



*I. A. Оношко, В. В. Ковалишин*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5793-1680> – I. A. Оношко

<https://orcid.org/0000-0002-5463-0230> – В. В. Ковалишин



[malcastic@gmail.com](mailto:malcastic@gmail.com)

## АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ

**Постановка проблеми.** Стратегія ефективного запобігання та профілактики виникнення пожеж повинна будуватись на основі цілей і задач створення безпеко-орієнтованого середовища та мінімізації наслідків в разі настання надзвичайної події, зокрема пожежі. Існує багато технік або підходів як до якісного, так і до кількісного аналізу пожежних ризиків. Кожна методика потребує індивідуального вивчення та аналізу її відповідності наміченим цілям, оскільки немає абсолютно безпечних альтернатив, доступних для окремих осіб чи організацій, як і не існує обладнання абсолютно надійного чи повністю захищеного від неправильної експлуатації. Актуальним є питання деталізованого вивчення і вдосконалення методики оцінювання пожежних ризиків з метою забезпечення належного рівня протипожежного захисту та мінімізації індивідуальних та соціальних ризиків для людей.

**Мета дослідження.** Обґрунтування необхідності вдосконалення процесу оцінювання пожежних ризиків в комплексі інжинірингу пожежної безпеки.

**Задачі дослідження.** Аналіз методів оцінювання пожежних ризиків в Україні, країнах Америки та ЄС та виявлення їх недосконалості у сценаріях розвитку пожеж, часу початку евакуації, як складової частини оцінювання індивідуальних та соціальних ризиків в комплексі інжинірингу пожежної безпеки.

**Методи.** Статистичний, аналітичний та детерміністичний методи дослідження.

**Результати дослідження.** В результаті проведеного аналізу було встановлено необхідність більш ґрунтовного підходу до вибору можливих сценаріїв пожеж та виявлено недосконалість вітчизняної методики розрахунку часу початку евакуації, що може суттєво вплинути на остаточний розрахунок індивідуальних та соціальних ризиків в комплексі інжинірингу пожежної безпеки.

**Висновки.** Для вдосконалення процесу інжинірингу пожежної безпеки запропоновано таке:

- 1) розробити методологію вибору необхідних сценаріїв розвитку пожеж, що відповідатимуть параметрам пожежної безпеки;
- 2) вдосконалити методику розрахунку загального часу евакуації людей із врахуванням часу її початку.

**Ключові слова:** ризик, інжиніринг пожежної безпеки, оцінювання пожежного ризику, ідентифікація, сценарії розвитку, небезпечні фактори пожежі.

*I. A. Onoshko, V. V. Kovalyshyn*

*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

## ANALYSIS OF FIRE RISK ASSESSMENT METHODOLOGY

**Formulation of the problem.** The strategy of effective fire prevention must be based on the goals and objectives of creating a safety-oriented environment and minimising the consequences in the event of an emergency. There are many techniques or approaches to both qualitative and quantitative fire risk analysis. Each technique requires individual study and analysis of its compliance with the intended goals, since there are no completely safe alternatives available to individuals or organizations, just as there is no equipment that is completely reliable or completely protected from improper use. The issue of a detailed study and improvement of fire risk assessment methodology to ensure the proper level of fire protection and minimise individual and social risks for people is urgent.

**The purpose of the study.** Justification of the need to improve the fire risk assessment process the in the complex of fire safety engineering.

**The objectives of the study.** Analysis of fire risk assessment methods in Ukraine, the countries of America and the EU and the identification of their imperfections in the scenarios of fire development, the time of the start of evacuation, as a component of the assessment of individual and social risks in the complex of fire safety engineering.

**Methods.** Statistical, analytical and deterministic research methods.

**Research results.** As a result of the analysis, the need for a more thorough approach to the selection of possible fire scenarios for co-working spaces was established and the imperfection of the domestic methodology for calculating the time of the start of evacuation was revealed, which can have a significant impact on the final calculation of individual and social risks in the fire safety engineering complex.

**Conclusions.** The following is proposed to improve the fire safety engineering process:

- 1) development of a methodology for selecting the necessary fire development scenarios that will meet fire safety parameters;
- 2) improvement of the methodology for calculating the total time of the evacuation of people, taking into consideration the time of its start.

**Keywords:** risk, fire risk assessment, fire safety engineering, identification, development scenarios, fire hazards.

**Постановка проблеми.** Стратегія ефективного запобігання та профілактики виникнення пожеж повинна будуватись на основі цілей і задач створення безпеко-орієнтованого середовища та мінімізації наслідків в разі настання надзвичайної події, які визначаються в результаті процесу ідентифікації, аналізу та оцінювання ризиків і можливих сценаріїв їх настання та розвитку. Існує багато технік або підходів як до якісного, так і до кількісного аналізу пожежних ризиків. Кожна методика потребує індивідуального вивчення та аналізу її відповідності поставленій меті, оскільки немає абсолютно безпечних альтернатив, доступних для окремих осіб чи організацій, як і не існує обладнання абсолютно надійного чи повністю захищеного від неправильної експлуатації. Навіть за умов, коли зведено до мінімуму ризики технологічного характеру, не слід нехтувати ймовірністю виникнення катастроф природного характеру, що можуть спричинити пожежі із значними наслідками, особливо із загибеллю людей.

Отож актуальним є питання деталізованого вивчення і вдосконалення методики оцінювання пожежних ризиків з метою забезпечення належного рівня протипожежного захисту та мінімізації індивідуальних та соціальних ризиків для людей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В своїх роботах [1-7] вітчизняні та закордонні автори сходяться на думці, що розробка заходів протипожежного захисту потребує високого рівня прийняття рішень на всіх рівнях застосування, оскільки через примхливу природу небажаної пожежі очікується високий ступінь суб'єктивності, а отже, невизначеності. Практично в кожному аспекті протипожежного захисту практикуючий фахівець стає перед вибором альтернатив, кожна з яких має один або більше наслідків. Якщо вибір суб'єктивний, то його можна зробити лише тоді, коли виконуються три умови:

1. усвідомлення можливих наслідків;
2. розуміння ймовірності настання наслідків та їх кількісна оцінка;
3. розуміння методу поєднання значень та ймовірностей від настання наслідків з огляду на вибраний вектор безпеки.

Кількісна оцінка наслідків часто є відображенням стратегії математичного моделювання, яка лежить в основі багатьох рішень, і, отже, вона дійсна лише в тій мірі, в якій є доречність обраної моделі або, включно, надійність її вхідних даних. Крім того, той факт, що більшість даних є суб'єктивними, ставить експертів на вершину «ланцюга» відповідальності за прийняття правильних рішень та вірного вибору методики оцінювання [2]. Так, в країнах Європейського Союзу, Америки, в Україні порядок оцінювання пожежних ризиків, їх впливу та наслідків від них регламентується вимогами ISO 23932 «Fire safety engineering – General principles», який прийнятий в Україні так званим «методом обкладинки». Цей міжнародний стандарт встановлює загальні принципи наочно-орієнтованої методології для оцінки рівня пожежної безпеки нового або існуючого забудованого середовища [9].

Праці [3, 4] канадських науковців в 90-х роках минулого сторіччя щодо створення математичної моделі розрахунку ймовірних небезпечних факторів пожежі у висотних будівлях та застосування оцінки ймовірного ризику для визначення економічно ефективних варіантів проектування заходів пожежної безпеки для великої офісної будівлі – стали фундаментальними та лягли в основу міжнародних стандартів з оцінювання пожежних ризиків в комплексі інжинірингу пожежної безпеки об'єктів, зокрема і ДСТУ ISO/TR 16732-2:2018 «Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 2. Приклад офісної будівлі».

ДСТУ [11,13] дає загальну методологію для оцінки рівня пожежної безпеки для нових і не нових будівель. Так, оцінювання пожежного ризику починається зі створення контексту – низки кількісних припущень, необхідних для виконання розрахунків з метою визначення ризику для об'єкта з огляду на його характеристики. Наступним етапом є визначення небезпек, що є підґрунтям для задавання та вибору сценаріїв, що є фактично основою розрахунку. Кількість можливих сценаріїв пожежі в будь-якому забудованому середовищі (будівлі чи іншій споруді) може бути дуже великою, тому необхідно звести цей великий набір можливостей до невеликого набору проектних сценаріїв пожежі, який піддається аналізу. Характеристика сценарію пожежі повинна включати опис ініціації пожежі, фази зростання, фази повного розвитку та згасання разом із ймовірними шляхами поширення диму та вогню. В ДСТУ[13] для наочності був використаний детерміністичний метод аналізу, тобто проведено скорочений розрахунок прийняттого рівня пожежного ризику на основі невеликої кількості сценаріїв на прикладі 40-поверхової офісної будівлі з комерційними площами на першому поверсі. Вибір можливих сценаріїв в [13] зведений до розгляду лише умовних шести варіантів розвитку пожежі, а саме:

- пожежа в режимі тління при відкритих вхідних дверях протипожежного відсіку;
- пожежа в режимі тління при закритих вхідних дверях протипожежного відсіку;
- полум'я без займання усіх наявних горючих речовин при відкритих вхідних дверях пожежного відсіку;
- полум'я без займання усіх наявних горючих речовин при закритих вхідних дверях пожежного відсіку;
- полум'яне горіння із займанням всіх наявних горючих речовин при відкритих вхідних дверях протипожежного відсіку;
- полум'яне горіння із займанням усіх наявних горючих речовин при закритих вхідних дверях пожежного відсіку.

Ймовірність виникнення кожної з пожеж ґрунтувалась на статистичних даних, зібраних пожежними підрозділами в провінціях і на території Канади, а ймовірнісні показники визначали шляхом комп'ютерного моделювання (програмний продукт FIRECAM), методами експертних оцінок та детерміністичним методом

на кожному етапі оцінки окремо [3,4,5,13]. Разом з тим, як чітко зазначено в [13], такий підхід до визначення сценаріїв виникнення та розвитку пожеж не придатний для користування в разі екстремальних подій, що можуть призвести до значних наслідків і руйнувань.

Враховуючи архітектуру будівель і різноманітність процесів, що можуть одночасно відбуватись в приміщеннях будівель із залученням великої кількості людей, сценарії виникнення та розвитку можливих пожеж за таких обставин в країнах ЄС, США та Канади визначають за 9 Крокami систематичної процедури, як пропонує міжнародний стандарт [10], а саме:

Крок 1 – визначення чітких цілей безпеки;

Крок 2 – визначення місць виникнення пожеж;

Крок 3 – визначення типу пожежі;

Крок 4 – визначення потенційних супутніх небезпек, що призводять до виникнення пожеж за іншим сценарієм;

Крок 5 – аналіз наявних систем протипожежного захисту та визначення їх впливу на пожежу;

Крок 6 – аналіз поведінки людей в умовах пожежі;

Крок 7 – вибір проектних сценаріїв пожеж;

Крок 8 – моделювання сценаріїв пожеж із врахуванням характеристик наявних систем протипожежного захисту;

Крок 9 – Остаточний вибір і документування.

Очевидно, що такий підхід для визначення сценаріїв виникнення та розвитку пожеж для будівель та приміщень є більш ґрунтовним та таким, що забезпечить відповідність наявних інженерних рішень цілям протипожежного захисту.

**Основна частина.** Пожежна безпека оцінюється через інженерний підхід на основі кількісної оцінки поведінки вогню та на основі знань про наслідки від пожеж для вжиття заходів щодо безпеки життя, власності, спадщини та навколишнього середовища. На діаграмах (рис. 1-4) наведено статистичні дані Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту ДСНС України про виникнення пожеж та загибель на них людей, а також аналіз причин виникнення пожеж за період 2020-2021р.р. і дев'ять місяців поточного року.

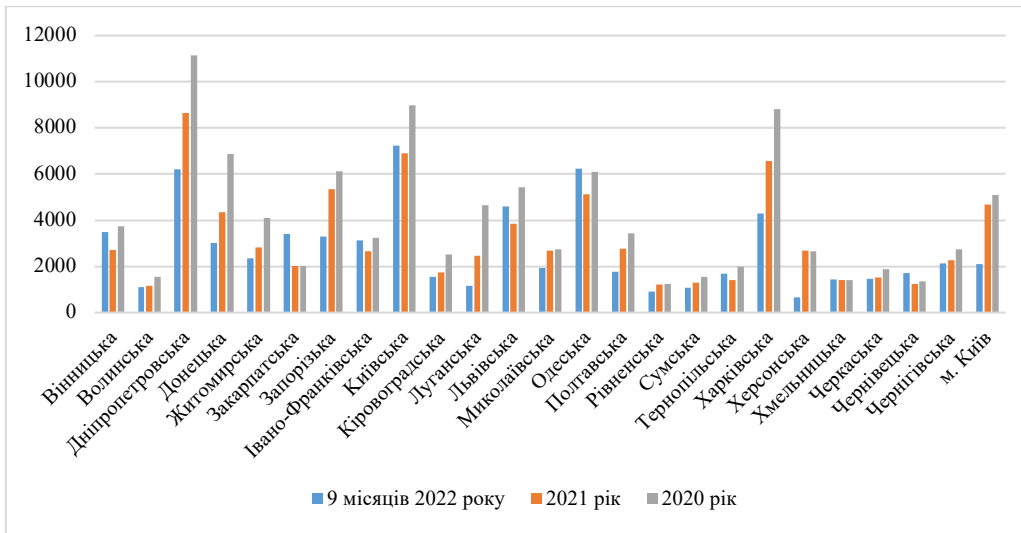


Рисунок 1 – Кількість пожеж у регіонах України за 2020-2021р.р. та 9 місяців 2022 р.

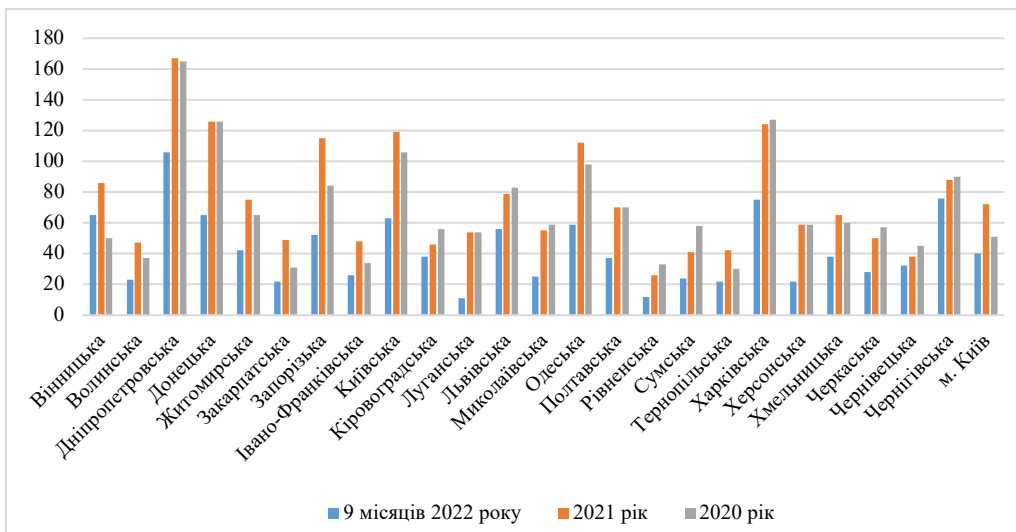


Рисунок 2 – Кількість людей, що загинули, на пожежах у регіонах України за 2020-2021р.р. та 9 місяців 2022 р.

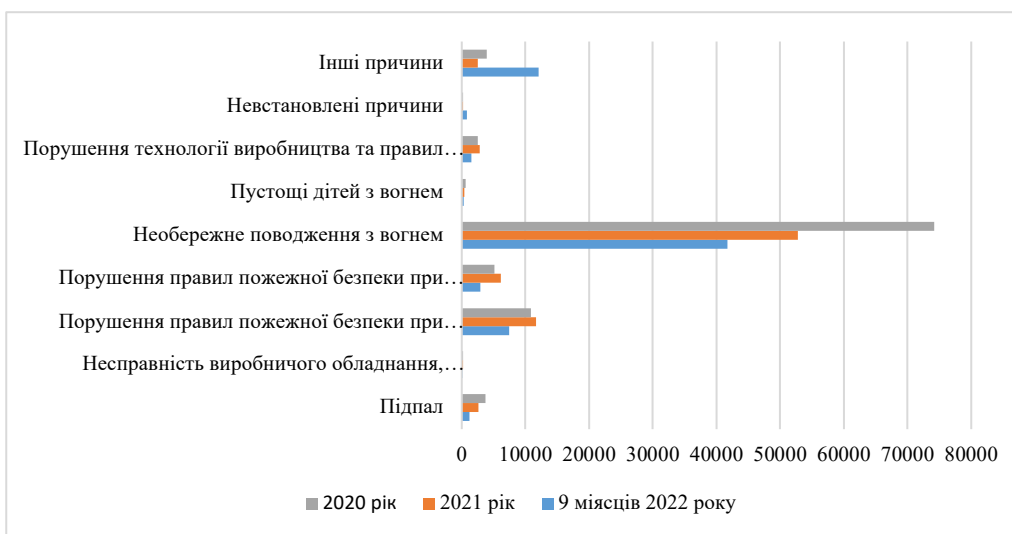
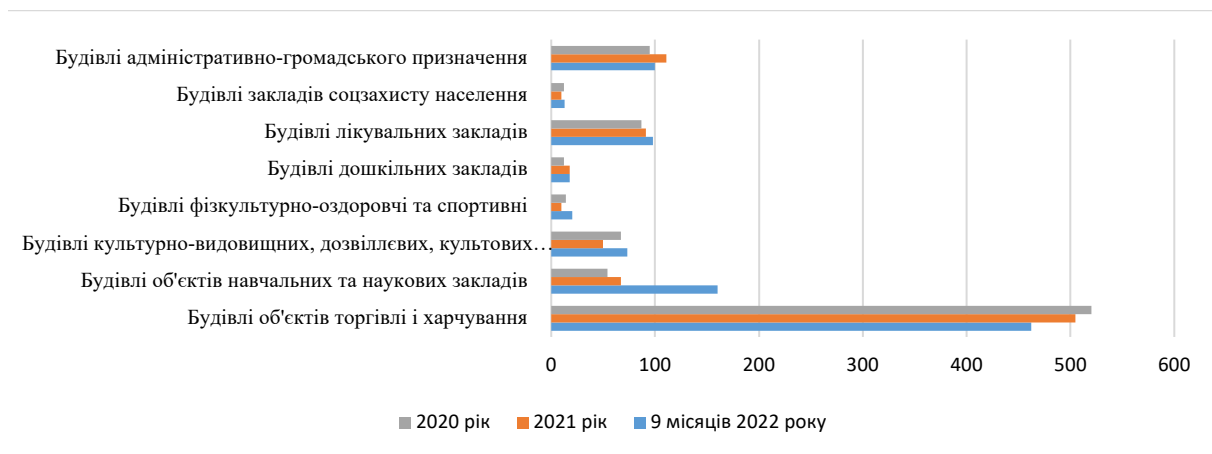


Рисунок 3 – Розподіл пожеж за причинами їх виникнення за період 2020-2021р.р. та 9 місяців 2022 р.



**Рисунок 4** – Аналіз пожеж на об'єктах з масовим перебуванням людей за період 2020-2021р.р. та 9 місяців 2022 р.

Офіційні статичні дані свідчать про те, що саме об'єкти з масовим перебуванням людей житлової та громадської інфраструктури, які подекуди є одним цілим, є пріоритетними в аспекті проведення ґрунтового оцінювання пожежних ризиків з метою забезпечення належного рівня пожежної безпеки.

Так, в ході аналізу чинних методів [9,12,13] проведено розрахунок пожежних ризиків за алгоритмом [13] на прикладі будинків підвищеної поверховості і висотних будівель з огляду на

статичні дані України за останні п'ять років. В таблиці 1 наведені дані про кількість будинків підвищеної поверховості, які експлуатуються в Україні, кількість пожеж в них за період 2018-2021р.р. та 9 місяців 2022р. та частоту їх виникнення, що була розрахована за формулою:

$$F_f = N_f / N_b \quad (1)$$

де:  $N_f$  - кількість пожеж, що трапилась в будинках підвищеної поверховості за певний проміжок часу;  $N_b$  - кількість будинків підвищеної поверховості.

**Таблиця 1**

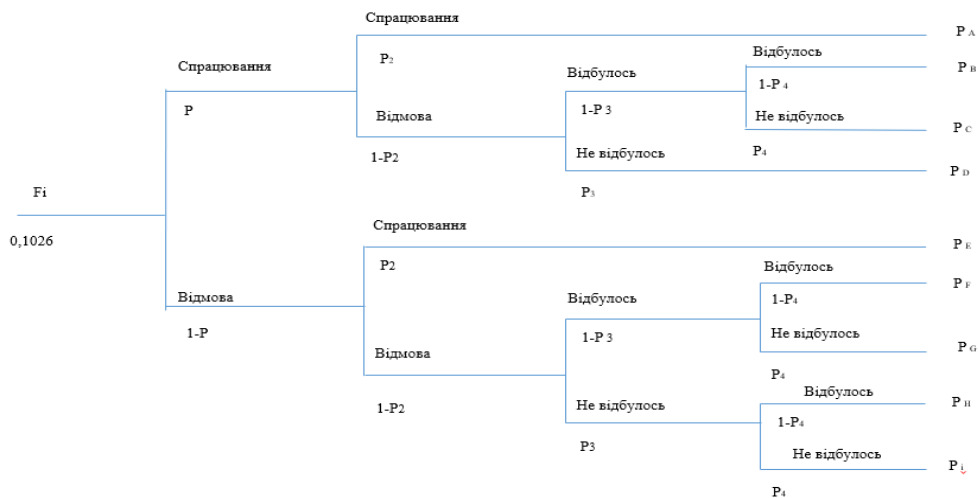
Частота виникнення пожеж

Рік	Кількість пожеж	Кількість загиблих	Кількість травмованих	Кількість будинків підвищеної поверховості і висотних будівлях	Частота виникнення пожеж, кількість за рік	Частота загибелі людей на пожежах, кількість /за рік
2018	777	16	48	6097	0,1274	0,0618
2019	670	24	34	6105	0,1097	0,0358
2020	596	19	35	6117	0,0974	0,0319
2021	615	21	29	6128	0,1004	0,0341
9 місяців 2022	465	17	36	5937	0,0783	0,0366
Всього	3123	97	182			
Середнє значення	624	19	36		0,1026	

Згідно із розрахунком, середнє значення частоти виникнення пожеж в будинках підвищеної поверховості і висотних будівлях становить **0,1026**.

Для умовної пожежі в будинку підвищеної поверховості застосовуючи детерміністичний метод шляхом побудови логічного дерева подій проаналізуємо можливі сценарії

розвитку пожежі та визначимо кількісну оцінку наслідків (рівень прийнятного ризику) згідно із запропонованими сценаріями, як показано на рис.5, де  $P_i$  - ймовірність настання події;  $P_n$ - кількісна оцінка для кожного ймовірного розвитку події;  $F_i$ - частота виникнення пожеж.



**Рисунок 5** – Структура кількісної оцінки наслідків, яка ґрунтується на формулюванні дерева подій

Кількісну оцінку ймовірних наслідків для кожної з гілок дерева подій розраховано за формулою:

$$P_n = \{F_i \times P \times P_i\} \quad (2)$$

де P, P<sub>i</sub> приймається рівним 0,9. Підсумок розрахунку показано у таблиці 2.

**Таблиця 2**

Рівень ризику залежно від кількісної оцінки настання ймовірної події

Сценарій	Ймовірна подія під час пожежі		Кількісний показник ймовірних наслідків	Рівень ризику
P <sub>A</sub>	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	так так ні ні	8311 x 10 <sup>-5</sup>	1
P <sub>B</sub>	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	так ні так так	9,2 x 10 <sup>-5</sup>	4
P <sub>C</sub>	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	так ні так так	83,1 x 10 <sup>-5</sup>	3
P <sub>D</sub>	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	так ні ні	831 x 10 <sup>-5</sup>	2
P <sub>E</sub>	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	ні так	923 x 10 <sup>-5</sup>	2
P <sub>F</sub>	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	ні ні так так	1 x 10 <sup>-5</sup>	5

$P_G$	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	ні ні так ні	$9,2 \times 10^{-5}$	4
$P_H$	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	ні ні ні так	$83 \times 10^{-5}$	3
$P_I$	Спрацювання системи АПС та оповіщення про пожежу Спрацювання АУПГ Руйнування вікон Обвал конструкцій	ні ні ні ні	$9,2 \times 10^{-5}$	4

Розрахований показник є вкрай необхідним для визначення прийнятного рівня ризику внаслідок настання небезпечної події в аспекті розрахунку індивідуальних ризиків. Так, з таблиці 1 слідує, що прийнятний рівень ризику в еквіваленті  $8311 \times 10^{-5}$  досягається за умови виникнення і розвитку пожежі за сценарієм «Р<sub>A</sub>» – спрацювання всіх систем виявлення та гасіння пожежі, а також оповіщення людей про пожежу. Неприйнятним рівень ризику за сценарієм «Р<sub>F</sub>» – в еквіваленті  $1 \times 10^{-5}$ , буде при повній відмові систем протипожежного захисту з подальшим швидким розвитком пожежі та руйнуванням конструкцій будівлі і створить несприятливі умови для проведення безпечної евакуації людей.

Згідно з початковими умовами в [13] для офісної будівлі, визначено, що наявні в ній особи

– здебільшого офісні працівники та невелика кількість персоналу, що працює на першому поверсі в магазинах і кафе. З чого слідує, що всі можливо присутні особи у цій будівлі перебувають у безсонному стані і достатньо знайомі зі структурою та розташуванням евакуаційних шляхів і виходів. Так, вітчизняними нормами ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення» встановлено, що розрахунковий час евакуації людей з будівлі встановлюється за часом виходу з неї останньої людини [11] та складається з часу початку евакуації та часу тривалості евакуації. В таблиці 3 наведені емпіричні значення тривалості від початку евакуації для об'єктів громадського призначення з додатка А.3. [11].

**Таблиця 3**

Значення тривалості від початку евакуації для об'єктів громадського призначення (джерело: ДСТУ 8828:2019)

Вид об'єкту	Значення часу від початку евакуації людей $t_n$ , с		
	Будівлі, обладнані системою керування евакуаванням		Будівлі, обладнані системою керування евакуаванням
	1-III типу	IV-V типу	
Будинки, споруди та приміщення дошкільних навчальних закладів, навальних закладів, охорони здоров'я та відпочинку. Особи, які перебувають у будівлі, можуть знаходитись в стані сну, бути обмеженими в пересування та недостатньо знайомі зі структурою шляхів евакуації та виходів	360	240	540
Гуртожитки, одноквартирні та багатоквартирні житлові будинки зокрема і блокового типу. Мешканці можуть знаходитись в стані сну і недостатньо знайомі зі структурою шляхів евакуації та виходів	180	120	360
Будинки, споруди та приміщення фізкультурно-оздоровчі та спортивні, дозвілля, культурно-видовищні, культові, торгівлі і харчування; побутового обслуговування; соціального захисту населення; транспорту, призначені для безпосереднього обслуговування населення; комунального господарства. Відвідувачі знаходяться в безсонному стані, але можуть бути незнайомі зі структурою евакуаційних виходів і шляхів.	180	60	360
Будинки і споруди та приміщення науково – дослідних установ та громадських організацій та управління. Відвідувачі знаходяться в безсонному стані, та добре знайомі зі структурою евакуаційних виходів і шляхів.	180	90	360



Для всіх решта будівель і споруд, що не увійшли до даного переліку [11] часовий проміжок між початком виникнення пожежі та початком евакуації  $t_{пе}$  (с) для приміщення осередку пожежі розраховується за формулою:

$$t_{пе} = 5 + 0,01 \cdot F, \quad (3)$$

де  $F$  – площа приміщення,  $m^2$ .

Для порівняння розглянемо таблицю 4, в якій наведені вимоги [8] будівельного стандарту Великої Британії, зокрема таблиця 21 DD240 «Значення часу затримки початку проведення евакуації в хвиликах».

Таблиця 4

Значення часу затримки початку евакуації в хвиликах (джерело таблиця 21 DD240)

Тип об'єкта	$W_{1,хв}$	$W_{2,хв}$	$W_{3,хв}$
Офіси, комерційна та виробнича нерухомість, школи коледжі та вищі навчальні заклади. Особи, які перебувають у будівлі, можуть знаходитись в безсонному стані, та достатньо знайомі зі структурою шляхів евакуації та виходів	Менше 1	3	Не більше 4
Магазини, музеї, фізкультурно-оздоровчі, спортивні, заклади дозвілля інші громадські споруди Особи, які перебувають у будівлі, можуть знаходитись в безсонному стані та недостатньо знайомі зі структурою шляхів евакуації та виходів	Менше 2	3	Не більше 6
Гуртожитки, жиллові будинки середньої та підвищеної поверховості Мешканці можуть знаходитись в стані сну і достатньо знайомі зі структурою шляхів евакуації та виходів	Менше 2	4	Не більше 5
Готелі та заклади інтернатного типу. Мешканці можуть знаходитись в стані сну і недостатньо знайомі зі структурою шляхів евакуації та виходів	Менше 2	4	Не більше 6
Лікувальні установи та заклади охорони здоров'я заклади соціального захисту та інші заклади комунального типу. Більшість осіб, які перебувають у приміщеннях потребують допомоги під час евакуації.	Менше 3	5	Не більше 8

де  $W_1$  – час затримки перед початком евакуації людей за допомогою системи голосового зв'язку диспетчерської служби або прямого ефіру із залученням добре навченого персоналу у формі, якого бачать і чують усі відвідувачі;

$W_2$  – час затримки перед початком евакуації людей за допомогою транслювання попередньо записаних голосових повідомлень або візуальних попереджень із залученням навченого персоналу;

$W_3$  – час затримки перед початком евакуації людей за допомогою сигналу пожежної тривоги.

З таблиці 3 видно, що час початку евакуації є чітко визначеним та залежить лише від типу системи оповіщення і керування евакууванням людей, а не від наявності даних систем. Окрім того, нормами стандартів Великої Британії не передбачений розрахунок часу початку евакуації, а навпаки для будівель і приміщень різного призначення чітко встановлені допустимі часові межі затримки початку евакуації, як, зокрема, і для офісних будівель та споруд незалежно від поверховості та конструктивних особливостей.

Таким чином, порівняння вітчизняних норм законодавства щодо встановлення часу початку евакуації людей під час пожежі з нормами стандартів Великої Британії виявило суттєві

розбіжності, що можуть мати негативний вплив на безпеку людей.

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу було встановлено, що існує необхідність у більш ґрунтовному підході до вибору можливих сценаріїв пожеж в комплексі оцінювання пожежних ризиків та виявлено недосконалість вітчизняної методики розрахунку часу початку евакуації, що може суттєво впливати на остаточний розрахунок індивідуальних та соціальних ризиків в комплексі інжинірингу пожежної безпеки. Таким чином, вдосконалення процесу інжинірингу пожежної безпеки, а саме: розроблення методології вибору необхідних сценаріїв розвитку пожеж, що відповідатимуть параметрам пожежної безпеки; вдосконалення методики розрахунку загального часу евакуації людей із врахуванням часу її початку – і буде предметом подальших досліджень.

#### Список літератури:

1. R.L.P. Custer and B.J. Meacham, Introduction to Performance- Based Fire Safety, Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Quincy, MA (1997).
2. S.E. Magnusson, H. Frantzich, and K. Harada, Fire Safety Design Based on Calculations: Uncertainty Analysis and Safety Verification, Department of Fire



Safety Engineering, Lund University, Lund, Sweden (1995).

3. G.V. Hadjisophocleous, D. Yung. A model for calculating the propabilities of smoke hazard from fires in multi-storey buildings. *Journal of Fire Prof. Engr*, 4(2),1992, pp 67-80

4. Yung D., hadjisophocleous G.V., Yager B. Case study: the use of FIRECAM to identify cost-effective fire safety design options for a large 40-storey office building, Pacific Rim Conference and International Conference on Performance Based Codes and Fire Safety DesignMethods, Maui, Hawaii, May 07, 1998, pp.441-452

5. Xiao-qian Sun, Ming-chun Luo, Fire Risk Assessment for Super High-rise Buildings, *Procedia Engineering*, Volume 71, 2014, Pp. 492-501.

6. Кузык, А., Yemelianenko, S. (2019). Ризик як характеристика стану пожежної безпеки. *Пожежна безпека*, 18, 101-106. Retrieved із [journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/1057](http://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/1057)

7. Ємельяненко С.О., Харчук А.І., Міллер О.В., Мартин О.М. Аналіз пожежних ризиків висотних та багатоповерхових житлових будинків м. Львова. *Пожежна безпека*.2015. № 27.С. 57-63.

8. Fire Safety Engineering in Buildings, Part 1: Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles, Table 21, British Standard Institutue, DD240, London, 1997.

9. ДСТУ ISO 23932:2009 «Fire safety engineering – General principles».

10. ISO 16733-1:2015 «Fire safety engineering- Selection of design fire scenarios and design fires-Part 1: Selection of design fire scenarios».

11. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення».

12. ДСТУ ISO 16732-1:2018 «Оцінювання пожежного ризику. Частина 1. Загальні положення».

13. ДСТУ ISO 16732-2:2018 «Оцінювання пожежного ризику. Частина 2. Приклад офісної будівлі».

#### References:

1. R.L.P. Custer and B.J. Meacham, Introduction to Performance- Based Fire Safety, Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Quincy, MA (1997).

2. S.E. Magnusson, H. Frantzich, and K. Harada, Fire Safety Design Based on Calculations: Uncertainty Analysis and Safety Verification, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, Sweden (1995).

3. G.V. Hadjisophocleous, D. Yung. A model for calculating the propabilities of smoke hazard from fires in multi-storey buildings. *Journal of Fire Prof. Engr*, 4(2),1992, pp 67-80

4. Yung D., hadjisophocleous G.V., Yager B. Case study: the use of FIRECAM to identify cost- effective fire safety design options for a large 40-storey office building, Pacific Rim Conference and International Conference on Performance Based Codes and Fire Safety DesignMethods, Maui,Hawaii, May 07, 1998, pp.441-452

5. Xiao-qian Sun, Ming-chun Luo, Fire Risk Assessment for Super High-rise Buildings, *Procedia Engineering*, Volume 71, 2014, Pages 492-501.

6. Кузык, А., Yemelianenko, S. (2019). Risk as a characteristic of the state of fire safety. *Journal Fire Safety* 18, 101-106. Retrieved from <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/1057>

7. Yemelianenko, S., Kharchuk A., Miller O. Martyn O. The analysis of fire risk of high-rised buildings in Lviv. *Journal Fire Safety*.2015.№ 27.С. 57-63.

8. Fire Safety Engineering in Buildings, Part 1: Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles, Table 21, British Standard Institutue, DD240, London, 1997.

9. DSTU ISO 23932:2009 «Fire safety engineering – General principles».

10. ISO 16733-1:2015 «Fire safety engineering- Selection of design fire scenarios and design fires- Part 1: Selection of design fire scenarios»

11. DSTU 8828:2019 «Fire safety. General principles».

12. DSTU ISO 16732-2:2018 "Fire safety engineering. Fire risk assessment. Part 1. General principles".

13. DSTU ISO 16732-2:2018 "Fire safety engineering. Fire risk assessment. Part 2. An example of an office building".

© I. А. Оношко, В. В. Ковалишин, 2022.

**Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 16.11.2022.

Прийнято до публікації 12.12.2022.