

Міністерство освіти і науки України  
Черкаський державний технологічний університет  
Черкаська обласна державна адміністрація  
Департамент цивільного захисту, оборонної роботи та взаємодії з правоохоронними  
органами Черкаської обласної державної адміністрації  
Національний університет цивільного захисту України  
Національний університет «Чернігівська політехніка»  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Український державний університет науки і технологій  
Черкаська медична академія  
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України  
Черкаська обласна організація Товариства Червоного Хреста України  
Громадська організація «Асоціація цивільного захисту»  
Громадська спілка «Пожежні-рятувальники України»  
ТОВ «ЦЕНТР СЛУЖБИ КРОВІ «БІОФАРМА ПЛАЗМА»»  
Німецьке товариство міжнародного співробітництва (GIZ), Федеративна  
Республіка Німеччина  
Пожежна рада міста Гамбург, Федеративна Республіка Німеччина  
Об'єднана платформа «Пошук, рятування, медична та гуманітарна допомога», Турецька  
Республіка  
Університет Східного Лондона, Сполучене Королівство Великої Британії  
і Північної Ірландії  
Жилінський університет, Словацька Республіка  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, Литовська Республіка  
Габровський технічний університет, Республіка Болгарія  
Центр австрійсько-українських культурних досліджень, Австрійська Республіка

# **МАТЕРІАЛИ**

## **I Міжнародної**

### **науково-практичної конференції**

# **«ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕКИ:**

# **СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»**

12–13 березня 2026 року, м. Черкаси

**Том 1**  
**ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ, ПОЖЕЖНА І ТЕХНОГЕННА**  
**БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**

Черкаси



2026

УДК 614.8:351.86:004:502.1](036)  
Т38

*Рекомендовано вченою радою  
Черкаського державного  
технологічного університету,  
протокол № 11 від 16 березня 2026 р.*

Відповідальний за випуск: *Цікановський В. Л.*

**Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції**  
Т38 «Технології безпеки: сучасні виклики та перспективи» :  
12–13 березня 2026 року, м. Черкаси [Електронний ресурс] :  
у 2-х томах / упоряд. : І. Г. Маладика В. Л. Цікановський ; М-во  
освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Т. 1. –  
Черкаси : ЧДТУ, 2026. – 397 с.

Обговорення концептуальних засад і стратегічних питань врегулювання безпекової складової у сучасних умовах. Підвищення ефективності заходів цивільного захисту територіальних громад. Розгляд наукових досліджень і розробок, пов'язаних із забезпеченням цивільної, пожежної, техногенної, екологічної безпеки, створенням і підтриманням безпечних умов праці, здоров'я та життєдіяльності людини. Розгляд нових безпекових рішень у суспільно-політичній, гуманітарно-правовій та інформаційній сферах. Перспективи застосування інформаційних та геоінформаційних систем і технологій; безпілотних літальних апаратів; робототехніки; захисту об'єктів енергетики та транспорту. Технології захисту у будівництві та відновленні інфраструктури в умовах глобальних викликів.

Для науковців, студентів, аспірантів та фахівців галузі.

**УДК 614.8:351.86:004:502.1](036)**

#### ТЕМАТИЧНІ СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ:

- Секція 1 Цивільний захист, пожежна і техногенна безпека та охорона праці.
- Секція 2 Технології захисту у будівництві та відновленні інфраструктури.
- Секція 3 Суспільно-політична, гуманітарно-правова та інформаційна безпека.
- Секція 4 Екологічна безпека. Захист довкілля та здоров'я людини.

Матеріали збірника представлені мовою оригіналу. Кожен автор несе повну відповідальність за зміст своїх публікацій, достовірність фактів, цитат, власних імен та інших даних, точність і коректність посилань, дотримання засад академічної доброчесності.

© Авторські тексти, 2026

## ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

<b>ГРИГОР</b> <i>Олег Олександрович</i>	<i>голова оргкомітету, ректор Черкаського державного технологічного університету, д-р політ. наук, професор</i>
<b>ТАБУРЕЦЬ</b> <i>Ігор Іванович</i>	<i>співголова організаційного комітету, канд. екон. наук, доцент, начальник Черкаської обласної військової адміністрації</i>
<b>ШАМРАЙ</b> <i>Олександр Григорович</i>	<i>заступник голови організаційного комітету, канд. іст. наук, доцент, заступник голови Черкаської обласної державної адміністрації</i>
<b>ЦАРЮК</b> <i>Антон Олександрович</i>	<i>заступник голови організаційного комітету, заступник голови Черкаської обласної державної адміністрації</i>
<b>ДАНИЛЕВСЬКИЙ</b> <i>Валерій Вікторович</i>	<i>заступник голови організаційного комітету, канд. іст. наук, доцент, начальник Управління освіти і науки Черкаської обласної державної адміністрації</i>
<b>ЛАЗУРЕНКО</b> <i>Валентин Миколайович</i>	<i>заступник голови організаційного комітету, д-р іст. наук, професор, проректор з гуманітарно- виховних питань Черкаського державного технологічного університету, заслужений працівник освіти України, голова Черкаської обласної організації Національної спілки краєзнавців України</i>
<b>ФАУРЕ</b> <i>Еміль Віталійович</i>	<i>заступник голови організаційного комітету, д-р техн. наук, професор, проректор з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків Черкаського державного технологічного університету</i>
<b>МАЛАДИКА</b> <i>Ігор Григорович</i>	<i>заступник голови організаційного комітету, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, землеустрою, будівельних конструкцій та безпеки життєдіяльності Черкаського державного технологічного університету</i>
<b>ЦІКАНОВСЬКИЙ</b> <i>Володимир Леонідович</i>	<i>секретар організаційного комітету, старший викладач кафедри геодезії, землеустрою, будівельних конструкцій та безпеки життєдіяльності Черкаського державного технологічного університету</i>

**члени оргкомітету:**

- Alan CHANDLER** *член організаційного комітету,  
Dean, School of Architecture Computing and  
Engineering, University Way, London, United Kingdom*
- Christian POSHMAN** *член організаційного комітету,  
німецьке товариство міжнародного  
співробітництва DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ)*
- Eva SVENTEKOVÁ** *член організаційного комітету,  
Doc. Ing. PhD, Deanship of Faculty of Security  
Engineering, University of Žilina*
- Georg HEYNE** *член організаційного комітету,  
Dipl.-Ing., Chief Fire Director Hamburg Fire  
And Rescue Service*
- Maria RAYKOVA** *член організаційного комітету,  
PhD, Technical University of Gabrovo, Bulgaria*
- Oleksandr LOBODA** *член організаційного комітету,  
д-р хім. наук, Центр австрійсько-українських  
культурних досліджень, Австрійська Республіка*
- Rezzak ELAZAT** *член організаційного комітету,  
president of Social Disaster Platform, Turkish Republic*
- Ritoldas ŠUKYS** *член організаційного комітету,  
Assoc Prof., PhD in Tech. Sci, Vilnius Gediminas  
Technical University (VILNIUS TECH, Lithuania)*
- АКСЬОНОВ**  
**Василь Васильович** *член організаційного комітету,  
директор Черкаського науково-дослідного  
експертно-криміналістичного центру МВС України*
- БОЙКО**  
**Анжела Іванівна** *член організаційного комітету,  
д-р філос. наук, професор, завідувач кафедри  
філософських, політичних і психологічних студій  
Черкаського державного технологічного  
університету*
- ВЯЗОВИК**  
**Віталій Миколайович** *член організаційного комітету,  
д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри  
хімічних технологій та водоочищення Черкаського  
державного технологічного університету*
- ГАСЕК**  
**Ігор Віталійович** *член організаційного комітету,  
голова громадської спілки «Пожежні-рятувальники  
України»*
- ГРЕЦЬКИЙ**  
**Денис Володимирович** *член організаційного комітету,  
канд. техн. наук, доцент, декан факультету  
технологій, будівництва та раціонального  
природокористування Черкаського державного  
технологічного університету*

**ГУБЕНКО**  
**Інна Яківна**

**член організаційного комітету,**  
ректор Черкаської медичної академії, д-р філос.  
(канд. мед. наук), заслужений лікар України,  
голова Спільки жінок Черкащини, повний кавалер  
ордена «За заслуги»

**МУЛЯРЧУК**  
**Оксана Василівна**

**член організаційного комітету,**  
директор ТОВ «ЦЕНТР СЛУЖБИ КРОВІ  
«БІОФАРМА ПЛАЗМА»»

**НОВОМЛИНЕЦЬ**  
**Олег Олександрович**

**член організаційного комітету,**  
ректор Національного університету «Чернігівська  
політехніка», д-р техн. наук, заслужений  
працівник освіти України

**ОЗЕРАН**  
**Сергій Анатолійович**

**член організаційного комітету,**  
директор Департаменту цивільного захисту,  
оборонної роботи та взаємодії  
з правоохоронними органами Черкаської обласної  
державної адміністрації

**ОСИПЕНКОВА**  
**Ірина Іванівна**

**член організаційного комітету,**  
канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри  
харчових технологій Черкаського державного  
технологічного університету

**ПРЯНИК**  
**Сергій Петрович**

**член організаційного комітету,**  
канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри  
промислового та цивільного будівництва  
Черкаського державного технологічного  
університету

**СУХИЙ**  
**Костянтин Михайлович**

**член організаційного комітету,**  
ректор Українського державного університету  
науки і технологій, член-кореспондент  
НАН України, д-р техн. наук, професор

**ТИЩЕНКО**  
**Олександр Михайлович**

**член організаційного комітету,**  
д-р техн. наук, професор кафедри геодезії,  
землеустрою, будівельних конструкцій та безпеки  
життєдіяльності Черкаського державного  
технологічного університету

**ТОЛОК**  
**Ігор Вікторович**

**член організаційного комітету,**  
ректор Національного університету цивільного  
захисту України, канд. пед. наук, доцент, лауреат  
Державної премії України в галузі освіти,  
заслужений працівник освіти України

**ТРУШЛЯКОВ**  
**Євген Іванович**

**член організаційного комітету,**  
ректор Національного університету  
кораблебудування імені адмірала Макарова,  
д-р техн. наук, професор, заслужений працівник  
освіти України

**ФІРСОВ**  
*Сергій Анатолійович*

**член організаційного комітету,**  
*голова громадської організації «Асоціація  
цивільного захисту»*

**ХОЛОДНА**  
*Юлія Іванівна*

**член організаційного комітету,**  
*голова Черкаської обласної організації Товариства  
Червоного Хреста України*

**ХОМЕНКО**  
*Олена Михайлівна*

**член організаційного комітету,**  
*канд. хім. наук, доцент, професор кафедри екології  
завідувач кафедри екології Черкаського  
державного технологічного університету*

**ЧЕМЕРИС**  
*Інгріда Альгімантівна*

**член організаційного комітету,**  
*канд. біол. наук, доцент, завідувач кафедри  
лісового господарства та раціонального  
природокористування Черкаського державного  
технологічного університету*

**ЧЕПУРДА**  
*Лариса Михайлівна*

**член організаційного комітету,**  
*д-р екон. наук, професор, завідувач кафедри  
туризму та готельно-ресторанної справи  
Черкаського державного технологічного  
університету*

3. Екологічні наслідки війни в Україні: звіт за 4 роки. / *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: *eco.gov.ua*. (дата звернення: 02.03.2026).
4. Вплив підриву Каховської ГЕС на техногенну та екологічну безпеку Півдня України: аналітична доповідь / *Національний інститут стратегічних досліджень*, 2023. 84 с.

**УДК 351.865:338.49:620.92**

## **АНАЛІЗ МНОЖИННИХ ВІДМОВ У КРИТИЧНИХ ІНФРАСТРУКТУРАХ НА ПРИКЛАДІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ**

*Володимир СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф.,*

*Анна ДЕМКІВ, PhD, доц.,*

*Олександр ДОЦЕНКО, PhD, ст. досл.,*

*Альона МИХАЙЛОВА, канд. техн. наук, ст. досл.,*

**Віталій СВІРСЬКИЙ**

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту  
Національного університету цивільного захисту України*

Критична інфраструктура являє собою сукупність взаємовпливаючих соціотехнічних систем, що функціонують для забезпечення життєво важливих потреб суспільства [1]. Енергосистема є одною з пріоритетних систем, що визначає розвиток всієї інфраструктури в цілому. Вона включає взаємопов'язані техніко-технологічні підсистеми, процеси і персонал. Енергосистема характеризується спільністю режимів у безперервному процесі виробництва, перетворення, передачі і розподілу електричної і теплової енергії під час загального управління цими режимами. До основних підсистем відносяться підсистема генерації (АЕС, ТЕЦ, ДРЕС), передачі і розподілу, управління та інші забезпечуючі підсистеми.

АЕС є підсистемою з найбільшою вагою наслідків аварій. Множинні відмови є одними з основних ризик-факторів, що знижують рівень безпеки АЕС. Аналіз атомних аварій, що сталися за два останніх десятиліття, показує, що їх причинами є як множинні відмови устаткування і систем АЕС, так і аварії в інших підсистемах. Множинні відмови обумовлюють ризики для систем нормальної експлуатації АЕС і систем безпеки. Статистика відмов у системі безпеки АЕС показує, що на 3000 відмов різного устаткування доводиться біля 450 (15 %) множинних відмов. Прикладом множинних відмов у ядерній безпеці є аварія на Чорнобильській АЕС, ступінь тяжкості якої віднесена за міжнародною шкалою до 7 рівня. У процесі підготовки і проведення випробувань з навантаженням власних потреб блоку, персонал відключив ряд технічних засобів захисту. У результаті реактор був приведений в нестійкий стан, що призвело до неконтрольованого росту потужності реактора і вибуху, з подальшим викидом радіоактивних речовин.

Аварія в березні 2011 року на АЕС Фукусіма-1 підтвердила актуальність проблеми управління ризиками множинних відмов для інфраструктурного рівня в цілому, коли аварії однієї інфраструктури обумовлюють аварії іншої інфраструктури. Аварія енергосистеми, пов'язана із землетрусом і цунамі, привела до втрати зовнішнього енергопостачання АЕС, що зумовило збої в роботі систем охолодження реактора, розплавлення палива, вибухів і забруднення навколишнього середовища радіоактивними матеріалами. Аварія енергосистеми завдала колосальних економічних збитків усім інфраструктурам Японії, який обчислюється сотнями мільярдів доларів.

Аварія підтвердила, що рівень інфраструктурної безпеки визначається безпекою її систем, підсистем на всіх інфраструктурних рівнях. Безпека АЕС визначається не тільки функціональної безпекою самої станції, її систем (підсистем), але і рівнем безпеки всіх пов'язаних з АЕС підсистем енергосистеми. Множинні відмови систем АЕС знижують ефективність одного з її базових принципів безпеки – принципу одиничної відмови. На практиці цей принцип реалізується шляхом резервування, припускаючи застосування двох або більше аналогічних систем або незалежних каналів однієї системи. Однак множинні відмови призводять до одночасних відмов декількох систем, що резервують один одного.

28 квітня 2025 року близько полудня в Іспанії, Португалії та деяких районах Франції сталось раптове відключення електроенергії. Повідомляється, що цілі міста залишились без світла та Інтернету, зупинили роботу аеропорти, метро та залізничне сполучення. Оператор національної мережі Іспанії Red Eléctrica оголосив, що терміново працює над відновленням електропостачання. Віз заявив, що причини з'ясовуються і всі ресурси спрямовуються на їхнє усунення. У соцмережах висловлюють побоювання щодо можливої «російської кібератаки» після минулих подібних змов проти Європи, але португальський дистриб'ютор E-Redes заявив, що збій стався через «проблему з європейською системою електроенергії». Компанія заявила, що була змушена відключити електроенергію у певних областях заради мережевої стабілізації.

Іспанія повідомила про втрату зовнішнього електропостачання на всіх своїх АЕС. Усі енергоблоки були зупинені у штатному режимі. Дизель-генератори працюють справно, підтримуючи критичні системи безпеки. Національний регулятор Іспанії (CSN) оперативно активував кризові протоколи, міжнародні організації поінформовані. Охолодження реакторів триває стабільно, всі вимоги ядерної безпеки дотримані. Уряд Іспанії заявляє, що, ймовірно, вже найближчими днями стане відома причина цієї надзвичайної ситуації.

Існує безліч методів оцінки ризику, обумовленого множинними відмовами. Для рівня підсистем використовується група параметричних методів і оцінюється ймовірність настання відмов систем і устаткування

АЕС [2, 3]. Інші частина методів [4] оцінює ризики виникнення множинних відмов на інфраструктурному рівні, наприклад, каскадних аварій енергомережі. Таким чином, множинні відмови виникають на всіх інфраструктурних рівнях і характеризуються високою тяжкістю наслідків. Також існує безліч різних методів, що оцінюють ризики множинних відмов на різних рівнях інфраструктури. Проблема зниження ризику множинних відмов є комплексною і повинна вирішуватися для всіх рівнях інфраструктури. Для цього необхідно розробити загальну методологію, як єдину платформу для проведення ризик-аналізу. Одним з початкових етапів може бути уточнення таксономії множинних відмов, аналіз причин та підходів до оцінки ризиків, розробка загальних принципів аналізу множинних відмов в інфраструктурах. Отже, розробка принципів загального підходу до ризик-аналізу множинних відмов критичної інфраструктури, класифікація множинних залежних відмов і чинників, що обумовлюють їх виникнення є актуальним завданням.

Під час проведення аналізу множинних відмов необхідно розглядати інфраструктуру як комплексну адаптивну систему, що характеризується емерджентною поведінкою. В основу ризик-аналізу множинних відмов в інфраструктурах можуть бути покладені наступні принципи: 1) принцип системності (передбачає розгляд інфраструктури як єдиної системи); 2) принцип ієрархії (інфраструктура є ієрархічною системою, а множинні відмови виникають на всіх рівнях інфраструктури, причому аналіз множинних відмов на одному рівні повинен враховувати результати аналізу іншого нижнього рівня); 3) принцип невизначеності (аналіз множинних відмов повинен враховувати невизначеність, пов'язану з недостатністю статистичної бази відмов і з неточним чи неповним обсягом знань про поведінку критичної інфраструктури).

Ризик-аналіз може проводитися як зверху вниз, досліджуючи можливості виникнення множинних відмов на інфраструктурному рівні і їх наслідки для всіх нижніх рівнів, так і навпаки. Невизначеність обумовлена неповнотою знань про природу ризиків, що можуть призвести до виникнення інфраструктурних аварій і катастроф. Відповідно з принципом ієрархії інфраструктура представляється у вигляді декількох рівнів. Аналіз множинних відмов повинен проводитися для кожного рівня інфраструктури. Результати аналізу використовуються для розробки стратегій управління відмовами інфраструктури в цілому (infrastructure fault management). Під час аналізу безпеки інфраструктури необхідно враховувати, що множинні відмови систем одного рівня призводять до появи відмов систем всіх взаємопов'язаних рівнів. Число рівнів інфраструктури визначається ступенем необхідної деталізації та завданням, що необхідно розв'язати. Так, наприклад, до основних рівнів інфраструктури можна віднести: 1) рівень інфраструктур (перший рівень). Цей рівень включає різні інфраструктури: енергосистему, телекомунікації, системи водопостачання та інші; 2) рівень інфраструктурних систем

(другий рівень). Так, наприклад, для енергосистеми підсистемами є генеруючі станції, підсистеми розподілу і передачі тощо; 3) рівень інфраструктурних підсистем (третій рівень). На цьому рівні виділяються, наприклад, для АЕС – системи нормальної експлуатації, системи безпеки, управління і т.п.

Формально будь-яка інфраструктура являє собою взаємопов'язану безліч вузлів. Вузли кожного рівня ієрархії взаємопов'язані між собою безліччю зв'язків. Кожен вузол у свою чергу є складною системою, що включає безліч вузлів наступного рівня і зв'язків між ними. Зручною моделлю уявлення інфраструктури є граф виду:

$$G=(X, V), \quad (1)$$

де  $X$  – безліч вузлів;

$V$  – безліч зв'язків між вузлами.

У свою чергу, кожен  $i$ -й вузол  $j$ -го рівня ієрархії інфраструктури також може бути представлений у вигляді графа виду:

$$G_{ij}=\{(X_{ijs}) IJS, (V_{kij}) KIJ\}, \quad (2)$$

де  $ijs IJS (X)$  –  $s$ -я підсистема  $i$ -ї системи (вузла)  $j$ -го рівня ієрархії,  $i=1, I, j=1, J, s=1, S$ ;

$(V_{kij}) KIJ$  –  $k$ -е ребро  $i$ -ї системи  $j$ -го рівня ієрархії  $k=1, K$ .

Кожна вершина інфраструктури може перебувати в одному з безлічі станів, наприклад, працездатному, непрацездатному і частково працездатному. Поведінка інфраструктури описується динамікою змін цих станів. Стану систем одного рівня обумовлюють зміну станів систем іншого рівня ієрархії. На інфраструктурному рівні виникають множинні аварії. Під множинними аваріями будемо розуміти одночасне настання аварій (або аварійних режимів роботи) двох і більше інфраструктур.

У разі множинних інфраструктурних аваріях частина інфраструктур переходить в неробочий стан. У цьому разі частина підсистем другого і третього рівнів ієрархії може перебувати в працездатному стані. Під час переходу в неробочий стан відбувається зміна зв'язків між системами. Вони можуть порушуватися, змінюватися, викликаючи тим самим зміни стану залежних систем.

Можна розглядати такі види множинних аварій: каскадні аварії, аварії з загальної причини і ускладнюючі аварії. Причинами множинних аварій є збої, відмови в роботі систем другого і третього рівнів ієрархії, дії людини, вплив зовнішнього середовища тощо. Для зниження наслідків відмов для інфраструктурного рівня застосовується безліч стратегій. Якщо ці стратегії не ефективні, то множинні відмови систем «нижніх» рівнів призводять до збоїв та відмов, аварій в інфраструктурах.

Існує ряд підходів, які ефективно використовують для забезпечення безпеки систем другого і третього рівнів інфраструктури. До них відносять поділ, резервування та диверсність. Частина цих підходів застосовується на інфраструктурному рівні. Наприклад, в енергосистемах потужності резервуються для підтримки балансу між енергоспоживанням і виробництвом.

Так, у випадку з Фукусімой-1 диверсність зовнішнього енергопостачання могла бути представлена у вигляді використання альтернативних екологічно чистих джерел енергії (вітряки, сонячна енергія і ін.). Аварії (відмови) з загальної причини виникають унаслідок загальної уразливості групи інфраструктур (підсистем) до однієї причини. Ця уразливість обумовлюється дією фактором зв'язності.

До основних факторів зв'язності можна віднести: 1) фактори єдиного дизайну (на етапі розробки формується безліч загальних особливостей, що характеризують інфраструктуру на всіх її рівнях); 2) фактори загальної якості виробництва (виробник використовує єдині виробничі процедури, матеріали, у тому числі і для контролю якості продукції); 3) фактори єдиної системи обслуговування (єдиний графік обслуговування, тестування і калібрування, єдині процедури тестування, єдиний персонал зумовлюють загальну уразливість і призводять до появи множинних відмов); 4) фактори загальних умов експлуатації (ідентичні компоненти підкоряються одній і тій же експлуатаційній процедурі, у зв'язку з чим помилки в процедурі можуть призвести до одночасної відмови підсистем); 5) фактори загальної експлуатаційної процедури (група компонентів може перебувати під впливом ідентичних стрес-факторів навколишнього середовища, таких як повінь, пожежа, землетрус тощо).

Повністю дії цих факторів уникнути не можна, оскільки вони є невід'ємною частиною еволюційного розвитку складних систем. Тому єдиним підходом може стати недопущення їх надмірного впливу на інфраструктуру. Ризик множинних аварій (відмов) завжди присутній, тому необхідно розробити стратегію їх парирования і забезпечити інфраструктуру необхідним обсягом ресурсів, що будуть використані для реалізації однієї з можливих стратегій.

Таким чином, множинні відмови виникають на всіх рівнях критичної інфраструктури. Наслідки множинних відмов одного рівня можуть поширюватися на інші рівні ієрархії. Множинні відмови нижніх рівнів ієрархії, що обумовлюють збої в роботі систем нормальної експлуатації і систем безпеки, приводять до аварій на інфраструктурному рівні. Ризик-аналіз множинних відмов необхідно проводити для всіх рівнів інфраструктури. Результати аналізу нижніх рівнів повинні враховуватися під час аналізу верхніх рівнів. Для аналізу повинна бути використана єдина методологія з використанням уніфікованих підходів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Rinaldi S.M., Peerenboom J.P., Kelly T.K. Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems*. 2001. № 21. С. 11–25. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/37.969131>.
2. Mosleh A. et. al. Guidelines in Modeling Common-Cause Failures in Probabilistic risk assessment (NUREG/CR-5485). Washington, DC, 1998. 123 p.

2. Stamatelatos M., Dezfuli H. Probabilistic Risk Assessment Procedure Guide for NASA (NASA/SP-2011-3421). Washington, DC, 2011. 432 p.
3. U.S. – Canada power system outage task force. Final report on the august 14, 2003 blackout in the US and Canada: Causes and recommendation. Canada, 2004. 238 p. URL: <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1165.pdf>.

**УДК 614.84**

## **ДІЯ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ НА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ РЕЗЕРВУАРУ З НАФТОПРОДУКТОМ**

*Володимир ОЛІЙНИК, д-р техн. наук, проф.,  
Ілля КИРИЧЕНКО, курсант навчально-наукового інституту  
пожежної та техногенної безпеки  
Національного університету цивільного захисту України*

Резервуарні парки виступають базовими об'єктами для зберігання сирової нафти та різних видів нафтопродуктів на підприємствах нафтопереробної галузі та нафтобазах. В умовах сучасної воєнної обстановки такі об'єкти все частіше піддаються ураженню внаслідок ударів по енергетичній інфраструктурі, що супроводжується виникненням пожеж різного масштабу. Практика ліквідації подібних надзвичайних ситуацій свідчить, що значна частина таких подій характеризується складною динамікою розвитку та високим рівнем небезпеки.

Аналіз аварій у резервуарних парках демонструє, що для них типовим є прояв «ефекту доміно», який полягає у послідовному розвитку аварійних подій. Навіть незначне початкове займання може спричинити виникнення нових осередків пожежі, що призводить до значного ускладнення обстановки. Основною причиною такого розвитку є велика концентрація горючих і легкозаймистих рідин на обмеженій території, а також інтенсивний тепловий вплив між сусідніми резервуарами.

Згідно з результатами аналізу статистичних даних, пожежі становлять значну частку серед подій, що супроводжуються «ефектом доміно». Найбільш поширеними сценаріями є пожежі розливу горючих рідин або займання резервуарів із нафтопродуктами. За таких умов виникає необхідність оперативного визначення об'єктів, які зазнають найбільшого теплового навантаження, особливо в умовах обмеженості сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів.

Для опису теплового випромінювання від пожежі розливу на конструктивні елементи резервуару з нафтопродуктом використовується математична модель, яка базується на низці наступних припущень:

Зовнішня поверхня стінки резервуара бере участь у теплообміні з полум'ям пожежі та навколишнім середовищем за рахунок променевих і конвективних процесів.

<b>Володимир СИДОРЕНКО, Анна ДЕМКІВ, Олександр ДОЦЕНКО, Альона МИХАЙЛОВА, Віталій СВІРСЬКИЙ</b>	
АНАЛІЗ МНОЖИННИХ ВІДМОВ У КРИТИЧНИХ ІНФРАСТРУКТУРАХ НА ПРИКЛАДІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ.....	257
<b>Володимир ОЛІЙНИК, Ілля КИРИЧЕНКО</b>	
ДІЯ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ПОЖЕЖИ РОЗЛИВУ НА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ РЕЗЕРВУАРУ З НАФТОПРОДУКТОМ.....	262
<b>Олексій ТИРСІН, Олег ЗЕМЛЯНСЬКИЙ</b>	
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗЕРВНИХ ВВОДІВ У РОЗПОДІЛЬЧИХ ПУНКТАХ .....	265
<b>Вікторія СТЕЦЕНКО, Михайло МУРІН</b>	
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ЗАПОВНЕННЯ ТРУБОПРОВІДІВ ДРЕНЧЕРНИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ.....	267
<b>Олександр ЗОБЕНКО, Наталія ЗОБЕНКО</b>	
ПОРТАТИВНИЙ СМАРТ-ДЕТЕКТОР ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ .....	270
<b>Вячеслав ДУРСЄВ, Адріан КРИВЕШКО</b>	
РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ВИТРАТИ ВОДЯНОГО ЗРОШУВАЧА.....	273
<b>Вячеслав ДУРСЄВ, Давид МІРОШНИЧЕНКО</b>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТВОРЕННЯ ВОДЯНИХ ЗАВІС ЗРОШУВАЧАМИ ЗАГАЛЬНОГО ТА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	275
<b>Вячеслав ДУРСЄВ, Руслан ГОЛУБ</b>	
ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПОТОКУ ВОГНЕГАСНОЇ РЕЧОВИНИ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ.....	277
<b>Євген ТИЩЕНКО, Діана КОТЛЯР</b>	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ТА БЛИСКАВКОСТІЙКОСТІ МОБІЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС У ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ.....	279
<b>Вадим ЯНІШЕВСЬКИЙ, Аліна ПЕРЕГІН</b>	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНО- ЧАСОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ПЕРЕРІЗІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ ПРИ СТАНДАРТНОМУ ВОГНЕВОМУ ВПЛИВІ .....	282
<b>Дмитро БЕЛЮЧЕНКО, Єгор ЧЕРЕДНИК, Ярослав ІВАНЕНКО</b>	
ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ВИСОТІ В ЧАСТКОВО ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЛЯХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ .....	284

Наукове електронне видання

**МАТЕРІАЛИ**  
І Міжнародної  
науково-практичної конференції  
**«ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕКИ:  
СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»**  
12–13 березня 2026 року, м. Черкаси

**Том 1**  
**ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ, ПОЖЕЖНА І ТЕХНОГЕННА  
БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**

*В авторській редакції*

Технічний редактор *Катерина Давиденко*

---

Гарн. Times New Roman. Обл.-вид. арк. 25,1. Зам. 26-016.

---

Черкаський державний технологічний університет  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 896 від 16.04.2002.  
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.  
Редакційно-видавничий відділ ЧДТУ  
red\_vidav@chdtu.edu.ua