

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**



**МАТЕРІАЛИ**

**3-ї Міжнародної науково-практичної конференції  
«Проблеми пожежної безпеки 2024»  
(«Fire Safety Issues 2024»)**



**ХАРКІВ 2024**

*І.А. Оношко,  
А.П. Кушнір, кандидат технічних наук, доцент,  
С.Я. Вовк, кандидат технічних наук, доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна*

## **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ АВІАЦІЙНИХ АНГАРІВ**

Авіаційні ангари є складними об'єктами, в яких складно швидко виявити загорання і надзвичайно складно зробити це надійно, з мінімальною кількістю помилкових спрацювань систем пожежної сигналізації (СПС) від ознак, які не пов'язані із пожежею. Швидке виявлення загорання у разі пожежі та її гасіння має вирішальне значення для захисту життя людей, майна та літаків. Літак внаслідок пожежі може отримати пошкодження менш, ніж за хвилину від початку пожежі. Так, обшивка фюзеляжу літака може бути пошкоджена вже через 45 секунд після першого контакту з вогнем. Пінні системи пожежогасіння високої кратності, які використовуються для захисту деяких типів ангарів, можуть заповнити ангар піною на висоту невеликого літака за більше, ніж дві хвилини. Саме тому час виявлення пожежі є критичним показником для вибору СПС.

На ефективну роботу СПС в авіаційному ангарі впливає ряд факторів, а саме: випромінювання від літаків/двигунів; електромагнітні та радіочастотні завади; гарячі викиди CO<sub>2</sub>; полум'я від реактивних двигунів рухомих і стоячих літаків на злітно-посадковій смугі та сонячні промені, що проникають крізь відчинені великі розсувні двері; зміна інтер'єру внаслідок переміщення літаків та обладнання; велика зона виявлення, крила літаків та перешкоди створюють значні завади; технічне обслуговування, яке може включати зварювання або шліфування тощо.

Вище згаданий негативний вплив багатьох чинників в авіаційному ангарі відіграє вирішальну роль у виборі відповідної технології при побудові пожежних сповіщувачів (ПС). Однак не зважаючи на наймовірний розвиток сучасних технологій і усе різноманіття СПС – забезпечення пожежної безпеки авіаційних ангарів залишається актуальною задачею.

Про необхідність обладнання авіаційних ангарів певними системами протипожежного захисту вказано в стандартах NFPA 409, NAS 3306 [1, 2]. Кожна СПС повинна враховувати унікальні характеристики об'єкта та вимоги до нього. NFPA 409 посилається на стандарт NFPA 72 [3], в якому чітко зазначено, вибрані ПС для авіаційних ангарів повинні відповідати призначенню будівлі, виявляти загорання реактивного палива і розміщуватись виключно на основні розрахунку ризиків, проведеного кваліфікованими особами.

Великі відкриті зони з великою висотою авіаційних ангарів, можуть спричинити розрідження диму. В результаті чого концентрація диму при досягненні встановлених на стелі точкових димових ПС може бути малою для їх спрацювання, а різниця температур може спричинити термічне відшарування диму від стелі. Крім того, точкові димові ПС не є ідеальними через проблеми з обслуговуванням і витратами. Це стосується також і теплових ПС. Їх взагалі не рекомендується встановлювати вище 8 м [4, 5]. Термічне розшарування також перешкоджає тепловому потоку досягнути ПС. Ці сповіщувачі мають найбільшу інерційність і тому їх не можна використовувати для захисту ангарів.

Виявлення диму також можна здійснювати шляхом активного відбору проб повітря аспіраційними димовими ПС. Аспіраційні димові сповіщувачі використовують передові технології виявлення пожежі і використовуються там, де необхідне раннє виявлення загорання. Їх ще називають системами раннього виявлення. Аспіраційні димові сповіщувачі зазвичай мають широкий діапазон чутливості та виявляють найперші ознаки пожежі на ранній стадії, що дає час для оцінки ризику та вжиття відповідних заходів для захисту людей та майна. Вони мають ряд переваг: можливість використання в недоступних або важкодоступних місцях; завдяки використанню відповідних фільтрів та точності налаштування чутливості датчика забезпечується ефективний захист приміщень з підвищеним вмістом пилу і забруднюючих частинок тощо. Однак на сьогодні аспіраційні системи для захисту авіаційних ангарів не використовуються. Беручи до уваги їхні переваги, можливо надалі необхідним буде провести дослідження ефективності таких систем для можливого їх використання.

Оптичні ПС полум'я роками використовуються для захисту як цивільних, так і військових

ангарів. Вони добре підходять для захисту авіаційних ангарів, якщо взяти до уваги їх висоту і специфічні умови, які там є. Згідно з дослідженнями та стандартами [1, 6, 7], для захисту авіаційних ангарів в СПС необхідно використовувати ПС полум'я, які реєструють електромагнітне випромінювання, на певних довжинах хвиль, що генерується як відкритим полум'ям, так і тліючим вогнищем.

Одноканальні інфрачервоні (ІЧ) ПС полум'я, які в основному виявляють полум'я в діапазоні 4,2÷4,6 мкм, реагують на гарячий CO<sub>2</sub>. Вони можуть спрацювати на вихлопи двигунів або генераторів, що може бути значною проблемою, коли реактивні двигуни вмикаються або перевіряють на обладнанні для технічного обслуговування, яке можуть використовувати в ангарах. Такі ПС полум'я можуть помилково спрацювати через випромінювання чорного тіла від літаків або службових транспортних засобів. Крім того, ангари піддаються радіочастотам від авіоніки, наземних радарів аеропорту та різних пристроїв зв'язку, що також може спричинити помилкове спрацювання такого ПС. Ще ETL 02-15 [6] 2002 року вимагав, щоб для захисту авіаційних ангарів використовувалися ультрафіолетові (УФ)/ІЧ- або багатоканальні (багатоспектральні) ІЧ ПС полум'я. Однак, в п. 3.6.19.11.1 UFC 4-211-01 [7] 2018 року вже говориться лише про використання триканальні ІЧ ПС полум'я. В п. 3.6.19.11.4 UFC 4-211-01 [7] зазначено, що ПС полум'я, повинен відповідати критеріям ефективності, викладеним у розділах 5, 6 і 7 цього документа.

І хоча багатоканальні ІЧ ПС полум'я мають багато переваг, вони мають і певні ключові недоліки, головним чином пов'язані з помилковими спрацюваннями. Хоча сонячні промені, як правило, не призводять до помилкових спрацювань багатоканальних ПС полум'я порівняно з УФ/ІЧ ПС полум'я. Для цього багатоканальні ПС полум'я використовують частоти “захисної смуги”, щоб відрізнити справжнє полум'я від джерел завад. На жаль, захисні смуги в повній мірі не захищають від променів сонця, тому ПС зазнають значної десенсибілізації (зменшення чутливості) за наявності сонячного світла, модульованого чи ні [8]. Їх робота значно погіршується. ПС будуть ефективні лише на набагато менших відстанях, коли сонце перебуває в межах “поля зору” сповіщувача. Також коли широкі, високі ангарні двері відкриті, в поле зору ПС полум'я може потрапляти злітно-посадкова смуга. Полум'я з реактивних двигунів або випромінювання від вже вимкнених реактивних двигунів літаків, які розташовані на злітно-посадковій смузі, може спричинити помилкове спрацювання багатоканального ПС полум'я. У роботі [9] автори стверджують, що сніг та туман можуть утворювати поверхню від якої відбиваються сонячного промені, які через відкриті двері можуть проникати в ангар і також негативно впливати на роботу ПС полум'я, зменшуючи їх чутливість. Туман також поглинає ІЧ-випромінювання, від якого залежить робота ПС полум'я.

Ризики, пов'язані з використанням традиційних оптичних ПС полум'я, демонструють потребу в розробці більш ефективних СПС, з меншим ризиком спрацювання від джерел завад, не пов'язаних з реальною пожежею. Для цього необхідно використовувати нові технологічні рішення. Одним із перспективних способів підвищення надійності та зменшення часу виявлення загорання є використання в СПС високоінтелектуальних ПС полум'я, які здатні розрізняти реальні пожежі від оманливих явищ, не пов'язаних з пожежею. Особливо важливу роль в цьому відіграють розроблені алгоритми роботи ПС, зокрема алгоритми обробки та інтерпретації вихідних сигналів з сенсорів. Сигнали з сенсорів об'єднуються, розкладаються на математичні компоненти, які обробляються згідно із запрограмованими алгоритмами. Набутий досвід розробника дає можливість реалізувати технології виявлення загорання і побудувати ПС полум'я на основі нечіткої логіки [10, 11], нейронної мережі та нечіткої нейронної мережі (нейро-фаззі системи) [12-14].

Також найбільш перспективним напрямком для раннього виявлення загорянь є використання пожежних відеосповіщувачів, оскільки вони виявляють саме загорання, а не її ознаки. Ця технологія візуального виявлення загорання, яка по суті використовує комп'ютерне програмне забезпечення для аналізу відеопотоків даних має суттєві переваги над типовими СПС та набуває все більшого і більшого визнання та застосування. Технології, які аналізують зображення настільки точні, що можуть відрізнити дим від пари, полум'я пожежі від полум'я з реактивного двигуна. Ці пожежні відеосповіщувачі найкращим чином підходять для захисту великих об'єктів [15, 16]. Вони мають ряд переваг над традиційними ПС, включаючи швидке та надійне виявлення загорання в зонах з високим рівнем ризику виникнення пожежі, дають можливість контролювати

велику територію, приміщення з високими стелями, забезпечують ефективний захист у складних умовах експлуатації тощо. Однак, їх використання для захисту авіаційних ангарів вимагає подальших досліджень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. NFPA 409. Standard on Aircraft Hangars. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2022.
2. NAS3306. Facility requirements for aircraft operations. Revision 4, May 29, 2020.
3. NFPA 72. National Fire Alarm and Signaling Code. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2022.
4. ДБН В.2.5-56:2014. Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту. Зі зміною № 1. Офіц. Вид. К. : Мінрегіон України, 2019. 97 с.
5. ДСТУ CEN/TS 54-14:2021. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, пусконаладжування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічного обслуговування (CEN/TS 54-14:2018, IDT). Вид. офіц. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2021. 81 с.
6. Air Force Technical Letter ETL 02-15. Fire Protection Engineering Criteria – New Aircraft Facilities. Dec 3, 2002.
7. UFC 4-211-01. Aircraft Maintenance Hangars, with Change 3. April 20, 2021.
8. McNay James. Desensitisation of optical based flame detection in harsh offshore environments. *International Fire Professional*. July 2014. No. 9. P. 12-14.
9. William Pittman, and James McNay. Applying Intelligent Visual Flame Detection in Military Aircraft Hangars. 10 p. <https://etapii.com/wp-content/uploads/Draeger-Flame-detection-in-aircraft-hangers.pdf>
10. Andrii Kushnir, and Bohdan Kopchak. Development of Multiband Flame Detector with Fuzzy Correction Block. 2021 IEEE XVII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Polyana, Ukraine, May 2021, P. 58-63. doi:10.1109/MEMSTECH53091.2021.9468075.
11. A. E. Çetin, B. Merci, O. Gunay, B. U. Toreyin, and S. Verstockt. Infrared Sensor-Based Flame Detection. *Methods and Techniques for Fire Detection: Signal, Image and Video Processing Perspectives*. 2016, pp. 47-59. doi:10.1016/B978-0-12-802399-0.00003-X.
12. JunJie Zhang, ZiYang Ye, and KaiFeng Li. Multi-sensor information fusion detection system for fire robot through back propagation neural network. *PLoS ONE*. Jul. 2020. Vol. 15, No. 7, Art. no. e0236482. doi:10.1371/journal.pone.0236482.
13. Yang Feng, Qu Na, and Li Chao. Compound Fire Detection Algorithm Based on Fuzzy Neural Network. *Proceedings of the 2017 2nd International Conference on Machinery, Electronics and Control Simulation (MECS 2017)*, Taiyuan, China, 24-25 June, 2017. doi:10.2991/mecs-17.2017.133.
14. O. S. da Penha, and E. F. Nakamura. Fusing light and temperature data for fire detection. *The IEEE symposium on Computers and Communications*, Riccione, Italy, 22-25 June 2010. P. 107-112. doi: 10.1109/ISCC.2010.5546519.
15. Zhigang Liu, George Hadjisophocleous, Guofeng Ding, and Choon Siong Lim. (2012). “Study of a Video Image Fire Detection System for Protection of Large Industrial Applications and Atria”. *Fire Technology*, vol. 48, pp. 459–492. doi:10.1007/s10694-011-0237-6.
16. Daniel T. Gottuk, and Joshua B. Dinaburg. Video Image Detection and Optical Flame Detection for Industrial Applications. *Fire Technology*. Vol. 49. 2013. P. 213–251. doi:10.1007/s10694-012-0254-0.

*Оношко І.А., Кушнір А.П., Вовк С.Я.*  
Шляхи підвищення протипожежного захисту авіаційних ангарів 135

*Самченко Тарас, Ратушиний Олексій*  
Аналіз моделей що можуть застосовуватись для прогнозування розвитку пожеж у кабельних тунелів 138

*Григоренко Олександр, Золкіна Євгенія, Саєнко Наталія, Липовий Володимир*  
Удосконалення існуючих методів оцінки ефективності вогнезахисних покриттів 140

**SECTION 3. FORCES, MEANS AND TACTICS OF FIRES AND EMERGENCIES  
LIQUIDATION**

**СЕКЦІЯ 3. СИЛИ, ЗАСОБИ ТА ТАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НС**

*Фещенко А.Б., Загора О.В., Борисова Л.В.*  
Імовірнісна модель типового фрагмента відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС 143

*Нуянзін В.М., Коцар Є.О., Наливайко М.О.*  
Дослідження можливості впливу магнітного поля на полум'я нафтогазової свердловини 146

*Аксьонов Віталій, Лісняк Андрій*  
Підвищення ефективності гасіння пожеж твердих горючих 149

*Остапов К.М.*  
Розробка засобу пожежогасіння гелеутворюючими складами підвагоного простору метрополітену 151

*Остапов К.М.*  
Створення універсальною гусеничною пожежною машини із підвищеними тактико-технічними характеристиками 153

*Савченко Олександр, Гарбуз Сергій, Савченко Вячеслав*  
Проблема дефіциту води при гасінні пожеж у під час воєнного стану 156

*Філюшина Ольга, Лісняк Андрій*  
Підвищення ефективності реагування на виклики за рахунок оптимізації елементів оперативного розгортання 158

*Стрілець В.М., Степанчук С.О.*  
Особливості розробки математичної моделі скорочення часу гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості 160

*Загора Олександр, Фещенко Андрій*  
Забезпечення надійності системи оперативного управління рухомими об'єктами району надзвичайної ситуації на основі використання RoIP-каналів 162

*Соботницька О.О., Майборода А.О.*  
Аналіз процесу створення водяного туману для цілей пожежогасіння 164