

## ПОРІВНЯННЯ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАНЬ ВЕЛИЧИН РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

© Юрій Рудик<sup>1</sup>, Віктор Куць<sup>2</sup>, Володимир Марич<sup>3</sup> 2022

<sup>1</sup> Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, д.т.н., доцент, rudyk@ldubgd.edu.ua

<sup>2</sup> Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірjuвальних технологій, к.т.н., доцент, ivt@lpnu.ua

<sup>3</sup> Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), старший викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці, к.т.н., marych@ldubgd.edu.ua

Ікс-промені, які широко використовуються в медицині, дефектоскопії і багатьох інших областях, зазвичай отримують за допомогою спеціальних вакуумних приладів, які у побуті називаються рентгенівськими трубками. Усередині цих трубок електрони прискорюються за допомогою високого електричного потенціалу і стикаються з металевим анодом. Енергія розігнаних електронів передається атомам металу, які переходять в збуджений стан, виникає складний коливальний процес, що генерує потік випромінювання в рентгенівському діапазоні. На жаль, потік створюваного випромінювання поширюється рівномірно на всі боки, а властивості ікс-променів значно ускладнюють задачу їх фокусування і формування вузького спрямованого променя, більш того, фронт імпульсу ікс-випромінювання в більшості випадків має абсолютно випадкову форму [1]. Загалом, рентгенівське (пулюївське) проміння або ікс-проміння [2] – це електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 10 нм до 0.01 нм (або від 124 еВ (кількість енергії на фотон) до 124 000 еВ). В електромагнітному спектрі діапазон частот рентгенівського випромінювання лежить між ультрафіолетом та гамма-променями.

Для вимірювання питомої та об'ємної активності проб природного середовища без попередньої фізико-хімічної обробки проби використовують радіометри з блоком детектування і вимірjuвальним пристроєм [3]. Блок детектування виконаний на основі сцинтиляційного блоку і призначений для перетворення енергії випромінювання гамма-квантів в електричні імпульси. Пристрій вимірювання призначений для перетворення і вимірювання сигналів з пристрою детектування, надання інформації про вимірювання фізичної величини в зручній для візуального зчитування формі, а також для виведення інформації на зовнішні пристрої.

Принцип роботи радіометра полягає в тому, що під дією енергії гамма-квантів в чутливому об'ємі детектора відбувається висвічування збуджених станів речовини, яке призводить до виникнення сцинтиляції. Фотоелектронний помножувач перетворює сцинтиляції в імпульси електричного струму, а також підсилює цей струм до рівня, що піддається виміру. З виходів фотоелектронних помножувачів імпульси негативної полярності подаються на підсилювачі. Посилені сигнали подаються на вузли відбору, відфільтровують корисний сигнал від шумових імпульсів і (або) від супутнього випромінювання.

Чутливість радіометра при вимірюванні активності радіонуклідів в пробах природного середовища об'ємом 1 л і щільністю від 0,2 до 1.5 г / см<sup>3</sup> по радіонукліду <sup>137</sup>Cs становить 0,035 л/Бк; по <sup>134</sup>Cs – 0,088 л/Бк. Основна похибка радіометра [3] становить ± 50% при вимірюванні активності від 20 до 100 Бк/л і ± 25% при вимірюванні активності > 100 Бк / л. Енергетичний діапазон реєстрації гамма-квантів від 100 кеВ до 2000 кеВ..

У працях [4, 7] розглядаються окремі методи та параметри вимірювання величин радіаційного впливу показників біологічної безпеки. Окремо слід зазначити встановлення

вимог і нормування показників безпеки для виробництва продукції та для стадії експлуатації, у вигляді радіонуклідних аплікаторів з різними способами укладання і випромінювальним обладнанням. В усіх випадках присутня частка матеріалів з властивостями, які створюють цілий ряд небезпечних факторів, що й визначає необхідність дослідження показників біологічної безпеки з допомогою величин радіаційного впливу.

Площинна доза (Dose area product – DAP) – це величина, яка використовується для оцінки радіаційного ризику від діагностичних рентгенівських досліджень та інтервенційних процедур. Вона визначається як поглинена доза, помножена на площу опромінення, виражена в Грей\*квадратних сантиметрах (Гр·см<sup>2</sup> [6] – іноді також використовуються одиниці з префіксом мГр·см<sup>2</sup> або сГр·см<sup>2</sup>). Виробники вимірювачів DAP зазвичай калібрують їх за відношенням поглиненої дози до повітря. DAP відображає не тільки дозу в полі радіації, а й площу тканини, яка опромінюється. Таким чином, це може бути кращим показником загального ризику провокації раку, ніж доза в межах поля. Він також має переваги безпечного для персоналу вимірювання завдяки постійному встановленню DAP-метра на рентгенівському апараті. Внаслідок розходження пучка, випущеного «точковим джерелом», площа опромінення (A) збільшується з квадратом відстані від джерела ( $A \propto d^2$ ), а інтенсивність випромінювання (I) зменшується відповідно до оберненого квадрата відстані. ( $I \propto 1/d^2$ ). Отже, добуток інтенсивності та площі, а отже, і DAP, не залежить від відстані від джерела.

Для вимірювання DAP йонізаційна камера розташовується за рентгенівськими коліматорами і повинна перехоплювати все рентгенівське поле для точного зчитування. Різні параметри рентгенівського обладнання, такі як пікова напруга (кВ), струм трубки (мА), час експозиції або площа поля, також є змінними. Наприклад, рентгенівське поле розміром 5 × 5 см із вхідною дозою 1 мГр дасть значення DAP 25 мГр·см<sup>2</sup>. Коли поле збільшується до 10 см × 10 см з тією ж вхідною дозою, DAP збільшується до 100 мГр·см<sup>2</sup>, що в чотири рази перевищує попереднє значення. Ступінь дії радіаційного впливу у будь-якому середовищі залежить від значення поглинутої енергії випромінювання та оцінюється дозою. Експозиційна доза характеризує іонізуючу здатність випромінювання у повітрі, тобто, її потенційні можливості. За одиницю дози в системі СІ прийнятий кулон (Кл / кг) – це така доза випромінювання, при якій в 1 кг сухого повітря виникають іони, які несуть заряд 1 кулон електрики кожного знаку. Поглинута доза (грей (Gy), в системі СІ – Дж/кг) характеризує енергію, яка поглинута одиницею маси опроміненого середовища, а стосовно біологічного впливу, залежить від виду випромінювання, енергії його часток, щільності потоку, виду тканин організму та тривалості впливу опромінювання.

Висновок. Таким чином, проведені дослідження дають підстави для розрахункового визначення ефективної дози в одиницях вимірювання радіаційного впливу за умовами активності більше 10 мілікюрі еквівалентної по радіотоксичності за <sup>226</sup>Ra розрахункової дози іонізуючого випромінювання, яка становить більше 60,0 мКі.

1. Луцик Я.Т., Буняк Л.К., Рудавський Ю.К., Стадник Б.І. Енциклопедія термометрії. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка». 2003 428 с.

2. Пулюй Іван Павлович URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Пулюй\\_Іван\\_Павлович](https://uk.wikipedia.org/wiki/Пулюй_Іван_Павлович).

3. Прилади радіаційного контролю виробництва НВКП "Спаринг – Віст" Львів, 2000.

4. Рудик Ю. І., Білик С.І., Черняк О.М. Розрахункова доза іонізуючого випромінювання на робочому місці. Охорона праці: освіта і практика, Львів, 2022. С.55-59.

5. Рудик Юрій Техногенна безпека як результат управління якістю супроводу технологічних процесів, Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, Львів, Видавництво Львівської політехніки, 2013.

6. Трищ Р., Горбенко Є., Доценко Н., Кім Н., Кіпоренко А. Розробка кваліметричних підходів до процесів системи управління якістю підприємств згідно з міжнародними стандартами ISO серії 9000. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 4(3), 2016, 18-24.

7. Гаврилко С.В., Барабаш О.В., Аналіз та управління ризиками застосування формувань під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. *Праці міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми моделювання ризиків» К.: УкрНДІЦЗ, 2015. С.166-170.*

8. Hideyuki Mizuno, Wataru Yamashita, Hiroaki Okuyama, Nobuhiro Takase, Taku Nakaji, Shigekazu Fukuda, *Analysis of the uncertainties in the dose audit system using radiophotoluminescent glass dosimeters in Japanese radiotherapy units, Radiation Measurements, Volume 153, 2022, 106753, doi.org/10.1016/j.radmeas.2022.106753.*

Міністерство освіти і науки України;  
Академія метрології України;  
Інститут загальної енергетики НАН України, Київ;  
Національний науковий центр «Інститут метрології», Харків, Україна;  
Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем», м. Львів, Україна;  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, м. Івано-Франківськ, Україна;  
Державне підприємство «Львівстандартметрологія», м. Львів, Україна;  
Компанія «Софтсерв» («SoftServe»), м. Львів, Україна;  
Технічний університет Ільменау, м. Ільменау, Німеччина;  
Технічний університет Варна, м. Варна, Болгарія;  
Жешівська Політехніка ім. Ігнація Лукасевича, м. Жешів, Польща

# МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІВТ-2022»

## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

9–10 листопада 2022 р.

Львів  
Видавництво Львівської політехніки  
2022

<i>Кочан О., Раюк О., Богатирчук В., Гром'як А., Кочан В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕСТУВАННЯ СТАНУ ЕЛЕКТРОДІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	84
<i>Кочан О., Раюк О., Богатирчук В., Гром'як А., Кочан В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОЧНОЇ ПОХИБКИ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	86
<i>Крайовський В., Рокоманюк М., Лужецька Н., Ромака В., Пашкевич В., Стадник Ю., Ромака Л., Горинь А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ОСНОВІ НОВОГО ТЕРМОМЕТРИЧНОГО МАТЕРІАЛУ $\text{Lu}_{1-x}\text{V}_x\text{NiSb}$ .....	88
<i>Куц Ю., Мислович М., Щербак Л.</i> СТАТИСТИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВІБРОШУМОВИХ СИГНАЛІВ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ КРИВИХ ПІРСОНА.....	89
<i>Малісевич В., Середюк О.</i> МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ ТЕРМОАНЕМОМЕТРА .....	91
<i>Mikhailieva M., Shabatura Y., Odosii L., Romanchuk V., Syrota M.</i> IMPROVEMENT AND HARMONIZATION OF NATIONAL MILITARY STANDARDS TO NATO STANDARDS IN THE FIELD OF CONTROL SYSTEMS OF TECHNICAL FLUIDS OF MILITARY EQUIPMENT .....	93
<i>Новак Д., Мошенський А., Олещенко Л., Гуйда О.</i> РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНОЮ РОБОТО ТЕХНІЧНОЮ ПЛАТФОРМОЮ.....	94
<i>Обита А., Шугай В.</i> ВНУТРІШНІ ЗАСОБИ ВІЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ ЛІНІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ТРУБОПРОВОДУ .....	96
<i>Озгович А., Ришковський О.</i> ЛАБОРАТОРНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В ЛАБОРАТОРІЇ РОЗУМНИХ СЕНСОРІВ НА КАФЕДРІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....	97
<i>Олескевич С., Кривенчук Ю.</i> РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СТОМАТОЛОГІЇ.....	98
<i>Eligiusz Pawłowski.</i> USING THE LABVIEW ENVIRONMENT IN A REMOTE LABORATORY OF COMPUTER MEASUREMENT SYSTEMS .....	99
<i>Паракуда В., Кізілівський І., Шпак О.</i> НАЦІОНАЛЬНІ ЕТАЛОНИ ОДИНИЦЬ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ЗАБЕРПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ.....	100
<i>Pytel I., Kokoshko O.</i> SOURCES OF ROBOTIC SYSTEM POSITIONING ERRORS .....	102
<i>Пихней В., Кривенчук Ю.</i> АНАЛІЗ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МЕТРИК КРИПТОВАЛЮТИ З ПЕРЕДБАЧЕННЯМ МАЙБУТНЬОЇ ЦІНИ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	103
<i>Петренко Д., Кривенчук Ю.</i> РОЛЬ БІПЛА У СУЧАСНОМУ СВІТІ.....	105
<i>Пономаренко О.</i> МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ВОДНИХ ДЖЕРЕЛАХ .....	107
<i>Походило Є., Стасишин Ю.</i> СПОСІБ ВІЯВЛЕННЯ ДОБАВКИ 621 У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ.....	111
<i>Jacek Puchalski, Zygmunt Lech Warsza.</i> LINEAR REGRESSION METHOD OF MATCHING THE PARABOLIC CURVE TO TESTED POINTS OF BOTH CORRELATED COORDINATES .....	113
<i>Рокоманюк М.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛУ $\text{Lu}_{1-x}\text{Sc}_x\text{NiSb}$ .....	115
<i>Романенко В.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТТІВ.....	116
<i>Рудик Ю., Куць В., Марич В.</i> ПОРІВНЯННЯ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАНЬ ВЕЛИЧИН РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	117

### **ОРГАНІЗАТОРИ:**

Міністерство освіти і науки України;  
Національний університет „Львівська політехніка”;  
Академія метрології України;  
Інститут загальної енергетики НАН України, Київ;  
Національний науковий центр «Інститут метрології», Харків, Україна;  
Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і  
управляючих систем», м. Львів, Україна;  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, м. Івано-  
Франківськ, Україна;  
Державне підприємство «Львівстандартметрологія», м. Львів, Україна;  
Компанія «Софтсерв» («SoftServe»), м. Львів, Україна;  
Технічний університет Ільменау, м. Ільменау, Німеччина;  
Технічний університет Варна, м. Варна, Болгарія;  
Жешувська Політехніка ім. Ігнація Лукасевича, м. Жешів, Польща

### **КООРДИНАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

Національний університет “Львівська політехніка”:  
Інститут комп’ютерних технологій, автоматики та метрології  
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

**Міжнародна** науково-практична конференція «Інформаційно-вимірювальні  
М 88 технології ІВТ-2022»: тези доповідей, 9–10 листопада 2022 р. – Львів, 2022. – Режим  
доступу: <https://science.lpnu.ua/ivt-2022/proceedings-2022> вільний. – Заголовок з  
екрана. – Мова укр. й англ.

ISBN 978-966-941-770-1

Збірник містить тези доповідей учасників Міжнародної конференції, яка відбулася  
9–10 листопада 2022 р.

**УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91**

*Матеріали подано в авторській редакції*

Відповідальний за випуск **М. М. Микийчук**