

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

**Проблеми
надзвичайних
ситуацій**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
14 травня 2025 року

Редакційна колегія

Ігор ТОЛОК, кандидат педагогічних наук, доцент, лауреат Державної премії України в галузі освіти, Заслужений працівник освіти України, ректор Національного університету цивільного захисту України (Україна).

Євгеній РИБКА, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

Володимир АНДРОНОВ, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національна академія Національної гвардії України (Україна);

Віктор БАНАХ, доктор технічних наук, професор, Запорізький національний університет (Україна);

Андрій БАМБУРА, доктор технічних наук, професор, ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (Україна);

Василь ГОЛІНЬКО, доктор технічних наук, професор, НТУ «Дніпровська політехніка» (Україна);

Олександр ГОЛОДНОВ, доктор технічних наук, професор, ТОВ «Стальпроектконструкція ім. В.М. Шимановського» (Україна);

Юлія ДАНЧЕНКО, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (Україна);

Олександр ДЖУЛАЙ, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Оксана КИРИЧЕНКО, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Андрій КОНДРАТЬЄВ, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова (Україна);

Олександр ЛАПЕНКО, доктор технічних наук, професор, Навчально-науковий інститут аеропортів Національного авіаційного університету (Україна);

Вадим НІЖНИК, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (Україна);

Юрій ОТРОШ, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Василь ПЕТРУК, доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет (Україна);

Валентин МЕЛЬНИК, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Микола СУР'ЯНИНОВ, доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна);

Laura COCHRANE, Emergent Countermeasures International Limited Company (UK);

Jenq-Renn CHEN, PhD, Professor, National Kaohsiung University of Science and Technology (Taiwan);

Andy DUNCAN, International Committee of the Red Cross (Switzerland);

Augusto GEROLIN, PhD, University of Ottawa (Canada);

Wolfgang Karl-Heinz REICH, Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence Centre of Excellence (Czech Republic);

Luca ROMANO, Avvocato dell'Atomo (Italy);

Dieter ROTHBACHER, CBRN Protection GmbH (Austria);

Leonid SKATKOV, PhD, Ben Gurion University of Negev (Israel);

Erika SUZUKI, Gamma Reality Inc. (USA);

Oksana TELAK, DSc, Main School of Fire Service (Poland);

Oleh TURUTANOV, PhD, Comenius University (Slovakia);

Rajnai ZOLTÁN, DSc, Professor, Óbuda University (Hungary).

Відповідальний секретар: Ніна РАШКЕВИЧ, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

Національний університет цивільного захисту України, 2025. 474 с.

У збірнику включено матеріали міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**», яка відбулася на базі Національного університету цивільного захисту України, за такими тематичними напрямками: запобігання надзвичайним ситуаціям; моніторинг та управління у сфері цивільного захисту; реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків; хімічні технології та інженерія, радіаційний та хімічний захист; екологічна безпека та охорона праці.

Рекомендовано до друку вченою радою навчально-наукового інституту пожежної безпеки (протокол № 4 від 25.04.2025 р.).

© Національний університет цивільного захисту України

Шановні колеги та колежанки!

Вітаю всіх з відкриттям Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations».

Цього року мені вперше випала нагода привітати від імені наукових та науково-педагогічних працівників Національного університету цивільного захисту України всіх учасників наукового форуму, який вже 6-й рік поспіль проводиться в стінах нашого закладу вищої освіти.

Наближеність східних кордонів держави і, зокрема, м. Харкова до лінії бойових дій, зумовила підвищення навантаження на рятувальні підрозділи та розширення різноманіття надзвичайних ситуацій. Перед підрозділами ДСНС в умовах сьогодення стоять складні та багатогранні завдання, пов'язані, на жаль, з великим ризиком для життя. Докладаючи максимум зусиль, рятувальники на усіх фронтах не словом, а справою доводять, що людське життя є найвищою цінністю, особливо в час, коли агресор нещадно нищить усе.

Наш захід безсумнівно відповідає викликам часу. Аспекти, які запропоновані до обговорення у працях конференції, є актуальними, пріоритетними, значущими і традиційно розглядаються під девізом «Запобігти. Врятувати. Допомогти».

Маю надію, що наша конференція зробить вагомий внесок у розвиток пріоритетної для України рятувальної справи.

Вже традиційними стали доповіді, які присвячені питанням запобігання надзвичайним ситуаціям, науково-практичним аспектам моніторингу та управління у сфері цивільного захисту, реагуванню на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків, хімічним технологіям та інженерії, радіаційного та хімічного захисту, екологічної безпеки та охорони праці, адже багатьох надзвичайних ситуацій можна було б уникнути або зменшити їх наслідки, маючи на озброєнні сучасні методи та засоби для їх запобігання.

Приємно відзначити участь у конференції та всебічну підтримку наших колег –практиків, науковців Литовської Республіки, Сполученого Королівства Великої Британії, Китайської Республіки, Швейцарської Конфедерації, Канади, Чеської Республіки, Італійської Республіки, Республіки Австрії, Ізраїлю, Сполучених Штатів Америки, Республіки Польща, Словацької Республіки, Угорщини.

Окрім цього в конференції взяли участь представники практичних підрозділів: Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України, Державного центру сертифікації ДСНС України, Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування ДСНС України, Департаменту заходів протимінної діяльності апарату Державної служби України з надзвичайних ситуацій, ГУ ДСНС України у Донецькій області, ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області, ГУ ДСНС України у Житомирській області, ГУ ДСНС України у Запорізькій області, ГУ ДСНС України у Київській області, ГУ ДСНС України у Луганській області, ГУ ДСНС України у Рівненській області, ГУ ДСНС України у Полтавській області, ГУ ДСНС України у Харківській

області, ГУ ДСНС України у Херсонській області, Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Миколаївської міської ради.

Бажаю всім учасникам Міжнародної науково-практичної конференції **«Problems of Emergency Situations»** міцного здоров'я, родинного затишку, творчої наснаги та непересічних успіхів у професійній діяльності. Нових вам відкриттів, неперевершених звершень задля добробуту українського народу, в ім'я процвітання України.

Разом до Перемоги! Слава Україні!

Ректор Національного університету
цивільного захисту України,
генерал-майор

Ігор ТОЛОК

МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

*Лаврик Р.С.¹,
Тригуб В.В.¹, к.т.н., доцент,
Грушовінчук О.В.²*

¹Державний центр сертифікації ДСНС України,

²Національний університет цивільного захисту України

Задача забезпечення безпечної та своєчасної евакуації людей під час пожеж, надзвичайних ситуацій (НС), а також при сигналах «Повітряна тривога» в умовах воєнного стану, було і залишається найважливішою проблемою як на етапах проєктування, так і на етапах експлуатації будівель з масовим перебуванням людей, таких як торгівельно-розважальні центри (ТРЦ). Грамотне ситуативне управління евакуаційними потоками, своєчасне інформування та інструктування потенційно може знизити кількість загиблих і постраждалих в ТРЦ у разі виникнення вищезгаданих подій.

Сучасний ТРЦ – це значно більше, ніж просто місце покупок. Навіть у будні ТРЦ приймають відвідувачів у ігрових зонах, кінозалах, а також інших точках розваги та дозвілля. У вихідні та святкові дні ТРЦ взагалі може стати місцем перебування величезної кількості людей з ранку до самого вечора. Безсумнівно, такі об'єкти, що займають не малу площу, залучають велику кількість людей, при цьому включають велику кількість горючих речовин і матеріалів, що використовуються в обробці, обладнанні та виробництві товарів, які продаються. ТРЦ є місцем великого скупчення людей, а тому несуть у собі чималу пожежну небезпеку, помножену на великі будівельні об'єми та інтеграцію в одному будинку кількох приміщень різного призначення.

При обґрунтуванні запланованих рішень у складних системах використовують методи моделювання, які набули широкого застосування також і при плануванні шляхів евакуації на етапі проєктування будівель. Наразі накопичено досить великий клас реалізованих моделей та спеціальних програмних засобів, які дозволяють проводити аналіз процесу евакуації людей під час пожеж, оцінювати час евакуації та пожежні ризики. Дослідження даних моделей з використанням програмних засобів дають змогу проводити оцінку ефективності можливих альтернативних рішень, а також обґрунтовувати рекомендації щодо управління в умовах існуючих ризиків [1–4].

Головним недоліком використання традиційних методів моделювання є те, що вони працюють на етапі планування, при моделюванні вдається розглянути дуже обмежену кількість сценаріїв з жорсткими вимогами до вхідних параметрів моделей. Проте в реальності розвиток ситуації може йти зовсім не за розглянутими наперед сценаріями, які вимагатимуть прийняття ситуативних рішень у режимі реального часу [5].

При цьому процес моделювання евакуації ускладнюється ще й багатьма факторами, які значно впливають на адекватність моделей, і неврахування яких може призводити до помилок у результатах розрахунків. Результати моделювання значною мірою ґрунтуються на вхідних параметрах у моделях евакуації, роблячи ці результати чутливими до незначних змін значень вхідних параметрів. Це означає, що оперативна та достовірна інформація про стан аварійних виходів, координати аварійної зони або осередка пожежі, кількість людей у кожному секторі будівлі повинні бути точно подані на вхід моделі, щоб точно провести розрахунок необхідного часу евакуації та рівня ризику та прийняти адекватні рішення щодо організації евакуації людей.

Таким чином традиційні моделі не можуть повною мірою вирішувати задачу управління евакуацією в реальному часі в умовах ситуації, яка динамічно змінюється. Розв'язання задачі визначення оптимального евакуаційного шляху ґрунтується на побудові графів повних планів евакуації та алгоритмах роботи з ними, що потребує деякого

часу, який вимірюється у хвиликах або навіть годинах. Як показують дослідження, затримка на 1 хв у наданні рішення може призвести до додаткових 5–10 хв на евакуацію, оскільки навколишнє середовище у будівлі швидко змінюється в аварійній ситуації [6].

Ще одним суттєвим обмеженням застосування традиційних підходів, що реалізують аналітичне та імітаційне моделювання, є складність імітування людської поведінки, яка характеризується високим ступенем невизначеності при прийнятті рішень людьми в умовах стресової ситуації та паніки. І для підвищення адекватності моделювання евакуації моделі та програмні засоби повинні враховувати фактори ступеня небезпеки пожежі та стан людей. Проте рекомендовані до застосування моделі евакуації та програмні засоби, які використовуються в практиці в даний час дані фактори не враховують, що також значно знижує їх практичну значущість для управління евакуацією в режимі реального часу.

В даних умовах існуючі стандартні моделі масової евакуації можуть давати неадекватні результати. Необхідно констатувати, що в даний час існує досить мало досліджень, які порушують питання поширення паніки при моделюванні евакуації. Час евакуації людей при пожежах (НС, при сигналах «Повітряна тривога») із ТРЦ та розмір можливої шкоди безпосередньо залежить від поведінкової реакції людей у процесі евакуації.

Система масової евакуації належить до категорії складних систем, де існує безліч елементів, які мають нелінійні взаємодії друг з одним. У процесі евакуації є люди, які перебувають у нормальному емоційному стані та які приймають адекватні рішення за умов небезпеки. Однак можуть бути люди, які впадають у панічний стан і поведінка яких в умовах стресу може суттєво відрізнитися, а це призводить до зниження ефективності евакуації.

Таким чином, пропонується розробити метод оцінки ефективності організації евакуації людей із ТРЦ на основі імітаційної моделі евакуації та агентно-орієнтованої моделі евакуації при врахуванні фактору паніки. Пропонований метод дозволить при застосуванні психоемоційної поведінки кожного агента окремо в процесі евакуації оцінювати ефективність організації евакуації натовпу загалом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Şahin, C. Rokne, J., Alhajj, R. (2019). Human behavior modeling for simulating evacuation of buildings during emergencies. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 528. 121432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121432>
2. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Тригуб В.В. Евакуація при пожежі з дитячих ігрових майданчиків з повністю закритим устаткуванням The 12th International scientific and practical conference “Innovative development of science, technology and education” (August 29-31, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. С. 117–122.
3. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Удосконалення системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. *Комунальне господарство міст*, 2025. Том 1, вип. 189. С. 368–376. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-368-376
4. Щолоков Е.Е., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Балдук П.Г. Дослідження ефективності системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. *Механіка та математичні методи*, 2025. Т. 7. № 1. С. 26–47. <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2025-7-1-26-47>
5. Zia, K., Ferscha, A. (2020). An agent-based model of crowd evacuation: combining individual, social and technological aspects. *Proceedings of the 2020 ACM SIGSIM conference on principles of advanced discrete simulation*. 129–140.
6. Li, N. et al. (2014). A BIM centered indoor localization algorithm to support building fire emergency response operations. *Automation in Construction*. 42. 78–89.

Карабин О.О., Кордіяка І.М., Чіпчик А.М., Шуригін В.І., Карабин В.В. Методичні підходи до розробки комплексного індексу стійкості до катастроф: досвід ЄС	46
Касьонкіна Н.Д., Шматковський Б.В., Раїкевич Н.В. Розробка технічних рекомендацій щодо запобігання поширення лісових пожеж на об'єкти енергетики.....	48
Катунін А.М., Кулаков О.В. Вплив домішок до основного матеріалу струмопровідної жили на температуру нагріву електричного проводу	50
Ковалишин Б.М., Балло Я.В. Програма-методика експериментальних вогневих досліджень з оцінювання обмеження поширення пожежі протипожежним карнизом	52
Ковбаса В.О., Кириченко О.В., Школяр Є.В. Особливості механізму та моделювання процесу горіння двокомпонентних піротехнічних сумішей на основі металевих пальних і фторопластів під впливом зовнішніх температурних чинників.....	54
Колосок К.С., Отрош Ю.А., Пурденко Р.Р. Вирішення задач по забезпеченню надійності будівельних конструкцій в ПК «ЛПРА-САПР».....	56
Копачов М.В., Яценко В.Г., Раїкевич О.С. Вплив воєнних дій на ризики виникнення пожеж у закритих об'єктах	58
Крошка М.К., Шевченко О.С., Раїкевич О.С. Методика оцінки пожежної небезпеки сонячних панелей	60
Костирка О.В., Боровик Н.В., Торчевська Є.Е. Адресні системи охоронно-пожежної сигналізації.....	62
Кравченко Р.І., Гулик Ю.Л., Хроменков Д.Г. Про технічне регулювання балончиків для заправки запальничок та газових балончиків	64
Кравченко С.С., Черненко Я.Р., Новгородченко А.Ю., Поздєєв С.В. Методика обчислення несучої здатності вогнезахищених дерев'яних балок в умовах пожежі.....	66
Крайник Г.С. Запобігання нещасним випадкам в умовах воєнного стану у закладах освіти України.....	68
Крутій Ю.С., Сур'янінов М.Г., Карнаухова Г.С., Перпері А.О., Клименко О.М. Про аналітичний метод розрахунку кільцевих пластин на ступенево-змінній пружній основі	71
Крутій Ю.С., Сур'янінов М.Г., Перпері А.О., Вакуленко В.В., Теорло Н.А. Про аналітичний метод розрахунку балок на експоненціально-змінній пружній основі.....	73
Куленко О.А., Стрижак С.В. Експериментальне визначення показників якості керастиновмісних біологічних відходів тваринного походження	75
Кучеренко В.Г., Рудешко І.В. Особливості фібробетону, як матеріалу для конструкцій захисних споруд цивільного захисту	77
Лаврик Р.С., Тригуб В.В., Грушовінчук О.В. Моделювання евакуації людей з громадських будівель	79
Левченко Д.Є., Афанасенко К.А. Аналіз пожежної небезпеки при коротких замиканнях у повітряних лініях	81
Маляров М.В., Парамонова К.О. Штучний інтелект, як інноваційний підхід до безпеки виробництва у вибухонебезпечних середовищах	83
Марков Д.А., Васильєв О.Б., Раїкевич Н.В. Принцип системного підходу до зниження пожежної небезпеки при термічній переробці полімерних відходів	85

Наукове видання

«Problems of Emergency Situations»

***Матеріали
Міжнародної науково-практичної конференції
14 травня 2025 року***

Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: Національний університет цивільного захисту України, 2025. 474 с.

*За зміст вміщених у збірник матеріалів
персональну відповідальність несуть автори*

Відповідальний за випуск Ю.А. Отрош
Технічні редактори Н.В. Рашкевич, Ю.А. Отрош

Підписано до друку 25.04.2025 Формат А4 (60 x 84 1/8)
Гарнітура Times New Roman. Тир. 100
Обл. – вид. арк. 30,87. Ум. друк. арк. 54,29

Надруковано «ФОП» Супрун Т. О.»
Дата та номер запису в Єдиному державному реєстрі
23.09.2024 р. № 2010350000000647670
Україна, 61007 м. Харків, вул. Миру, 32.
Тел. 096 132 53 75