Пожежна безпека
Fire Safety
ISSN 2078-6662 (print), ISSN 2708-1087 (online)
https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB

УДК 614.84
This article is an Open Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

DOI https://doi.org/10.32447/20786662.47.2025.10

О. В. Савченко, В. В. Ніжник
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту,
м. Київ Україна

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4140-3055 – О. В. Савченко
https://orcid.org/0000-0003-3370-9027 – В. В. Ніжник
Alesa@ukr.net

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

Мета. У статті наведено результати розв'язання наукової задачі щодо вдосконалення методу оцінювання індивідуального пожежного ризику з урахуванням впливу систем протипожежного захисту. Розкрито методологічний підхід дослідження коефіцієнтів ефективного функціонування систем протипожежного захисту. Показано, що для дослідження коефіцієнтів ефективного функціонування систем протипожежного захисту найбільш придатними можуть стати методи, що основані на польових моделях, і методи теорії імовірності в сукупності з використанням статистичних даних.

Результати. У роботі наведені результати теоретичних та експериментальних досліджень із наукового обґрунтування значень коефіцієнтів ефективного функціонування систем протипожежного захисту та їх впливу на індивідуальний пожежний ризик. Представлені результати моделювання громадських об'єктів різного функціонального призначення з використанням польових моделей. Представлені результати розрахунку з використанням методів теорії імовірності за зібраними статистичними даними. Проведено перевірку отриманих результатів розрахунку з результатами експериментального дослідження за попередньо розробленою програмою та методикою експериментальних досліджень.

Наукова новизна роботи полягає у формалізації впливу систем протипожежного захисту на індивідуальний пожежний ризик шляхом введення відповідних коригувальних коефіцієнтів у математичну модель оцінювання. Запропонований підхід дає змогу адаптувати методику до конкретних умов об'єкта, враховуючи не лише наявність, але й фактичну ефективність роботи систем протипожежного захисту. Це відкриває перспективи для подальшого розвитку нормативної бази у сфері пожежної безпеки, а також для впровадження ризик-орієнтованого підходу в практику проєктування.

Ключові слова: індивідуальний пожежний ризик, протипожежний захист, оцінювання ризику, системи пожежогасіння, математичне моделювання, ефективність захисту, ризик-орієнтований підхід, пожежна безпека, коефіцієнти ефективного функціонування систем протипожежного захисту.

O. V. Savchenko, V. V. Nizhnyk
Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR ASSESSING INDIVIDUAL FIRE RISK CONSIDERING THE IMPACT OF FIRE PROTECTION SYSTEMS

Introduction. The article presents the results of solving a scientific problem on improving the method of assessing individual fire risk, taking into account the influence of fire protection systems. A methodological approach to studying the coefficients of effective functioning of fire protection systems is disclosed. It is shown that for studying the coefficients of effective functioning of fire protection systems, methods based on field models and methods of probability theory in combination with the use of statistical data may be the most suitable.

Results. The paper presents the results of theoretical and experimental studies on the scientific substantiation of the values of the coefficients of effective functioning of fire protection systems and their impact on individual

fire risk. The results of modeling public facilities of various functional purposes using field models are presented. The results of calculations using probability theory methods based on collected statistical data are presented. The obtained calculation results were checked with the results of experimental research according to the previously developed program and methodology of experimental research.

The scientific novelty of the work lies in the formalization of the impact of fire protection systems on individual fire risk by introducing the appropriate correction coefficients into the mathematical evaluation model. The proposed approach allows you to adapt the methodology to the specific conditions of the facility, taking into account not only the availability, but also the actual efficiency of fire protection systems. This opens up prospects for further development of the regulatory framework in the field of fire safety, as well as for the implementation of a risk-based approach in design practice.

Key words: individual fire risk; fire protection; risk assessment; fire extinguishing systems; mathematical modeling; protection effectiveness; risk-based approach; fire safety; coefficients of effective functioning of fire protection systems.

Постановка проблеми. Щороку в Україні реєструється близько 90 тис. пожеж. На таких пожежах гине близько 2 тис. людей, у тому числі близько 100 дітей. Щорічно матеріальні втрати від пожеж становлять понад 10 млрд грн. Щодня пожежі знищують або пошкоджують близько 70 будівель і споруд. За останні десять років загибель людей на пожежах у середньому по Україні перевищує показник таких країн, як Велика Британії, Італія, Франція та Польща разом взяті.

Якщо статистичні дані про кількість загиблих унаслідок пожеж порівняти з кількістю населення, то отримаємо значення індивідуального пожежного ризику, яке становить відповідно $3{,}3 \cdot 10^{-5}$, що перевищує допустиме значення згідно з [1].

Одним із технічних заходів, що може знижувати пожежні ризики, є обладнання об'єктів системами протипожежного захисту (СПЗ). При цьому такі системи впливають на рівень пожежного ризику як індивідуально, так і спільною синергічною дією.

На сьогодні врахування впливу СПЗ під час оцінювання параметрів пожежних ризиків або інших параметрів пожежної небезпеки об'єктів частково враховано в [1; 2], а процеси впливу відповідних СПЗ на величину пожежного ризику досліджені неповною мірою.

Така ситуація призвела до того, що застосування СПЗ з погляду забезпечення пожежної безпеки об'єкта є ефективним рішенням, але під час оцінювання індивідуального пожежного ризику ефективність застосування СПЗ враховується опосередковано та фактично немає можливості врахувати особливості окремого виду системи або випадку одночасного впливу (функціонування) декількох систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним завданням під час проєктування будь-якої технічної системи є підвищення ефективності та якості, а отже, поліпшення таких характеристик технічної системи, як надійність, міцність, швидкодія тощо. На СПЗ, як і на інші технічні системи, поширюються вимоги щодо їх ефективності. При цьому ефективність їх функціонування повинна оцінюватися за допомогою детерміністичних методів, деякі з них, зокрема, наведено в роботі [3].

Існуючі методи для визначення ефективності проєктованих СПЗ використовують апроксимаційні моделі, побудовані на основі спеціальних розділів теорії імовірностей і математичної статистики. Ці моделі розробляють у припущенні, що процес експлуатації визначається зовнішніми причинами та залежить від так званого внутрішнього стану самої системи. При цьому розглядається умова потенційної можливості відмови в будь-якому компоненті систем, що призводить у підсумку до зниження надійності системи загалом, що зумовлює процес її експлуатації та рівень якості її функціонування [4].

Використання такого підходу до оцінки рівня пожежної безпеки об'єкта дає змогу обґрунтовано (за кількісним критерієм) вибрати раціональну структуру СПЗ об'єкта. При цьому забезпечення пожежної безпеки об'єкта здійснюється шляхом розгляду та послідовної оцінки різних альтернативних варіантів СПЗ та їх комбінацій. Таким чином, враховуються вимоги, що визначають рівень пожежної безпеки об'єкта, показники якості функціонування й економічності даної системи. Створюється можливість розглянути ефективність впливу як окремої СПЗ, так і їх комбінацій з урахуванням синергізму їх спільної дії [4].

У роботі [5] проаналізовано сучасний стан щодо управління індивідуальним пожежним ризиком із використанням СПЗ. Аргусентовано потребу в удосконаленні СПЗ та методології з управління індивідуальним пожежним ризиком шляхом виявлення коефіцієнтів ефективності функціонування СПЗ як підґрунтя такого вдосконалення. Проаналізовано методичні підходи до оцінювання СПЗ для об'єктів різного функціонального призначення. Показано недосконаліть існуючих методичних підходів до оцінювання індивідуального

пожежного ризику, зокрема в частині врахування ефективності функціонування СПЗ.

У роботах [6; 7] наведені теоретичні й експериментальні методи, які доцільно використовувати під час дослідження впливу СПЗ на пожежні ризики.

У національних стандартах серії 16732 [8–10] визначені підходи, етапи та приклади реалізації розрахункових методів щодо оцінювання пожежного ризику. Зокрема, стандарт [8] встановлює загальні підходи й етапи визначення пожежного ризику, а саме аналіз і усвідомлення ризику, вибір найнесприятливішого ризику, розрахунок ризику, оцінювання розрахункового значення ризику з прийнятним рівнем ризику. У стандартах [9; 10] наведено ілюстрування виконання етапів оцінювання пожежного ризику, що визначені у [8], для офісної будівлі та промислового підприємства відповідно.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри наявність значної кількості досліджень, присвячених оцінюванню пожежного ризику, більшість із них базуються на спрощених статистичних або нормативних підходах, що не враховують реального технічного стану та функціональної ефективності СПЗ. У чинних методиках розрахунку індивідуального пожежного ризику вплив СПЗ на величину індивідуального пожежного ризику встановлюється через коефіцієнт імовірності ефективного спрацювання СПЗ. При цьому визначено, що значення такого коефіцієнта отримується за даними технічної документації щодо вірогідності безвідмовної роботи, а в разі відсутності таких даних допускається застосовувати значення ймовірності ефективного спрацювання кожної СПЗ, що дорівнює 0,5 (аналіз технічної документації на існуючі системи показав відсутність значення такого параметра, а його значення «0,5» прийнято експертним шляхом без належного наукового обґрунтування та не враховує специфіку функціональності кожної окремої системи).

Недостатньо також досліджено вплив комбінації декількох СПЗ на формування ризику. Відсутність єдиної інтегративної моделі, яка б дала можливість кількісно оцінити внесок кожної системи у зниження ризику, обмежує можливість використання ризик-орієнтованого підходу в практиці проєктування. Отже, залишається актуальним завдання розроблення вдосконаленого методу оцінювання індивідуального пожежного ризику, що враховує наявність СПЗ.

Мета роботи. Метою роботи є виявлення закономірності впливу СПЗ на розрахункові параметри індивідуального пожежного ризику як наукового підґрунтя для вдосконалення методу оцінювання індивідуального пожежного ризику.

Виклад основного матеріалу. Під час дослідження впливу СПЗ на значення індивідуального пожежного ризику слід порівняти між собою два можливі варіанти подій, а саме: перший варіант, коли пожежа відбувається і відповідна СПЗ не функціонує, при цьому кількісно оцінюють наслідки від такої пожежі, та другий варіант, коли пожежа відбувається, спрацьовує відповідна СПЗ, при цьому також кількісно оцінюються наслідки від пожежі. Шляхом порівняння кількісних значень наслідків від пожеж за двома варіантами сценаріїв їх розвитку можна отримати коефіцієнт імовірної ефективності спрацювання СПЗ. Структурну схему дослідження коефіцієнтів імовірної ефективності функціонування СПЗ наведено на рисунку 1.

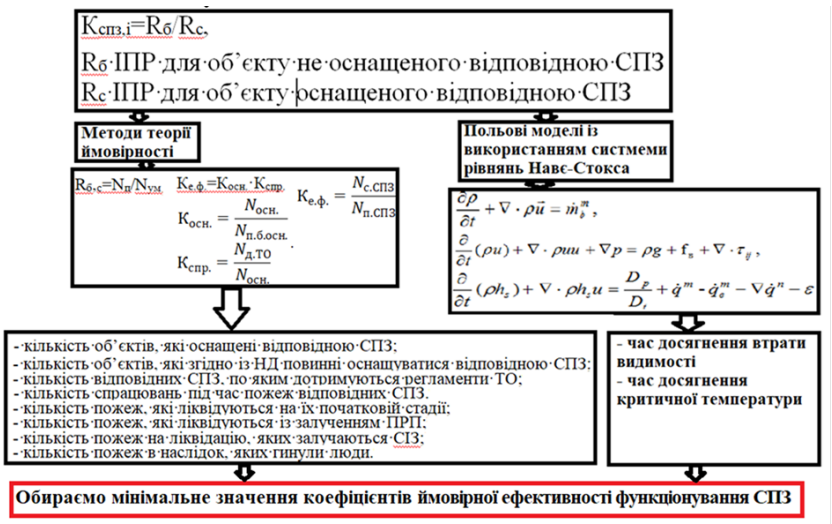

Рис. 1. Структурна схема дослідження коефіцієнтів імовірної ефективності функціонування СПЗ

Реалізуючи підхід щодо визначення коефіцієнта впливу СПЗ на значення індивідуального пожежного ризику з використанням польових моделей, ми провели відповідні розрахунки за такими сценаріями: розвиток пожежі без функціонуванням СПЗ, розвиток пожежі за функціонування СПЗ. При цьому розрахунки проведені для таких об'єктів, як офісний центр, торговельний центр та лікувальний заклад. Результати розрахунків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків із використанням польових моделей

Вид СПЗ	Коефіцієнти ймовірної ефективності СПЗ		
	Офісний центр	Торговельний центр	Лікарня
Димовидалення	0,49	0,45	0,44
Спринклерна система пожежогасіння	0,85	0,84	0,86
Димовидалення та спринклерна система	0,92	0,93	0,95

Один із розрахунків проведений для об'єкта, на якому мала місце пожежа, а саме «Епіцентр» м. Первомайськ, з метою порівняння реальних подій на пожежі (автоматична пожежна сигналізація спрацювала та подала сигнал для евакуації людей, автоматична система пожежогасіння не спрацювала, за 4 хв відбулося заповнення торгівельної зали димом, за 2 хв спрацювали клапани системи протидимного захисту, що свідчить про досягнення температури близько 70 ºС на рівні покриття) з результатами розрахунку. Слід відмітити, що абсолютні відхилення результатів розрахунку з реальними наслідками пожежі становлять 20 с для часу досягнення втрати видимості та 20 с для часу досягнення температури спрацювання протидимних клапанів у місці їх розташування, що у відносних показниках не перевищує 10 та 20 % відповідно.

Реалізуючи підхід щодо визначення коефіцієнта впливу систем протипожежного захисту на значення індивідуального пожежного ризику з використанням теорії імовірності, ми зібрали відповідні статистичні дані. За результатами обробки статистичних даних встановлено відносну кількості пожеж за оснащення об'єкта відповідними системами протипожежного захисту для різних стадій ліквідації пожежі, а саме: пожежу погашено на початковій стадії її розвитку, пожежу погашено із залученням пожежно-рятувальних підрозділів, пожежу погашено із залученням додаткових сил і засобів, на пожежі мала місце загибель людини.

Використовуючи вищезазначені отримані дані, можна побудувати залежності ефективності функціонування відповідної системи протипожежного захисту (рис. 2).

Аналізуючи ці залежності, можна зазначити, що для кожної СПЗ ефективність її функціонування характеризується відповідними стадіями пожежі, на якій вона ліквідована. Наприклад, ефективність функціонування автоматичних систем пожежогасіння характеризується стадією ліквідації пожежі на їх початкових стадіях. Відносна кількість таких випадків становить 0,49. Ефективність функціонування автоматичних систем пожежної сигналізації, систем оповіщення, протидимного захисту, зовнішнього та внутрішнього протипожежного водопостачання характеризується стадією ліквідації пожеж із залученням пожежно-рятувальних підрозділів. Відносна кількість таких випадків становить 0,88; 0,64; 0,75 відповідно. Такі стадії, як пожежа, для ліквідації якої залучаються додаткові сили та засоби, і пожежа, на якій мала місце загибель людини, відносимо до подій із неприйнятним ступенем ризику. Слід відмітити досить високу ефективність впливу функціонування таких систем, як автоматична система пожежогасіння, протидимного захисту, внутрішнього та зовнішнього протипожежного водопостачання, для стадії ліквідації пожежі із залученням додаткових сил і засобів. Це можна пояснити можливістю ефективного використання зазначених систем на різних стадіях розвитку пожежі та різних масштабах її розвитку.

Із значень коефіцієнтів ефективного функціонування СПЗ, що визначені з використанням польових моделей та з використанням теорії імовірності, вибираємо значення, яке найменше знижує значення індивідуального пожежного ризику, та встановлюємо значення коефіцієнтів імовірності ефективного функціонування СПЗ. При цьому слід врахувати, що система оповіщення про пожежу не функціонує без автоматичної системи пожежної сигналізації, тому коефіцієнти ймовірності ефективного функціонування таких систем доцільно об'єднати. Системи протидимного захисту, внутрішнього та зовнішнього протипожежного водопостачання реалізують одну з основних функцій щодо забезпечення безпеки пожежно-рятувальних підрозділів під час проведення рятувальних робіт і робіт щодо ліквідації пожежі, тому коефіцієнти ймовірності ефективного функціонування таких систем також доцільно об'єднати.

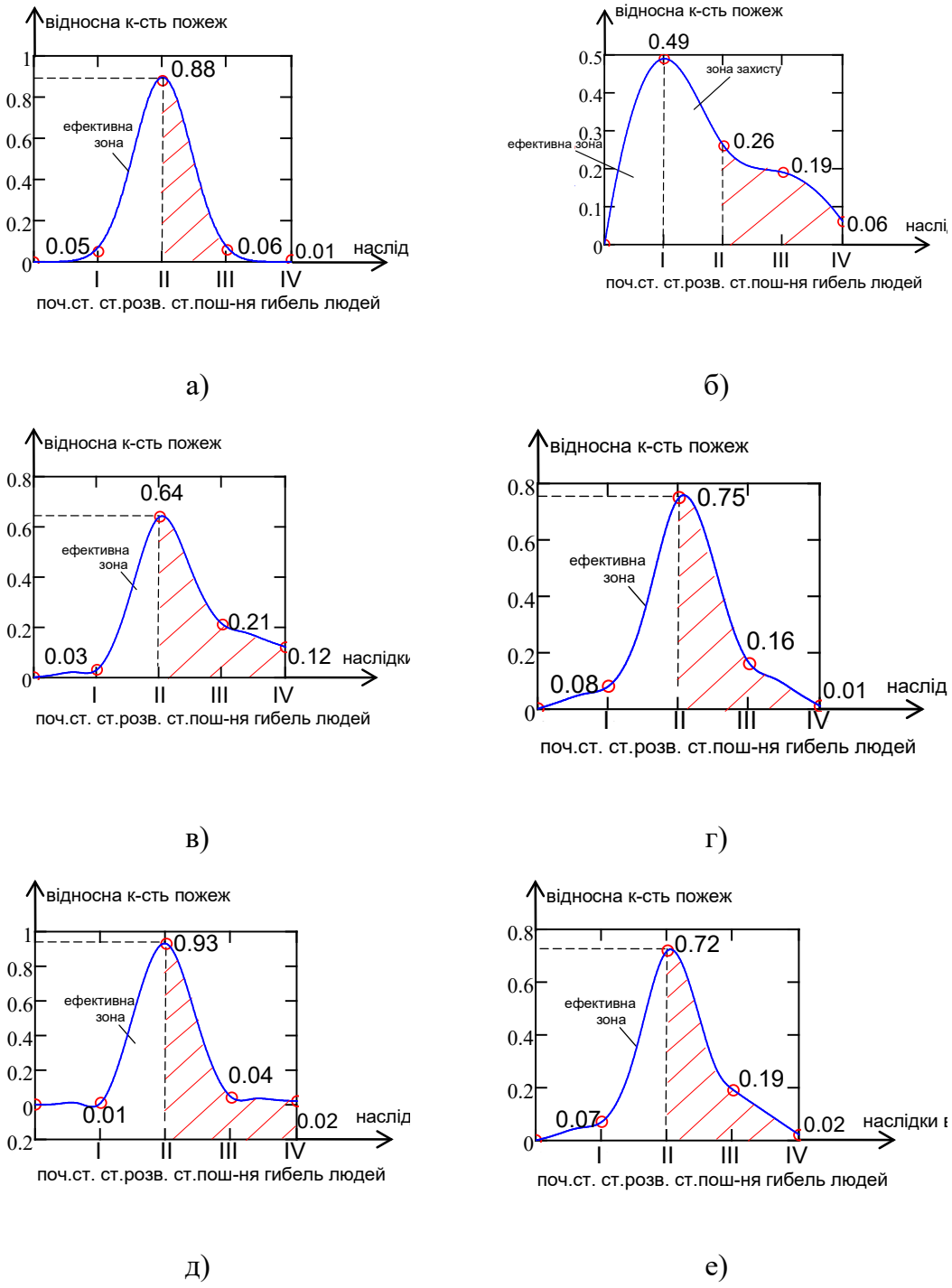

Рис. 2. Залежності ефективності функціонування відповідної системи протипожежного захисту від умов гасіння пожежі: а) для АПС, б) для АСПГ, в) для СПДЗ, г) для СО, д) для ЗВ, е) для ВВ

Таким чином, встановлено, що значення коефіцієнтів імовірності ефективного функціонування систем протипожежного захисту становлять для систем автоматичної пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу – 0,61, для системи автоматичного пожежогасіння – 0,87, для систем протидимного захисту, внутрішнього та зовнішнього протипожежного водопроводу – 0,5.

З метою перевірки отриманих результатів проведено експериментальні дослідження згідно з розробленою програмою та методикою експериментальних досліджень [7].

Експериментальні дослідження проводили за аналогічних умов, що і розрахунки, а саме: приміщення не оснащене СПЗ, приміщення оснащене автоматичною системою пожежної сигналізації, приміщення оснащене системою протипожежного захисту, приміщення оснащене автоматичною системою пожежогасіння, по три рази для кожної з умов.

Результати та їх обговорення. За результатами аналізу усереднених даних експериментальних досліджень встановлено, що значення критичної для життя людини температури досягнуто на 36-й секунді експерименту, а втрата видимості – на 28-й секунді експерименту. Автоматична система пожежної сигналізації спрацювала на 15-й секунді експерименту, що виражає коефіцієнт ефективності функціонування автоматичних систем пожежної сигналізації із значенням 0,58 та 0,52 відповідно, що порівняно з теоретичними даними становить близько 3 та 14 %. У разі функціонування систем протидимного захисту значення критичної для життя людини температури досягнуто на 53-й секунді експерименту, що виражає коефіцієнт ефективного функціонування систем протидимного захисту 0,32, а втрата видимості – на 56-й секунді експерименту, що виражає коефіцієнт ефективного функціонування систем протидимного захисту 0,4, що порівняно з теоретичними даними становить близько 20 %. Автоматична система пожежогасіння спрацювала на 7-й секунді експериментального дослідження та за значенням температури не дала досягнути критичного значення для життя людини небезпечного чинника пожежі, а втрата видимості на 87-й секунді експерименту виражає коефіцієнт ефективного функціонування систем пожежогасіння 0,89, що порівняно з теоретичними даними становить близько 7 %.

Таким чином, теоретичні дані максимально наближені до усереднених даних експерименту, що дає можливість використати ці дані для подальшого вдосконалення методу оцінювання індивідуального пожежного ризику з урахуванням впливу систем протипожежного захисту.

Висновки. 1. Встановлено, що одним із технічних заходів, що може знижувати пожежні ризики, є обладнання об'єктів СПЗ. При цьому такі системи впливають на рівень пожежного ризику як самостійно, так і спільною взаємодією, що можна врахувати відповідними коефіцієнтами. Запропоновано вдосконалення структурної схеми СПЗ шляхом врахування у складі такої схеми рівнів впливу відповідними СПЗ на значення індивідуального пожежного ризику, що надає перспективи для подальшого розвитку методів оцінювання індивідуального пожежного ризику.

2. Обґрунтовано сценарії для дослідження впливу СПЗ на розрахункові параметри індивідуального пожежного ризику, а саме: розвиток пожежі в разі функціонування відповідної СПЗ та розвиток пожежі в разі відсутності СПЗ. Встановлено перелік найбільш значущих параметрів. Зокрема, встановлено, що суттєвим показником надійності СПЗ є безвідмовність та ефективність їх функціонування. Зазначені показники можна виразити через тривалість настання граничного значення для життя людини найшвидшого небезпечного чинника пожежі – втрати видимості, що досліджують за критерієм «коефіцієнт задимленості».

3. Показано, що оцінювання впливу СПЗ на значення індивідуального пожежного ризику можна здійснити двома шляхами з використанням теорії імовірності на основі статистичних даних та з використанням методу, який заснований на польових комп'ютерних моделях і засобах обчислювальної газогідродинаміки. Запропоновано алгоритм дослідження впливу СПЗ на значення індивідуального пожежного ризику та встановлення відповідних коефіцієнтів впливу. Показано адекватність таких методів: порівняно з результатами експериментальних досліджень відносні відхилення становили близько 14, 20 та 7 % для систем пожежної сигналізації, систем протидимного захисту та систем пожежогасіння відповідно.

4. Встановлено, що значення коефіцієнтів імовірності ефективного функціонування СПЗ становлять для систем автоматичної пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу – 0,61, для системи автоматичного пожежогасіння – 0,87, для систем протидимного захисту, внутрішнього та зовнішнього протипожежного водопроводу – 0,5. Значення цих коефіцієнтів впроваджені шляхом внесення зміни № 1 до [1].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пожежна безпека. Загальні положення : ДСТУ 8828:2019 [Чинний від 27.02.2019]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 87 с. (Національний стандарт України).

2. Пожежна безпека. Визначення протипожежних відстаней між об'єктами розрахунковими методами. Основні положення : ДСТУ 9058:2020 [Чинний від 01.05.2021]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 5с. (Національний стандарт України).

3. Stephen G. Badger, Thomas Johnson. 1999 Large Loss Fires and Explosions. *NFPA Journal*. November / December 2000. P. 79–82.

4. Фан А. Ле Н. З. Аналіз заходів щодо зниження ризику загоряння у висотних житлових будівлях. Журнал з пожежної безпеки ІРВ Республіки В'єтнам. 2015. Т. 77. С. 20–23.

5. Ніжник В., Савченко О., Добряк Д., Кравченко Н. Аналіз сучасного стану управління індивідуальним пожежним ризиком із використанням систем протипожежного захисту. *Науковий журнал «Вчені записки таврійського національного університету імені В. І. Вернадського». Серія: «Технічні науки».* Том 33 (72), № 1. Київ, 2022. С. 328–333.

6. Ніжник В. В., Савченко О. В., Некора В. С. Теоретичні підходи для дослідження закономір-

ності впливу систем протипожежного захисту на рівень індивідуального пожежного ризику. *Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗУ «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація»*. Том 7, № 1 (2023). С. 67–76.

7. Савченко О. В., Ніжник В. В., Савченко Т. О. Програма та методика експериментальних досліджень впливу систем протипожежного захисту на індивідуальний пожежний ризик. *Науковий журнал «Вчені записки таврійського національного університету імені В. І. Вернадського». Серія: «Технічні науки»*. Том 35 (74), № 1. Київ, 2024. С. 348–353.

8. Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 1. Загальні положення : ДСТУ ISO 16732-1:2018 (ISO 16732-1:2012, IDT) [Чинний від 01.10.2019]. Вид. офіц. Київ : Технічний комітет з стандартизації «Пожежна безпека та протипожежна техніка», 2019. 21 с.

9. Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 2. Приклад офісної будівлі : ДСТУ ISO/TR 16732-2:2018 (ISO/TR 16732-2:2012, IDT) [Чинний від 01.10.2019]. Вид. офіц. Київ : Технічний комітет з стандартизації «Пожежна безпека та протипожежна техніка», 2019. 14 с.

10. Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 3. Приклад промислового підприємства : ДСТУ ISO/TR 16732-3:2018 (ISO/TR 16732-3:2013, IDT) [Чинний від 01.10.2019]. Вид. офіц. Київ : Технічний комітет з стандартизації «Пожежна безпека та протипожежна техніка», 2019. 22 с.

REFERENCES

1. Derzhavne pidpryiemstvo “UkrNDNC”. (2019). Pozhezhna bezpeka. Zahalni polozhennia [Fire safety. General provisions]. DSTU 8828:2019 [Effective from 27.02.2019]. Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].

2. Derzhavne pidpryiemstvo “UkrNDNC’. (2021). Pozhezhna bezpeka. Vyznachennia protypozhezhnykh vidstaney mizh obiektamy rozrakhunkovymy metodamy. Osnovni polozhennia [Fire safety. Determination of fire separation distances between objects by calculation methods. General provisions]. DSTU 9058:2020 [Effective from 01.05.2021]. Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].

3. Badger, S. G., & Johnson, T. (1999). Large loss fires and explosions. *NFPA Journal*, November/December, 79–82.

4. Fan, A. L. N. Z. (2015). Analiz meropriyatiy po snizheniyu pozharnoi opasnosti v vysotnykh zhilykh zdaniyakh [Analysis of measures to reduce fire hazard in high-rise residential buildings]. *Zhurnal Pozharnoi Bezpeky IPB Respubliki V’etnam*, 77, 20–23. [in Ukrainian].

5. Nizhnyk, V., Savchenko, O., Dobriak, D., & Kravchenko, N. (2022). Analiz suchasnoho stanu upravlinnia indyvidualnym pozhezhnym ryzykom iz vykorystanniam system protypozhezhnoho zakhystu [Analysis of the current state of individual fire risk management using fire protection systems]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho. Seriia: Tekhnichni nauky*, 33 (72) (1), 328–333 [in Ukrainian].

6. Nizhnyk, V. V., Savchenko, O. V., & Nekora, V. S. (2023). Teoretychni pidkhody dlia doslidzhennia zakonomirnosti vplyvu system protypozhezhnoho zakhystu na rivyen indyvidualnoho pozhezhnoho ryzyku [Theoretical approaches for studying the patterns of fire protection systems’ influence on individual fire risk]. *Zbirnyk naukovykh prats Cherkaskoho instytutu pozhezhnoi bezpeky imeni Heroiv Chornobylya NUCZU “Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia”*, 7 (1), 67–76 [in Ukrainian].

7. Savchenko, O. V., Nizhnyk, V. V., & Savchenko, T. O. (2024). Prohrama ta metodyka eksperimentalkhnykh doslidzhen vplyvu system protypozhezhnoho zakhystu na indyvidualnyi pozhezhnnyi ryzyk [Program and methodology of experimental studies of the influence of fire protection systems on individual fire risk]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho. Seriia: Tekhnichni nauky*, 35 (74) (1), 348–353 [in Ukrainian].

8. Tekhnichnyi komitet z standartyzatsii “Pozhezhna bezpeka ta protypozhezhna tekhnika”. (2019). Inzhynering pozhezhnoi bezpeky. Otsiniuvannia pozhezhnoho ryzyku. Chastyna 1. Zahalni polozhennia [Fire safety engineering. Fire risk assessment. Part 1. General principles]. DSTU ISO 16732-1:2018 (ISO 16732-1:2012, IDT) [Effective from 01.10.2019]. Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].

9. Tekhnichnyi komitet z standartyzatsii “Pozhezhna bezpeka ta protypozhezhna tekhnika”. (2019). Inzhynering pozhezhnoi bezpeky. Otsiniuvannia pozhezhnoho ryzyku. Chastyna 2. Pryklad ofisnoi budivli [Fire safety engineering. Fire risk assessment. Part 2. Example of an office building]. DSTU ISO/TR 16732-2:2018 (ISO/TR 16732-2:2012, IDT) [Effective from 01.10.2019]. Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].

10. Tekhnichnyi komitet z standartyzatsii “Pozhezhna bezpeka ta protypozhezhna tekhnika”. (2019). Inzhynering pozhezhnoi bezpeky. Otsiniuvannia pozhezhnoho ryzyku. Chastyna 3. Pryklad promyslovoho pidpryiemstva [Fire safety engineering. Fire risk assessment. Part 3. Example of an industrial enterprise]. DSTU ISO/TR 16732-3:2018 (ISO/TR 16732-3:2013, IDT) [Effective from 01.10.2019]. Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].

© О. В. Савченко, В. В. Ніжник

Науково-методична стаття.
Стаття надійшла до редакції 15.09.2025
Стаття прийнята 01.10.2025
Статтю опубліковано 23.12.2025