



Ю. Е. Павлюк, В. В. Шарий, Б. В. Снігур

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0129-1116> – Ю. Е. Павлюк

<https://orcid.org/0000-0001-8746-2184> – В. В. Шарий

<https://orcid.org/0009-0008-0680-0486> – Б. В. Снігур



snihur.univer@gmail.com

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В ТОРГОВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Проблема. Обов'язковою умовою удосконалення є детальний огляд сучасного стану питання, яке розглядається. Однією з характеристик сучасних міст є наявність великої кількості торговельно-розважальних закладів, які поєднують у собі різні за призначенням приміщення (спортзали, басейни, кінотеатри, ресторани, продуктові, будівельні та інші магазини, і т. інш.), що дає змогу відвідувачам та покупцям отримати практично все бажане в одному місці, від купівлі до розваг та відпочинку. Але через те, що ці заклади включають таку велику кількість пропонуванних послуг, і займають, як правило, велику площу, виникає багато ризиків, які суттєво впливають на безпеку таких об'єктів. Пов'язано це насамперед з великою кількістю обладнання, яке обслуговує торговельно-розважальні заклади, великою кількістю комунікацій, яка необхідна для комфортної роботи усіх систем. Людський фактор також відіграє значну роль для підтримання достатнього рівня пожежної безпеки на об'єкті.

Мета. Огляд сучасного стану забезпечення пожежної безпеки в торговельно-розважальних закладах. Провести аналіз пожеж, які виникали в торговельно-розважальних закладах. Окреслити основні аспекти удосконалення пожежної безпеки таких закладів.

Методи дослідження. Статистичний, аналітичний.

Основні результати дослідження. Здійснено огляд сучасного стану в царині пожежної безпеки торговельно-розважальних закладів, проведено аналіз пожеж, які трапилися як в Україні, так і за її межами. Удосконалення пожежної безпеки в торговельно-розважальних закладах є важливою задачею сьогодення.

Висновки. Встановлено, що стан пожежної безпеки торговельно-розважальних закладів залежить від оптимального вибору типу та виду систем протипожежного захисту, оскільки сучасні торговельно-розважальні центри супроводжуються великою кількістю відвідувачів і персоналу, складним плануванням, значним пожежним навантаженням. Пожежі на таких об'єктах супроводжуються великими матеріальними збитками та призводять до значних людських втрат.

Ключові слова: пожежна безпека, системи протипожежного захисту, торговельно-розважальний заклад, ризик пожежі, евакуація.

Yu. E. Pavluk, V. V. Sharyy, B. V. Snihur

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

STUDY OF THE EFFECT OF FIRE ON EXPERIMENTAL SEWING AND PRODUCTION AREAS SCREENED WITH PROTECTIVE PANELS

Problem statement. A necessary condition for improvement is a detailed review of the current state of the issue under consideration. One of the characteristics of modern cities is the presence of a large number of shopping and entertainment establishments, which combine different purpose premises (gyms, swimming pools, cinemas, restaurants, grocery, construction and other stores, etc.), which allows visitors and customers get almost everything they want in one place, from shopping to entertainment and recreation. However, due to the fact that these facilities include such a large number of offered services and occupy, as a rule, a large area, many risks arise that significantly affect the safety of such facilities. This is primarily due to the large amount of equipment that serves trade and entertainment establishments, and the large amount of communications, which is necessary for the comfortable operation of all systems. The human factor also plays a significant role in maintaining a sufficient level of fire safety at the facility.

Purpose. An overview of the current state in the field of fire safety of trade and entertainment establishments was carried out, and an analysis of fires that occurred both in Ukraine and abroad was carried out. Improving fire safety in shopping and entertainment establishments is an important task today.

Research methods. Statistical, analytical.

The main results of the study. An overview of the current state in the field of fire safety of shopping and entertainment establishments was carried out, and an analysis of fires that took place both in Ukraine and abroad was carried out. Improving fire safety in shopping and entertainment establishments is an important task today.

Conclusions. It has been established that the fire safety of shopping and entertainment establishments is based on the effective functioning of fire protection systems. A large number of visitors and staff, complex planning, and significant fire load, the main challenges of modern shopping and entertainment centres. In the presence of working fire protection systems, developed fires in shopping and entertainment establishments take place, but it is possible to avoid human casualties. In the absence of such systems, or the event of their malfunction, the scale of fires and human casualties is much greater. The development of fire safety in shopping and entertainment establishments should be based on modern fire protection systems.

Keywords: fire safety, fire protection systems, shopping and entertainment establishment, fire risk, evacuation.

Постановка проблеми. З постійним розвитком економіки та прискоренням урбанізації рівень життя людей покращується, вимоги до рівня та середовища торговельно-розважальних центрів підвищуються, отже, будується багато великих комерційних будівель. Як комплексний розважальний центр, комерційна будівля має особливості великого масштабу, атріум всередині та численні функції, зазвичай поєднує в собі ресторан, відпочинок, туризм, проживання, фінанси, культуру, мистецтво тощо. Доволі часто такі центри поєднують з житловими, адміністративними та спортивними приміщеннями. У зв'язку з значними площами торгових центрів, наявності в них великої кількості відвідувачів та персоналу, основними акцентами пожежної безпеки, на яких варто зосередитися, є: виявлення пожежі на ранніх стадіях та безпечна евакуація відвідувачів.

Забезпечивши вдосконалення цих аспектів, можна мінімізувати збитки від пожеж та можливі жертви.

На теперішній час основними нормативними документами, які регулюють вимоги в сфері пожежної безпеки торговельно-розважальних закладів, є: ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги", ДБН В.2.2-23:2009 Будинки і споруди. Підприємства торгівлі. Зміна № 1, ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зі Зміною № 1, ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі Зміною № 1 та інші.

Пожежна безпека – це комплекс заходів і правил, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей від небезпечних факторів пожежі під час її виникнення та мінімізацію матеріальних збитків. Вона охоплює широкий спектр заходів, включаючи профілактику пожеж, проектування безпечних будівель, належне обладнання пожежними системами, навчання персоналу щодо пожежної безпеки, встановлення пожежного обладнання та проведення евакуаційних заходів.

Основні принципи пожежної безпеки включають:

– Запобігання пожежам: вимагає регулярної перевірки електричних систем, установки

сповіщувачів пожежі, належного зберігання і використання легкозаймистих матеріалів тощо.

– Виявлення пожеж: передбачає використання димових детекторів, теплових датчиків і систем автоматичного сповіщення про пожежу. Ці пристрої виявляють пожежу або небезпеку пожежі і надсилають сигнал для активації пожежних систем.

– Пожежогасіння: для гасіння пожежі використовуються різні методи, такі як використання вогнегасників, систем пожежних кранів та автоматичних систем пожежогасіння. Важливо мати знання щодо використання цих засобів пожежогасіння.

– Евакуація: в разі пожежі важливо мати добре організований план евакуації, знати безпечні виходи та шляхи евакуації. Регулярні навчання і тренування щодо евакуації можуть допомогти забезпечити безпеку під час пожеж та уникнути людських жертв.

Пожежна безпека в будівлях вимагає правильного проектування, встановлення систем пожежної сигналізації, оповіщення, димовидалення, гасіння та інших, використання вогнестійких матеріалів, належне обслуговування систем протипожежного призначення.

Основними компонентами системи протипожежного захисту (СПЗ) переважної більшості сучасних торговельно-розважальних закладів (ТРЗ) є такі:

- Система пожежної сигналізації
- Система оповіщення про пожежу та управління евакуювання людей
- Автоматична система пожежогасіння (включно з автономними системами локального пожежогасіння)
- Система протидимного захисту
- Система централізованого пожежного спостереження
- Система диспетчеризації СПЗ
- Ліфти пожежні
- Система блискавкозахисту будівлі
- Пожежні кран-комплекти
- Протипожежні перешкоди (двері, ворота, завіси, клапани) тощо.

Згадані компоненти забезпечують пожежну безпеку як до моменту виникнення пожежі (наприклад система блискавкозахисту убезпечує

будівлю від загорання після влучання блискавки шляхом відводу струму блискавки в землю), так і після її виникнення (система сигналізації виявляє пожежу на початковій стадії та формує сигнал для інформування людей про небезпеку та увімкнення відповідних протипожежних систем). Зрозуміло, що підтримання цих систем у робочому стані, є одним з основних обов'язків власників таких закладів, а ігнорування норм та вимог пожежної безпеки приводить до значних жертв та матеріальних збитків.

Слід зазначити, що важливим є вдосконалення норм, рекомендацій та технічних рішень, щодо покращення способів здійснення безпечної евакуації та зменшення можливих випадків загибелі та травмування людей.

Аналіз статистичних даних. В інформаційно-аналітичних даних [1] наводиться узагальнена

інформація про пожежі. Так, впродовж 2019-2020 років в Україні щорічно виникало від дев'яносто п'яти до ста тисяч пожеж. В 2021-2022 роках щорічно виникало від шістдесяти до вісімдесяти тисяч пожеж відповідно. Зокрема, в об'єктах торгівлі і харчування протягом 2021 року було 706 пожеж, загинула 1 людина, травмовано 11 людей. А в 2022 році трапилася 901 пожежа, загинуло 5 людей, травмовано 30. Розглядаючи за той же період пожежі в соціально-культурних, громадських та адміністративних спорудах, встановлено, що в 2021 році в цих закладах відбулося 476 пожеж, загинуло 20 і отримали травм 27 людей. В 2022 році сталося 829 пожеж. При цьому загинуло 12 людей, травмовано 103 людини.

На рисунках 1 і 2 вказано збитки, до яких призвели пожежі на цих об'єктах.



Рисунок 1 – Збитки від пожеж на об'єктах торгівлі і харчування в 2021-2022 роках



Рисунок 2 – Збитки від пожеж на об'єктах соціально-культурних, громадських та адміністративних споруд в 2021-2022 роках

У своєму звіті [2] за 2016-2018 роки нідерландські автори роблять акцент на залежності кількості пожеж в громадських будівлях від того, чи

вони відокремлені або ж зблоковані з іншими будівлями. Так, на окремо розташованих громадських будівлях, кількість пожеж в період

2016-2018 років становила 65 випадків. В той же період, в заблокованих торгових центрах трапилася 91 пожежа, що наводить на висновок про суттєвий вплив заблокованих з іншими будівлями торговельно-розважальних закладів на кількість пожеж в них. У цьому звіті приріст пожеж становить 40% для заблокованих торгових центрів.

Як свідчить статистика за 5 років [3] щороку на пожежах в торгових закладах США травмуються в середньому 299 осіб, гине 12 осіб. Збитки від пожеж становлять \$604 млн. Основними причинами пожеж є: кухонне обладнання – 21%; електророзподільні та освітлювальні прилади – 15%; опалювальне обладнання – 11%; підпали – 11%. Елементом, які займаються першими є: кулінарні матеріали – 13%; ізоляція електропроводів – 10%; сміття – 9%; легкозаймісті речовини – 8%. Джерела тепла розташовані біля горючих матеріалів спричинили 9% пожеж, однак на них загинуло 40% від загальної кількості людей. Пожежі, які виникали в період з 21:00 до 05:00, завдали в середньому збитків на \$73 тис, а середні збитки від пожеж, які трапилися з 05:00 до 21:00 – \$33 тис. В пожежах які відбулися з 21:00 до 05:00 загинуло 32% людей. Це підкреслює важливість наявності справних протипожежних систем.

В роботі [4] було досліджено статистику пожеж в Бангладеш, де зазначено, що протягом 20 років кількість пожеж зростає в 5 разів, і принаймні 4057 пожеж в 2019 році були пов'язані з торговими центрами та ринками, що становить орієнтовно 17% від загальної кількості пожеж у тому ж році. Автор роботи зазначає, що основною проблемою, яка призводить до збільшення кількості пожеж, є те, що лише 3,6% торгових центрів у країні відповідають необхідним стандартам пожежної безпеки, тоді як 56,1% та 40,3% торгових центрів були оцінені як "ризиковані" та "дуже ризиковані"

відповідно. Відсутність належної реакції призвела до збільшення кількості пожеж.

В 2016 році, виникла пожежа в розважальному центрі "МІ100" у Львові [5]. В результаті пожежі постраждали 25 осіб. Двоє людей потрапили в реанімацію, при цьому один з них у критичному стані з опіками на 95% тіла (згодом він помер). Згідно з інформацією очевидців, під час пожежі відвідувачі клубу в паніці вибивали вікна та заважали рятувальникам у їхній роботі. Причина пожежі – необережне поводження із вогнем під час феєр-шоу, що спровокувало загорання оздоблення приміщення і швидке розповсюдження вогню.

Причиною загибелі та травмування людей стало складне планування приміщень, яке в недостатній мірі було враховане при проектуванні систем протипожежного захисту.

В 2020 році виникла пожежа в одному з найбільших торгових центрів України – ТРЦ Forum Lviv [6]. Площа його становить 69000 кв.м., налічує 110 магазинів та має підземний паркінг на 600 автомобілів. Пожежа виникла на першому поверсі, в магазині Сільпо, на ділянці приготування їжі, через займання кухонного обладнання. Наявні системи протипожежного захисту, такі як локальне гасіння кухонного обладнання, система пожежної сигналізації, оповіщення про пожежу, протипожежні штори, відпрацювали згідно заданого алгоритму. Травмованих та загиблих – не було.

В 2021 році у м. Первомайськ, Миколаївської області, в одноповерховій будівлі ТЦ "Епіцентр" виникла пожежа [7]. Велике пожежне навантаження та наявність матеріалів з високою лінійною швидкістю розповсюдження пожежі, призвело до розповсюдження пожежі на площу 4000 кв.м. Наявні системи виявлення та ліквідації пожежі виявилися недостатньо ефективними, що призвело до значних матеріальних збитків.



Рисунок 3 – Пожежа в торговельному центрі Епіцентр (зображення взято з сайту: <https://prm.ua/u-pervomaysku-velyka-pozhezha-u-tts-epitsentr-zatrymaly-pidpaliuvacha-foto-i-video/>)

Вранці 29 жовтня 2022 у відомому універмазі Jinsheng у Нанкіні, провінція Цзянсу, Китай, сталася пожежа [8]. Вона тривала більше десяти годин. Вогонь охопив весь торговельний центр. Внутрішнє оздоблення торговельного центру знищено. Місцева пожежна служба повідомила,

що палаюча будівля мала великий об'єм, велике пожежне навантаження та складну внутрішню конструкцію. Зранку 30 жовтня служба пожежної охорони Нанкіна повідомила, що відкриту пожежу в універмазі Jinsheng було ліквідовано. Пожежа обійшлася без жертв.



Рисунок 4 – Пожежа в універмазі Jinsheng у Нанкіні, провінція Цзянсу, Китай (зображення взято з сайту: <https://www.breakinglatest.news/news/photo-nanjings-famous-shopping-mall-was-destroyed-by-fire-jinsheng-department-store-nanjing-famous-devoured/>)

Підсумовуючи вищенаведене, можна прослідкувати залежність виникнення пожеж, їх масштабів, матеріальних втрат та жертв від нехтування вимогами протипожежної безпеки. Пожежі, які виникли в нічний час, коли основний контроль за протипожежним станом об'єкта виконується наявними системами, завдають в 2,3 рази більших збитків. Це акцентує увагу на необхідності впровадження ефективних систем протипожежного захисту.

З огляду на минулі пожежі можна стверджувати що наявність систем не виключає імовірності виникнення пожежі, однак вдосконалення пожежної безпеки мінімізує матеріальні та можливі людські втрати.

З березня 2022 року в Україні заборонено проведення планових та позапланових заходів державного нагляду [9]. Технічне обслуговування систем пожежної сигналізації та оповіщення потрібно проводити згідно з [10]. Недотримання періодичності обслуговування систем значно знижує їх ефективність, а відповідальність за невиконання регламентується [11], складає від 100 до 200 неоподаткованих мінімумів (1700-3400 грн) і не передбачає припинення роботи закладу.

Виклад основного матеріалу. В роботі [12] досліджується надійність систем спринклерного пожежогасіння на прикладі 18 торговельних центрів в Австралії. За допомогою методу аналізу дерева несправностей (FTA – fault tree analysis) було виявлено, що ймовірність відмови в будівлях австралійських торговельних центрів перебуває в

діапазоні від 1,4 % до 9,8 % (тобто діапазон надійності 90,2% і 98,6%). Подібно до висотних офісних будівель, вихід із ладу спринклерного зрошувача та ізоляція вузла керування під час модернізації системи гасіння, значно впливає на надійність спринклерної системи пожежогасіння. Однак поділ на більшу кількість спринклерних секцій і вчасне обслуговування компонентів системи у торгових центрах призводять до більшої надійності.

В дослідженні [13] вивчається проблема евакуації з підземних приміщень торговельно-розважальних закладів. Враховуючи поведінку людей при дії на них небезпечних факторів пожеж, уникнення наближення до пожежі під час евакуації та припускаючи найгірший сценарій, автори пропонують модель вибору місця розташування джерела пожежі з кількома виходами. Потім це дослідження моделює пожежу в підземному торговельному центрі за допомогою програмного забезпечення Fugosim. Модель чітко представляє розподіл ризику евакуації в різних зонах усередині будівлі, надаючи посилання як для проектування протипожежного захисту для торговельних центрів, так і для формування планів евакуації на випадок пожежі. Крім того, кількість людей у будівлі, час перед рухом та ширина безпечних виходів значно впливають на ризик евакуації під час пожежі в торговельних центрах. Зокрема, кількість людей у будівлі та час з моменту виявлення пожежі і початком евакуації, позитивно корелюють із ризиком евакуації, тоді як ширина евакуаційних

виходів корелює негативно. Найбільше на ризик евакуації впливає кількість людей всередині будівлі.

Аналогічно в статтях [14, 15] розглядається питання евакуації людей з торговельно-розважальних центрів для людей різних груп мобільності а також виявлено недосконалість українських норм при розрахунку часу початку евакуації, що може впливати на розрахунок різних ризиків в комплексі інжинірингу пожежної безпеки.

Дослідження проводилося в тренувальному режимі, а сама евакуація не анонсувалася. Фіксацію тренувань, проводили за допомогою камер відеоспостереження. В результаті було проаналізовані швидкості руху людських потоків під час евакуації з врахуванням перебування в них осіб з обмеженими можливостями, які користувалися колісними кріслами. На різних ділянках шляху було розраховано їх щільність. В результаті – відкориговано плани евакуації з будівлі та досліджено дії персоналу.

В роботі [16] автор досліджує метод просторового синтаксису. У цьому дослідженні поставлено за мету оцінити об'ємно-просторову організацію торговельних центрів, що мають різні планувальні схеми. Автор використовує метод, для визначення дизайну торговельного центру, організації його простору, в тому числі й для передбачення перешкод, які можуть ускладнити швидку евакуацію людей та персоналу з торговельно-розважального центру.

Однією з архітектурних конструкцій, яка часто зустрічається в ТРЗ, є атриум. Проблему боротьби з задимленням у евакуаційних проходах на верхньому поверсі атриуму досліджується в роботі [17]. На основі евакуаційної поведінки людей в умовах пожежі, запропоновано концепцію доступного евакуаційного проходу (АЕР – available evacuation passageway). Для реалізації контролю диму в АЕР пропонується зона дихання в поєднанні з підживлюючим повітрям під підлогою. Під час пожежі, через ефект труби, верхній поверх атриуму зазвичай найбільше уражається димом. Було досліджено вплив компоновання вхідних отворів для підживлення повітря та швидкості потоку підживлюваного повітря на контроль диму в АЕР. Результати показують, що коли ширина отвору для підживлення повітря становить 0,2 м, розміри отворів для підживлення повітря в зоні дихання становлять 0,5 м × 1 м (ширина × висота), а відстань між двома сусідніми отворами для підживлення становить 1,85 м, розподіл підживлюваного повітря найбільш рівномірний, а ефективність контролю диму оптимальна. При такому розташуванні вхідних отворів для підживлення повітря, коли швидкість потоку підживлюваного повітря становить 90% від швидкості виведення диму, концентрація CO₂, температура та видимість у

АЕР можуть відповідати необхідним вимогам до евакуації.

Автор статті [18] аналізує ряд пожеж в одній з країн східної Європи, акцентуючи увагу на відсутність адекватної реакції зі сторони контролюючих органів, на велику кількість загиблих при пожежах, значні матеріальні збитки та суспільний резонанс. Це наводить на думку, що в цій країні такі події виникають з великою періодичністю.

В працях [19, 20] досліджується питання використання повітряних завіс в торговельних центрах. Розглядається поширення тепла та диму в разі пожежі в торговельних центрах з повітряними завісами, що використовуються в критичних місцях, і порівнюється з відсутністю повітряних завіс. Отримано обнадійливі результати щодо ефективності повітряних завіс у зменшенні поширення тепла та диму та у збільшенні безпечного часу евакуації. Показано, що близько 37% тепла, що виділяється внаслідок пожежі, може бути обмежено всередині джерела вогню, випускаючи струмінь повітря з завіси зі швидкістю 10 м/с. Встановлення двоступеневої повітряної завіси в джерелі пожежі та на сходах може обмежити до 68% тепла на сходовій клітці. Результати цього дослідження можуть дати повне уявлення про роль та ефективність повітряних завіс у стримуванні тепла/диму та, отже, сприятимуть безпечній евакуації у разі пожежі в торговельних центрах.

У статті [21] автор досліджує імовірнісну модель заповнення диму у великих просторах. Були проведені експериментальні дослідження природного заповнення димом, спричиненого пожежею електромобіля (наприклад на паркінгу ТРЗ), для порівняння з моделлю заповнення димом у великих просторах. Шляхом порівняння різниці між часом задимлення та евакуації отримано ймовірність відмови димовидалення під дією невизначених факторів. Модель підходить для оцінки ризику виникнення пожежі у великих приміщеннях.

Робота [22] пропонує систему оцінки ризику пожежі для великих комерційних будівель. Система оцінки зосереджена на аналізі безпеки протипожежної системи в будівлях. По-перше, система індексів системи оцінювання була визначена шляхом дослідження на місці та пропозицій експертів. По-друге, вагу кожного індекса визначали методом структурної ентропійної ваги. По-третє, правила оцінки були визначені відповідно до положень відповідних законів і норм. Нарешті можна отримати оцінку та відповідний рівень ризику пожежі. Крім того, чотири великомасштабні комерційні будівлі в Чунціні (Китай), були взяті як приклади для розрахунку значень рівня ризику пожежі за запропонованою системою оцінки.

Зважаючи на масштаби торгових центрів, не можна не згадати про розміри збитків, які несуть їх власники, при вимушеній зупинці таких будівель. Однією з таких проблем, є евакуація всіх людей з ТРЗ при хибному спрацюванні систем протипожежного захисту, і, відповідно, втрата прибутків. Ця проблема розглядається в роботі [23]. У ній автор досліджує дані пожежно-рятувальної служби Нового Південного Уельсу за 2008-2018 роки, щодо хибного спрацювання систем протипожежного захисту. Згідно з даними автора, відсоток помилок становив приблизно 97% усіх викликів. Метою дослідження було оцінити економічний тягар помилкових активацій протипожежних систем. Витрати вважалися такими, що включають: втрати продуктивності бізнесу/уряду; травми або смертельні випадки, отримані в результаті зіткнення з автомобілем пожежної бригади, що прибув на виклик; заробітна плата персоналу пожежної служби та інших служб реагування; комунальні витрати пожежно-рятувальної служби; і альтернативні витрати для пожежної бригади, мешканців і перехожих. Це дослідження показало, що в 2018-2019 роках помилкові активації систем протипожежного захисту призвели до середніх економічних витрат у 246 мільйонів австралійських доларів на рік для штату Нового Південного Уельсу за найкращим сценарієм і 349 мільйонів австралійських доларів на рік за базовим сценарієм; це дорівнює середній вартості від 4952 до 7403 австралійських доларів за інцидент помилкової тривоги, ініційований системою. Економічна вартість цих невинуватених викликів є непомерно високою, і це дослідження вказує на важливість подальших ініціатив, спрямованих на безпечне зниження частоти помилкових активацій систем протипожежного захисту.

Ця проблема, за допомогою Баєсової оцінки, досліджується також в роботі [24]. Найбільш розповсюдженими сповіщувачами є димові. Проте, рівень помилкової тривоги у них високий. Через труднощі заміни всіх встановлених димових сигналізаторів за короткий період, підвищення точності виявлення пожежі встановлених сигналізаторів є серйозною проблемою. Таким чином, автор пропонує метод оцінки пожежної тривоги з кількома димовими сповіщувачами на основі Баєсівської оцінки. Розроблено метод класифікації послідовності тривоги на основі запропонованого критерію для оцінки справжньої пожежі та підтверджено моделюванням як справжніх пожеж, так і помилкових спрацювань. Результати показують, що запропонований метод може виявити 77,5% хибних тривоги.

При проведенні аналізу літературних джерел,

слід зазначити що недостатньо уваги приділено вивченню питання видалення продуктів горіння з врахуванням димоутворювальної здатності та масової швидкості вигорання новітніх матеріалів. При проектуванні не в достатній мірі враховуються пожежне навантаження, лінійна швидкість розповсюдження полум'я в приміщеннях різного призначення торговельно-розважальних центрів.

Практично недослідженим напрямком залишається використання можливостей відеоспостереження, яке розташоване в торговельно-розважальних закладах, як одного з елементів систем пожежної сигналізації.

Висновки

1. Проведено аналіз сучасного стану пожежної безпеки торговельно-розважальних центрів. Торговельно-розважальні центри характеризуються складним плануванням, великими площами, мультифункціональністю, одночасним перебуванням великої кількості людей тому підвищення пожежної безпеки таких закладів є важливим завданням.

2. Встановлено, що хибні спрацювання є актуальною проблемою сучасних систем пожежної сигналізації основними компонентами яких є димові сповіщувачі, які потребують застосування нових моделей оцінки спрацювань сповіщувачів. Це дасть змогу суттєво скоротити витрати при експлуатації.

3. На основі аналізу встановлено, що при правильному плануванні торговельно-розважальних закладів на стадії проектування, можна суттєво покращити час евакуації у разі виникненні пожежі. Аналогічно, при застосуванні нових досліджень та винаходів, можна досягти збільшення часу на евакуацію відвідувачів у разі загрози.

4. Вважаємо, що подальше дослідження напрямку підвищення пожежної безпеки торговельно-розважальних центрів за рахунок впровадження нових науково-технічних рішень протипожежного захисту сприятиме локалізації пожеж на ранніх стадіях виявлення що збільшить час на евакуацію людей, що зменшить імовірність травмування та загибелі людей і зменшить матеріальні збитки від пожеж.

Список літератури:

1. Звітні матеріали Державної служби України з надзвичайних ситуацій URL: dssns.gov.ua/uk/operational-information/nadzvicaini-situaciyi-v-ukrayini-2/dovidka-za-rik (дата звернення: 24.10.2023)

2. Grootchalig brandweeroptreden 2016-2018, Instituut Fysieke Veiligheid, Brandweeracademie, URL: nipv.nl/wp-content/uploads/2023/01/20191211-BA-Grootchalig-brandweeroptreden-2016-2018.pdf (дата звернення: 24.10.2023)

3. U.S. Structure Fires in Stores and Other Mercantile Properties, [2009, 2011,2015] The National

Fire Protection Association URL: library.nfpa.org/GeniePLUS/GeniePLUS/Portal/Public.aspx?lang=en-US&g_AAAJ=Mercantile&p_AAAK=AAAJ (дата звернення: 08.11.2023)

4. Arif Mahmud Shuklo Shoshe, Ashiqur Rahman Improvement of heat and smoke confinement using air curtains in informal shopping malls, *Journal of Building Engineering*, Volume 46, 1 April 2022, Article 103676 DOI: doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103676 (дата звернення: 24.10.2023)

5. Інформація про виникнення пожежі у розважальному центрі Mi100 URL: zaxid.net/vnaslidok_pozhezhi_u_nichnomu_klubi_u_1_vovi_postrazhdali_ponad_20_lyudey_n1410809 (дата звернення: 08.11.2023)

6. Інформація про виникнення пожежі у розважальному центрі Forum Lviv URL: www.rbc.ua/rus/stylor/odnom-naibolshih-trts-ukrainy-sluchilsya-1579282871.html (дата звернення: 08.11.2023)

7. Інформація про виникнення пожежі у торговому центрі Епіцентр URL: prm.ua/u-pervomaysku-velyka-pozhezha-u-tts-epitsen-tr-zatrymaly-pidpaliuvacha-foto-i-video/ (дата звернення: 24.10.2023)

8. Інформація про виникнення пожежі у торговому центрі Нанкіна URL: www.breakinglatest.news/news/photo-nanjings-famous-shopping-mall-was-destroyed-by-fire-jinsheng-department-store-nanjing-famous-devoured/ (дата звернення: 24.10.2023)

9. Про припинення заходів державного нагляду (контролю) і державного ринкового нагляду в умовах воєнного стану : Постанова Кабінету Міністрів України від 13.03.2022 р. №303 URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2022-%D0%BF#Text (дата звернення: 08.11.2023)

10. ДСТУ CEN/TS 54-14:2021. Видання. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, пусконаладжування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічного обслуговування. [На заміну ДСТУ-Н CEN/TS 54-14:2009; чинний від 01.07.2021]. Вид. офіц. Київ, ДП "Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості", 2021. 184с.

11. Кодекс України про адміністративні правопорушення, Редакція від 14.10.2023 URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#n2047 (дата звернення: 08.11.2023)

12. Khalid A.M. Moinuddin, Jasmine Innocent, Koroush Keshavarz, Reliability of sprinkler system in Australian shopping centres –A fault tree analysis, *Fire Safety Journal*, Volume 105, April 2019, Pages 204-215 DOI: doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.03.006 (дата звернення: 24.10.2023)

13. Ning Wang, Ying Gao, Chao-ying Li, Wen-mei Gai, Integrated agent-based simulation and evacuation risk-assessment model for underground building fire: A case study, *Journal of Building Engineering*, Volume 40, August 2021, Article 102609, DOI: doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102609 (дата звернення: 24.10.2023)

14. Ковалишин В., Доценко О., Хлевной О., Дивень В. (2022). Дослідження евакуації людей різних груп мобільності з торговельно-розважального центру. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2022. 2(14). С. 99–107. DOI: [doi.org/10.33269/nvcz.2022.2\(14\).99-107](https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2(14).99-107) (дата звернення: 24.10.2023)

15. Оношко І., Ковалишин В. Аналіз методології оцінювання пожежних ризиків. *Пожежна безпека*. 2022. Т. 41. С. 94–102. DOI: doi.org/10.32447/20786662.41.2022.11 (дата звернення: 24.10.2023)

16. H. Derya Arslan, Hilal Ergener, Comparative analysis of shopping malls with different plans by using space syntax method, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 14, Issue 9, September 2023, Article 102063 DOI: doi.org/10.1016/j.asej.2022.102063 (дата звернення: 24.10.2023)

17. Wenjun Lei, Zhanjiang Zheng, Chuanliang Rong, Chuanmin Tai, Shengzhong Zhao, Angui Li, Study on fire smoke control in evacuation passageways on the top floor of an atrium involving breathing zones combined with underfloor makeup air supplementation, *Safety Science*, Volume 153, September 2022, 105807 DOI: doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105807 (дата звернення: 24.10.2023)

18. Інформація про пожежу у торговому центрі Східної Європи URL: www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/NFPA-Journal/2019/November-December-2019/News-and-Analysis/Dispatches/International (дата звернення: 24.10.2023)

19. Di Huang, Guo-qing Zhu, Rong-liang Pan, Probabilistic Model of Smoke Filling in Large Spaces, *Procedia Engineering*, Volume 211, 2018, Pages 271-279 DOI: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.013 (дата звернення: 24.10.2023)

20. Arif Mahmud Shuklo Shoshe, Ashiqur Rahman, Air curtain in informal shopping malls: Optimization of the air curtain operating parameters for heat and smoke confinement, *Energy and Buildings*, Volume 276, 1 December 2022, Article 112531 DOI: doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112531 (дата звернення: 24.10.2023)

21. Di Huang, Guo-qing Zhu, Rong-liang Pan, Probabilistic Model of Smoke Filling in Large Spaces, *Procedia Engineering*, Volume 211, 2018, Pages 271-279 DOI: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.013 (дата звернення: 24.10.2023)

22. Fang Liu, Shengzhong Zhao, Miaocheng Weng, Yongqiang Liu, Fire risk assessment for large-

scale commercial buildings based on structure entropy weight method, *Safety Science*, Volume 94, April 2017, Pages 26-40

DOI: doi.org/10.1016/j.ssci.2016.12.009 (дата звернення: 24.10.2023)

23. W. Kathy Tannous, The economic cost of unwanted automatic fire alarms, *Fire Safety Journal*, Volume 124, September 2021, Article 103394

DOI: doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103394 (дата звернення: 24.10.2023)

24. Gang Liu, Hongyong Yuan, Lida Huang, A fire alarm judgment method using multiple smoke alarms based on Bayesian estimation, *Fire Safety Journal*, Volume 136, April 2023, Article 103733

DOI: doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103733 (дата звернення: 24.10.2023)

References:

1. Reporting materials of the National Emergency Service of Ukraine URL:

dsns.gov.ua/uk/operational-information/nadzvicaini-situaciyi-v-ukrayini-2/dovidka-za-rik (date of application: 24.10.2023)

2. Grootchalig brandweeroptreden 2016-2018, Instituut Fysieke Veiligheid, Brandweeracademie, URL: nipv.nl/wp-content/uploads/2023/01/20191211-BA-Grootchalig-brandweeroptreden-2016-2018.pdf (date of application: 24.10.2023)

3. U.S. Structure Fires in Stores and Other Mercantile Properties, [2009, 2011, 2015] The National Fire Protection Association URL:

library.nfpa.org/GeniePLUS/GeniePLUS/Portal/Public.aspx?lang=en-US&g_AAAJ=Mercantile&p_AAAK=AAAJ (date of application: 08.11.2023)

4. Arif Mahmud Shuklo Shoshe, Ashiqur Rahman Improvement of heat and smoke confinement using air curtains in informal shopping malls, *Journal of Building Engineering*, Volume 46, 1 April 2022, Article 103676 DOI: doi.org/10.1016/j.job.2021.103676 (date of application: 24.10.2023)

5. Information about the occurrence of a fire in the entertainment center Mi100 URL: www.rbc.ua/rus/styler/odnom-naibolshih-trts-ukrainy-sluchilsya-1579282871.html (date of application: 08.11.2023)

6. Information about the fire in the shopping center Forum Lviv URL: www.rbc.ua/rus/styler/odnom-naibolshih-trts-ukrainy-sluchilsya-1579282871.html (date of application: 08.11.2023)

7. Information about the fire in the shopping center Epicentr URL: prm.ua/u-pervomaysku-velykapozhezha-u-tts-epitsentr-zatrymaly-pidpaliuvacha-foto-i-video/ (date of application: 24.10.2023)

8. Information about the fire in the Nanjing shopping center URL: www.breakinglatest.news/news/photo-nanjings-famous-shopping-mall-was-destroyed-by-fire-jinsheng-department-store-nanjing-famous-devoured/ (date of application: 24.10.2023)

9. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy "Pro prypynennia zakhodiv derzhavnoho nahliadu (kontroliu) i derzhavnoho rynkovoho nahliadu v umovakh voiennoho stanu" №303 vid 13.03.2022 zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2022-%D0%BF#Text (date of application: 08.11.2023)

10. CEN/TS 54-14:2021 Fire detection and fire alarm systems Guidelines for planning, design, installation, commissioning, use and maintenance (CEN/TS 54-14:2018, IDT) DP "UkrNDNTs" (date of application: 08.11.2023)

11. Kodeks Ukrainy pro administratyvni pravoporushennia, (redaktsiia vid 14.10.2023) zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#n2047 (date of application: 08.11.2023)

12. Khalid A.M. Moinuddin, Jasmine Innocent, Koroush Keshavarz, Reliability of sprinkler system in Australian shopping centres –A fault tree analysis, *Fire Safety Journal*, Volume 105, April 2019, Pages 204-215 DOI: doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.03.006 (date of application: 24.10.2023)

13. Ning Wang, Ying Gao, Chao-ying Li, Wenmei Gai, Integrated agent-based simulation and evacuation risk-assessment model for underground building fire: A case study, *Journal of Building Engineering*, Volume 40, August 2021, Article 102609, DOI: doi.org/10.1016/j.job.2021.102609 (date of application: 24.10.2023)

14. Kovalyshyn V., Dotsenko, O., Khlevnoy, O., Dyven, V. (2022). Research of the evacuation of people of different mobility groups from a shopping and entertainment center. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, (2(14), pp. 99–107 DOI: doi.org/10.33269/nvcz.2022.2(14).99-107 (date of application: 24.10.2023)

15. Onoshko, I., Kovalyshyn, V. (2022). Analysis of fire risk assessment methodology. *Fire Safety*, 41, pp. 94-102 DOI: doi.org/10.32447/20786662.41.2022.11 (date of application: 24.10.2023)

16. H. Derya Arslan, Hilal Ergener, Comparative analysis of shopping malls with different plans by using space syntax method, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 14, Issue 9, September 2023, Article 102063 DOI: doi.org/10.1016/j.asej.2022.102063 (date of application: 24.10.2023)

17. Wenjun Lei, Zhanjiang Zheng, Chuanliang Rong, Chuanmin Tai, Shengzhong Zhao, Angui Li, Study on fire smoke control in evacuation passageways on the top floor of an atrium involving breathing zones combined with underfloor makeup air supplementation, *Safety Science*, Volume 153, September 2022, 105807 DOI: doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105807 (date of application: 24.10.2023)

18. Information about fires in the shopping center of Eastern Europe URL: www.nfpa.org/News-and-Research/Publications-and-media/NFPA-Journal/2019/November-December-2019/News-and-Analysis/

Dispatches/International (date of application: 24.10.2023)

19. Di Huang, Guo-qing Zhu, Rong-liang Pan, Probabilistic Model of Smoke Filling in Large Spaces, Procedia Engineering, Volume 211, 2018, Pages 271-279 DOI: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.013 (date of application: 24.10.2023)

20. Arif Mahmud Shuklo Shoshe, Ashiqur Rahman, Air curtain in informal shopping malls: Optimization of the air curtain operating parameters for heat and smoke confinement, Energy and Buildings, Volume 276, 1 December 2022, Article 112531 DOI: doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112531 (date of application: 24.10.2023)

21. Di Huang, Guo-qing Zhu, Rong-liang Pan, Probabilistic Model of Smoke Filling in Large Spaces, Procedia Engineering, Volume 211, 2018, Pages 271-279 DOI: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.013 (date of

application: 24.10.2023)

22. Fang Liu, Shengzhong Zhao, Miao Cheng Weng, Yongqiang Liu, Fire risk assessment for large-scale commercial buildings based on structure entropy weight method, Safety Science, Volume 94, April 2017, Pages 26-40 DOI: doi.org/10.1016/j.ssci.2016.12.009 (date of application: 24.10.2023)

23. W. Kathy Tannous, The economic cost of unwanted automatic fire alarms, Fire Safety Journal, Volume 124, September 2021, Article 103394 DOI: doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103394 (date of application: 24.10.2023)

24. Gang Liu, Hongyong Yuan, Lida Huang, A fire alarm judgment method using multiple smoke alarms based on Bayesian estimation, Fire Safety Journal, Volume 136, April 2023, Article 103733 DOI: doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103733 (date of application: 24.10.2023)

© Ю. Е. Павлюк, В. В. Шарий,
Б. В. Снігур, 2023.

Оглядова стаття.

Надійшла до редакції 25.10.2023.

Прийнято до публікації 06.12.2023.