

## ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

© Степан Білик<sup>1</sup>, Тетяна Бубела<sup>2</sup>, Юрій Рудик<sup>3</sup> 2022

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

<sup>2</sup> Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, ivt@lpnu.ua

<sup>3</sup> 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 концепція 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 висувуються 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 безпеки. З огляду на це представляється цікавою оцінка необхідних енергетичних співвідношень між рівнями контрольованих станів безпеки та супутнім тлом. Ці дані необхідні визначення реалізаційних можливостей вимог до якості технічних систем контролю небезпечних станів об'єктів критичної інфраструктури.

Показники  $p_a$  та  $p_b$  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  $q=3,222 \cdot 10^{-4}$ . 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 безпеки 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 аналогічній моделі 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 кваліметричних 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.ias.org/ias/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. Поспелов Б.Б., Басманов А.С. 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. Поспелов 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., Черногор 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.*

### **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**

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

# ЗМІСТ

## ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<i>Бабак В.</i> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ І ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ.....	11
<i>Бубела Т.</i> МЕТРОЛОГІЯ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ: СВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД .....	13
<i>Дувіряк Д., Костеров О., Кізілівський І, Паракуда В., Шпак О.</i> СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕТАЛОННОЇ БАЗИ АКУСТИЧНИХ ВЕЛИЧИН .....	15
<i>Микийчук М., Яцишин С.</i> ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	17
<i>Неєжмаков П.</i> ЩОДО МАЙБУТНЬОГО ПЕРЕВИЗНАЧЕННЯ ОДИНИЦІ ЧАСУ – СЕКУНДИ .....	18
<i>Прохоренко С., Прохоренко М., Мороз М., Фітькало Ю., Шевель Д.</i> ОПРАЦЮВАННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІR-ОЦІНКИ ВІДХОДУ ВІД СТАБІЛЬНОСТІ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ЗОВНІШНЬОГО КОРПУСУ .....	20
<i>Borovets T., Lozynskiy A., Demkiv L.</i> REAL-TIME ESTIMATION AND CONTROL FOR AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS AND VEHICLES.....	21
<i>Eberhard Manske.</i> ALTERNATIVE TIP- AND LASER- BASED NANOFABRICATION IN LARGE AREAS ON FLAT AND NON-FLAT SURFACES WITH SUBNANOMETRE PRECISION .....	23
<i>Kissinger Thomas.</i> MULTIPLEXED, RANGE-RESOLVED INTERFEROMETERS BASED ON LASER DIODES .....	24
<i>Tomaszewski Jakub, Mariusz Janiak.</i> DESIGN AND CONTROL OF AGILE ROBOTIC LEG.....	25
<i>Шабатура Ю.</i> ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ У КОМПЛЕКСНОМУ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ДІАГНОСТИКИ І ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗРАЗКІВ ОБТ .....	27
<i>Yatsyshyn S.</i> QUANTUM STANDARD OF TEMPERATURE. PROSPECTS AND PROBLEMS.....	29
<i>Яцук В., Яцук Ю.</i> МОЖЛИВОСТІ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ .....	30

## СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

<i>Берестов Р., Гоц Н.</i> ПРОГРАМА КОМПЛЕКСНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ЗАКРИТИХ РАДІОНУКЛІДНИХ ДЖЕРЕЛ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ .....	31
<i>Білик С., Бубела Т., Рудик Ю.</i> ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ .....	32
<i>Богачев І.</i> МАЛОАПЕРТУРНІ МАГНІТОСТРИКЦІЙНІ ВИПРОМІНЮВАЧІ ПІДВИЩЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	35
<i>Богачев І., Куц Ю., Хайдуров В.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ З МАЛОАПЕРТУРНИМИ МАГНІТОСТРИКЦІЙНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ .....	36
<i>Бойко Т., Руда М.</i> СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСТЕМНИХ ПОСЛУГ З РЕКРЕАЦІЇ І ТУРИЗМУ В ПРОСТРОВО-ЧАСОВІЙ ГЕОСИСТЕМІ .....	38
<i>Бойко О., Фечан А., Чабан О., Ільканич К.</i> ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ДІАГНОСТИЦІ ПАТОЛОГІЙ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ .....	40
<i>Бубела Т., Богуш Б.</i> ІДЕНТИФІКАЦІЯ СВІЖОСТІ М'ЯСА ЗА ДОПОМОГОЮ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ.....	42
<i>Василевська В.</i> КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРО- ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ .....	43