Ministry of Education and Science of Ukraine;
Metrology Academy of Ukraine;
Institute of General Energy of the National Sciences Academy of Ukraine, Kyiiv;
National Scientific Center «Institute of Metrology», Kharkiv, Ukraine;
State enterprise «Research Institute of Metrology
of Measuring and Control Systems», Lviv, Ukraine;
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine,
Ivano-Frankivsk, Ukraine;
State enterprise «Lvivstandartmetrologiya»", Lviv, Ukraine;
«Softserv» company, Lviv, Ukraine;
Ilmenau Technical University, Ilmenau, Germany;
Varna Technical University, Varna, Bulgaria;
Rzeszow Polytechnic named after Ignatsia Lukasiewicz, Rzeszow, Poland

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «Information and measurement technologies IMT-2022»

PROCEEDINGS

November 9–10, 2022

Lviv
Lviv Polytechnic Publishing House
2022

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

УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91
М 88

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**

ISBN 978-966-941-770-1

© Національний університет
“Львівська політехніка”, 2022

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

ГОЛОВА НАУКОВОГО КОМІТЕТУ:

Микийчук Микола (Україна)

ЧЛЕНИ НАУКОВОГО КОМІТЕТУ:

1. Стадник Богдан Іванович (Україна)
2. Бабак Віталій (Україна)
3. Байцар Роман (Україна)
4. Бубела Тетяна (Україна)
5. Большаков Володимир (Україна)
6. Василевський Олександр (Україна)
7. Величко Олег (Україна)
8. Володарський Євген (Україна)
9. Ганус Роберт (Польща)
10. Гордієнко Тетяна (Україна)
11. Гоц Наталія (Україна)
12. Демків Любомир (Україна)
13. Дорожовець Михайло (Україна)
14. Івахів Орест (Україна)
15. Ковальчик Адам (Польща)
16. Косач Наталія (Україна)
17. Крачунов Христо (Болгарія)
18. Кузьменко Юрій (Україна)
19. Кошева Лариса (Україна)
20. Кучерук Володимир (Україна)
21. Микитин Ігор (Україна)
22. Неєжмаков Павло (Україна)
23. Паракуда Василь (Україна)
24. Петришин Ігор (Україна)
25. Походило Євген (Україна)
26. Середюк Орест (Україна)
27. Скоропад Пилип (Україна)
28. Слюз Андрій (Україна)
29. Тріщ Роман (Україна)
30. Фрьоліх Томас (Німеччина)
31. Шабатура Юрій (Україна)
32. Шляхта Анна (Польща)
33. Яняк Маріуш (Польща)
34. Яцишин Святослав (Україна)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ:

Яцук Василь (Україна)

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ:

1. Бойко Тарас
2. Здеб Володимир
3. Добролюбова Марина
4. Кочан Орест
5. Куць Віктор
6. Малик Ольга
7. Міхалєва Марина
8. Плахтій Оксана
9. Прохоренко Сергій
10. Хома Юрій

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Бабак В. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ І ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ 11

Бубела Т. МЕТРОЛОГІЯ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД 13

Дувіряк Д., Костеров О., Кізлівський І , Паракуда В., Шпак О. СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕТАЛОННОЇ БАЗИ АКУСТИЧНИХ ВЕЛИЧИН 15

Микийчук М., Яцишин С. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 17

Неєжмаков П. ЩОДО МАЙБУТНЬОГО ПЕРЕВИЗНАЧЕННЯ ОДИНИЦІ ЧАСУ – СЕКУНДИ 18

Прохоренко С., Прохоренко М., Мороз М., Фітькало Ю., Шевель Д. ОПРАЦЮВАННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ IR-ОЦІНКИ ВІДХОДУ ВІД СТАБІЛЬНОСТІ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ЗОВНІШНЬОГО КОРПУСУ 20

Borovets T., Lozynskyi A., Demkiv L. REAL-TIME ESTIMATION AND CONTROL FOR AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS AND VEHICLES 21

Eberhard Manske. ALTERNATIVE TIP- AND LASER- BASED NANOFABRICATION IN LARGE AREAS ON FLAT AND NON-FLAT SURFACES WITH SUBNANOMETRE PRECISION 23

Kissinger Thomas. MULTIPLEXED, RANGE-RESOLVED INTERFEROMETERS BASED ON LASER DIODES 24

Tomaszewski Jakub, Mariusz Janiak. DESIGN AND CONTROL OF AGILE ROBOTIC LEG 25

Шабатура Ю. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ У КОМПЛЕКСНОМУ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ДІАГНОСТИКИ І ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗРАЗКІВ ОВТ 27

Yatsyshyn S. QUANTUM STANDARD OF TEMPERATURE. PROSPECTS AND PROBLEMS 29

Яцук В., Яцук Ю. МОЖЛИВОСТІ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ 30

СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

Берестов Р., Гоц Н. ПРОГРАМА КОМПЛЕКСНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ЗАКРИТИХ РАДІОНУКЛІДНИХ ДЖЕРЕЛ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ 31

Білик С., Бубела Т., Рудик Ю. ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ 32

Богачев І. МАЛОАПЕРТУРНІ МАГНІТОСТРИКЦІЙНІ ВИПРОМІНЮВАЧІ ПІДВИЩЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ 35

Богачев І., Куц Ю., Хайдуров В. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ З МАЛОАПЕРТУРНИМИ МАГНІТОСТРИКЦІЙНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ 36

Бойко Т., Руда М. СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСТЕМНИХ ПОСЛУГ З РЕКРЕАЦІЇ І ТУРИЗМУ В ПРОСТРОВО-ЧАСОВІЙ ГЕОСИСТЕМІ 38

Бойко О., Фечан А.,Чабан О., Ількanич К. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ДІАГНОСТИЦІ ПАТОЛОГІЙ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ 40

Бубела Т., Богуш Б. ІДЕНТИФІКАЦІЯ СВІЖОСТІ М'ЯСА ЗА ДОПОМОГОЮ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ 42

Василевська В. КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРО- ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ 43

Кочан О., Раюк О., Богатирчук В., Гром'як А., Кочан В. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕСТУВАННЯ СТАНУ ЕЛЕКТРОДІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ 84

Кочан О., Раюк О, Богатирчук В., Гром'як А., Кочан В. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОЧНОЇ ПОХИБКИ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ 86

Крайовський В., Рокоманюк М., Лужецька Н., Ромака В., Пашкевич В., Стадник Ю., Ромака Л., Горинь А. ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ОСНОВІ НОВОГО ТЕРМОМЕТРИЧНОГО МАТЕРІАЛУ Lu1-xVxNISB 88

Куц Ю., Мислович М., Щербак Л. СТАТИСТИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВІБРОШУМОВИХ СИГНАЛІВ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ КРИВИХ ПІРСОНА 89

Малісевич В., *Середюк О.* МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ ТЕРМОАНЕМОМЕТРА 91

Mikhalieva M., Shabatura Y., Odosii L., Romanchuk V., Syrota M. IMPROVEMENT AND HARMONIZATION OF NATIONAL MILITARY STANDARDS TO NATO STANDARDS IN THE FIELD OF CONTROL SYSTEMS OF TECHNICAL FLUIDS OF MILITARY EQUIPMENT 93

Новак Д., Мошенський А., Олещенко Л., Гуйда О. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНОЮ РОБОТО ТЕХНІЧНОЮ ПЛАТФОРМОЮ 94

Обшта А., Шугай В. ВНУТРІШНІ ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ ЛІНІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ТРУБОПРОВОДУ 96

Озгович А., Ришковський О. ЛАБОРАТОРНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В ЛАБОРАТОРІЇ РОЗУМНИХ СЕНСОРІВ НА КАФЕДРІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 97

Олескевич С., Кривенчук Ю. РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СТОМАТОЛОГІЇ 98

Eligiusz Pawłowski. USING THE LABVIEW ENVIRONMENT IN A REMOTE LABORATORY OF COMPUTER MEASUREMENT SYSTEMS 99

Паракуда В., Кізлівський І., Шпак О. НАЦІОНАЛЬНІ ЕТАЛОНИ ОДИНИЦЬ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ЗАБЕРПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В МЕДИЧНІЙ ГАЛУЗІ 100

Pytel I., Kokoshko O. SOURCES OF ROBOTIC SYSTEM POSITIONING ERRORS 102

Пихней В. Кривенчук Ю. АНАЛІЗ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МЕТРИК КРИПТОВАЛЮТИ З ПЕРЕДБАЧЕННЯМ МАЙБУТНЬОЇ ЦІНИ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ 103

Петренко Д., Кривенчук Ю. РОЛЬ БПЛА У СУЧАСНОМУ СВІТІ 105

Пономаренко О. МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ВОДНИХ ДЖЕРЕЛАХ 107

Походило Є., Стасишин Ю. СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ДОБАВКИ 621 У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ 111

Jacek Puchalski, Zygmunt Lech Warsza. LINEAR REGRESSION METHOD OF MATCHING THE PARABOLIC CURVE TO TESTED POINTS OF BOTH CORRELATED COORDINATES 113

Рокоманюк М. МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛУ $Lu_{1-x}SC_xNISB$ 115

Романенко В. ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТТІВ 116

Рудик Ю., Куць В., Марич В. ПОРІВНЯННЯ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАНЬ ВЕЛИЧИН РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ 117

УДК 614.8

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

© Степан Білик[1], Тетяна Бубела[2], Юрій Рудик[3] 2022

[1] Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), старший викладач кафедри ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, bilyks@ldubgd.edu.ua

[2]Національний університет „Львівська політехніка" (Львів, Україна), завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, ivt@lpnu.ua

[3] Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, д.т.н., доцент, rudyk@ldubgd.edu.ua

У складних сучасних умовах об'єкти виробничої та природної сфери часто стають вразливими для різних небезпек та ризиків. Для безпеки таких об'єктів створюються технічні системи контролю їхнього поточного стану. З огляду на випадковий характер впливу щодо контрольованого стану та супутнього процесу контролю, результат фіксації небезпечного стану при пороговому випробуванні носить імовірнісний характер. Тому існує проблема визначення необхідних показників якості до таких систем контролю стану об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) з урахуванням ризиків [1]. В Україні наявна велика кількість документів, які регламентують вимоги до об'ємно-планувальних рішень ОКІ, систем протипожежного захисту, планів евакуації, засобів пожежогасіння тощо. Однак, не існує єдиного документу, у якому викладено перелік вимог техногенної та пожежної безпеки до суб'єктів господарювання, які провадять господарську діяльність в ОКІ. В окремих актах ЄС визначено оцінку відповідності (сертифікацію) будівель і споруд та енергоспоживчих технічних систем вимогам щодо енергоефективності, яка є однією з основних вимог до будівель і споруд, та істотні вимоги до інфраструктури залізничного транспорту, канатних доріг для перевезення пасажирів та технічних систем цивільного і протипожежного захисту цих об'єктів. Також актами ЄС не передбачено сертифікацію органами державного контролю й нагляду енергоефективності будівель і споруд та безпечності залізничних тунелів, що належать до споруд цивільного будівництва зі значними наслідками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Показники та критерії якості для вибору порогового рівня безпеки при різних впливах мають велике значення [1-3]. Загалом, пропонується критерій зваженої суми ймовірностей помилок першого та другого роду, але обґрунтування показників та критеріїв якості також відсутнє [4]. Для оптимізаційних критеріїв у системі контролю небезпечних станів ОКІ можна використовувати мінімум середнього ризику, ідеального спостерігача та Неймана-Пірсона. У [5] отримано співвідношення, що пов'язують головні показники якості для систем контролю об'єктів критичної інфраструктури та показники прийнятного ризику виявлення небезпечних станів У практиці захисту критичної інфраструктури виникають труднощі щодо визначення показників якості до технічних систем контролю небезпечних станів об'єктів з урахуванням ризиків, бо забезпечити нульовий ризик для реальних об'єктів неможливо. Тож у цій сфері обґрунтована концепції прийнятного (допустимого) ризику [6]. При цьому використання цієї концепції для технічних систем контролю стану об'єктів критичної інфраструктури має свої особливості. У зв'язку з цим актуальним є обґрунтування показників та критеріїв якості, що висуваються до технічних систем контролю об'єктів критичної інфраструктури.

Аналіз підходів, що наведені в публікаціях [7, 8], дозволяє виділити ряд недоліків, серед яких слід зазначити наступні:

- недостатня кількість показників для об'єктивної оцінки загроз;
- відсутність можливості врахування інформативності критеріїв;
- суб'єктивність при оцінці можливості зменшення загроз;
- відсутність зваженого врахування складових критеріїв у комплексному критерії оцінки загроз.

Залежно від завдання значення ризику встановлюється через математичне очікування шкоди чи значення ймовірності настання несприятливої події протягом року, тоді розмірність визначається у вигляді збитків/рік або через ймовірність настання несприятливої події – у вигляді 1/рік [9]. З аналізу даних, наведених у [3], випливає, що в умовах невизначеності контролю небезпечних станів об'єкта до головних показників якості технічних систем повинні бути досить жорсткі вимоги. Для забезпечення цих вимог може знадобитися значний ресурс. У роботі [6] розвивається системний підхід до оцінки ризику на основі визначення енергетичних характеристик факторів небезпеки. З огляду на це представляється цікавою оцінка необхідних енергетичних співвідношень між рівнями контрольованих станів небезпеки та супутнім тлом. Ці дані необхідні визначення реалізаційних можливостей вимог до якості технічних систем контролю небезпечних станів об'єктів критичної інфраструктури.

Показники p_α та p_β залежать від статистики спостережень контролю, що враховує наявність та відсутність небезпечного стану об'єкта у суміші з фоновими спостереженнями. При параметричній статистиці безумовна статистика спостережень перебуває в основі інтегрування відповідних умовних статистик за вказаними параметрами [7].

У працях [4, 7] розглядаються необхідні показники якості технічних систем контролю небезпечних станів відповідно до концепції допустимого рівня ризику забезпечуються лише для досить високого співвідношення енергії контрольованого стану до спектральної густини базового рівня. Так, наприклад, для виявлення небезпечного стану об'єктів технічної сфери з параметрами якості $p=10^{-3}$ і $p=10^{-7}$ з допустимого рівня безпеки необхідна величина відношення $q=3{,}222\cdot10^{-4}$. Це означає, що контроль небезпечного стану об'єкта на основі енергетичного показника практично повинен проводитись за умов відсутності фону [6]. В іншому випадку забезпечення необхідних показників якості стає досить проблематичним.

Специфіка захисту людей від наслідків надзвичайних ситуацій полягає в тому, що, на відміну від забезпечення ОКІ, безпека людей повинна гарантуватися у всіх випадках і незалежно від економічних витрат. Вона досягається конструктивними і об'ємно-планувальними рішеннями [9], спрямованими на ізоляцію джерел небезпеки і створення умов для вільного руху людей при евакуації, обмеженням застосування небезпечних матеріалів.

Для нескінченного набору властивостей елементів, яким володіє реальний ОКІ, існує також нескінченна множина варіантів вибору обмежених кластерів. Отже, якщо множина ознак, якими описуються елементи ОКІ, є системою опису, а множина значень кожної з ознак, що враховують, на конкретних об’єктах – описом цих складних систем, то аналогимоделі ОКІ (зокрема, системи-кластеризації) – це системи множин, кожна з яких є описом. Звідси можна зробити висновок, що система-модель, формалізована методами кластерного аналізу, має меншу кількість елементів і зв’язків, ніж складна система-оригінал, але всі елементи та зв’язки, які є у моделі, правильно копіюють прототип [3, 10].

Для оцінювання безпеки необхідно визначити: перелік тих властивостей, сукупність яких достатньо її характеризує; числові значення шляхом вимірювання, випробування та підрахунку; аналітичний висновок з порівняння цих даних та прийнятним рівнем (допустимим рівнем, ГДК, часом спрацювання захисту та ін.). Одержаний результат буде з достатнім ступенем достовірності характеризувати безпеку ОКІ. Разом з тим, одержаний результат оцінювання стає основою подальших досліджень. Оцінка безпеки – це відповідь на питання, наскільки повномасштабний результат оцінювання безпеки ОКІ відповідає інтересам населення дотичної території.

Оскільки оцінка дає найбільш закінчену та важливу інформацію про властивість взагалі і якість зокрема [12], то найчастіше кінцевим результатом кваліметрічних розрахунків є не абсолютний показник Q_{ij}, а відносний – оцінка K_{ij}. Оцінка K_{ij} являє собою функцію двох абсолютних показників – вимірюваного (оцінюваного) Q_{ij} та прийнятого за базовий $Q_{ij}^{баз}$.

Важливим аспектом методів перевірки є їх власна валідність. Існує небезпека того, що із збільшенням шарів формалізації ми стаємо менше, ніж більше, здатні розвивати своє судження про те, що є хорошим та поганим в аналізі ризику. Процедурні підходи можуть бути корисними, але неадекватні або недоречні процедури можуть посилити проблему, а не

полегшити її. Враховуючи відносно невелику увагу до валідності та валідації, не дивно, що було проведено ще менше досліджень щодо валідності методів валідації [11].

Ризик складається з двох різних складових – небезпеки та вразливості. Процес, представлений [13], вказує на те, що шляхом визначення передбачуваного використання та зловживання може бути досягнута ідентифікація небезпеки, яка потім може призвести до оцінки ризику. Інший ключовий компонент – оцінка вразливості був опущений, що було запропоновано відобразити у структурі оцінювання.

Висновок. У стратегії ISO 2021-2030 вказано, що міжнародні стандарти, у більшості малопомітні в щоденному житті, є найважливіший компонент, який робить речі безпечнішими та кращими. Досягнувши цього, можна сприяти покращенню якості щоденного життя людей у всьому світі. Щоб визначити небезпеки, оцінювання ризику проводиться з використанням низки методів, зокрема,

Обґрунтовано вдосконалення математичної багатокритеріальної моделі оцінки безпеки ОКІ у вигляді цільової функції, яка заснована на залежності комплексного безпекового показника якості від значень окремих характеристик стану безпеки об’єкта щодо ризику.

1. Prochazkova D., Prochazka J. Affiliation of Optimum Risk Engineering Tools to Technical Facility Management Main Targets Achievement International Journal of Economics and Management Systems Volume 5, 2020. 233-244. URL: http://www.iaras.org/iaras/journals/ijems.

2. Aven T. Risk, surprises and black swans. New York: Routledge, 2014.

3. Оцінювання безпеки складних організаційно-технічних систем кваліметричними методами з урахуванням ризиків. дис. ... д-ра техн. наук : 05.01.02 Рудик Ю.І. НУЛП. Львів, 2021.

4. Поспєлов Б.Б., Басманов А.Є. Структурний метод підвищення надійності датчиків первинної інформації у системі ослаблення наслідків надзвичайної ситуації / Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – Вип. 14. – С. 129-134.

5. Поспєлов Б.Б., Чумаченко С.М. Уряднікова І.В., Облік прийнятного ризику при обґрунтуванні вимог до систем контролю стану об'єктів критичної інфраструктури. Праці міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури» [Електронний ресурс] К.: Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, 2015. С.129-145.

6. Калугін В.Д., Тютюник В.В., Чорногор Л.Ф., Шевченко Р.І. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні, Східноєвропейський журнал передових технологій, Харків, 2012, 1/6 (55), – С. 59-70.

7. Aven T. How to define and interpret a probability in a risk and safety setting. Safety Sci 2013; 51: 223–231.

8. Bondarenko I. V., Kutnyashenko O. I., Rudyk Yu. I., Solyonyj S. V. Modeling the efficiency of waste management. News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. 2019. Vol. 2, № 434. P. 120–130.

9. Menshykova O., Rak T., Rudyk Yu. Expanding of compliance assessment for preventive measures of fire safety as a local facilities with high risk level in Ukraine. Przedsiębiorczość i Zarządzanie. 2018. T. 19, z. 1, cz. 3. S. 181–194.

10. Рудик Ю., Куць В. Ризики енергетичної безпеки в умовах впровадження в Україні оцінювання відповідності. Współczesne problemy bezpieczeństwa państwa : księga pamiątkowa ku czci Tomasza Jana Biedronia / red. Olga Wasiuta, Przemysław Mazur. Stalowa Wola, 2017. S. 313–335.

11. Goerlandt F., Khakzad N., Reniers G. Validity and validation of safety-related quantitative risk analysis: A review, Safety Science, V. 99, Part B, 2017, P.127-139.

12. Cafiso S. D’Agostino C. A stochastic approach to the benefit cost ratio analysis of safety treatments. Case Studies on Transport Policy. 2018. DOI:8. 10.1016/j.cstp.2018.07.006.

13. Bondarenko I. V., Anischenko L. Ya., Rudyk Yu. I. Substantiation for enhancement of environmental safety of waste management systems through forecasting efficiency of specialized equipment. Вісник ЛДУБЖД. 2017. 16. С. 119–128.

УДК 613.6; 006.8+614.8

ПОРІВНЯННЯ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАНЬ ВЕЛИЧИН РАДІАЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

© Юрій Рудик[1], Віктор Куць[2], Володимир Марич[3] 2022

[1]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, д.т.н., доцент, rudyk@ldubgd.edu.ua
[2]Національний університет „Львівська політехніка" (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, ivt@lpnu.ua
[3]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 вимірювальним 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 сцинтилляції. 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 / см3 по радіонукліду 137Cs становить 0,035 л/Бк; по 134Cs – 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^2 [6] – іноді також використовуються одиниці з префіксом мГр·см^2 або сГр·см^2). 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^2. Коли поле збільшується до 10 см × 10 см з тією ж вхідною дозою, DAP збільшується до 100 мГр·см2, 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 226Ra 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.

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. Тріщ 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 Є.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.

ЕЛЕКТРОННЕ НАУКОВЕ ВИДАННЯ

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «Інформаційно-вимірювальні технології ІВТ-2022»

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

9–10 листопада 2022 р.

Режим доступу:
https://science.lpnu.ua/ivt-2022/proceedings-2022

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

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4459 від 27.12.2012 р.

вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79013
тел. +380 32 2584103, факс +380 32 2584101
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua