



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**Черкаський інститут пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України**



***«Надзвичайні ситуації: безпека та захист»***

***Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної  
конференції з міжнародною участю***

***24 – 25 жовтня 2024 року***

Черкаси – 2024

УДК 543.051

Н 17

Рекомендовано до друку вченою радою факультету пожежної безпеки  
Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
(протокол № 1 від 24 вересня 2024 р.)

Дозволяється публікація матеріалів збірника у відкритому доступі  
експертною комісією інституту з питань таємниці  
(протокол № 11 від 17 жовтня 2024 р.)

Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XIV Всеукраїнської науково-  
практичної конференції з міжнародною участю. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля  
НУЦЗ України, 2024. – 230 с.

### Редакційна колегія

**Ігор ТОЛОК** – к. пед. н., доцент, Заслужений працівник освіти України, ректор НУЦЗ  
України;

**Дмитро ЛЕСЕЧКО** – к. т. н., т. в. о. начальника ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ  
України;

**Віталій КОВАЛЕНКО** – к. т. н., с. н. с., заступник начальника Інституту державного  
управління та наукових досліджень з цивільного захисту з наукової роботи;

**Олександр ЗЕМЛЯНСЬКИЙ** – начальник науково-дослідного центру ЧІПБ ім. Героїв  
Чорнобиля НУЦЗ України;

**Валентин МЕЛЬНИК** – к. т. н., доцент, начальник факультету пожежної безпеки НУЦЗ  
України;

**Сергій ЦВІРКУН** – к. т. н., доцент, начальник факультету пожежної безпеки ЧІПБ  
ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, **відповідальний секретар конференції**;

**Андрій БЕРЕЗОВСЬКИЙ** – к. т. н., доцент, начальник кафедри безпеки об'єктів  
будівництва та охорони праці ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, **секретар  
конференції**;

**Костянтин МИГАЛЕНКО** – к. т. н., доцент, начальник кафедри автоматичних систем  
безпеки та електроустановок ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;

**Сергій КАСЯРУМ** – к. пед. н., доцент, начальник кафедри вищої математики та  
інформаційних технологій ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України.

У збірнику подані матеріали доповідей за такими тематичними напрямками: прикладні  
наукові аспекти прогнозування та запобігання надзвичайним ситуаціям; технології пожежної та  
техногенної безпеки; інформаційні технології в попередженні та ліквідації надзвичайних ситуацій;  
теоретичні та практичні аспекти охорони праці в галузі цивільної безпеки.

© Факультет ПБ  
© ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024

У подальшому необхідно провести додатковий практичний аналіз та порівняти із реальним сценарієм пожежі за відомими експериментальними даними та знайти рішення, що радикально скорочує час практичного моделювання для швидкого опрацювання режимів пожежі в реальному часі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Estimation of fire location and heat release rate by using sequential inverse method. Woei Shyan Lee, Shin Ku Lee. Department of Mechanical Engineering, Research Center for Energy Technology and Strategy, V. 26, № 1-2. 2005. - С. 201-207.
2. Davis, W. and Forney, G. (2001), Sensor-Driven Fire Model Version 1.1 (NISTIR 6705), NIST Interagency/Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, [online] <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.6705>.
3. Berry Dave, Usmani Asif, Torero Jose L, Tate, Austin et. all. FireGrid: Integrated emergency response and fire safety engineering for the future built environment, [online] <https://era.ed.ac.uk/handle/1842/1169>.
4. Signal processing algorithms for fire localization using temperature sensor arrays. Shu Wang, Martin Berentsen, Thomas Kaiser. 2005. [online] <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2005.06.004>.

#### УДК 614

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ЕВАКУАЦІЇ З ОБ'ЄКТІВ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ

*В. ХРИСТИЧ, канд. техн. наук, доцент, заступник начальника кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій*

*М. МАЛЯРОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій*

*Р. ВЕРЕЩАК, курсант факультету пожежної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України*

Розуміння евакуації з багатолюдних будівель є серйозною проблемою в науці про пожежну безпеку. Загальний час, необхідний людям для виходу з будівлі, включає час, необхідний їм для того, щоб відреагувати на сигнал тривоги та прийняти рішення про евакуацію, і час, необхідний щоб пройти вибраним ними маршрут виходу. Зміна часу перед переміщенням призводить до суттєвих затримок евакуації, але контрольованих експериментів із цього приводу було мало.

Метою дослідження є отримання даних для перевірки моделювання евакуації та розрахунку часу евакуації шляхом аналізу поведінки евакуйованих з театру, що було досягнуто за допомогою навчань з евакуації під час пожежі з використанням методу вилучення докладних траєкторій евакуації. В роботі ми провели віртуальний експеримент, який досліджує рівень ризику, якому зазнають люди під час евакуації. Результати показали потенціал віртуальних експериментів для безпечного, швидкого та дешевого масштабування процесів, що спричиняють затримки під час евакуації натовпу перед переміщенням. Однією з цілей є перевірка, яка може спричинити краще розуміння ризиків на етапі евакуації перед переміщенням, зокрема, пов'язаного зі збиранням речей. Основну увагу було приділено пересуванню відвідувачів об'єкта з масовим перебуванням людей, саме вибору маршруту і пішохідному потоку, а не поведінці людей на етапі перед переміщенням чи ситуації паніки.

Важливим аспектом практики пожежної безпеки є сприяння швидкій та безпечній евакуації з багатолюдних будівель. Це потребує інфраструктурних рішень, як-от

забезпечення шляхів виходу. Що особливо важливо, він також спирається на розуміння поведінки людини під час евакуації під час пожежі. Наприклад, пожежна сигналізація, знаки виходу тощо повинні бути перевірені на предмет їх працездатності, або навіть ефективності, у попередженні або керівництві евакуйованими [1,2], а також має бути гарантовано безпечне проходження натовпу людей через шляхи евакуації [3, 4].

Щодо методологічних випробувань зі збирання траєкторій руху людей у театральних приміщеннях, в останніх дослідженнях було здійснено спроби комп'ютерного розпізнавання зображень чи інших сучасних технологій. Ямасіта та ін. [5, 6] досліджували розробку методу вимірювання пішохідних потоків під час навчань з евакуації в театрі. Вони оцінили кілька методів, у тому числі сучасні комп'ютерні програми розпізнавання зображень, систему RFID-міток та сканери LIDAR для точного вимірювання швидкості потоку евакуйованих біля дверей або коридорів. В емпіричному дослідженні [7] щодо динаміки пішоходів у не екстреної ситуації, коли глядач проходить через єдиний вихід на стадіоні (стан високої завантаженості), використовувалися стерео-камери для автоматичного вилучення маркерів, які учасники встановили на головах. Внаслідок цих досліджень вдалося отримати мікроскопічні траєкторії пішоходів; однак вони більше зосередилися на фізичній динаміці пішоходів у певній ділянці всієї кімнати, наприклад, на вузьких місцях.

Було зроблено припущення, що  $W_i$  (булева змінна), яка вказує, чи учасник евакуюється і протягом встановленого терміну ( $W_i = 1$ ) чи ні ( $W_i = 0$ ). Тоді, припустимо  $k_i$  позначає кількість дій, зроблених до початку руху учасником ( $k_i \in [0; 10]$ ). У логістичній регресії припускаємося, що  $W$  відповідає біномному розподілу, такому як  $W_i \sim \text{Binom}(1, \mu_i^4)$ . Величина  $\mu_i^4$  пов'язана з лінійним предиктором,  $\alpha_0 + \alpha_1 k_i$ , где  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  – параметри моделі через зворотну функцію логіт-зв'язки, такі що:

$$\mu_i^4 = [1 + \exp(\alpha_0 + \alpha_1 k_i)]^{-1} \quad (1)$$

Власне, ми моделювали можливість евакуації учасників протягом терміну  $P(W_i=1)=\mu_i^4$ , і підганяли стандартну модель до наших даних, використовуючи стандартний підхід максимальної правдоподібності, що має перевірені реалізації. Щоб оцінити, чи має кількість зібраних монет ненульовий вплив на  $P(W_i=1)$ , було виконано тест відношення правдоподібності для нульової гіпотези  $H_0: \alpha_1 = 0$ .

Оскільки залишається багато технічних проблем, пов'язаних із відстеженням великої кількості людей у переповнених, великих не лабораторних приміщеннях, наприклад, таких як театр, ні траєкторії руху евакуйованих, ні детальна поведінка евакуйованих на етапі евакуаційного руху для всього залу ще не отримано та потребує продовження досліджень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2023 року.- Київ: Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. ДСНС України, 2023.- 39 с.
2. Rochi E., Nilson D. and etc. A virtual reality experiment on flashing lights at emergency exit portals for road tunnel evacuation. *Fire Technol*, v.52, 2016.- pp. 623–647.
3. Loreglio R., Fozzone A. A mixed logit model for predicting exit choice during building evacuations. *Transp Res Part A* 92, 2016.- pp. 59–75.
4. Zhang J., Seyfied A. Quantification of bottleneck effects for different types of facilities. *Transp Res Proc* 2, 2014.- pp. 51–59.
5. Schacheider A., Klinsch W., and etc. Evacuation dynamics: empirical results, modeling and applications. In: Meyers RA (ed) *Encyclopedia of complexity and systems science* Springer, Heidelberg, 2009.- pp. 3142–3176.
6. Lovregio R., Ronhi E., Nilson D. A model of the decision-making process during pre-evacuation. *Fire Saf J* 78: 2015.- pp. 168–179.
7. Reneke P.A. Evacuation decision model. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 2013. Електронний ресурс. Доступ:

<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.7914>.

8. Gwyne S.M., and etc. Guidance for the model developer on representing human behavior in egress models. Fire Technol 52. 2016.- pp.775–800.

**УДК 351.862.**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ В ЇДАЛЬНІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІЦЕЮ**

*Сергій ЦВІРКУН, канд. техн. наук, доцент*

*Валентин МЕЛЬНИК, канд. техн. наук, доцент*

*Д. ЯЩЕНКО*

*Максим УДОВЕНКО*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля*

*Національного університету цивільного захисту України*

Їдальня — заклад громадського харчування загальнодоступний або для обслуговування певного контингенту споживачів з різноманітним асортиментом страв. Їдальня — місце з масовим перебуванням людей, отже, пожежа загрожуватиме насамперед їхнім життям. Пожежі на підприємствах громадського харчування можуть виникнути як через порушення заходів пожежної безпеки при проектуванні та будівництві виробничої будівлі, так і через недотримання протипожежного режиму, а саме:

- недотримання режимів ведення технологічного процесу при тепловій обробці продуктів;
- пошкодження виробничих ємностей, апаратури і трубопроводів;
- відсутність постійного нагляду за справністю тепло- і газовикористовуючого устаткування;
- несвоєчасне проведення ремонту виробничого обладнання.

Кухня є одним з центральних приміщень у їдальні. Це приміщення, де готують їжу на професійному обладнанні. Обладнати кухню всім необхідним означає не тільки встановити професійні печі для приготування їжі та холодильне обладнання для її зберігання, але й прокласти всі необхідні комунікації, створивши такі умови роботи, які б відповідали усім вимогам пожежної та електробезпеки.

Як показує практика, однією з найбільш розповсюджених причин виникнення пожеж на кухні є займання горючої пило-жирової суміші, яка накопичується в вентиляційних каналах, витяжних системах і системах димовидалення, якими оснащують приміщення.

Провівши попередній аналіз було прийняте рішення провести розрахунки настання небезпечних чинників пожежі в приміщенні з осередком пожежі кухня.

Вихідні дані щодо пожежної навантаги «Їдальня, зал ресторану і т.п.»:

- нижня температура згоряння 13,8 МДж/кг;
- лінійна швидкість розповсюдження полум'я 0,0045 м/с
- питома масова швидкість вигорання 0,015 кг/м<sup>2</sup>с
- димоутворююча здатність 82 Нпм<sup>2</sup>/кг
- споживання кисню 1,437 кг/кг
- виділення вуглекислого газу 1,285 кг/кг
- виділення чадного газу 0,0022 кг/кг
- виділення хлористого водню 0,006 кг/кг

Для визначення небезпечних чинників пожежі був використаний програмний комплекс FDS (Fire Dynamic Simulator). Вибір даного програмного комплексу