому міжлабораторні випробування підтвердили відповідність вимогам стандартів ЄС, тоді як аналогічні дослідження устаткування неколімованого типу показали, що дані операції вимагають попереднього уточнення рівномірності поля, типу й кількості дозиметрів та їх місцезнаходження в зоні опромінення, оскільки характеристики, розраховані за відомими законами розподілу інтенсивності, накладаючись на реальні конфігурації, підлягають спотворенню.
- Для досягнення необхідної точності передавання розміру одиниці удосконалено методику калібрування еталонного устаткування, причому для устаткування колімованого типу це реалізується прямим методом за допомогою еталонного дозиметра і непрямим методом за допомогою компаратора, функції якого виконує високоточний (1,5%-3%) дозиметр з декількома іонізаційними камерами, а для устаткування неколімованого типу подібне досягається прямим методом за допомогою еталонного дозиметра, виключно для енергетично скомпенсованих дозиметрів, і непрямим методом за допомогою групового компаратора вперше в Україні, що дає змогу підвищити точність калібрування дозиметрів вдвічі.
- На основі аналізу niepewності характеристик відкаліброваних дозиметрів, оптимізовано тривалість їх калібрування, що дає змогу в динамічному режимі зменшити тривалість циклу випробувань та розмір вибірки на 28 %, а також доведено можливості калібрування (повірки) дозиметрів гамма-випромінювання з використанням рентгенівської установки.



## **6. Практичне значення одержаних результатів.**

Результати досліджень використано для калібрування дозиметрів, вимірювачів доз, еталонного дозиметричного устаткування колімованої та неколімованої форми, що дало змогу підвищити точність калібрування ЗВТ та обладнання. Державне підприємство «Київоблстандартметрологія» використало результати при проведенні калібрування дозиметричних устаткування, дозиметрів іонізаційних випромінювань та вимірювачів доз для відокремлених підрозділів ДП НАЕК «Енергоатом», державних метрологічних центрів та інших підприємств. Зокрема, розроблено методики калібрування МК-IR-03-2020 «Дозиметри, вимірювачі потужності дози гамма- та рентгенівського випромінювання»; МК-IR-04-2020 «Устаткування рентгенівського випромінювання, дозиметричні устаткування та радіонуклідні джерела гамма-випромінювання»; досліджено процедури передачі розміру одиниць гамма-випромінювання для еталонних установках колімованої геометрії типу УПГД-2 та для еталонних устаткування зі свинцевими атенуаторами типу УПД-ІНТЕР, що дало змогу підвищити точність калібрування як самих устаткування, так і дозиметрів іонізаційних випромінювань та вимірювачів доз.

Крім того, результати роботи використані кафедрою «Інформаційні вимірювальні технології» Національного університету «Львівська політехніка» для підготовки фахівців за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», в тому числі аспірантів – у дисциплінах «Вибрані питання опрацювання результатів вимірювань та вимірювальних сигналів», «Проблеми технічного регулювання та оцінювання відповідності».

## **7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

За результатами аналізу дисертації та публікацій аспіранта Лазаренка Сергія Леонідовича порушень академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації тексту у роботі відсутні.

## **8. Зауваження до дисертації**

1. Розділ 1 варто було оформити у більшому обсязі, що допускає структура рецензованої роботи.

2. Розділ 4 проситься доповнити матеріалами, що стосуються прикладів калібрування окремих партій дозиметрів та аналізу їх метрологічної надійності для більшої переконливості. Або ж це саме можна було б описати у ще одному, 5-му додатку.

3. Складність термінології та одиниць випромінювання у роботі вимагають уваги як дисертанта, так і опонента, а також ускладнюють сприйняття результатів.

4. У дисертації також зустрічаються граматичні та стилістичні помилки.



### Висновки щодо дисертації

Дисертація Лазаренка Сергія Леонідовича, «Метрологічне забезпечення вимірювань характеристик іонізуючого випромінювання та модернізація еталонної бази під вимоги Європейського Союзу», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, галузь знань 15 – Автоматика та приладобудування, є актуальною й завершеною науковою працею, виконаною на належному науково-прикладному рівні з доступно викладеним матеріалом, який відповідає чинним вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії.

У роботі розв'язано актуальну науково-прикладну задачу задачі з вивчення можливості впровадження Європейських стандартів у галузі радіометрії, досліджено елементи забезпечення метрологічної надійності при передаванні розміру еталонної одиниці, вивчено засоби метрологічного забезпечення при калібруванні промислових дозиметрів, розроблено методологію оцінювання метрологічних ризиків при калібруванні, дослідження особливості впровадження устаткування калібрування на основі рентгенівського устаткування.

Сформульовані у дисертації наукові положення, висновки та рекомендації відображені у наукових публікаціях претендента. Наведені зауваження не знижують цінність результатів дисертації, а лише служать рекомендаціями.

Здобувач Лазаренко Сергій Леонідович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, галузь знань 15 – Автоматика та приладобудування.

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри інформаційних технологій

Ольга ЛИСА

