

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

**Проблеми
надзвичайних
ситуацій**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
21 травня 2026 року

ІНТЕГРОВАНІЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ

Кустов М. В., д.т.н., професор,

Курило А. Г., PhD

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні воєнні дії принципово трансформують систему техногенних і пожежних ризиків об'єктів критичної інфраструктури. На відміну від умов мирного часу, коли ризик визначається як функція імовірності аварії та тяжкості її наслідків, у період збройного конфлікту формується додатковий системоутворюючий фактор – цілеспрямований воєнний вплив. Його специфіка полягає у нерівномірності просторового розподілу, стохастичності реалізації, повторюваності уражень та здатності ініціювати каскадні аварійні процеси.

Об'єкти критичної інфраструктури (енергетичні комплекси, нафтобази, хімічні виробництва, транспортні вузли, об'єкти життєзабезпечення населення) у воєнний період стають потенційними цілями ураження. Наслідками можуть бути вибухи, масштабні пожежі, токсичні викиди, руйнування інженерних мереж та тривалі соціально – економічні втрати. Таким чином, традиційні методики оцінки ризику потребують адаптації до умов підвищеної зовнішньої загрози.

У межах запропонованого підходу інтегральний техногенний та пожежний ризик об'єкта в умовах воєнних дій пропонується визначати як:

$$R = P_w(t) \cdot V \cdot S \cdot (1 - E), \quad (1)$$

де $P_w(t)$ – імовірність реалізації воєнного впливу в момент часу t ; V – інтегральний показник вразливості об'єкта; S – тяжкість можливих наслідків аварії; E – ефективність наявних інженерних та організаційних заходів захисту.

Запропонована мультиплікативна структура зберігає фізичний зміст складових: зростання ймовірності воєнного ураження або вразливості прямо пропорційно підвищує ризик, тоді як ефективність захисту його зменшує [1].

Імовірність воєнного впливу $P_w(t)$ може розглядатися як стохастичний параметр, що залежить від інтенсивності бойових дій у регіоні, стратегічної значущості об'єкта та його просторового розташування. У спрощеній формі її доцільно пов'язувати з інтенсивністю подій λ у межах пуассонівського процесу, що дозволяє врахувати випадковий характер атак та їх часову динаміку.

Інтегральний показник вразливості доцільно декомпозувати на окремі складові:

$$V = \sum_{i=1}^n w_i V_i, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad (2)$$

де V_i – часткові компоненти вразливості (фізична, інфраструктурна, організаційна, технологічна); w_i – вагові коефіцієнти значущості відповідних складових.

Фізична вразливість характеризує стійкість конструкцій та технологічного обладнання до вибухових і теплових навантажень. Інфраструктурна складова відображає залежність об'єкта від зовнішніх джерел енергопостачання, водопостачання та логістики.

Організаційна вразливість визначається рівнем підготовки персоналу та здатністю до дій в умовах надзвичайної ситуації.

Тяжкість наслідків S доцільно оцінювати з урахуванням людських втрат, економічних збитків та екологічної шкоди. У воєнний період її значення зростає через можливість повторних уражень, обмеження ресурсів реагування та порушення транспортної інфраструктури.

$$R = \sum_{j=1}^m P_j C_j, \quad (3)$$

де P_j – імовірність реалізації j – го сценарію розвитку аварії; C_j – величина наслідків відповідного сценарію [2].

Такий підхід дозволяє врахувати каскадний характер аварій, коли первинне воєнне ураження ініціює послідовність умовних подій: відмову інженерних бар'єрів, втрату енергопостачання, затримку реагування, поширення пожежі на суміжні об'єкти, порушення роботи систем контролю та зв'язку, а також вторинні вибухи або викиди небезпечних речовин. У подібних умовах навіть локальне пошкодження окремого елемента може спричинити системну дестабілізацію об'єкта через взаємозалежність його функціональних підсистем, що формує ефект «доміно» та багаторівневу ескалацію наслідків.

Практичне значення запропонованого підходу полягає у можливості ранжування об'єктів критичної інфраструктури за рівнем ризику, визначення пріоритетів інженерного захисту та оптимізації розподілу ресурсів системи цивільного захисту. Модульна структура алгоритму забезпечує його адаптивність до різних типів об'єктів та можливість оперативного коригування параметрів у разі зміни воєнної обстановки [3].

Таким чином, інтеграція воєнного чинника у формалізовану модель техногенних і пожежних ризиків дозволяє перейти від статичної нормативної оцінки до адаптивної системи управління безпекою об'єктів критичної інфраструктури. Запропонований підхід поєднує стохастичне моделювання воєнного впливу, структурну декомпозицію вразливості, сценарний аналіз наслідків та оцінку ефективності захисних заходів у межах єдиної аналітичної схеми, що відповідає сучасним викликам безпеки в умовах воєнних дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bernatik, A., Rehak, D., Cozzani, V., Foltin, P., Valasek, J., Paulus, F. (2021). Integrated environmental risk assessment of major accidents in the transport of hazardous substances. *Sustainability*. 13. 21. 11993. DOI: 10.3390/su132111993.
2. Cimellaro, G. P., Renschler, C., Reinhorn, A. M., Arendt, L. (2016). Resilience of critical infrastructure against extreme events: The role of recovery and adaptive capacity. *Journal of Infrastructure Systems*. 22. 4. 04016007. DOI: 10.1061/(ASCE)IS.1943 – 555X.0000294.
3. Курило А. Г., Кустов М. В., Зімін С. І., Губенко А. О. Моделювання ризиків каскадних аварій на залізничному транспорті в умовах війни. Збірник наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». Черкаси: НУЦЗ України, 2025. № 2 (42). С. 123–137.