ISSN 2518-1777

НАУКОВИЙ ВІСНИК: Цивільний захист та пожежна безпека

№ 1 (7), 2019

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Редакційна колегія:

головний редактор – голова редколегії
канд. техн. наук **Новак С.В.**
заст. головного редактора
канд. техн. наук **Коваленко В.В.**
науковий редактор–відповідальний секретар
канд. техн. наук **Огурцов С.Ю.**

д-р техн. наук **Жартовський С.В.**
д-р техн. наук **Баланюк В.М.**
д-р техн. наук **Кириченко О.В.**
д-р техн. наук **Костенко В.К.**
д-р техн. наук **Костенко Т.В.**
д-р техн. наук **Мирошник О.М.**
д-р техн. наук **Нікулін О.Ф.**
д-р техн. наук **Поздєєв С.В.**
д-р техн. наук **Тютюник В.В.**
канд. техн. наук **Боровиков В.О.**
канд. техн. наук **Кравченко Р.І.**
канд. техн. наук **Кропивницький В.С.**
канд. техн. наук **Ніжник В.В.**
канд. техн. наук **Сізіков О.О.**
канд. хім. наук **Білошицький М.В.**
канд. хім. наук **Ліхньовський Р.В.**

канд. техн. наук **Іванов Ю.С.**
канд. техн. наук **Навроцький О.Д.**
PhDEng. **Врублевський Д.**
PhDEng. **Самберг А.**

літературний редактор (англійська мова) **Івашина Н.О.**
літературний редактор (українська мова) **Струтинська В.М.**
технічний редактор **О.Вовк**

Заснований у 2016 році
Виходить 2 рази на рік

Засновник
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДІЦЗ)
Видавець
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДІЦЗ)

Журнал зареєстровано Міністерством юстиції України
Свідоцтво від 12.03.2016
серія КВ № 21910-11810ПР

Журнал включено до категорії «В» Переліку наукових фахових видань України в галузі технічних наук за спеціальностями 21.06.02 «Пожежна безпека» та 21.02.03 «Цивільний захист».
Наказ Міністерства освіти і науки України від 24.05.2018 № 527
У разі передруковування матеріалів письмовий дозвіл УкрНДІЦЗ є обов'язковим

Рекомендовано до видання рішенням науково-технічної ради УкрНДІЦЗ
Протокол від 27.06.2019 № 7

Ідентифікатор випуску DOI:
https://doi.org/10.33269/nvcz.2019.1

Підписано до друку 27.06.2019

Адреса редакції:
01011, *м. Київ, вул. Рибальська*, 18
Телефони:
(+380 44) 254-52-26; 280-18-01
https://nvcz.undicz.org.ua
e-mail: u_secretar@ukr.net,
S.Ohurtsov@undicz.dsns.gov.ua

Формат 60 × 84/8.
Наклад 50 прим.

©УкрНДІЦЗ, 2019

ЗМІСТ

С.М. Неменуща, О.О. Фесенко, В.М. Лисюк
Підприємства по зберіганню зерна: ризик виникнення пожеж **3**

О.М. Нуянзін, Т.В. Самченко, С. В. Поздєєв, М. А. Кришталь, С. А. Ведула
Дослідження температурних режимів пожежі у кабельних тунелях за їх різних параметрів **13**

В. В. Ніжник
Дослідження теплового впливу вогнища пожежі через віконний проріз будівлі на елементи суміжних об'єктів **26**

О. М. Тесленко, С. З. Цимбалістий, Н. В. Кравченко, О. Г. Доценко, О. М. Крикун
Аналіз існуючих програмних комплексів для розрахунку часу евакуації людей під час пожежі **33**

В. С. Бенедюк, І. Г. Стилик, О. М. Тимошенко, А. О. Грачов, О. В. Куртов
Обґрунтування технічних вимог пожежного маячка **40**

В. Ф. Коробкін, В. В. Коваленко, Б. М. Ковалишин
Аналіз вимог та методів випробувань покрівель та покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку **47**

А.І. Кодрик, О.Ф. Нікулін, О.М. Тітенко, С.М. Шахов, О. В. Куртов,
Залежність властивостей компресійної піни від робочих параметрів процесу генерування піни **54**

С. В. Новак, В. Л. Дріжд, П. О. Іллюченко
Підвищення стійкості кабелів до поширення полум'я шляхом облицювання металевого кабельного коробу реактивним вогнезахисним матеріалом **64**

Р.В. Климась, А.В. Одинець, Д.Я. Матвійчук, Л.П. Несенюк
Результати аналізу основних показників статистики пожеж в Україні по відношенню до часу прибуття першого підрозділу пожежної охорони **76**

О.П. Борис
Визначення напрямів державного регулювання у сфері пожежної безпеки на основі розгляду даних статистики пожеж **85**

В. В. Кавецький, М. В. Білошицький, С. А. Єременко, А. В. Пруський, М. І. Копильний, О. В. Корнієнко
Проблемні питання надійності порошкових засобів пожежогасіння і шляхи їх вирішення **92**

CONTENTS

S. Nemenushcha, O. Fesenko, V. Lysiuk
Agricultural storage enterprises: risk of fire damage

O. Nuianzin, T. Samchenko, S. Pozdieiev, M. Kryshtal, S. Vedula
Study of temperature fire modes in cable tunnels with different parameters

V. Nizhnyk
Studies of the thermal effect of a fire torch in a window opening of a building on elements of adjacent objects

O. Teslenko, S. Tsymbalistyi, N. Kravchenko, O. Dotsenko, O. Krykun
Analysis of existing software complexes for calculating the evacuation time of people during a fire

V. Benediuk, I. Stylyk, A. Tymoshenko, A. Grachev, O. Kurtov
Justification of technical requirements of light beacon

V. Korobkin, V. Kovalenko, B. Kovalyshyn
Analysis of requirements and methods of testing of roofs and roofing materials to fire hazard

A. Kodryk, O. Nikulin, O. Titenko, S. Shakhov, A. Kurtov
Dependence of compression foam properties from working parameters of foam generation process

S. Novak, V. Drizhd, P. Illiuchenko
Increase the cable resistance to the flame propagation through the facing of the metal cable boxe with reactive fire protection material

R. Klymas, A. Odynets, D. Matviichuk, L. Neseniuk
Results of analysis of the main indicators of fire statistics in Ukraine with regard to the time of arrival of the first fire-fighting units

O. Borys
Determination of public regulation directions in the sphere of fire safety on the basis of consideration of data of fire statistics

V. Kavetskyi, M. Biloshytskyi, S. Yeremenko, A. Pruskyi, M. Kopylnyi, O. Korniienko
Problematic issues of the powder fire extinguishing means reliability and ways of their solution

УДК 614.84:664.72

ПІДПРИЄМСТВА ПО ЗБЕРІГАННЮ ЗЕРНА: РИЗИК ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ

С.М. Неменуща, канд. с.-г. наук, О.О. Фесенко, В.М. Лисюк, канд. техн. наук, доцент*
Одеська національна академія харчових технологій, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 16.03.2019
Пройшла рецензування: 25.04.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

зернопереробна галузь, елеватори, пожежна і вибухопожежна безпека, ідентифікація місць локалізації, ризик

АНОТАЦІЯ

В роботі проведено аналіз пожежної та вибухопожежної безпеки на зернових елеваторах в Україні за останні 11 років. Встановлено, що на зернових елеваторах починаючи з 2014 року щорічно спостерігається збільшення кількості випадків виникнення пожеж. Якщо у 2014 та 2016 роках зафіксовано відповідно по 3 пожежі, то у 2018 році зафіксовано вже 15. Тільки за 2 місяці 2019 року про такі надзвичайні ситуації на елеваторах повідомлялося 4 рази. Ідентифіковано місця локалізації ризику виникнення пожеж та вибухів на підприємствах. Локалізація пожеж відбувалася у 56,8% випадках в зернових сушарках. На другому місці фігурують пожежі у складах – 18,2%. Однакову кількість пожеж, по 4,5% від частоти виникнення, зафіксовано у норіях, на транспортних галереях та на трансформаторних підстанціях. Інколи, з імовірністю до 2,4% за кожним з випадків, загоряння були в результаті удару блискавки та чинників «людського фактору» (порушення технологічного регламенту, правил проведення вогневих робіт, підпалу). Проведена оцінка ризику виникнення пожеж на зернових елеваторах статистичним методом. Встановлено, що імовірність пожеж за останні 11 років становила $R=18,9\times10^{-4}$ на зерносушарках, а у складах – $R=6,05\times10^{-4}$. Ризик виникнення пожеж у норіях, на транспортних галереях та на трансформаторних підстанціях оцінювався відповідно $R=1,5\times10^{-4}$. Якщо причинами виникнення пожеж був «людський фактор», а саме порушення технологічного регламенту, правил проведення вогневих робіт та у результаті підпалу, то кожного разу ризик становив $R= 7,5\times10^{-5}$. З метою забезпечення пожежної та вибухопожежної безпеки на елеваторах пропонується: проводити заміну, реконструкцію або переоснащення технологічного обладнання, машин, механізмів тощо; перевіряти наявність розроблених технічних проектів, технологічних регламентів, іншої технічної документації для робіт підвищеної небезпеки, справності обладнання, інструменту, захисних пристроїв небезпечних зон машин і механізмів, пускових, запобіжних, гальмових і очисних пристроїв, систем блокування та сигналізації, вентиляції та освітлення, знаків безпеки, первинних засобів пожежогасіння, проведення на підприємствах паспортизації будівель, споруд, інженерних мереж тощо.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день однією з найбільших галузей агропромислового комплексу України є зернопереробна промисловість. Її підприємства забезпечують населення борошном і крупами, а відходи використовуються для виробництва комбікормів. Суб'єктами зберігання зерна для переробки, відповідно до статті 7 Закону України «Про зерно та ринок зерна в Україні» [1], є зернові склади (елеватори, хлібні бази, хлібоприймальні, борошномельні і комбікормові підприємства).

Серед підприємств по зберіганню зерна левова частка належить елеваторам, в тому числі КХП та ХПП. На сьогоднішній день таких підприємств понад 1200 [2]. Їх сфера діяльності – приймання, зберігання, доведення до базисних кондицій (очищення та сушіння), відвантаження зерна. За видами зернові елеватори бувають: заготівельні (лінійні); виробничі (біля млинів, комбікормових заводів); перевалочні (базисні та портові); фондові (для тривалого зберігання державного зернового резерву). Основна маса зерна на елеваторах зберігається в залізобетонних спорудах за підлоговою технологією. Переважну більшість з них збудовано ще за часів СРСР. Технічна база таких підприємств нині фізично й морально застаріла [3]. Тому об'єкти створюють реальну загрозу виникнення надзвичайної ситуації і є потенційно небезпечними виробництвами відповідно до визначень [4].

Кожного року у світі на зернопереробних підприємствах відбувається 400-500 вибухів і

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.3-12
*E-mail: sv.nemen.od@gmail.com

пожеж. В Україні щорічно фіксується близько 10 первинних пилових вибухів на таких об'єктах. Вибухи приносять великий економічний збиток, призводять до руйнування підприємств і загибелі людей [5].

За умов фізичного зношення обладнання зернових елеваторів питання пожежної та вибухопожежної безпеки на сьогоднішній день є актуальними. Велике значення має і важкість наслідків від надзвичайних ситуацій для підприємств. Отже, оцінка ризику виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок пожеж і вибухів на зернових елеваторах та їх унеможливлення на сьогоднішній день є дуже важливими умовами для їх сталої роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізувавши літературні джерела щодо ризику виникнення пожеж на елеваторах, встановили, що останні 11 років дуже мало приділяли уваги цим питанням. В більшості випадків дослідження проводили з питань загального стану пожежної безпеки [6], покращення економічних та організаційних [7, 8] і екологічних [9] чинників зернопереробної галузі. Вивченням вибухобезпеки на підприємствах займався N. Thomson [10]. Оцінці пожежного ризику для споруд виробничого призначення присвячені праці [11-16]. Щодо об'єктів зберігання та переробки зерна, то ідентифікація джерел ризику виникнення пожеж здійснювалася Разиньковим І.В. [17], а вибухобезпеки – Пунковим С.П. [18]. Пожежна безпека зерносушарок висвітлювалася у роботі Фесенко О.О., Лисюк В.М. [19]. Питанню автоматизації процесів спостереження за вибухопожежною безпекою силосів і силосних корпусів зернових та зернопереробних підприємств присвячена робота Волкова В.Є.[20]. Питанням оцінки впливу пожежного ризику на величину збитків від пожежі в приміщеннях різних об'єктів присвячена робота Гуліда Е.М. [23].

Чинниками займання пилоповітряних сумішей на елеваторних підприємствах, за літературними джерелами [21], є електрозварювальні та інші вогневі роботи (35%), самозаймання або займання зерна або зернових продуктів у силосах (15%), несправність електрообладнання, технологічного і транспортного обладнання (25%), порушення правил проведення сушіння зерна (20%). Найбільша кількість первинних вибухів відбувається у силосах та бункерах (49%), менше – в норіях (26%), аспіраційних системах (10%) та зерносушарках (10%) і у 5% випадків місця вибуху невстановлені.

Тому результати дослідження можуть використовуватися для планування заходів і засобів підвищення стійкості роботи підприємств галузі та уточнення довгострокових планів локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій на зернових елеваторах.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою дослідження є аналіз пожежної та вибухопожежної безпеки на зернових елеваторах в Україні за останні 11 років.

Об'єкт дослідження – ідентифікація місць локалізації ризику виникнення пожеж та вибухів на підприємствах зернопереробної галузі джерел – елеваторах.

Предмет дослідження – чинники, що впливають на ризик виникнення пожеж на зернових елеваторах.

Нами було проведено дослідження інформаційних джерел щодо виникнення пожеж на зернових елеваторах в Україні за остання 11 років (рис. 1) та встановлення місць їх локалізації (рис. 2) за даними сайту Elevatorist.com [2].

Встановлено, що на зернових елеваторах починаючи з 2014 року щорічно спостерігається збільшення кількості випадків виникнення пожеж. Так, якщо у 2014 та 2016 роках їх було відповідно по 3, то у 2018 році – 15. Тільки за 2 місяці 2019 року зафіксовано вже 4 надзвичайні ситуації з виникненням пожеж на елеваторах.

За місцями локалізації найчастіше, а саме у 56,8% випадках, мали місце пожежі у зернових сушарках. На другому місці фігурують пожежі у складах – 18,2%. У норіях, на транспортних галереях та на трансформаторних підстанціях частота виникнення пожеж була на рівні 4,5%. Інколи, з імовірністю до 2,4% за кожним з випадків, причинами пожеж були удари блискавки та чинники «людського фактору» (порушення технологічного регламенту, правил проведення вогневих робіт, підпалу).

Рис. 1. Розподіл кількості пожеж на зернових елеваторах по роках (2009-2019 рр.)

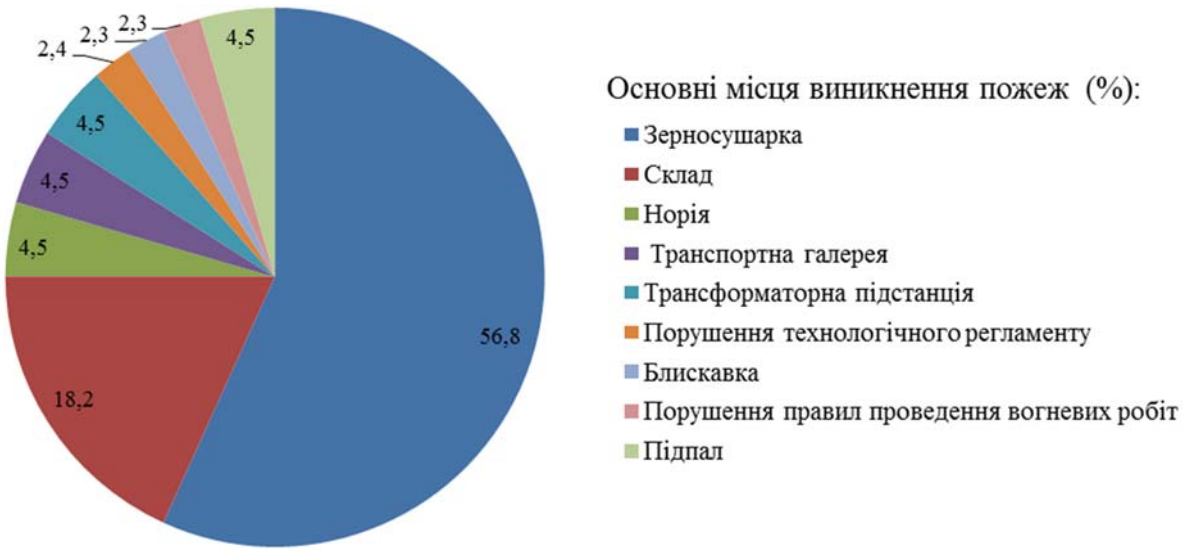


Рис. 2. Розподіл пожеж за місцями локалізації на зернових елеваторах, % (2009-2019 рр.)

Проаналізувавши отримані дані за останні 11 років з огляду на місця локалізації пожеж встановлено, що найбільш небезпечним і шкідливим фактором на зернових елеваторах, який може призвести до пожеж і вибухів, є підвищений вміст пилу у повітрі робочої зони. Зерновий пил утворюється під час здійснення технологічних операцій з приймання, переміщення, очищення та відпуску зерна, а у сушарках – під час сушки зерна.

Велика кількість пилу утворюється при розвантаженні зерна автомобільним і залізничним транспортом за допомогою самопливу – переміщення під дією сили ваги. В свою чергу, завантаження автомобілів і вагонів також здійснюють цим же способом. Перетікання зерна починається від місця розвантаження до норій і транспортерів. І на виході із самопливу виділяється велика кількість пилу. Аналогічні проблеми характерні також при розвантаженні барж і суден.

Органічний пил утворюється і в результаті взаємного тертя оболонок зерна, тертя зерна робочими органами машин та тертя зерна по стінках самопливних труб і бункерів. Велика кількість машин і механізмів сприяє утворенню небезпечного чинника.

Так, при роботі норій спостерігається дуже запилена атмосфера усередині норійних труб. Суміщене переміщення зерна та потоку повітря, що захоплюється ним, за дією аналогічно вентилятору, який працює в режимі нагнітання та всмоктування. Якщо немає герметичності обладнання і позитивний тиск у башмаці, голівці або норійної трубі, то утворюється і джерело пилу.

Стрічкові конвеєри являють собою серйозні джерела поширення пилу, особливо при їх розвантаженні і завантаженні. Причому конвеєри відкритого виконання є найбільш сильним джерелом пиловиділення через рух потоку повітря.

Самопливи і жолоби також можуть бути джерелами пилу за рахунок внутрішньої турбулентності. При цьому довгі ділянки самопливів, по яких переміщається зерно з високою швидкістю і з великою кількістю повітря, яке захоплюється зерном, більш небезпечне джерело пилу, аніж короткі самопливи і жолоби.

Проблематичними є системи зважування з надваговими і підваговими вантажоприймальними бункерами, бо вони по черзі завантажуються і розвантажуються. Бункери є особливо небезпечними місцями. Вони являють собою закриті конструкції і під час заповнення в них утворюється висока концентрація зваженого пилу.

Таким чином, всередині зерноочисних технологічних машин, бункерів, силосів та транспортного обладнання (норії) постійно утворюється пилоповітряна суміш, концентрація якої часто перевищує вибухонебезпечну межу. Повністю виключити утворення таких сумішей неможливо, тому що це обумовлено технологією зерноочищення.

Запиленість є типовою для багатьох галерей елеваторів старої будівлі. Це результат недостатньої аспірації силосів і розвантажувальних візків. Після розвантаження силосу на стінах і стелі звичайно осідає шар пилу.

Промисловий пил – це сукупність тонкоподрібнених частинок твердої речовини, які перебувають як у завислому (аерозоль) стані, так і у вигляді осадку (аерогель). Відповідно до санітарних норм [29] вміст зернового пилу в повітрі виробничих приміщень визначається показником гранично допустимої концентрації (ГДК) і не повинен перевищувати середньодобової норми 0,03 мг/м^3. Важливою властивістю окремих видів пилу, таких як зерновий, фуражний, борошняний та деяких інших, є вибуховість. Пил на зернових підприємствах переважно перебуває у стані аерозолю. В такому стані утворюються потужні заряди, які можуть викликати іскри з великою енергією – пилові блискавки, що є достатнім для займання пилоповітряної суміші. Таке займання відбувається всередині замкнутих просторів – обладнання, бункерів, силосів. Кількість високотемпературних газоподібних продуктів, які утворюються під час горіння даної суміші, та тиск напряму залежать від концентрації пилу у замкнутому просторі. Гарячі газоподібні продукти вибуху, стикаючись з повітрям, часто займаються, що може призвести і до пожежі. Найменшу та найбільшу концентрацію горючих парів, газів або пилу в повітрі, що утворюють вибухову суміш, називають відповідно нижньою і верхньою межами вибуховості. Так, мінімальна концентрація пилу, за якої може утворитися вибух, становить для млинового сірого пилу – 17,6 г/м^3, пилу фуражного жита – 27,7 г/м^3 [30].

Промисловий пиловий вибух виникає через технічні та організаційні порушення при проведенні технологічних процесів, під час експлуатації, ремонті технологічного та транспортного обладнання, будівель і споруд. органічного пилу, який може створювати вибухонебезпечне середовище.

Пиловий вибух відноситься до процесів вибухового горіння, які не можливо контролювати. Це швидке згоряння пилоповітряної суміші з виділенням газоподібних продуктів, які можуть виконувати роботу при розширенні, тобто руйнувати все те, що знаходиться в осередку і зоні вибуху. Всередині замкнутого простору при вибухах створюється такий статичний тиск, який у 12,5 разів перевищує показники імовірності руйнування залізобетонної плити.

До потенційно небезпечних джерел спалаху пилоповітряних сумішей відносяться насамперед електроустановки, несправне обладнання, проведення вогневих робіт. Особливістю зберігання зерна є самозаймання.

Джерелом займання пилоповітряної суміші можуть бути розряди статичної електрики, які накопичуються на ізольованих частинах обладнання, самопливних трубах, ременях приводу тощо.

Зерно та зернопродукти під час зберігання у силосах, бункерах та складах внаслідок біологічних процесів, що відбуваються всередині їх маси, та невеликої теплопровідності можуть самозігріватися. При цьому температура всередині зернових мас зростає до температури самозаймання.

Щодо оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій, то найбільш розповсюдженим і прийнятим поняттям ризику у сучасній теорії і практиці безпеки життєдіяльності є визначення, що ризик – це частота реалізації небезпеки.

Серед великої кількості запропонованих методичних підходів до визначення ризику науковці виділяють основні: інженерний, модельний, експертний, соціологічний, статистичний, комплексний (комбінований).

За статистичним методом ризик обчислюється за формулою: R=n/N, де R – ризик за певний період часу; n – кількість фактичних проявів небезпеки за цей період; N – теоретична можлива кількість небезпек для даного виду діяльності чи на об'єкті.

У своїх дослідженнях ми використовували оцінку ризику виникнення пожеж на зернових елеваторах статистичним методом. Нами встановлено, що імовірність виникнення пожеж за останні 11 років щороку становила $R=18{,}9\times10^{-4}$ на зерносушарках, а у складах – $R=6{,}05\times10^{-4}$. Ризик виникнення пожеж у норіях, на транспортних галереях та на трансформаторних підстанціях становив відповідно $R=1{,}5\times10^{-4}$ за кожним з випадків. Якщо причинами виступали чинники «людського фактору», а саме порушення технологічного регламенту, правил проведення вогневих робіт та у результаті підпалу, то ризик становив $R= 7{,}5\times10^{-5}$.

Для будь-якого підприємства ризик від виникнення пожеж відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я [24] та постанови КМУ № 306 [25] класифікують як незначний $R\leq10^{-6}$, середній $R= 10^{-6}$ -10^{-5}, високий (терпимий) $R= 5\times10^{-5}$ -5×10^{-4} та неприйнятний $R>5\times10^{-4}$.

З огляду на отримані розрахунки величини ризику виникнення пожеж на зернових елеваторах та порівнявши їх значення з величинами відповідно до класифікації ризику [24, 25] можна зробити висновок, що ризик виникнення пожеж знаходиться у межах від високого (терпимого) до неприйнятного. Такі умови не сприяють стійкій роботі галузі в цілому і потребують вжиття відповідних заходів з покращення роботи на підприємствах. Але величина пожежного ризику вказує тільки на міру можливої реалізації пожежної небезпеки. Умовами забезпечення безпеки у разі виникнення пожежі є оперативна евакуація людей, швидкий виклик пожежно-рятувальних підрозділів і стрімке реагування добровільної пожежної дружини підприємства.

Превентивними заходами попередження пожеж та інших надзвичайних ситуацій техногенного характеру в Україні для об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до [28] є аналіз небезпеки та умов виникнення аварій, оцінка ризику виникнення аварій, аналіз умов і оцінка ймовірності розвитку аварій, оцінка ймовірності наслідків аварій. З цією метою для підприємств пропонується застосування окремих методів, таких як:

– дерево «відмов»;

– аналіз видів і наслідків відмов;

– обробка статистичних даних про аварійність технологічної системи, що відповідають специфіці об'єктів підвищеної небезпеки чи виду діяльності;

– «що буде, якщо?»;

– «перевірочний лист»;

– аналіз експлуатаційної небезпеки (HAZOP – аналіз Hazard and Operability Study);

– експертні оцінки імовірності виникнення події.

На підставі аналізу потенціальних відхилень можна виявляти небезпечні події, які ініціюють виникнення та розвиток аварій на кожному об'єкті. Для оцінки ризику (імовірності) виникнення аварій кожної події виконується оцінка імовірності її реалізації протягом одного року. Якщо імовірність виникнення аварії є неприйнятною величиною, то відшукуються рішення щодо її зниження. На сьогоднішній день проходить гармонізація вітчизняної нормативно-технічної бази з європейською. Розроблено ДСТУ ISO/TR 16732-3 (ISO/TR16732-3:2013, IDT) Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 3. Приклад промислового підприємства [31] та ДСТУ EN ISO 19353 (EN ISO 19353:2016, IDT, ISO 19353:2015, IDT) Безпечність машин. Запобігання пожежі та протипожежний захист [32].

Висновки. Проаналізувавши ризики пожежної та вибухопожежної безпеки на підприємствах зберігання зерна – елеваторах встановили високу імовірність виникнення пожеж – від $7{,}5\times10^{-5}$ до $18{,}9\times10^{-4}$. Уточнені дані щодо місць локалізації пожеж – найбільш небезпечними є зерносушарка та склади. Нами охарактеризовані небезпечні та шкідливі

фактори, які можуть вплинути на частоту реалізації небезпеки. Така ситуація свідчить про зношеність технологічного обладнання зерносушильних комплексів та недостатній рівень контролю за зберіганням зерна на складах підприємств.

За результатами дослідження з метою забезпечення пожежної та вибухопожежної безпеки на елеваторах пропонується:

– регулярно проводити превентивний аналіз небезпеки та умов виникнення аварій;

– проводити заміну, реконструкцію або переоснащення технологічного обладнання, машин, механізмів тощо;

– регулярно проводити навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки та охорони праці посадовим особам та працівникам, які виконують роботи підвищеної небезпеки;

– відповідальними за виконання конкретного виду робіт підвищеної небезпеки призначати посадових осіб, які пройшли навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки та охорони праці;

– перевіряти наявність розроблених технічних проектів, технологічних регламентів, іншої технічної документації для робіт підвищеної небезпеки, справності обладнання, інструменту, захисних пристроїв небезпечних зон машин і механізмів, пускових, запобіжних, гальмових і очисних пристроїв, систем блокування та сигналізації, вентиляції та освітлення, знаків безпеки, первинних засобів пожежогасіння, проведення на підприємствах паспортизації будівель, споруд, інженерних мереж;

– експлуатацію електроустановок, електрообладнання забезпечувати відповідно до вимог безпеки;

– за графіком проводити профілактичні виміри опору заземлюючих пристроїв електроустановок, ізоляції кабелів, перевірку стану безпеки електроустановок;

– забезпечити підприємства всіма необхідними засобами пожежогасіння;

– виконання робіт в силосах, бункерах та інших закритих ємкостях здійснювати тільки після оформлення наряд-допуску;

– працівників підприємств, що залучаються до виконання небезпечних робіт, забезпечувати засобами захисту і пристосуваннями для безпечного проведення робіт;

– транспортне обладнання для переміщення зерна (норії, транспортери, конвеєри тощо) має бути обладнане справними засобами й елементами, що забезпечують безпеку під час експлуатації (датчики контролю швидкості, ручні пристрої відключення транспортеру, датчики контролю температури, стрічки, датчики контролю навантаження, пристрої, що запобігають зворотному ходу стрічки або її пробуксовці), а також системами аспірації, що синхронізуються з пусковими пристроями обладнання і забезпечені пилоуловлювальними пристроями (рукавними фільтрами, пиловими камерами тощо), що унеможливлюють вихід запиленого повітря в робоче приміщення складу або елеватора;

– вивішувати таблички попередження на пускових пристроях, вхідних дверях щодо категорії вибухопожежонебезпеки та класу зони по електробезпеці;

– перевіряти наявність та справність засобів дистанційного контролю температури зерна в силосах та бункерах;

– дотримуватися графіків прибирання пилу у виробничих приміщеннях;

– вогневі роботи проводити відповідно до вимог НАПБ В.01.057-2006/200 [27];

– на дахах складських приміщень облаштовувати блискавкозахист;

– коригувати плани локалізації і ліквідації аварійних ситуацій та аварій;

– щоквартально проводити тренувальні навчання з персоналом та відпрацювання можливі дії працівників у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру;

– не допускати роботу технологічного обладнання у вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях у разі несправних або відключених пиловідсмоктуючих, пиловловлюючих та інших пристроїв систем вентиляції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про зерно та ринок зерна в Україні» від 04.07.2002 №37-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.zakon.4.rada.gov.ua
2. Elevarist.com [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http:// elevarist.com
3. Станкевич Г.Н. Современное состояние рынка зернохранилищ. // Зернові продукти і комбікорми. – 2010. - №3. – С. 34-40.
4. «Методика ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів» наказ № 98 від 23.02.2006 р. Міністерства України з питань НС та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи.
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://loretest.com/blog/2018/11/07/.
6. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2013-2016 роки: Статистичний збірник аналітичних матеріалів. За загальною редакцією В.С. Кропивницького. – К.:УкрНДІЦЗ, – 2018. – 100 с.
7. Стретович О.А. Тенденції роботи зернопереробних підприємств України.// Економіка харчової промисловості. – т. 8. – вип. 4. – 2016. – С. 46-50.
8. Колодійчук В.А. Галузеве позиціонування зернопродуктового підкомплексу АПК України. // Економічний часопис – XXI. – 9-10(1). – 2014. – С. 45-48.
9. Зацеркляний М.М. Утворення пилу на підприємствах галузі хлібопродуктів і зменшення пиловиділення.//Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». – 2018. – №3(1). – С. 16-20.
10. Thomson N. Fire Hazards in Industry. – 2001. – 176 p.
11. Д'яконов В.І., Кусов О.В., Фесенко Г.В., Білим П.А., Миронович В.В. Оцінка пожежного ризику для споруд виробничого призначення. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2014. – вип. 148. – С. 514-519.
12. Гуліда Е.М., Мовчан І.О. Оцінка пожежного ризику для споруд виробничого призначення. //Науковий вісник ЛНТУ України. – 2012. – вип. 22.9. – С. 118-128.
13. Мовчан І.О, Гуліда Е.М. Вибір моделі визначення пожежного ризику для об'єктів господарювання. //Науковий вісник ЛНТУ України. – 2012. – вип. 22.13. – С. 364-370.
14. Ємельяненко С.О., Кузик А.Д. Ризик як характеристика стану пожежної безпеки.// Пожежна безпека. – Львів: ЛДУ БЖД. – 2011. – вип. 18. – С. 101-106.
15. Вогман А.П., Хрюкин А.В. Пожарная опасность отложений на оборудовании, в вентиляционных системах и местных отосах объектов переработки и хранения материалов растительного происхождения. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-opasnost-otlozheniy-na-oborudovanii-v-ventilyatsionnyh-sistemah-i-mestnyh-otsosah-obektov-pererabotki-i-hraneniya-materialov-1
16. Азаров В.Н., Колесников В.Г. Оценка взрывопожароопасности предприятий по хранению и переработке зерна. // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. – №1. – С. 51-53.
17. Разиньков И.В. Специфические факторы пожарных рисков на предприятиях пищевой промышленности Воронежской области. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://cyberleninka.ru/article/n/spetsificheskie-faktory-pozharnyh-riskov-na-predpriyatiyah-pischevoy-promyshlennosti-voronezhskoy-oblasti
18. Пунков С.П., Ким Л.В., Фейденгольд В.Б. Проектирование элеваторов и хлебоприемных предприятий с основами САПР: Учебник /Под ред. С.П. Пункова. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1996. – 284 с.
19. Фесенко О.О., Лисюк В.М. Проблеми пожежної безпеки зерносушарок. // Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. – 2017. – С. 73-74.
20. Волков В.Э. Система поддержки принятия решений по вопросам взрывобезопасности силосов и силосних корпусов зерновых и зерноперерабатывающих предприятий.// Автоматика. – Львів. – 2011. – С. 335-336. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http:// ena.lp.edu.ua
21. Теплов А.Ф. Охрана труда в отрясли хлебопродуктов: М,: Агропромиздат, 1990.- 255 с.
22. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.eco.ck.ua/ docs/Perelik%20rechovyn,%20klas%20nebezpeky.doc
23. Гуліда Е.М. Вплив пожежного ризику на величину збитків віл пожежі в приміщеннях різних об'єктів. //Пожежна безпека: збірник наукових праць ЛДУ БЖД. – 2016. – №28. – С. 36-42.
24. Бєгун В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник/В.В. Бєгун, І.М. Науменко. – К.:2004. – 328 с.
25. Постанова Кабінету Міністрів України від 29 лютого 2012 р. №306. – К. – 3 с.
26. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
27. НАПБ В.01.057-2006/200. Правила пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України.
28. «Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» затверджена наказом № 637 від 4 грудня 2002 р. Міністерства праці та соціальної політики України.
29. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
30. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. [Текст]/Е.А. Штокман – М.:АСВ, 2001. – 564 с.
31. ДСТУ ISO/TR 16732-3 (ISO/TR16732-3:2013, IDT) Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 3. Приклад промислового підприємства.
32. ДСТУ EN ISO 19353 (EN ISO 19353:2016, IDT, ISO 19353:2015, IDT) Безпечність машин. Запобігання пожежі та протипожежний захист.

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro zerno ta rynok zerna v Ukraini» vid 04.07.2002 №37-IV available at : http://www.zakon.4.rada.gov.ua (in Ukrainian)
2. Elevarist.com available at : http:// elevarist.com
3. Stankevych H.N. Sovremennoe sostoianye rynka zernokhranylyshch [The current state of the granaries market]. Zernovi produkty i kombikormy. – 2010. – vol.3. – pp. 34-40. (in Russian)
4. «Metodika identifikatsiї potentsiyno nebezpechnikh ob'єktiv»[Methods of identifying of potentially dangerous objects] nakaz № 98 vid 23.02.2006 r. Ministerstva Ukraïni z pitan' NS ta u spravakh zakhistu naselennya vid naslidkiv Chornobil's'koї katastrofi. (in Ukranian)
5. Vzryvy na elevatorakh i v skladakh napol'nogo khraneniya zerna [Explosions in elevators and warehouses for floor storage of grains] available at : https://loretest.com/blog/2018/11/07/.(in Russian)
6. Statystyka pozhezh ta yikh naslidkiv v Ukraini za 2013-2016 roky: Statystychnyi zbirnyk analitychnykh materialiv Statistics of fires and their consequences in Ukraine for 2013-2016: Statistical collection of analytical materials](2018). K.:UkrNDICZ, 100 p. (in Ukrainian)
7. Stretovych O.A. (2016) Tendentsii roboty zernopererobnykh pidpryiemstv Ukrainy [Work trends of grain processing enterprises of Ukraine] Ekonomika kharchovoi promyslovosti. vol. 8, no. 4, pp. 46-50. (in Ukrainian)
8. Kolodiichuk V.A. (2014) Haluzeve pozytsionuvannia zernoproduktovoho pidkompleksu APK Ukrainy [Sectoral positioning of grain products of the subcomplex of agrarian and industrial complex of Ukraine]. Ekonomichnyi chasopys – KhKhI. vol. 9-10 (1), pp. 45-48. (in Ukrainian)
9. Zatserklianyi M.M. (2001) Utvorennia pylu na pidpryiemstvakh haluzi khliboproduktiv i zmenshennia pylovydilennia [The formation of dust at the enterprises of the sphere of bread products and reduction of evacuation]. Naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Tekhnohenno-ekolohichna bezpeka», vol 3(1), pp.16-20. (in Ukrainian)
10. Thomson N. Fire Hazards in Industry. – 2001. – 176 p.
11. D'iakonov V.I., Kusov O.V., Fesenko H.V., Bilym P.A., Myronovych V.V. (2014) Otsinka pozhezhnoho ryzyku dlia sporud vyrobnychoho pryznachennia [Assessment of fire risk for facilities of production purpose]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka, vol. 148, pp. 514-519. (in Ukrainian)
12. Hulida E.M., Movchan I.O.(2012) Otsinka pozhezhnoho ryzyku dlia sporud vyrobnychoho pryznachennia [Assessment of fire risk for facilities of production purpose]. Naukovyi visnyk LNTU Ukrainy, vol. 22.9, pp. 118-128. (in Ukrainian)
13. Movchan I.O, Hulida E.M. (2012) Vybir modeli vyznachennia pozhezhnoho ryzyku dlia obiektiv hospodariuvannia [Vybir modeli vyznachennia pozhezhnoho ryzyku dlia obiektiv hospodariuvannia]. Naukovyi visnyk LNTU Ukrainy,vol. 22.13, pp. 364-370. (in Ukrainian)
14. Iemelianenko S.O., Kuzyk A.D. (2011) Ryzyk yak kharakterystyka stanu pozhezhnoi bezpeky [Risk as a characteristic of the state of fire safety]. Pozhezhna bezpeka,. Lviv, LDU BZhD,vol. 18, pp.101-106. (in Ukrainian)
15. Vogman A.P., Khryukin A.V. Pozharnaya opasnost' otlozheniy na oborudovanii, v ventilyatsionnykh sistemakh i mestnykh otosakh ob"ektov pererabotki i khraneniya materialov rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Fire hazard of deposits in equipment, in ventilation systems and local ventilations of objects of processing and storage of materials of vegetable origin]. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-opasnost-otlozheniy-na-oborudovanii-v-ventilyatsionnyh-sistemah-i-mestnyh-otsosah-obektov-pererabotki-i-hraneniya-materialov-1 (in Russian)
16. Azarov V.N., Kolesnikov V.G. (2003) Otsenka vzryvopozharoopasnosti predpriyatiy po khraneniyu i pererabotke zerna [Estimation of fire explosion hazard of enterprises for storage and processing of grain] Pozharovzryvobezopasnost', vol.1,pp. 51-53.
17. Razin'kov I.V. Spetsificheskie faktory pozharnykh riskov na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti Voronezhskoy oblasti [Specific factors of fire risks at the enterprises of food industry of the Voronezh region]. Available at :https://cyberleninka.ru/article/n/ /spetsificheskie-faktory-pozharnyh-riskov-na-predpriyatiyah-pischevoy-promyshlennosti-voronezhskoy-oblasti
18. Punkov S.P., Kim L.V., Feydengol'd V.B. (1996) Proektirovanie elevatorov i khlebopriemnykh predpriyatiy s osnovami SAPR [Design of elevators and bread-making enterprises with SAPR basics] Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo universiteta, 284 p. .(in Russian)
19. Fesenko O.O., Lysiuk V.M.(2017) Problemy pozhezhnoi bezpeky zernosusharok [Problems of fire safety of grain dryers] Proceedings of the VII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu «Nadzvychaini sytuatsii: bezpeka ta zakhyst». – Cherkasy, ChIPB im. Heroiv Chornobylia , pp. 73-74. . (in Ukrainian)
20. Volkov V.E. (2011) Sistema podderzhki prinyatiya resheniy po voprosam vzryvobezopasnosti silosov i silosnikh korpusov zernovykh i zernopererabatyvayushchikh predpriyatiy [System of support of decision-making on questions of explosion safety of silos and silos corps of grain and grain-processing enterprises], Avtomatika, L'viv,pp. 335-336, available at : http:// ena.lp.edu.ua (in Russian)
21. Teplov A.F.(1990) Okhrana truda v otryasli khleboproduktov [Labor protection in the bread industry]. M, Agropromizdat, 255 p. (in Russian)
22. Perelik nebezpechnykh rechovyn [List of hazardous substances]. available at :http://www.eco.ck.ua/ docs/Perelik%20rechovyn,%20klas%20nebezpeky.doc
23. Hulida E.M.(2016) Vplyv pozhezhnoho ryzyku na velychynu zbytkiv vil pozhezhi v prymishchenniakh riznykh obiektiv [Influence of fire risk on the amount of damage from fire in premises of various objects]. Pozhezhna bezpeka: zbirnyk naukovykh prats LDU BZhD, vol.28, pp. 36-42. . (in Ukrainian)
24. Biehun V.V. (2004) Bezpeka zhyttiediialnosti: Navchalnyi posibnyk [Life Safety: An education guidance] – K, 328 p.
25. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 29 liutoho 2012 r. №306. – K. – 3 s.
26. NAPB A.01.001-2014. Pravyla pozhezhnoi bezpeky v Ukraini.
27. NAPB V.01.057-2006/200. Pravyla pozhezhnoi bezpeky v ahropromyslovomu kompleksi Ukrainy.
28. Metodyka vyznachennia ryzykiv ta yikh pryiniatnykh rivniv dlia deklaruvannia bezpeky obiektiv pidvyshchenoi nebezpeky» zatverdzhena nakazom № 637 vid 4 hrudnia 2002 r. Ministerstva pratsi ta sotsialnoi polityky Ukrainy
29. GOST 12.1.005-88 «Obshchie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozdukhu rabochey zony».
30. Shtokman E.A. (2001) Ventilyatsiya, konditsionirovanie i ochistka vozdukha na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti [Ventilation, air conditioning and air purification at the enterprises of food industry]. M.,ASV, 564 p.
31. ДСТУ ISO/TR 16732-3 (ISO/TR16732-3:2013, IDT) Fire safety engineering -- Fire risk assessment -- Part 3: Example of an industrial property.
32. ДСТУ EN ISO 19353 (EN ISO 19353:2016, IDT, ISO 19353:2015, IDT) Safety of machinery -- Fire prevention and fire protection.

AGRICULTURAL STORAGE ENTERPRISES: RISK OF FIRE DAMAGE

S. Nemenushcha, Cand. of Sc. (Agriculture),O. Fesenko, V. Lysiuk, Cand.of Sc. (Eng.), associate professor
Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine

KEYWORDS

grain processing industry, elevators, fire and fire explosion safety, identification of places of localization, risk.

ANNOTATION

The analysis of fire and fire explosion safety on grain elevators in Ukraine for the last 11 years has been carried out. It has been established that on grain elevators, from 2014 onwards, an increase in the number of cases of fires is observed annually. If there were 3 fires in 2014 and 2016, then in 2018 there were already 15. In just 2 months of 2019, four such emergencies were created on elevators. The localization places of the risk of fires and explosions at enterprises have been identified. Localization of fires occurred in 56.8% of cases in grain dryers. In the second place there are fires in warehouses – 18.2%. The same number of fires, by 4.5% of the frequency of occurrence, is recorded in the narias, in transport galleries and at transformer substations. Occasionally, with a probability of up to 2.4% each, there were cases of fire due to lightning strike and factors of the «human factor» (violation of the technological regulations, rules of fire works, arson). An estimation of the risk of fire on grain elevators is carried out by the statistical method. It was established that the probability of fires for the last 11 years was $R = 18,9 \times 10^{-4}$ in grain dryers, and in warehouses – $R = 6,05 \times 10^{-4}$. The risk of fires in narias, in transport galleries and at transformer substations was estimated to be $R = 1.5 \times 10^{-4}$, respectively. If the causes of the fires were a «human factor», namely the violation of the technological regulations, rules for conducting fire works and as a result of arson, then each time the risk was $R = 7.5 \times 10^{-5}$. In order to provide fire and fire explosion safety on elevators it is proposed: to replace, reconstruct or re-equip technological equipment, machines, mechanisms, etc.; to check the availability of developed technical projects, technological regulations, other technical documentation for high-risk works, equipment, tools, protective devices of dangerous zones of machines and mechanisms, starting, preventive, brake and cleaning devices, systems of blocking and signaling, ventilation and illumination, safety signs, primary means of fire extinguishing, holding at the enterprises of certification of buildings, structures, engineering networks etc.

ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ХРАНЕНИЮ ЗЕРНА: РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ

С.Н. Неменущая канд. с.-х. наук, Е.А. Фесенко, В.Н. Лысюк, канд. техн. наук, доцент,
Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

зерноперерабатывающая отрасль, элеваторы, пожарная и взрывопожарная безопасность, идентификация мест локализации пожаров, риск.

АННОТАЦИЯ

В работе проведен анализ пожарной и взрывопожарной безопасности на зерновых элеваторах в Украине за последние 11 лет. Установлено, что на зерновых элеваторах начиная с 2014 года ежегодно наблюдается увеличение количества случаев возникновения пожаров. Если в 2014 и 2016 годах зафиксировано 3 пожара, то в 2018 году возникло уже 15. Только за 2 месяца 2019 образовалось 4 таких чрезвычайных ситуаций на элеваторах. Идентифицировано места локализации риска возникновения пожаров и взрывов на предприятиях. Локализация пожаров происходила в 56,8% случаях в зерновых сушилках. На втором месте фигурируют пожары на складах - 18,2%. Одинаковое количество пожаров, по 4,5% от общего количества, зафиксировано в нориях, на транспортных галереях и на трансформаторных подстанциях. Иногда, с вероятностью до 2,4% каждый, встречались случаи возгорания в результате удара молнии и происшествий с учетом «человеческого фактора» (нарушение технологического регламента, правил проведения огневых работ, поджога). Проведена оценка риска возникновения пожаров на зерновых элеваторах статистическим методом. Установлено, что вероятность пожаров за последние 11 лет составила $R = 18,9\times10^{-4}$ на зерносушилках, а в складах - $R =6,05\times10^{-4}$. Риск возникновения пожаров в нориях, на транспортных галереях и на трансформаторных подстанциях оценивался соответственно по

$R=1,5\times10^{-4}$. Если причинами возникновения пожаров был «человеческий фактор», а именно нарушение технологического регламента, правил проведения огневых работ и в результате поджога, то каждый раз риск составлял $R = 7,5\times10^{-5}$. С целью обеспечения пожарной и взрывопожарной безопасности на элеваторах предлагается: проводить замену, реконструкцию или переоснащение технологического оборудования, машин, механизмов; проверять наличие разработанных технических проектов, технологических регламентов, другой технической документации для работ повышенной опасности, исправности оборудования, инструмента, защитных устройств опасных зон машин и механизмов, пусковых, предохранительных, тормозных и очистных устройств, систем блокировки и сигнализации, вентиляции и освещения, знаков безопасности, первичных средств пожаротушения, проведение на предприятиях паспортизации зданий, сооружений, инженерных сетей и другие мероприятия.

УДК 614.841.415

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ПОЖЕЖІ У КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ ЗА ЇХ РІЗНИХ ПАРАМЕТРІВ

О. М. Нуянзін, канд. техн. наук, Т. В. Самченко, С. В. Поздєєв, д-р. техн. наук, проф., М. А. Кришталь, канд. психол. наук, проф., С. А. Ведула*
ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 23.04.2019
Пройшла рецензування: 24.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

кабельний тунель, температурний режим пожежі, комп'ютерне моделювання, обчислювальний експеримент

АНОТАЦІЯ

Моделювання, як метод наукового дослідження дає можливість, не виконуючи матеріально затратних та трудомістких натурних експериментів на моделях проводити всі необхідні досліди щодо визначення температурних режимів пожежі у кабельних тунелях. Метою проведення досліджень даної роботи є визначення температурного режиму пожежі у кабельному тунелі залежно від його форми, розмірів та пожежного навантаження. У одному з програмних комплексів CFD були створені комп'ютерні моделі кабельних тунелів. Проведено обчислювальні експерименти та визначено температурні режими пожеж у тунелях з різними параметрами. У даній роботі дістало подальшого розвитку застосування обчислювальних експериментів для дослідження процесів тепломасообміну при пожежах у кабельних тунелях.

Постановка проблеми. Кабельна продукція постійно розвивається і вдосконалюється. Для проведення випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій кабельних тунелів використовується стандартний температурний режим пожежі, який може не відповідати режиму пожежі у реальному кабельному тунелі.

Дослідження температурного режиму пожежі є актуальним питанням, так як кабельні тунелі відрізняються геометричною конфігурацією, видом кабелів, що прокладені у них, пожежним навантаженням та аеродинамічними характеристиками. Це може привести до того, що температурний режим пожежі у таких тунелях може відрізнятись як від стандартного так і між собою. У такому разі не можна гарантувати відповідність меж вогнестійкості випробовуваних конструкцій чинним нормативам. В цьому випадку може істотно знизиться безпека людей і матеріальних цінностей під час пожеж у кабельних тунелях.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. У останні роки ширше застосування отримали як експериментальні випробування так і чисельне моделювання [3-8]. Зокрема дані методи використовуються з метою дослідження параметрів пожеж у кабельних тунелях.

Часто серед дослідників України цитується робота [3], в якій запропоновано температурний режим пожежі у тунелях. При цьому не враховано залежність температури від пожежного навантаження та геометричних розмірів тунелю, а аеродинамічні показники усереднено.

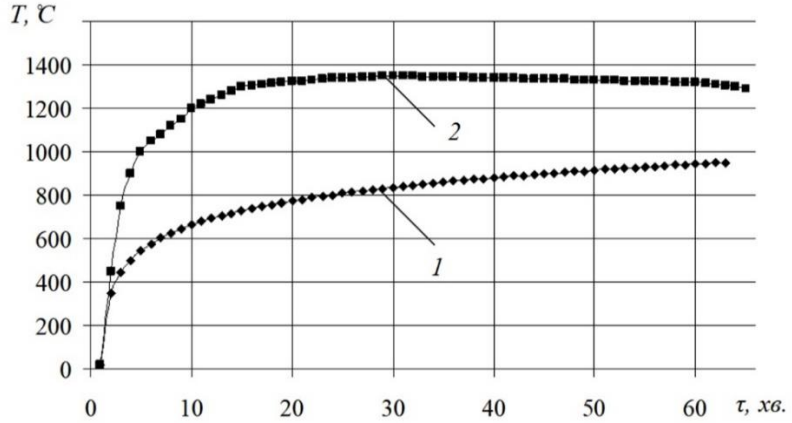


Рисунок 1 – Температурні режими пожежі: 1 – стандартний температурний режим пожежі [2]; 2 – режим пожежі в тунелях відповідно до [3].

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.13-25 *E-mail: samchenko_t@undicz.dsns.gov.ua

Дослідження [4] показує, що температура в осередку реальної пожежі сягала 800-900°С. На основі даної інформації було обрано місця контролю температури у комп'ютерній моделі.

В роботі [5] встановлено, що ширина тунелю мало впливає на швидкість вигоряння пожежного навантаження. Тому було прийнято рішення дослідити тунелі з різною площею поперечного перерізу. Робота [6] описує групу повномасштабних експериментів. Вимірювались розподіли температури в тунелях з різними умовами вентиляції. Проведені дослідження дали змогу визначити межі значення горизонтальної складової швидкості руху повітря для експериментальних досліджень.

У чисельному моделюванні [7] проаналізовано причини пожеж у тунелях. Таким чином було обрано джерело початку пожежі.

Робота [8] присвячена аналізу параметрів швидкості вигоряння ізоляції ПВХ-кабелю. Було розглянуто лінійна швидкість поширення пожежі при різному виді укладки кабелів. Незважаючи на практичну значущість таких результатів, не розглянуто в достатній мірі методи укладки кабелів у тунелях прямокутного перерізу.

У роботі [9] проведено польові випробування у кабельному тунелі. Моделювалась пожежа при ініціації горіння горючою рідиною та подальшому горінні кабелів. Завдяки цій роботі були отримані дані, які можливо було використовувати для верифікації математичних моделей.

У роботі [10] проведено перевірку адекватності математичних моделей на основі експериментальних даних з роботи [9]. З цією метою, були розраховані критерії адекватності (Т-критерій Стьюдента, Q-критерій Кохрена, F-критерій Фішера) та відносна похибка розрахункових даних від експериментальних. Доведено ефективність моделювання теплових процесів для проведення подальших досліджень температурних режимів пожежі у кабельних тунелях. Відповідно до роботи [11] дисперсія температур при пожежі впливає на межу вогнестійкості будівельних конструкцій. У роботі [12] проведено аналіз метрологічного забезпечення натурних експериментів. Завдяки цьому можливо правильно обрати засоби вимірювальної техніки.

Дослідження проведені в даній науковій статті направлені на створення комп'ютерних моделей кабельного тунелю, в яких було проведено обчислювальні експерименти. Комп'ютерне моделювання обрано як інструмент, що має переваги перед натурними дослідженнями у екологічності, економічності та ефективності. Завдяки підтвердженню адекватності результатів комп'ютерного моделювання даними верифікації [10] стало можливим дослідити температурні режими пожеж у кабельних тунелях різного розміру та з різним пожежним навантаженням.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Відповідно до проведених раніше досліджень [3-12], різноманітність конструктивних особливостей кабельних тунелів, їхнього пожежного навантаження, притоку та відтоку газів та інших параметрів зумовлює суттєві відмінності температурних режимів пожежі. Зокрема, сучасна ізоляція кабельної продукції може відрізнятись за пожежно-технічними характеристиками від вивченої вченими [3-12].

У даній роботі досліджуються температурні режими пожежі у кабельних тунелях залежно від розмірів, аеродинамічних показників та пожежного навантаження.

Постановка задачі та її розв'язання. Визначити температурний режим пожежі у кабельних тунелях з різними розмірами, аеродинамічними показниками та пожежним навантаженням, а також залежність температурного режиму пожежі від зазначених параметрів. Для цього, у середовищі програмного комплексу FDS необхідно провести комп'ютерне моделювання тепломасообміну при пожежі у кабельних тунелях та проаналізувати отримані результати.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Для проведення обчислювального експерименту створюється комп'ютерна модель кабельного тунелю. Використовується наступна послідовність розрахункових процедур:

1. За допомогою CAD програми створюється геометрична конфігурація кабельного тунелю необхідних розмірів. Всередині створюються моделі кабелів, стальних кутків, отвору для виходу продуктів горіння та місця підпору повітря. Геометрична модель імпортується в середовище розрахункового комплексу FDS [7, 9].

2. Вводяться початкові параметри моделювання, які неможливо змінити у процесі розрахунку: початкова температура середовища, підпір повітря з одного боку тунелю (задавався у вигляді горизонтальної складової швидкості руху повітря величиною

5 м/с [6]), необхідний час пожежі (35 хв.) [9], кількість та площа отворів для виходу продуктів горіння.

3. Ініціюється процес горіння у середній частині тунелю безпосередньо на кабелях.

4. Після проведення розрахунку відбувається аналіз температурно-часових кривих пожежі у зоні безпосереднього горіння кабельного тунелю та температурного градієнту.

З метою контролю температурного режиму засобами комп'ютерного комплексу FDS було створено 45 місць її контролю (рис. 4). Місця контролю температури створювались за наступним принципом:

1) у площині поперечного перерізу зони запалення 1 місце контролю в геометричному центрі та ще 4 місця у геометричних центрах утворених четвертин (рис. 2).

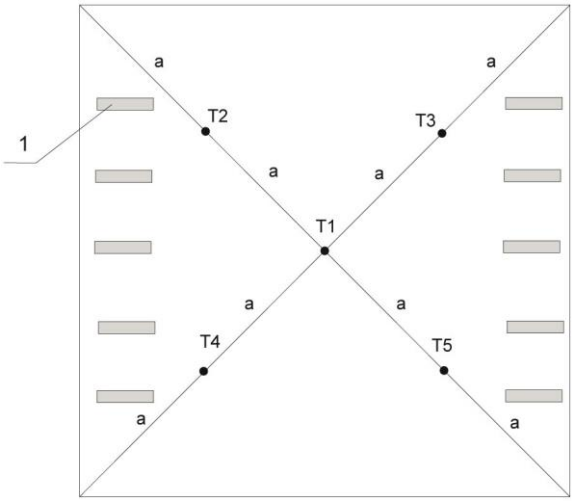


Рисунок 2 – Схема розташування місць контролю температури у геометричному перерізі кабельного тунелю: 1 – кабельна лінія, T1 – T5 – місця контролю температури, а – параметр геометричного розміру в залежності від поперечного перерізу тунелю.

2) створено 10 площин, по 5 місць контролю у кожній: 2 площини на відстані 0,5 м від осередку пожежі у різному напрямку. Також на відстані 2 , 4, 6 м. Загальна схема розташування площин показана на рис. 3.

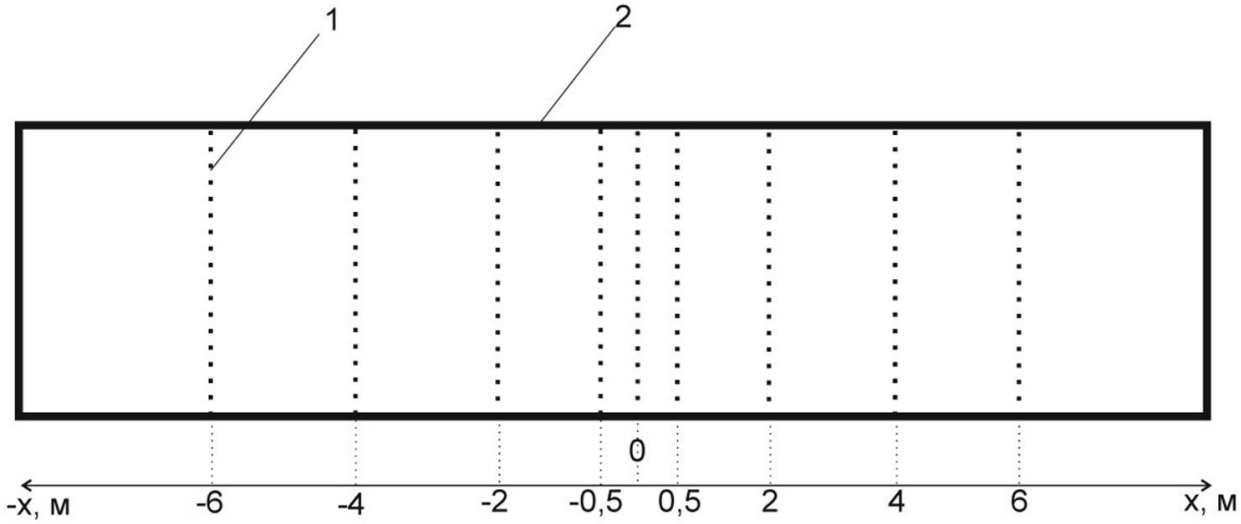


Рисунок 3 – Схема розташування площин, у яких розміщувались місця контролю температури по довжині кабельного тунелю: 1 – площина, у якій розміщено 5 місць контролю температури способом показаним на рис. 4, 2 – огородження кабельного тунелю.

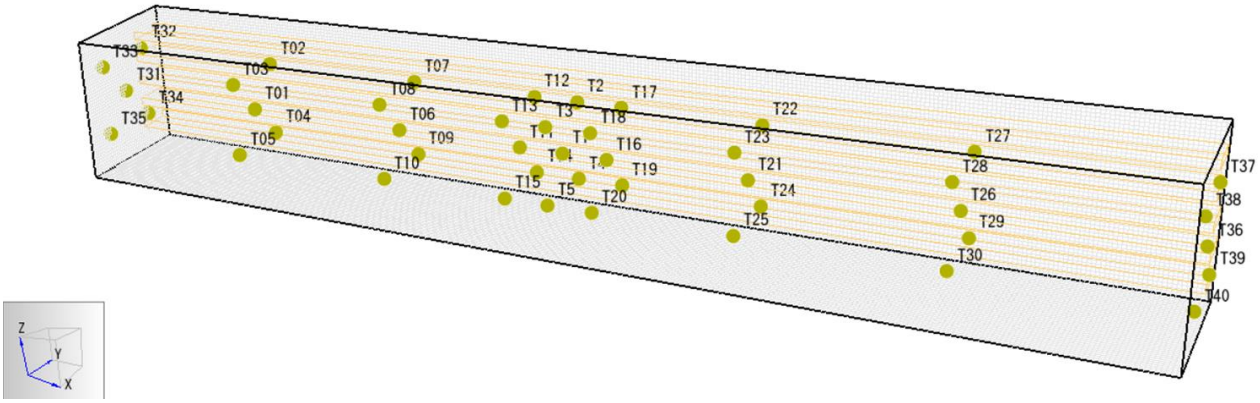


Рисунок 4 – Загальний вигляд кабельного тунелю з місцями контролю температури: Т01 – Т40, Т1 – Т5 – місця контролю.

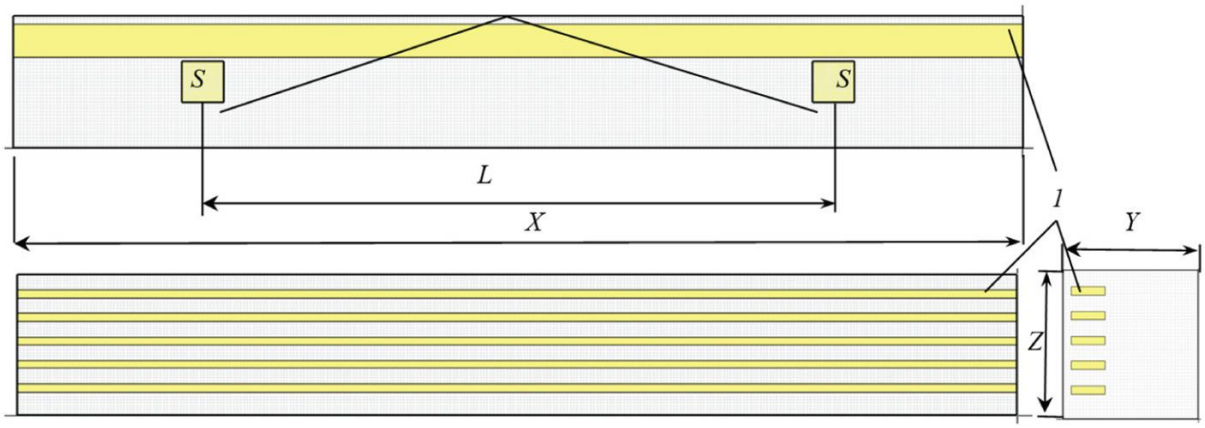


Рисунок 5 – Схема тунелю з геометричними параметрами, що змінювались: 1 – модель кабельних ліній; 2 – модель вентиляційно-оглядових люків площею S м^2; X, Y, Z, L_1 – відстань між отворами.

Відповідно до розрахункової схеми комп'ютерної моделі тунелю (рис. 5) з метою проведення повноцінного аналізу параметрів, що впливають на температурний режим пожежі варіювались наступні параметри:

1. Пожежне навантаження:

– кабельні лінії моделювались з двох та однієї сторони;

– кількість ліній кабелів від 1 до 10;

– змінювався матеріал ізоляції кабелів та жил проводів. За рахунок цього змінювалась величина теплової енергії, що виділяється з 1 м^2 кабелю.

2. Аеродинамічні параметри:

– варіювалась площа отворів вентиляційно-оглядових люків «S» від 0,3 до 0,5 м^2;

– відстань між отворами L;

– розташування кабельних ліній.

3. Геометричні параметри кабельного тунелю:

– варіювалась, як площа поперечного перерізу, за допомогою комбінації параметрів Y та Z;

– місце розташування осередку пожежі;

– параметр X в залежності від місця розташування осередку пожежі.

Наступний етап полягав у створенні розрахункової сітки для об'єму кабельного тунелю. Метод контрольних об'ємів, що застосований у програмному комплексі, має певні особливості.

Між точністю розрахунку й кількістю розрахункових комірок існує прямо пропорційна залежність, а між кількістю комірок і часом, за який буде проведений розрахунок, – обернено пропорційна. Тому потрібно обрати баланс між необхідною точністю розрахунку та часом, який буде витрачений на проведення розрахунку. Вивчивши комп'ютерні моделі описані у роботах [7-10] було обрано комірку розрахункової сітки зі стороною 0,05 м.

Для врахування особливості, яка полягає в наявності кабельних ліній, розмір розрахункової сітки підібрано таким чином, щоб поверхня комірки співпадала з поверхнею моделі кабельної ліні. Таким чином найточніше враховується як конвективний так і променевий теплообмін між областю горіння та твердими поверхнями кабелів (рис. 6).

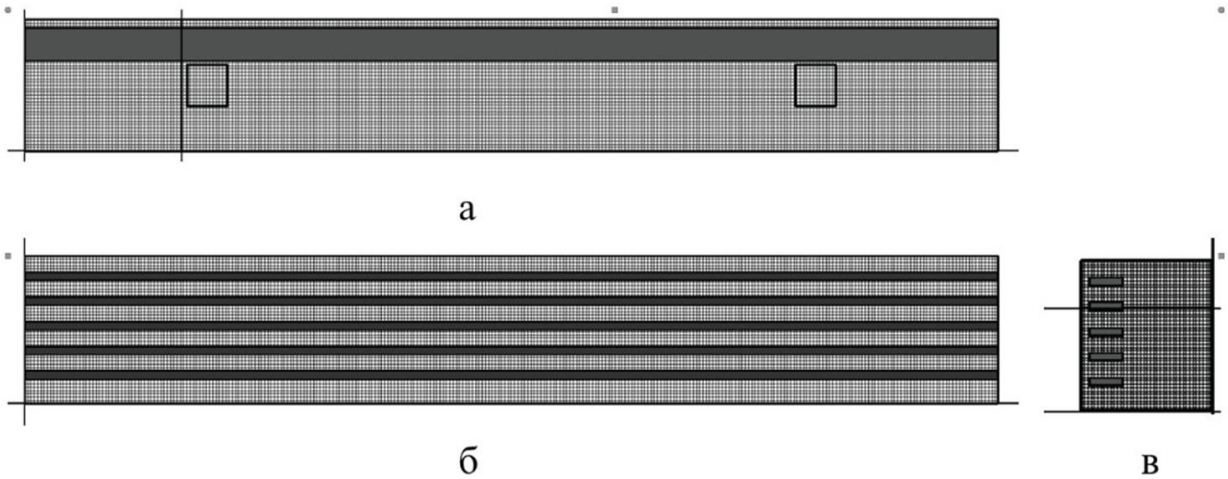


Рисунок 6 – Сіткова модель простору кабельного тунелю: а – вид у площині ХУ; б – вид у площині ХZ; в – вид у площині УZ.

Для врахування особливості, що полягає в неоднорідності матеріалу з якого виготовлені кабельні лінії, а також умов кондуктивного теплообміну (теплопровідності в твердому матеріалі), кабельні лінії задано, як багатокомпонентний матеріал. Поєднано полівінілхлорид ізоляції проводів та мідь, з якої виготовляються кабелі. Крім того, враховано, що матеріал ізоляції вигорає. Вказаний параметр заданий через насипну густину та лінійну швидкість вигорання. Теплофізичні характеристики матеріалів й умови конвекційного та радіаційного теплообміну відображені у табл. 1.

Таблиця 1 – Теплофізичні характеристики матеріалів й умови конвекційного та радіаційного теплообміну

№ з/п	Характеристика	Одиниці вимірювання	Величина	Джерело
Теплофізичні характеристики матеріалу ізоляції (полівінілхлорид)				
1.	Коефіцієнт теплопровідності	Вт/(м·К)	0,159	[13]
2.	Питома теплоємність	Дж/(кг·К)	1320	
3.	Густина	кг/м^3	1400	
4.	Ступінь чорноти	-	0,85	
Теплофізичні характеристики матеріалу проводів (мідь)				
1.	Коефіцієнт теплопровідності	Вт/(м·К)	390	[13]
2.	Питома теплоємність	Дж/(кг·К)	420	
3.	Густина	кг/м^3	8900	
4.	Ступінь чорноти	-	0,7	
Загальні величини				
1.	Стала Стефана – Больцмана	Вт/(м^2·К^4)	$5{,}67 \cdot 10^{-8}$	[13]

Дослідження температурного режиму пожежі було поділено на декілька етапів:

1. Визначення параметрів кабельного тунелю від яких залежить температурний режим та рамки їх варіацій.
2. Визначення найбільш значимих параметрів.
3. Планування експериментів з варіацією найбільш значимих параметрів.
4. Проведення обчислювальних експериментів та визначення залежностей температурних режимів пожежі від значимих параметрів.

У таблиці 2 зведені параметри кабельного тунелю, від яких залежить температурний режим та рамки їх варіацій.

Таблиця 2 – Параметри кабельного тунелю, від яких залежить температурний режим пожежі та рамки їх варіацій

Параметр					
Відстань між отворами	Площа поперечного перерізу кабельного тунелю		Пожежне навантаження однієї кабельної лінії	Кількість кабельних ліній	Кількість (n) та площа (S) вентиляційно-оглядових люків
L, м	Y, м	Z, м	Q, МДж/м^2	N	n · S, м^2
5-10	1,6-2	1,8-2,15	688-2000	2-10	1-3 · 0,3

З метою визначення найбільш значимих параметрів кабельного тунелю від яких залежить температурний режим пожежі та рамки їх варіацій було проведено сім обчислювальних експериментів для того, щоб визначити наскільки певний параметр (геометричні розміри, пожежне навантаження і т. д.) впливає на температурний режим пожежі у кабельному тунелі. Для визначення значимості конкретного параметру спочатку було проведено комп'ютерне моделювання пожежі при середніх параметрах, а потім певний параметр збільшувався і зменшувався до крайніх значень. Отримавши 2 нові вибірки та порівнявши їх з першою розраховувалось відносне відхилення температурно-часових кривих режиму пожежі у кабельному тунелі.

1. Базовий обчислювальний експеримент з комп'ютерного моделювання пожежі при середніх параметрах.

Таблиця 3 – Параметри кабельного тунелю, що закладались в базовий експеримент

Параметр					
Відстань між отворами	Площа поперечного перерізу кабельного тунелю		Пожежне навантаження однієї кабельної лінії	Кількість кабельних ліній	Кількість (n) та площа (S) вентиляційно-оглядових люків
L, м	Y, м	Z, м	Q, МДж/м^2	N	n · S, м^2
10	2	2,15	1380	5	2 · 0,3

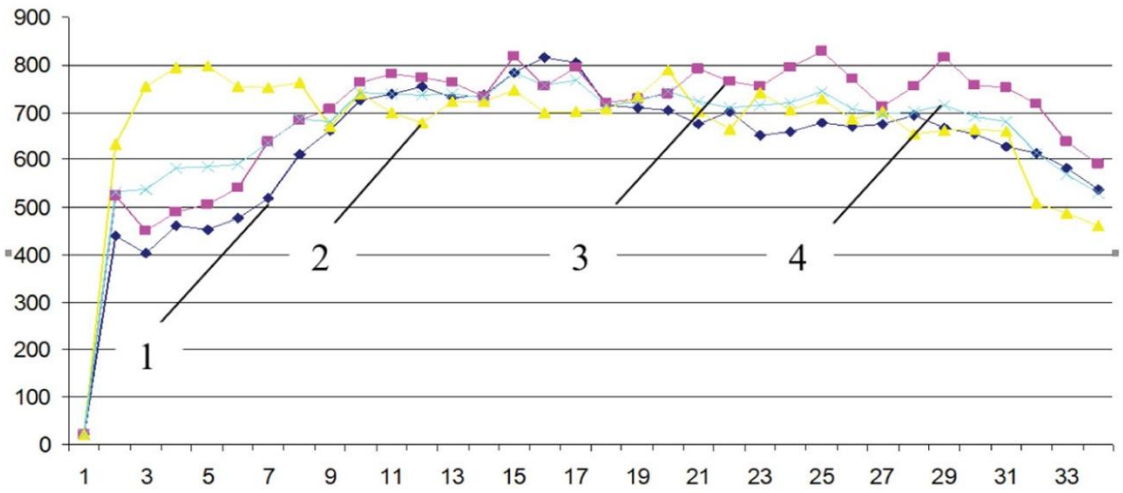


Рисунок 7 – Температурні режими пожежі у комп'ютерній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 3: 1 – середня температура у площині осередку пожежі; 2 – середня температура у площині «–0,5 м» від осередку пожежі; 3 – середня температура у площині «+0,5 м» від осередку пожежі; 4 – середня температура між графіками 1–3.

2. Вплив пожежного навантаження.

Таблиця 4 – Параметри кабельного тунелю, що закладались в експеримент «максимальне пожежне навантаження»

Параметр					
Відстань між отворами	Площа поперечного перерізу кабельного тунелю		Пожежне навантаження однієї кабельної лінії	Кількість кабельних ліній	Кількість (n) та площа (S) вентиляційно-оглядових люків
L, м	Y, м	Z, м	Q, МДж/м^2	N	n · S, м^2
10	2	2,15	2000	10	2 · 0,3

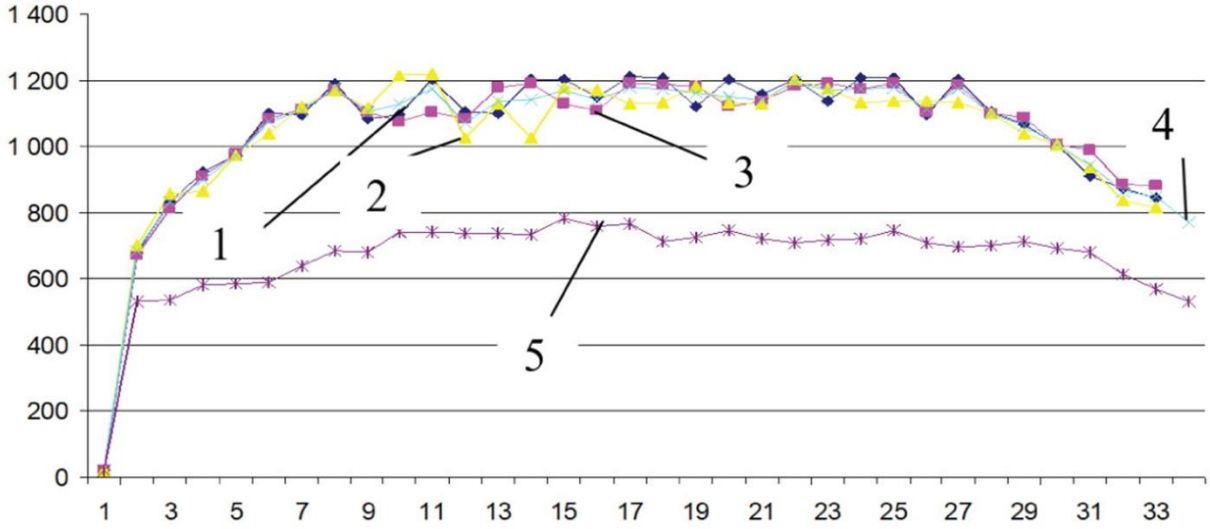


Рисунок 8 – Температурні режими пожежі у комп'ютерній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 4: 1 – середня температура у площині осередку пожежі; 2 – середня температура у площині «–0,5 м» від осередку пожежі; 3 – середня температура у площині «+0,5 м» від осередку пожежі; 4 – середня температура між графіками 1–3; 5 – середня температура базового експерименту (рис. 7, графік 4).

Таблиця 5 – Параметри кабельного тунелю, що закладались в експеримент «мінімальне пожежне навантаження»

Параметр					
Відстань між отворами	Площа поперечного перерізу кабельного тунелю		Пожежне навантаження однієї кабельної лінії	Кількість кабельних ліній	Кількість (n) та площа (S) вентиляційно-оглядових люків
L, м	Y, м	Z, м	Q, МДж/м^2	N	n · S, м^2
10	2	2,15	688	2	2 · 0,3

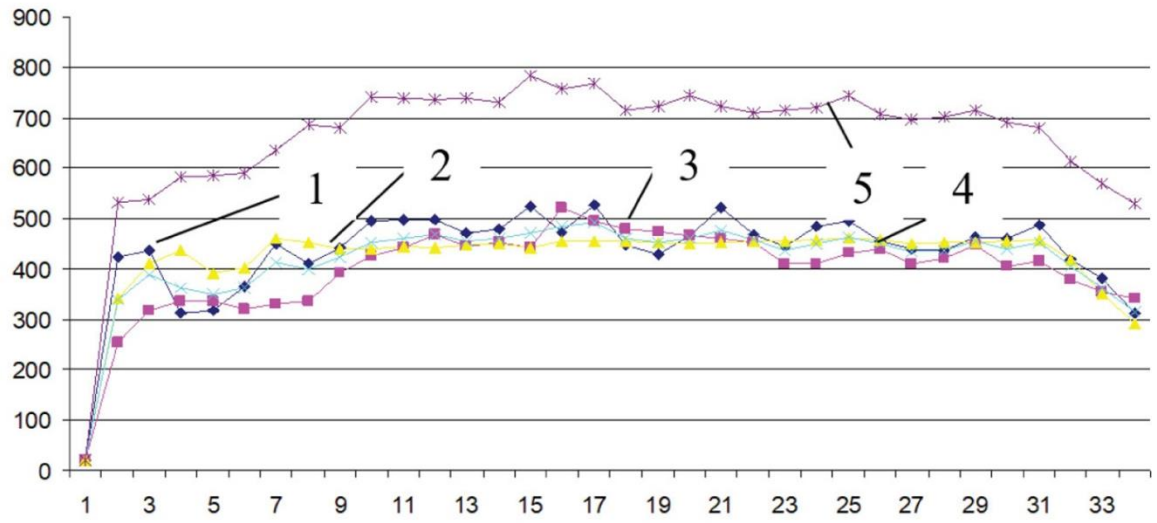


Рисунок 9 – Температурні режими пожежі у комп'ютерній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 5: 1 – середня температура у площині осередку пожежі; 2 – середня температура у площині «–0,5 м» від осередку пожежі; 3 – середня температура у площині «+0,5 м» від осередку пожежі; 4 – середня температура між графіками 1–3; 5 – середня температура базового експерименту (рис. 7, графік 4).

3. Вплив геометричних розмірів поперечного перерізу.

Максимальний розмір геометричного перерізу було закладено у базовий експеримент (табл. 2). У табл. 6 показано температурний режим пожежі у кабельному тунелі перерізом 1,6 * 1,8 м.

Таблиця 6 – Параметри кабельного тунелю, що закладались в експеримент «мінімальний поперечний переріз»

Параметр					
Відстань між отворами	Площа поперечного перерізу кабельного тунелю		Пожежне навантаження однієї кабельної лінії	Кількість кабельних ліній	Кількість (n) та площа (S) вентиляційно-оглядових люків
L, м	Y, м	Z, м	Q, МДж/м^2	N	n · S, м^2
10	1,6	1,8	1380	2	2 · 0,3

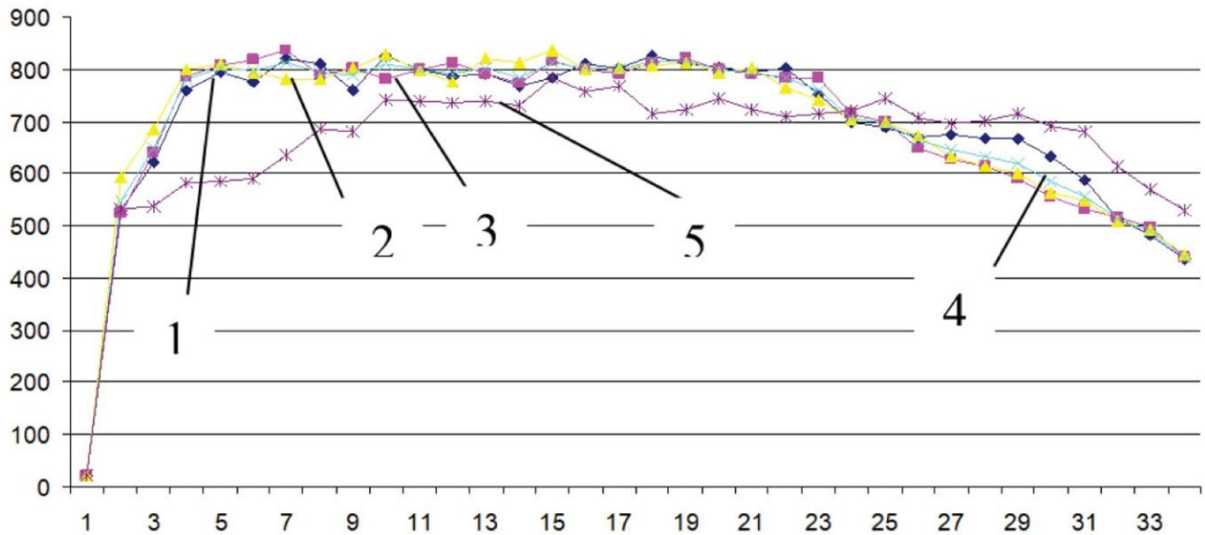


Рисунок 10 –Температурні режими пожежі у комп'ютерній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 6: 1 – середня температура у площині осередку пожежі; 2 – середня температура у площині «–0,5 м» від осередку пожежі; 3 – середня температура у площині «+0,5 м» від осередку пожежі; 4 – середня температура між графіками 1–3; 5 – середня температура базового експерименту (рис. 7, графік 4).

4. Вплив геометричних параметрів отворів вентиляційно-оглядових люків та відстані між ними.

Таблиця 7 – Параметри кабельного тунелю, що закладались в експеримент «мінімальний приток повітря»

Параметр					
Відстань між отворами	Площа поперечного перерізу кабельного тунелю		Пожежне навантаження однієї кабельної лінії	Кількість кабельних ліній	Кількість (n) та площа (S) вентиляційно-оглядових люків
L, м	Y, м	Z, м	Q, МДж/м^2	N	n · S, м^2
10	2	2,15	1380	2	1 · 0,3

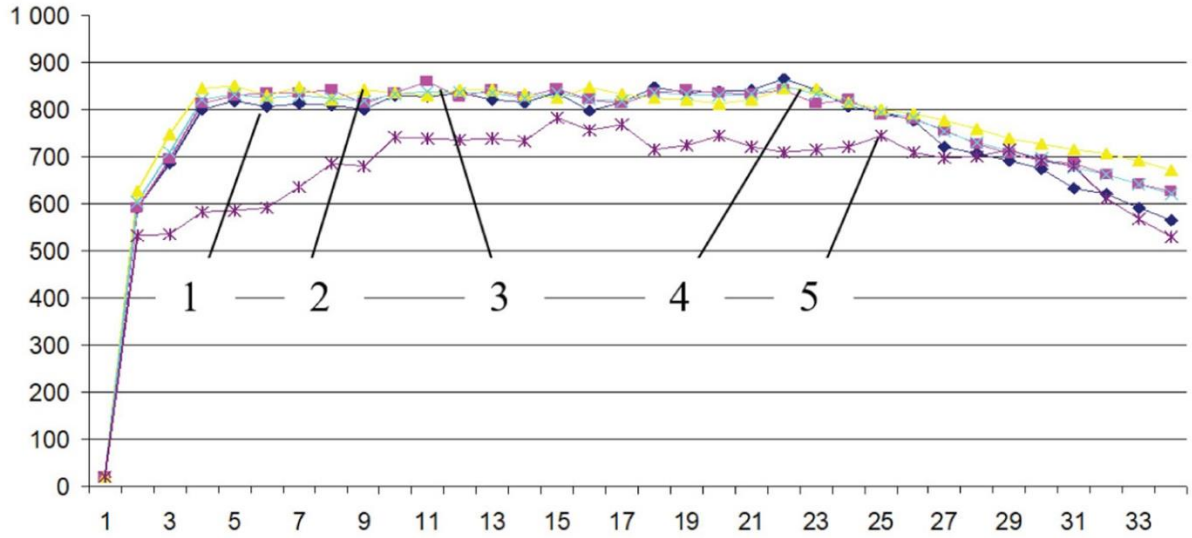


Рисунок 11 – Температурні режими пожежі у комп'ютерній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 7: 1 – середня температура у площині осередку пожежі; 2 – середня температура у площині «–0,5 м» від осередку пожежі; 3 – середня температура у площині «+0,5 м» від осередку пожежі; 4 – середня температура між графіками 1–3; 5 – середня температура базового експерименту (рис. 7, графік 4).

Таблиця 8 – Параметри кабельного тунелю, що закладались в експеримент «максимальний приток повітря»

Параметр					
Відстань між отворами	Площа поперечного перерізу кабельного тунелю		Пожежне навантаження однієї кабельної лінії	Кількість кабельних ліній	Кількість (n) та площа (S) вентиляційно-оглядових люків
L, м	Y, м	Z, м	Q, МДж/м^2	N	n · S, м^2
5	2	2,15	1380	2	3 · 0,3

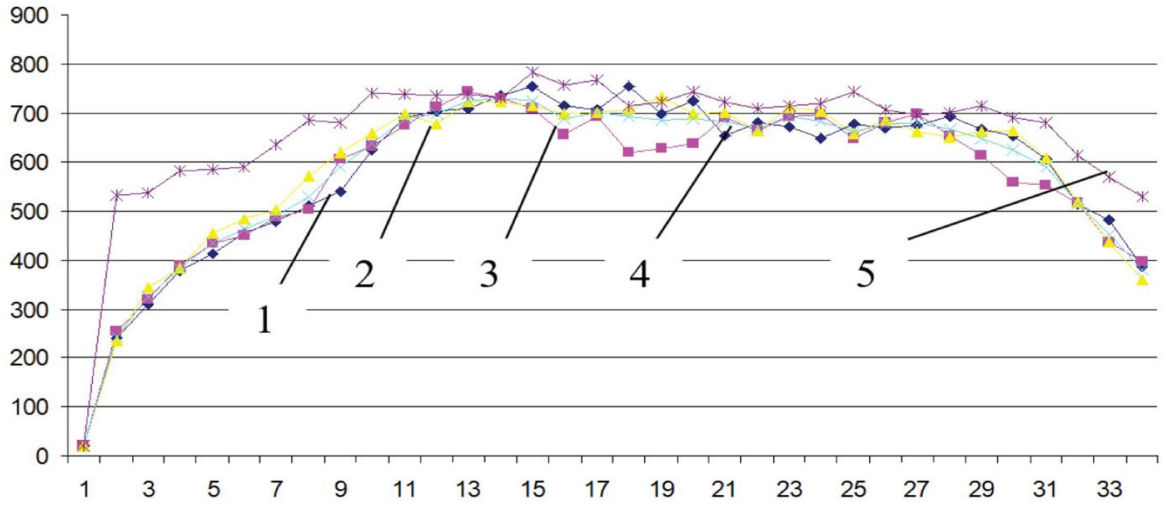


Рисунок 12 – Температурні режими пожежі у комп'ютерній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 8: 1 – середня температура у площині осередку пожежі; 2 – середня температура у площині «–0,5 м» від осередку пожежі; 3 – середня температура у площині «+0,5 м» від осередку пожежі; 4 – середня температура між графіками 1–3; 5 – середня температура базового експерименту (рис. 7, графік 4).

5. Середні результати

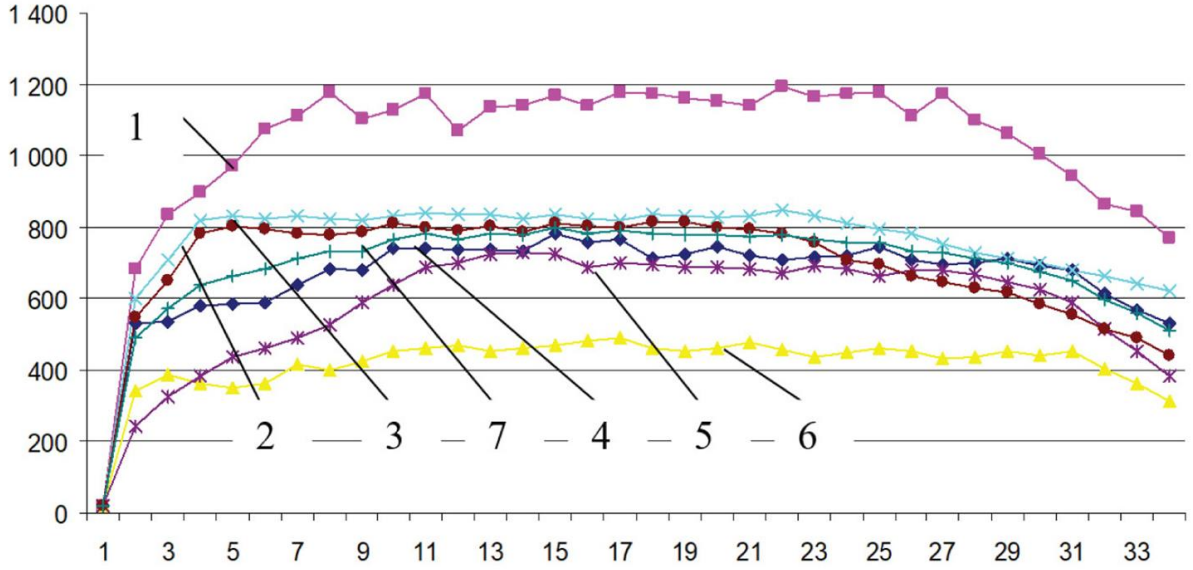


Рисунок 13 – Усереднені температурні режими пожежі у комп'ютерній моделі кабельного тунелю з параметрами, що вказано в табл. 4 – 9: 1 – середня температура обчислювального експерименту «максимальне пожежне навантаження»; 2 – середня температура обчислювального експерименту «мінімальний приток повітря»; 3 – середня температура обчислювального експерименту «мінімальний поперечний переріз»; 4 – середня температура обчислювального експерименту «базовий експеримент»; 5 – середня температура обчислювального експерименту «максимальний приток повітря»; 6 – середня температура обчислювального експерименту «мінімальне пожежне навантаження»; 7 – середня температура між графіками 1–6.

Аналізуючи отримані результати можна стверджувати, що на температурний режим пожежі найбільший вплив мають: пожежне навантаження, кількість та площа отворів для виходу продуктів горіння, а також геометричні параметри тунелю.

Отже, відповідно до результатів проведених обчислювальних експериментів, пожежне навантаження прямо пропорційно впливає на максимальну температуру, що створюється при пожежі у тунелі. Температурний режим пожежі у тунелі з максимальним модельованим пожежним навантаженням у перші 30 хвилин співпадає з температурним режимом відображеним у роботі Ройтмана В. М. [1] у межах похибки у 5%. Потім

зона горіння зміщується і спостерігається зниження температури у зв'язку з вигоранням пожежного навантаження у даному місці. Проте, при меншому пожежному навантаженні максимальна температура у тунелі була на 30-70 % нижчою (рис. 13).

Відповідно до проведених обчислювальних експериментів площа поперечного перерізу кабельного тунелю впливає на швидкість зростання температури. Чим більшою вона була тим повільніше досягалося максимальне значення температури. Відповідно до даних обчислювальних експериментів досягнення максимуму температури спостерігалось на 4-11 хвилинах у різних комп'ютерних моделей, що співпадає з даними відображеними у роботах [4-5]. Кількість та загальна площа отворів для відведення продуктів горіння впливала на швидкість вигорання пожежного навантаження. При більшій площі отворів пожежне навантаження вигорало швидше і зниження температури спостерігалось на 25 хвилині експерименту, а при найменшій модельованій площі на 31 хвилині.

Висновки. У роботі визначено температурний режим пожежі у кабельних тунелях з різними розмірами, аеродинамічними показниками та пожежним навантаженням, а також залежність температурного режиму пожежі від зазначених параметрів. При 10 прокладених кабельних лініях та пожежному навантаженні 2000 МДж/м^2 максимальна температура перевищувала 1200°С, при 1 лінії та пожежному навантаженні 688 МДж/м^2 – 500°С.

При найменшій, відповідно до [1], площі поперечного перерізу тунелю та зменшенні швидкостей повітряних потоків температура всередині зростає на 50% швидше, у порівнянні з середніми параметрами. Крім того, надлишок свіжого повітря знижує температуру горіння на 50-70°С, хоча і сприяє швидшому розповсюдженню пожежі вздовж кабельних ліній.

Подальші дослідження будуть направлені на дослідження вогнестійкості будівельних конструкцій кабельних тунелів при визначених у даній роботі температурних режимах пожежі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГБН В. 2.2-34620942-002:2015. Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування.
2. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975): ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. – К.: Укрархбудинформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).
3. Ройтман В. М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / Владимир Миронович Ройтман. – М. : Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001. – 382 с.
4. Hsu W. S. et al. Analysis of the Hsuehshan Tunnel Fire in Taiwan //Tunnelling and Underground Space Technology. – 2017. – Т. 69. – С. 108-115.
5. Ji J. et al. Influence of aspect ratio of tunnel on smoke temperature distribution under ceiling in near field of fire source //Applied Thermal Engineering. – 2016. – Т. 106. – С. 1094-1102.
6. Tian X. et al. Full-scale tunnel fire experimental study of fire-induced smoke temperature profiles with methanol-gasoline blends //Applied Thermal Engineering. – 2017. – Т. 116. – С. 233-243.
7. Modic J. Fire simulation in road tunnels //Tunnelling and underground space technology. – 2003. – Т. 18. – №. 5. – С. 525-530.
8. Vaari J. et al. Numerical simulations on the performance of water-based fire suppression systems //VTT Technol. – 2012. – Т. 54.
9. Дослідження впливу пожежного навантаження на температурний режим пожежі у кабельному тунелі / С.В. Поздєєв, Т.В. Самченко, О.М. Нуянзін // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 1 (5) 2018. – Київ: УкрНДІЦЗ. С.13-20.
10. Дослідження адекватності математичної моделі тепломасообміну при пожежі у кабельному тунелі / Нуянзін О. М., Поздєєв С. В., Кришталь М. А. та ін. // Науковий журнал: Проблеми пожежної безпеки № 43 – Харків: НУЦЗУ, 2018. С. 119-128.
11. Pozdieiev S. et al. Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2017. – Т. 116. – С. 02027.
12. Поздєєв С. В. и др. Метрологічні особливості вогневих випробувань залізобетонних будівельних конструкцій на вогнестійкість //Збірник наукових праць АПБ. – 2011. – №. 8. – С. 73-79.
13. Осипенко В.І. Будівельні матеріали та їх поведінка при дії високих температур / Осипенко В.І., Поздєєв С.В., Тищенко І.Ю. Навчальний посібник. Черкаси: 2012. – 202 с.

REFERENCES

1. HBN V. 2.2-34620942-002:2015. Liniino-kabelni sporudy telekomunikatsii. Proektuvannia.
2. DSTU B V.1.1-4-98 Zakhyst vid pozhezhi. Budivelni konstruktsii. Metody vyprobuvannia na vohnestiikist. Zahalni vymohy (ISO 834:1975
3. Roytman V. M. (2001) Inzhenernye resheniya po otsenke ognestoykosti proektiruemykh i rekonstruiruemykh zdaniy [Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings]. M., Assotsiatsiya «Pozharnaya bezopasnost' i nauka», 382 p. (in Russian)
4. Hsu W. S. et al. Analysis of the Hsuehshan Tunnel Fire in Taiwan //Tunnelling and Underground Space Technology. – 2017. – Т. 69. – С. 108-115.

5. Ji J. et al. Influence of aspect ratio of tunnel on smoke temperature distribution under ceiling in near field of fire source //Applied Thermal Engineering. – 2016. – Т. 106. – С. 1094-1102.
6. Tian X. et al. Full-scale tunnel fire experimental study of fire-induced smoke temperature profiles with methanol-gasoline blends //Applied Thermal Engineering. – 2017. – Т. 116. – С. 233-243.
7. Modic J. Fire simulation in road tunnels //Tunnelling and underground space technology. – 2003. – Т. 18. – №. 5. – С. 525-530.
8. Vaari J. et al. Numerical simulations on the performance of water-based fire suppression systems //VTT Technol. – 2012. – Т. 54.
9. Pozdieiev S.V., Samchenko T.V., Nuianzin O.M. (2018) Doslidzhennia vplyvu pozhezhnoho navantazhennia na temperaturnyi rezhym pozhezhi u kabelnomu tuneli [Study of fire loud effect on temperature mode in the cable tunnel] Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka – Kyiv, UkrNDICZ, vol. 1 (5), pp.13-20. (in Ukrainian)
10. Nuianzin O. M., Pozdieiev S. V., Kryshtal M. A. Doslidzhennia adekvatnosti matematychnoi modeli teplomasoobminu pry pozhezhi u kabelnomu tuneli []. Naukovyi zhurnal: Problemy pozhezhnoi bezpeky , Kharkiv: NUCZU, vol.43, pp. 119-128. (in Ukrainian)
11. Pozdieiev S. et al. Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2017. – Т. 116. – С. 02027.
12. Pozdieiev S. V. (2011) Metrolohichni osoblyvosti vohnevykh vyprobuvan zalizobetonnykh budivelnykh konstruktsii na vohnestiikist [Metrological features of fire tests of reinforced concrete building structures on fire resistance].Zbirnyk naukovykh prats APB, vol. 8, pp. 73-79. (in Ukrainian)
13. Osypenko V.I., Pozdieiev S.V. , Tyshchenko I.Iu (2012) Budivelni materialy ta yikh povedinka pry dii vysokykh temperatur [Building materials and their behavior at high temperatures]. Navchalnyi posibnyk. Cherkasy, 202 pp. (in Ukrainian)

STUDY OF TEMPERATURE FIRE MODES IN CABLE TUNNELS WITH DIFFERENT PARAMETERS

O. Nuianzin, Cand. of Sc. (Eng.), T. Samchenko, S. Pozdieiev, Doct. of Sc. (Eng.), prof., M. Kryshtal., Cand. of Sc. (Psychology), prof., S. Vedula
Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine

KEYWORDS

cable tunnel, temperature mode of fire, computer modelling, computational experiment

ANNOTATION

Enclosure structures of cable tunnels are typically made of reinforced concrete. To determine their limit of fire resistance, a standard temperature mode of fire is used.
The fire in cable tunnels creates a special temperature mode, which differs from the standard one. This is explained by that the cable tunnels differ in design, fire load, aerodynamic and other parameters. A result of incorrect determining the limit of fire resistance for the building structures of cable tunnels might be their collapse at fire. Thus, studying the temperature mode of the fire is an important task.
Modelling, as a method of scientific research, makes it possible, without performing costly and labor-intensive field experiments on models, to conduct all necessary experiments to determine the temperature modes of fire in cable tunnels. The purpose of the research of this work is to determine the temperature mode of fire in a cable tunnel depending on its shape, size and fire load.
To take into account the specificity of the heterogeneity of the material from which the cable lines are made, as well as the conditions of conductive heat transfer (thermal conductivity in the solid material), the cable lines are given as a multi-component material. Polyvinyl chloride is bonded to the insulation of wires and copper from which cables are made. In addition, it is considered that the insulation material burns out. The specified parameter is given due to the bulk density and the linear burning rate.
In one of the CFD software systems computer models of cable tunnels were created. Computational experiments were carried out and temperature modes of fire in tunnels with different parameters were determined.
In this paper, further development of the use of computational experiments for the study of heat and mass transfer processes in fires in cable tunnels.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ПОЖАРА В КАБЕЛЬНЫХ ТУННЕЛЯХ ПРИ ИХ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ

А. М. Нуянзин, канд. техн. наук, Т. В. Самченко, С. В. Поздеев, док. техн. наук, проф., Н. А. Кришталь, канд. психол. наук, проф., С. А. Ведула
ЧИПБ им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

кабельный тоннель, температурный режим пожара, компьютерное моделирование, вычислительный эксперимент.

АННОТАЦИЯ

Моделирование, как метод научного исследования дает возможность, не выполняя материально затратных и трудоемких натурных экспериментов на моделях проводить все необходимые опыты по определению температурных режимов пожара в кабельных туннелях. Целью проведения исследований данной работы является определение температурного режима пожара в кабельном туннеле в зависимости от его формы, размеров и пожарной нагрузки. В одном из программных комплексов CFD были созданы компьютерные модели кабельных тоннелей. Проведены вычислительные эксперименты и определены температурные режимы пожаров в туннелях с различными параметрами.
В данной работе получило дальнейшего развития применения вычислительных экспериментов для исследования процессов тепломассообмена при пожарах в кабельных туннелях.

УДК 614.841

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ ВОГНИЩА ПОЖЕЖІ ЧЕРЕЗ ВІКОННИЙ ПРОРІЗ БУДІВЛІ НА ЕЛЕМЕНТИ СУМІЖНИХ ОБ'ЄКТІВ

В. В. Ніжник, канд. техн. наук, ст. наук. співр.

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

*Надійшла до редакції:*23.04.2019
Пройшла рецензування: 26.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

будівля, відстань, вогнище пожежі, протипожежна, температура, тепловий вплив, теплопередача.

АНОТАЦІЯ

Наведено результати експериментального визначення зміни температури на елементах суміжних об'єктів від теплового впливу вогнища пожежі через віконний проріз будівлі. Проведено обробку отриманих експериментальних даних за статистичними показниками (абсолютними, відносними та середньоквадратичними відхиленнями, дисперсіями, а також критеріями Граббса та Фішера). Побудована залежність температури на поверхні елементів суміжної будівлі від відстані розташування такої будівлі від осередку горіння та тривалості теплового впливу.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції розвитку будівництва призводять до щільної забудови населених пунктів. У зв'язку з цим, дотримання безпечних протипожежних відстаней має бути чи не головною умовою для забезпечення пожежної безпеки поряд розташованих споруд. На сьогодні актуальною проблемою є наукове обґрунтування розрахункового методу визначення протипожежних відстаней. Враховуючи викладене, виникає необхідність в застосуванні наукових підходів визначення протипожежних відстаней між спорудами.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботі [1] проведено аналіз методів та підходів щодо визначення необхідного значення протипожежних відстаней між будівлями і спорудами та встановлена актуальність в обґрунтуванні підходів щодо визначення протипожежних відстаней розрахунковими методами. У роботі [2] наведено метод розрахункового визначення протипожежних відстаней, згідно із яким за суттєву характеристику приймається значення теплового потоку. Цей критерій оцінюють за законами променистого теплообміну. Недоліком такого підходу є те, що на сьогоднішній день відсутня статистична база критичних значень по тепловому потоку для різних речовин і матеріалів. Тепловий потік від пожежі є суттєво змінним у часі, а також тепловий потік не є прямою характеристикою, яка є причиною виникнення та поширення пожежі. У роботі [3] розглядається стохастична модель теплового випромінювання від полум'я нафтопродуктів, що горять в резервуарах. Автор запропонував метод розрахунку температури самозаймання парів нафтопродуктів в резервуарі продовж заданого проміжку часу, тобто використав суттєву характеристику – значення температури. Але ця робота не набула подальшого розвитку щодо створення критеріальної та методичної бази для визначення протипожежних відстаней. У роботі [4] проведені дослідження щодо визначення протипожежних відстаней між житловими будівлями із використанням програмного забезпечення FDS (Fire Dynamics Simulator). Значення протипожежних відстаней визначалися за значенням температури на поверхні фасаду суміжної будівлі. При цьому не досліджувалися закономірності зміни температури на поверхні фасаду залежно від відстані їх розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу.

Таким чином, встановлення даних щодо зміни температури на поверхні фасаду будівлі від відстані її розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу є актуальною науковою задачею

Формулювання цілі дослідження. Метою даної роботи є визначення даних щодо зміни температури на поверхні фасаду будівлі від теплового впливу пожежі у суміжній будівлі через віконний проріз залежно від відстані його розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу.

Для досягнення поставленої мети сформовані наступні задачі:

– провести експериментальне визначення даних щодо зміни температури на поверхні фасаду будівлі від теплового впливу пожежі у суміжній будівлі через віконний проріз;

– провести обробку отриманих експериментальних даних за статистичними показниками (абсолютними, відносними та

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.26-32
*E-mail: nignyk@ukr.net

середньоквадратичними відхиленнями, дисперсіями, а також критеріями Граббса та Фішера);

– побудувати залежність температури на поверхні фасаду будівлі від відстані розташування такої будівлі від осередку горіння та тривалості теплового впливу.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Для отримання даних щодо зміни температури на поверхні фасаду будівлі від теплового впливу пожежі у суміжній будівлі через віконний проріз залежно від відстані розташування будівлі одна відносно іншої та тривалості теплового впливу проведено експериментальне дослідження. Суть методу цього дослідження полягає в імітуванні пожежі в середині будівлі із не горючим фасадом, в якості якого обрано фрагмент будівлі розмірами 4,5 м х 4,5 м х 5,6 м. Пожежна навантага, що згорає, розташована у приміщенні фрагменту будівлі із віконним прорізом у зовнішній стіні, у кількості, що забезпечує у такому приміщенні продовж 30 хв температурний режим близький до стандартного температурного режиму [5]. Тепловий вплив від осередку горіння на фасад суміжної будівлі відбувається через віконний проріз розміром 2,4 м х 1,2 м. За фасад суміжної будівлі, що піддається впливу від осередку горіння, використовували досліджувані зразки з деревини, що імітували фрагмент будівлі та мали розміри 250 мм х 250 мм х 250 мм. На поверхні досліджуваних зразків, що направлена в бік осередку горіння, розташовували термопари. Досліджувані зразки розташовували відносно віконного прорізу фрагменту будівлі, в якому імітували пожежу, на відстанях 2 м, 4 м та 6,8 м [6]. Місця розташування досліджуваних зразків зображені на рисунку 1.

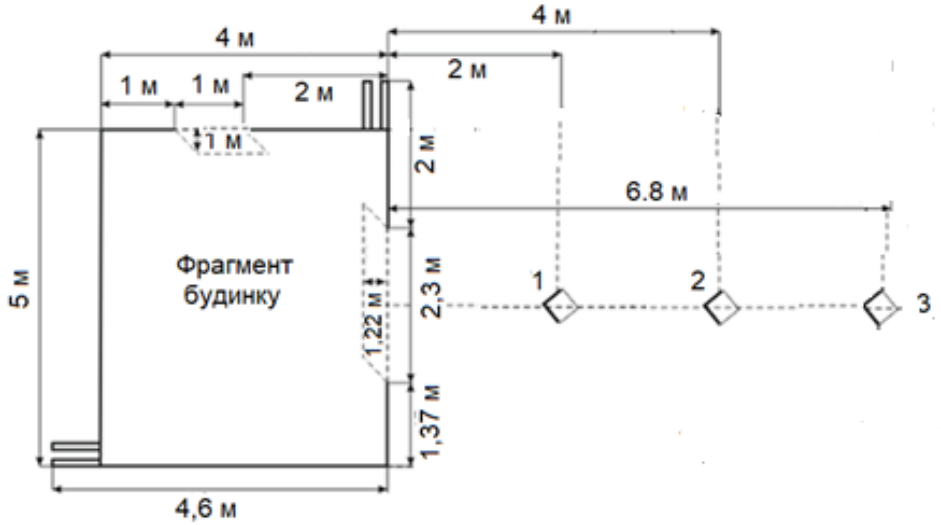


Рисунок 1 – Місця розташування досліджуваних зразків (1, 2, 3)

За результатами проведення трьох експериментів отримані дані щодо зміни температури на поверхні досліджуваних зразків залежно від відстані їх розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу, які наведено на рисунку 2.

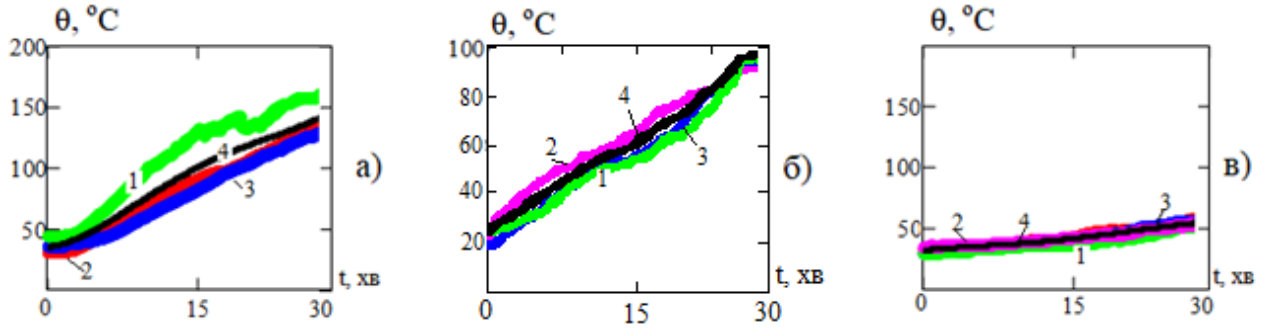


Рисунок 2 – Залежність температури на поверхні досліджуваних зразків від відстані їх розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу: а) дані для досліджуваного зразка 1; б) дані для досліджуваного зразка 2; в) дані для досліджуваного зразка 3; 1, 2, 3 – дані окремого експерименту; 4 – усереднені дані

Отримані експериментальні дані свідчать про те, що продовж 30 хвилинного впливу джерела теплового випромінювання через віконний проріз на досліджуваний зразок температура на поверхні зразка монотонно зростає та досягає максимальних значень 161°С, 94°С та 55°С відповідно для відстаней від осередку горіння 2 м, 4 м та 6,8 м.

Отримані дані за кожним окремим експериментом оцінені, використовуючи абсолютні, відносні та середньоквадратичні відхилення, а також критерії Граббса та Фішера.

Критерій Граббса використано для визначення наявності в отриманих експериментальних даних викидів та квазівикидів. Для встановлення того, чи є найбільший результат визначення значення температури Θ_i зразка для *i*-го експерименту за певної тривалості теплового впливу в ранжованому ряду Θ_{imax} викидом чи квазівикидом, розраховували значення критерія Граббса, G_{imax} за формулою:

$$G_{i\max} = \frac{\theta_{i\max} - \overline{\theta}_i}{\sigma_i} \qquad (1)$$

де $\overline{\theta}_i$ і σ_i – відповідно середнє значення та середньоквадратичне відхилення температури Θ_i за певної тривалості теплового впливу.

Для перевірки значимості відхилення найменшого значення температури Θ_i в упорядкованому ряду, Θ_{imin}, розраховували значення критерія Граббса, G_{imin} за формулою (2). Середньоквадратичні відхилення розраховували за формулою (3):

$$G_{i\min} = \frac{\overline{\theta}_i - \theta_{i\min}}{\sigma_i} \qquad (2)$$

$$\sigma = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{(\theta_i - \overline{\theta}_1)^2}{n} \right)^{-0.5} \qquad (3)$$

де n – кількість експериментів (n = 3)

Розраховані таким чином значення G_{imax} та G_{imin} порівнювали з 5% ($G_{кр.5\%}$) та 1% ($G_{кр.1\%}$) критичними значеннями, заданими в таблицях [7], які відповідно становлять 1,715 та 1,764.

Якщо після порівняння G_{imax} або G_{imin} з їх критичними значеннями виявляли, що ці розраховані значення коефіцієнтів становлять більше ніж 5%-ве критичне значення ($G_{кр.5\%}$) і менше (або дорівнює) 1%-го критичного значення ($G_{кр.1\%}$), тоді значення Θ_{imax} або Θ_{jmin} вважали квазівикидом. Якщо розраховане значення G_{imax} або G_{imin} більше 1%-го критичного значення ($G_{кр.1\%}$), то відповідно Θ_{imax} або Θ_{imin} вважали викидом. Якщо розраховані значення G_{imax} та G_{imin} є меншими (або рівними) за критичні значення 5% ($G_{кр.5\%}$), то вважали, що експериментальні дані не містять викидів та квазівикидів.

За результатами оцінки експериментальних даних на наявність викидів та квазівикидів за критерієм Граббса встановлено, що експериментальні дані для досліджуваних зразків 1 (рис. 3) та 2 не містять викидів та квазівикидів. А експериментальні дані для досліджуваного зразка 3 містять викиди та квазівикиди. Експериментальні дані, які є викидами або квазівикидами за критерієм Граббса, не враховували під час подальшого обробляння результатів.

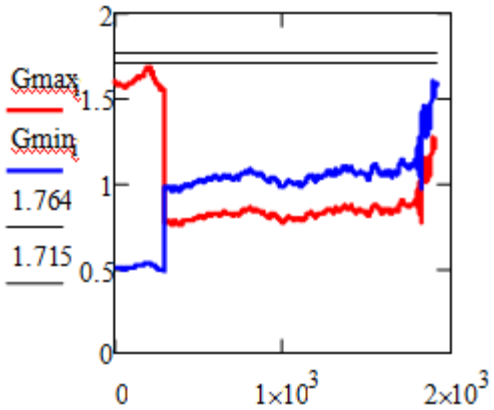


Рисунок 3 – Дані щодо оцінки наявності викидів та квазівикидів за критерієм Граббса для досліджуваного зразка 1

Максимальні абсолютні, відносні та середньоквадратичні відхилення значень температури, визначені для всієї тривалості теплового впливу, представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Максимальні абсолютні, відносні та середньоквадратичні відхилення значень температур

Номер досліджуваного зразка	Абсолютні відхилення, °С	Відносні відхилення, %	Середньоквадратичні відхилення, °С
1	2,0	3,0	2,0
2	5,8	10,4	5,6
3	2,8	5,0	2,3

Із аналізу отриманих розрахункових даних випливає, що абсолютні відхилення експериментальних даних кожного експерименту від усереднених значень не перевищують 5,8°С, що у відсоткових показниках становить 10,4%, а максимальне середньоквадратичне відхилення становить 5,6°С, що вказує на задовільну збіжність отриманих експериментальних даних.

З метою перевірки належності даних, отриманих в кожному експерименті, до однієї генеральної сукупності за критерієм Фішера визначені дисперсії температур (S) експериментальних даних від середнього значення за такою формулою [7]

$$S = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n_i}(\theta_i - \bar{\theta}_i)^2 \qquad (4)$$

На рисунку 4 наведено дисперсії температур від тривалості теплового впливу для досліджуваного зразка 1.

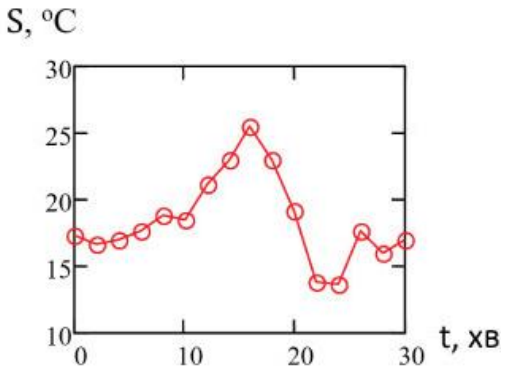


Рисунок 4 – Дисперсії температур від тривалості теплового впливу для досліджуваного зразка 1

Дані щодо оцінки належності дисперсій температур до однієї генеральної сукупності за критерієм Фішера представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Дані щодо оцінки належності дисперсій температур до однієї генеральної сукупності за критерієм Фішера

Номер досліджуваного зразка	Табличне значення критерію Фішера	Розрахункове значення критерію Фішера
1	6,39 (для 5%)	0,513
2		1,392
3		0,485

Оскільки розрахункове значення критерію Фішера менше за табличне, то із статистичною ймовірністю 0,95 можна стверджувати, що отримані дані температур не заперечують нуль гіпотезі, а їх розбіжність можна вважати не суттєвою. Таким чином дані, що отримані за результатами експериментального дослідження, є вибірками з однієї генеральної сукупності, що підтверджує загальну збіжність кожного окремого експерименту.

З урахуванням вищенаведеного, для подальшого оброблення експериментальних даних застосовували середні значення температури, отримані за даними 3-х експериментів для кожного зразка і певної тривалості теплового впливу, з урахуванням наявності викидів та квазівикидів для зразка 3. Дані щодо цих значень температури наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Дані щодо температури на поверхні досліджуваних зразків залежно від відстані їх розташування від осередку горіння та тривалості теплового впливу

Відстань від осередку горіння L, м	Тривалість теплового впливу t, хв									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	Температура Θ, °С									
0*	451	698	783	788	771	768	795	843	883	864
2,0	33	39	50	65	78	89	98	105	117	126
4,0	32	38	45	52	57	63	70	80	89	96
6,8	32	34	36	39	40	42	45	48	52	55

Примітка: * Наведені значення температури для L = 0 відповідають даними вимірювання температури полум’я у віконному прорізі

Проведено апроксимацію зазначених в таблиці 3 даних щодо тривалості теплового впливу (t) із застосуванням рівняння числової регресії (5), яке встановлює співвідношення між тривалістю теплового впливу, температурою поверхні досліджуваних зразків і відстанню від осередку горіння, та визначено значення п’яти констант цього рівняння, які надано у таблиці 4.

$$t = a_0 + a_1 L + a_2 \theta + a_3 L\theta + a_4 \theta L^2 + a_5 L^2 \quad (5)$$

де a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 – константи рівняння числової регресії.

Таблиця 4 – Результати визначення констант рівняння числової регресії

Значення констант рівняння числової регресії					
a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
-13,72	6,57	0,48	-0,18	0,04	-1,39

Залежність температури поверхні досліджуваних зразків від тривалості теплового впливу і відстані від осередку горіння, виходячи з рівняння (5), визначається таким виразом:

$$\theta = \frac{t - a_0 - a_1 L - a_5 L^2}{a_2 + a_3 L + a_4 L^2} \quad (6)$$

За цією формулою побудовано розрахункові залежності температури від тривалості теплового впливу для значень відстані 2 м, 4 м та 6,8 м, які наведено на рисунку 5. На цьому ж рисунку наведено (позначені кружками) експериментальні дані (табл. 3). Із порівняння розрахункових і експериментальних даних випливає, що найбільше відхилення розрахункових значень температури від експериментальних має місце для зразка, розташованого на відстані L, яка становить 4 м, найменше – для зразка, розташованого на відстані L = 2 м. При цьому максимальне відхилення дорівнює 10,4%.

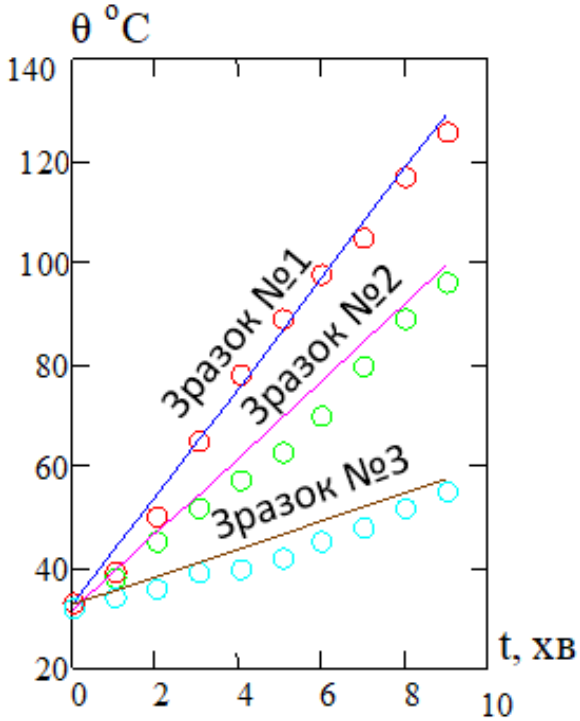


Рисунок 5 – Залежність температури на поверхні фасаду будівлі від тривалості теплового впливу: 1 - L = 2 м, 2 - L = 4 м та 3 - L = 6,8 м

На рисунку 6 наведено розрахункові залежності (отримані за формулою (6)) температури на поверхні фасаду будівлі від відстані до осередку горіння для різної тривалості теплового впливу (12 хв, 21 хв, 30 хв). На цьому ж рисунку наведено (позначені кружками) експериментальні дані щодо цієї температури (табл. 3) для 30 хвилинного температурного впливу.

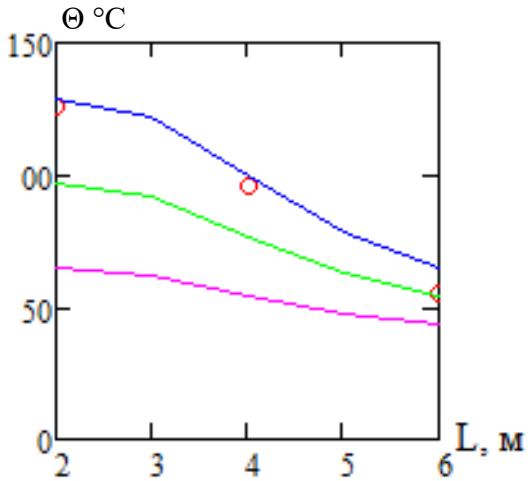


Рисунок 6 – Розрахункові залежності (отримані за формулою (6)) температури на поверхні фасаду будівлі від відстані до осередку горіння для різної тривалості теплового впливу (12 хв, 21 хв, 30 хв)

Висновки. Таким чином, за результатами дослідження теплового впливу вогнища пожежі через віконний проріз будівлі на елементи суміжних об'єктів можна зробити такі висновки:

– визначено експериментальні дані щодо зміни температури на поверхні фасаду будівлі від теплового впливу пожежі у суміжній будівлі через віконний проріз. Встановлено, що продовж 30 хвилинного теплового впливу вогнища пожежі через віконний проріз будівлі на елементи суміжних об'єктів температура на поверхні цих елементів монотонно зростає та досягає максимальних значень 161°C, 94°C та 55°C відповідно для відстаней від осередку горіння 2 м, 4 м та 6,8 м;

– побудовано залежність, із застосуванням рівняння числової регресії, температури на

поверхні фасаду будівлі від відстані розташування такої будівлі від осередку горіння та різної тривалості теплового впливу (12 хв, 21 хв, 30 хв). Відмінність розрахункових даних, отриманих за цією залежністю, від експериментальних не перевищує 10,4%, що є прийнятним для подальшого застосування отриманих результатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ніжник В. В. Підходи щодо визначення протипожежних відстаней між будинками та спорудами / Науково-технічний збірник. КНУБА. – К., 2019. – № 53. – С. 215-226.
2. Пожарная профилактика в строительстве / [Грушевский Б. В., Яковлев А. И., Кривошеев И. А. и др.] под ред. В. Ф. Кураленкина. – М.: ВИПТШ, 1985. – 451 с.
3. Басманов А. Е. Теоретические основы предупреждения каскадного распространения пожара в резервуарных парках с нефтепродуктами и повышение эффективности его ликвидации: Дис. … доктора тех. наук: 21.06.02.
4. Emil Carlsson, Report 5051 - External fire spread to adjoining buildings – A review of fire safety design guidance and related research – Department of Fire Safety Engineering Lund University, Sweden, 1999 – 125 p.
5. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги.
6. Nizhnyk V. A Method of Experimental Studies of Heat Transfer Processes between Adjacent Facilities / S. Shchipets, O. Tarasenko,V. Kropyvnytskyi, B. Medvid // International Journal of Engineering & Technology. – 2018 – № 7 (4.3), 288 – 292 p.
7. Інструкція з проведення міжлабораторних порівняльних випробувань у сфері пожежної безпеки, УкрНДІПБ, 2007.

REFERENCES

1. Nizhnyk V. V. (2019) Pidkhody shchodo vyznachennia protypozhezhnykh vidstanei mizh budynkamy ta sporudamy [Approaches to the definition of fire distances between buildings and structures] Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk KNUBA, K., vol. 53, pp. 215-226. (in Ukrainian)
2. Grushevskiy B. V., Yakovlev A. I., Krivosheev I. A. i dr (1985) Pozharnaya profilaktika v stroitel'stve [Fire prevention in construction]. M., VIPTSh, 451 p. (in Russian)
3. Basmanov A. E. Teoretycheskye osnovi preduprezhdenyia kaskadnoho rasprostranenyia pozhara v rezervuarnikh parkakh s nefteproduktamy y povishenye effektyvnosty ih lykvydatsyy: Dys. … doktora tekh. nauk: 21.06.02. (in Russian)
4. Emil Carlsson, Report 5051 - External fire spread to adjoining buildings – A review of fire safety design guidance and related research – Department of Fire Safety Engineering Lund University, Sweden, 1999 – 125 p.
5. DSTU B V.1.1-4-98. Zakhyst vid pozhezhi. Budivelni konstruktsii. Metody vyprobuvannia na vohnestiikist. Zahalni vymohy.
6. Nizhnyk V. A Method of Experimental Studies of Heat Transfer Processes between Adjacent Facilities / S. Shchipets, O. Tarasenko,V. Kropyvnytskyi, B. Medvid // International Journal of Engineering & Technology. – 2018 – № 7 (4.3), 288 – 292 p.
7. Instruktsiia z provedennia mizhlaboratornykh porivnialnykh vyprobuvan u sferi pozhezhnoi bezpeky, UkrNDIPB, 2007.

STUDIES OF THE THERMAL EFFECT OF A FIRE TORCH IN A WINDOW OPENING OF A BUILDING ON ELEMENTS OF ADJACENT OBJECTS

V. Nizhnyk, Cand. of Sc.(Eng.), Senior Fellow
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

building, distance, fire torch, fire prevention, temperature, thermal effect, heat transfer.

ANNOTATION

The results of experimental determination of temperature change on the elements of adjacent objects from the thermal influence of thefire torch through the window opening of the building are given. The processing of the received experimental data by statistical parameters (absolute, relative and root-mean-square deviations, dispersions, and also Grabbs and Fisher criteria) was carried out. The experimental data obtained show that the temperature of the sample surface increases monotonically over the 30 minute thermal radiation source through the window opening and reaches the maximum values of 161 ° C, 94 ° C and 55 ° C, respectively, for distances from the combustion center of 2 m , 4 m and 6.8 m According to the results of the evaluation of experimental data for the presence of emissions and quasi-emissions, according to the Grabbs criterion, it has been established that the experimental data for the studied samples 1 (Fig. 3) and 2 do not contain emissions and quasi-emissions, and for sample 3 contain emissions and quasi-emissions. Experimental data, which are emissions or quasi-emissions based on the Grabbs criterion, were not taken into account during further processing of the results. An estimate of the data obtained for the absolute deviation of each experiment from the averaged values and established, the deviation does not exceed 5.8 ° C, which is 10.4% in the percentage and the maximum average deviation is 5.6 ° C, indicating satisfactory convergence of experimental data received In the assessment of the membership of temperature dispersions to one general population, Fisher's criterion found that the calculated value of Fisher's criterion does not exceed the table value. The temperature dependence on the facade of the building is constructed from the distance of such a building from the combustion center and the duration of the thermal effect.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВЛИЯНИЯ ОЧАГА ПОЖАРА ЧЕРЕЗ ОКОННЫЕ ПРОЕМЫ ЗДАНИЯ НА ЭЛЕМЕНТЫ СМЕЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В. В. Нижник, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

здание, расстояние, очаг пожара, противопожарная, температура, тепловое воздействие, теплопередача.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты экспериментального определения изменения температуры на элементах смежных объектов от теплового воздействия очага пожара через оконный проем здания. Проведена обработка полученных экспериментальных данных по статистическим показателям (абсолютными, относительными и среднеквадратичными отклонениями, дисперсии, а также критериям Граббса и Фишера). Построена зависимость температуры на поверхности элементов смежного здания от расстояния расположения такого здания от очага горения и продолжительности теплового воздействия.

УДК 614.841

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ

О. М. Тесленко, С. З. Цимбалістий, Н. В. Кравченко, О. Г. Доценко, О. М. Крикун*
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 23.04.2019
*Пройшла рецензування:*07.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

евакуація, протипожежні заходи, моделювання, програмний комплекс, візуалізація.

АНОТАЦІЯ

В статті розглядаються існуючі програми для розрахунку часу евакуації людей під час пожежі. Розглянуто наукові роботи з вивчення моделей руху людей під час евакуації з приміщень з використанням різних методів математичного розрахунку. Проведений порівняльний аналіз існуючих програмних комплексів в області розрахунків. Наведено порівняльний аналіз математичних методів закономірностей руху людей під час пожежі у програмних продуктах. Дано висновок щодо функціональності досліджуваних програмних комплексів.

Однією з найважливіших вимог пожежної безпеки для об'єктів є забезпечення безпечного та своєчасного евакуювання людей з будинків та споруд під час пожежі. Забезпечення пожежної безпеки людей вимагає організації їх безпечної евакуації. Достовірне визначення часу евакуації та параметрів шляхів евакуації впливає як на рівень протипожежного захисту об'єкта в цілому так і на забезпечення безпеки людей, що в ньому перебувають. Критерії безпечної евакуації людей є своєчасність і безперешкодність, які перевіряються розрахунками за допомогою математичних моделей, реалізованих з використанням програмного забезпечення.

В останні кілька років моделюванню евакуації людей з приміщень було присвячено багато досліджень. Аналіз існуючих робіт показує, що, в основному, розрахунки проводяться з використанням наступних трьох математичних моделей: спрощеної, імітаційно-стохастичної та індивідуально-поточної моделей. Всі ці моделі детально описані в наукових працях Холщевникова В. В. [3, 14], Самошина Д. А. [1, 3, 14], Парфененко А. П. [14], Кудрина І. С. [14], Олейнік С. М. [15], Білосохова І. Р. [14] тощо. При аналізі було виявлені наступні відмінності, які наведено в таблиці 1.

Рух людей під час евакуації вивчався на натурних випробуваннях протягом останніх десятиліть. Методи досліджень були засновані на прямих спостереженнях, фотографіях і плівках відеозаписів. Крім вивчення поведінки, основна мета цих досліджень полягала в розробці комп'ютерних анімаційних реалістичних програм з елементами будівельних об'єктів. Наприклад, люди завжди намагаються знайти найшвидший і простий спосіб дістатися до кінцевого пункту призначення. Якщо можливо, вони уникають обхідних шляхів, навіть якщо найкоротший шлях переповнений. Основним принципом є принцип найменших зусиль, а це означає, що кожен прагне максимально швидко досягти своєї мети, витрачаючи найменшу кількість енергії і часу.

Таблиця 1 – Врахування закономірностей руху людей під час евакуації у програмних продуктах

Процеси моделей	Спрощена модель	Імітаційно-стохастична модель	Модель індивідуально-поточного руху
Перетин межі суміжної ділянки шляху	+	+	+
Переформування	-	+	+
Розтікання	-	+	+
Розподіл потоку	+	+	+
Злиття	+	+	+
Неодночасність злиття	-	+	+
Створення та розтікання скупчень	-	+	+
Розщільнення	-	+	+

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.33-39
*E-mail: teslenko@undicz.dsns.gov.ua

Закінчення таблиці 1

Врахування варіабельності фізичного і емоційного стану людей	-	*	+
Врахування особливостей вибору людьми маршрутів евакуації	-	-	+
Врахування індивідуальних «сценаріїв» евакуації (виконання інструкцій, завдання ролей)	-	-	+
Врахування протитечії і пересічних потоків	-	+	+

Умовні позначення: + враховуються повністю, - не враховується, * - враховується неповністю у порівнянні з реальними процесами.

Застосування програм в моделюванні руху людських потоків під час евакуації обумовлюється необхідністю відтворення реального різноманіття станів системи, їх поєднань і переходів. На сьогодні існують детерміновані й імовірнісні моделі, за допомогою яких моделюється рух людей по шляхах евакуації при пожежі.

На початку 80-х років минулого століття проф. В. В. Холщевніковим була розроблена модель ADLPV [3], яка в рамках сучасної термінології називається імітаційно-стохастичною. Ця модель значно точніша спрощеної аналітичної моделі за рахунок поділу будівлі на елементарні ділянки шириною близько 1 м і виконання кількох розрахункових операцій в секунду для кожної ділянки.

Для реалізації зазначених моделей (спрощеної аналітичної та імітаційно-стохастичною) розроблено програмне забезпечення – модель «Флоутек».

У програмі «СІТІС: Флоутек ВД» реалізовані обидві моделі для розрахунку швидкості потоку залежно від його щільності [4].

За даним аналізом у всьому світі саме моделі класу «індивідуально-потоковий рух» отримали найбільш широке поширення. Найбільш відомими і перевіреними практикою (офіційно були використані при проектуванні будинків і споруд з масовим перебуванням людей) є моделі SIMULEX [5], Pathfinder [6], STEPS [7], Building Exodus [8].

Зважаючи на вищесказане, оскільки реальний експеримент вимагає значних витрат, іноді як експериментальні дані можуть виступати лише результати реальних пожеж, часом з трагічним результатом, виникає необхідність комп’ютерного моделювання руху людей, наприклад, з метою визначення найкращої геометрії простору, де передбачається скупчення людей, або визначення часу евакуації.

Після проведення аналітичних досліджень [9] було обрано та розглянуто певне програмне забезпечення, що використовується для розрахунку часу евакуації людей з будівель під час пожежі та наведено його стислий опис, переваги, недоліки та особливості.

Building Exodus – програмний комплекс для моделювання евакуації людей з різних типів будівельних конструкцій, який проводиться за допомогою двовимірної просторової сітки. У ньому реалізована спроба розгляду впливу пожежі на процес евакуації людей. Комплекс складається з підмодулів, які взаємодіють один з одним для передачі інформації про процес моделювання евакуації людей, даних про геометрію об’єкта, даних про людей, їх рух і поведінку, концентрацію токсичних продуктів горіння, диму та температури [8].

Green Line – програмний комплекс призначений для визначення розрахункового часу евакуації людей при пожежі за методикою, що описана в [10] та отримання результатів у вигляді звіту, що містить весь хід обчислень.

Програмний комплекс дозволяє введення вихідних даних для розрахунку за допомогою графічного редактора з можливістю використання підкладки з планами будівлі, автоматизує визначення довжини ділянок евакуаційних шляхів за допомогою заданої масштабної ділянки, формує звіт з результатами обчислень параметрів руху людей по кожній ділянці у форматі doc.

Проте програма не дозволяє задавати масштаб зображень з планами будівель з відповідною точністю, що призводить до деяких неточностей у розрахунку та не враховує

методику розрахунку впливу небезпечних чинників пожежі на людей.

Simulex – програмний комплекс з можливістю моделювання евакуації людей з будівель зі складною геометрією [5].

Він заснований на визначенні відстані між людьми, від якої залежить їх швидкість руху. Модель дозволяє людям здійснювати обгін, обертання навколо осі тіла, рух боком і рух назад невеликим кроками. Структура моделі – це суцільна просторова сітка. Плани поверхів і сходи розподілені на блоки, що мають решітку розміром 0,2×0,2 м. Модель містить алгоритм, який розраховує відстань від кожного блоку до найближчого виходу та відображає цю інформацію на плані. Рух кожної людини розглядається індивідуально та відстежується програмою її вихід за межі визначеної розрахункової області, що демонструється під час візуалізації розрахунків. Дозволяється задати рух людей до найближчого виходу за умовчанням або створити окремий маршрут для людини за заданим маршрутом з блокуванням окремих виходів. Програмним комплексом передбачена неявна поведінка агентів, а саме: змінна швидкість руху, рух в бік, обертання навколо осі тіла, обгін та ін., в основі якої закладено результати багатьох відеоспостережень та аналізу результатів окремих спостережень ряду наукових досліджень [1, 5].

Програмний комплекс **FDS+Evac** розроблено Центром Технічних Досліджень Фінляндії VTT (VTT Technical Research Centre of Finland) [18]. EVAC є модулем до Fire Dynamics Simulator (FDS), проводить моделювання процесу евакуації людей, моделювання поведінки людей за допомогою моделі індивідуально-поточного руху людей. Моделювання евакуації повністю інтегрується з процесом моделювання поширення пожежі, дозволяє моделювати різні «сценарії», візуалізує отримані результати та перебіг процесів евакуації і розповсюдження пожежі. Також при моделюванні можливе врахування впливу небезпечних чинників пожежі на процес евакуації.

Через велику кількість функцій, потужний розрахунковий апарат, детальне моделювання і візуалізацію результатів, програмний комплексу має доволі високі вимоги до технічних параметрів обчислювальної техніки та відносно суттєвий час проведення моделювання.

Програмний комплекс **Сітіс Еватек** використовується для моделювання евакуації людей з різних типів будівель. Передбачено отримання даних про процес евакуації людей, а саме: часу евакуації з будівлі або її частини, щільності потоків в будь-який момент часу і будь-якій частині будівлі, пропускної спроможності частин будівлі тощо. В ньому реалізовано алгоритм відповідно до [10]. За основу комплексу обрано модель індивідуального руху людини в потоці [4].

Особливості програмного комплексу:

– розрахунок часу евакуації людей з урахуванням особливостей індивідуального руху людини у потоці;

– наявність бази даних по різним профілям людини;

– алгоритм руху – пошук найкоротшого шляху з врахуванням динамічного огинання перешкод і можливістю формування потоків;

– залежність швидкості руху людини від щільності потоку у прямокутній області навколо неї згідно [10];

– можливість створення декількох профілів людини і «сценаріїв» поведінки;

– введення вихідних даних для розрахунку за допомогою вбудованого графічного редактора, можливість імпорту геометрії з DXF файлів;

– відображення карти щільності, і пройденого поточного шляху для всіх людей з можливістю відтворення і запису результатів розрахунку;

– 2D / 3D режими візуалізації руху;

– формування звіту, що включає вихідні дані, результати моделювання, графіки, максимальної і середньої щільності в моменти часу, відсоток виходів, що використовуються;

– експорт оформленого звіту в формат RTF.

Програмний комплекс **Сітіс Флоутек** може бути використаний для різних типів будівель. Реалізовано алгоритм відповідно до [10].

Особливості програмного комплексу:

– введення вихідних даних для розрахунку за допомогою вбудованого графічного редактора на основі сканованих планів будівлі;

– підтримка параметризації. Значення деяких властивостей, наприклад, кількість людей, щільність, час початку евакуації можна задавати у вигляді математичних виразів;

– можливість створення декількох «сценаріїв» евакуації;

– відображення карти розрахункових ділянок та шляхів евакуації, перегляд основних параметрів для кожної розрахункової ділянки;

– 2D / 3D анімація руху людських потоків з можливістю покрокового перегляду;

– формування звіту, що включає вихідні дані, таблиці розрахунку часу евакуації з кожного приміщення, таблиці часу виходу з

поверхів, таблиці ділянок із затримкою руху, зведену таблицю часу евакуації для всіх «сценаріїв», карти ділянок розрахунку, зображення шляхів евакуації;

– експорт оформленого звіту в формат RTF.

Програмний комплекс **Evacnet 4** використовується для різних типів будівель, таких як офісні будівлі, стадіони, висотні будівлі, готелі, ресторани і школи. Основним завданням моделі є оптимізація евакуації з будівлі для мінімізації часу евакуації [11].

Тип моделі – модель руху. Модель поведінки агентів непередбачена.

Програмний комплекс **PedGo** призначений моделювання руху натовпу людей, моделювання евакуації людей з будівель, кораблів, літаків та інших видів громадського транспорту [12].

Структура моделі: «дрібна сітка», яка розподіляє поверх на сітку розміром 0,4×0,4 м і являє собою простір, що займає людина. Стіни, меблі та інші перешкоди постійно зайняті сіткою в процесі моделювання. Поведінка людини неявна. Кожна людина в моделі представлена індивідуально з можливістю вибору маршрутів руху. Модель пропонує перед початком розрахунків задати для людей певні характеристики, такі як: затримка перед початком евакуації, час очікування, реагування, бездіяльність, вплив. Цей набір параметрів використовується для опису характеристик поведінки людей і призначається окремим з них в процесі моделювання за нормальним розподілом. Два з цих параметрів, час затримки і вплив, є стохастичними.

Pathfinder, цей програмний комплекс використовує сучасні методи досліджень в галузі інформатики для моделювання руху людей. Має декілька режимів моделювання, дозволяє налаштовувати параметри людей і моделювати різні сценарії розвитку подій [6].

В Pathfinder кожна людина використовує набір окремих параметрів та моделюється незалежно одна від одної протягом всього часу моделювання з використанням моделі індивідуально-потокового руху людей. На додаток до передового стимулятора руху людей, Pathfinder включає в себе інтегрований інтерфейс і 3D-візуалізацію результатів.

Програмний комплекс дозволяє враховувати вплив небезпечних чинників пожежі (блокування шляхів евакуації) на процес евакуації людей, в будівлі та умови розповсюдження пожежі. В цьому випадку, необхідно буде шукати інші шляхи евакуації людей. З урахуванням цього можливе отримання результату, який суттєво може відрізнятися від того, що не враховує вплив на людей небезпечних чинників пожежі.

В **Fenix+** є одна особливість, яка дозволяє при розрахунку часу евакуації не розбивати будівлю на окремі ділянки. Це особливо зручно при розрахунку евакуації з будівель з приміщеннями складної (непрямокутної) конфігурації [13].

Результати моделювання кожного «сценарію» зберігаються в окремий текстовий файл, який може бути відкритий іншою програмою (наприклад, Excel) для отримання додаткової інформації. Анімація відтворення результатів моделювання з можливістю покрокового перегляду.

При розрахунку часу евакуації для кожної людини можна задати наступні параметри:

– мобільність;

– площа горизонтальної проекції;

– час початку евакуації;

– вихід, через який повинна евакуюватися людина;

– розміщення людей в момент початку евакуації;

– можливість розміщення як однієї людини, так і групи людей у довільно заданій області.

Для розрахунку в Fenix+ реалізована модель індивідуально-поточного руху людей при пожежі.

Модель руху людини включає кілька складових:

– рух до евакуаційного виходу по найкоротшому шляху;

– обхід перешкод;

– запобігання зіткнень з іншими людьми.

Також є можливість відображати весь шлях кожної людини, пройдений шлях або тільки майбутній шлях, а також, відключити відображення шляху. Крім цього, для додаткової зручності програма дозволяє відтворювати евакуацію з різною швидкістю.

Аналіз сучасних програмних комплексів показує високий рівень теоретичної обґрунтованості і відповідності реальним результатам, який дозволяє оцінювати ступінь ризику для людей при моделюванні евакуації людей як випадкового процесу. Цими підходами враховані моделі індивідуальної поведінки людей у потоці, що дозволяють передбачити особливості перебігу процесу евакуації з урахуванням психофізіологічних показників, що відхиляються від середньостатистичних показників у будівлях різних класів пожежної небезпеки. Такі моделі допоможуть також

прогнозувати необхідність і вибір раціональних способів порятунку людей. Крім того, є можливість моделювання небезпечного фактору, який можна враховувати при евакуації людей. Науково обґрунтоване прогнозування динаміки небезпечних факторів пожежі у приміщенні є основою економічно оптимального та ефективного рівня забезпечення пожежної безпеки людей та об'єктів.

Слід наголосити, що наведені програмні комплекси не враховують психологічний стан людини на процес евакуації, який може викликати дезорієнтацію у просторі та давку у вузьких отворах приміщень, що в подальшому може призвести до загибелі та травматизму. Це пов'язано з тим, що в умовах загроз зміна емоційного стану людей призводить до зміни швидкостей руху в напрямку евакуаційних виходів та несе за собою прямий фізичний вплив на щільність скупчення людей. В психофізиці відомо декілька законів, які описують відображення зовнішніх впливів на людину. Їх аналіз показав, що встановлені взаємозв'язки в найбільшій ступені можуть відповідати загальному закону Вебера – Фехнера [14]. Також лишається недослідженим сумарний накопичувальний вплив шкідливих токсичних речовини, що не враховується в існуючих розрахункових моделях.

Як висновок, можна зазначити, що незважаючи на значний розвиток програмних комплексів призначених для моделювання процесів евакуації людей у разі пожежі залишаються актуальними питання взаємозв'язку параметрів психофізіологічного стану людини з параметрами її руху, а також впливу, зокрема, кумулятивного, небезпечних факторів пожежі на людину в процесі її евакуації, що є предметом подальших досліджень авторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Самошин Д. А., Программные комплексы для расчета эвакуации людей // Материалы международной конференции «Производство. Технология. Экология». Ижевск. 2010. С. 50–52.
2. Kuligowski ED, Peacock RD (2005) A review of building evacuation models. Technical report 1471. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg
3. Холщевников В. В. Обзор компьютерных программ моделирования эвакуации зданий и сооружений / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин, Н. Н. Галушка // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 5. – С. 40–49.
4. Техническое руководство СИТИС: Флоутек ВД 2.20. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:– 3-я ред. – 2011.URL:http://sitis.ru/media/documenntation/FVD-TR-03.pdf.
5. SIMULEX [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.iesve.com/Software/VE-Pro/Simulex.
6. PYROSIM [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://pyrosim.ru/raschet-vremeni-ehvakuacii-lyudej
7. MOTT McDonald [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.mottmac.com/. Дата обращения 29.11.2010 10.
8. Owen M., Galea E. R., Lawrence P. J. The Exodus evacuation model applied to building evacuation scenarios.//J. of Fire Protection Engr. – 1996. – 8(2), p. 65–86.
9. Провести дослідження щодо удосконалення методики розрахунку часу евакуації людей з будинків та споруд під час пожежі [Текст]: звіт про НДР (заключн.)/ Український науково-дослідний інститут цивільного захисту; кер.теми С.З.Цимбалістий;викон.О.М.Тесленко [та ін.]. Шифр теми Евакуація-методика. Київ, 2019, 203 л.
10. ГОСТ 12.1.004-91 (1999) – ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
11. EVACNET 4 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.iklimnet.com/hotelfires/fire_egress_software_10.html
12. Traffgo [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.traffgoht.com/en/pedestrians/products/pedgo/index.
13. Fenix+ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://mst.su/fenix/
14. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Парфененко А. П., Кудрин И. С., Истратов Р. Н., Белосохов И. Р. // Эвакуация и поведение людей при пожарах. Учебное пособие, Москва 2015, с. 260
15. Olenick, S. M. & Carpenter, D. J. (2003). Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke. Journal of Fire Protection Engineering, 13, 87–110.
16. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., Owen, M., &Filippidis, L. (1999). A Review of the Methodologies used in the Computer Simulation of Evacuation from the Built Environment. Building and Environment, 34, 741–749.
17. SIMULEX [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.ies4d.com/content/default.asp?page=s1_2_1.
18. FDS+Evac Miscellaneous Examples [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/examples_fds6.html

.

REFERENCES

1. Samoshin D. A., Programmnye kompleksy dlya rascheta evakuatsii lyudey [Software complexes for calculating of people evacuation]. Proceedings of the «Proizvodstvo. Tekhnologiya. Ekologiya». Izhevsk. 2010. pp. 50–52. (in Russian)

2. Kuligowski ED, Peacock RD (2005) A review of building evacuation models. Technical report 1471. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg.
3. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D.A., Galushka N.N. (2002) Obzor komp'yuternykh programm modelirovaniya evakuatsii zdaniy i sooruzheniy [An overview of computer programs for modeling the evacuation of buildings and structures]. Pozharovzryvobezopasnost, vol. 5. – pp. 40–49. (in Russian)
4. Tekhnicheskoe rukovodstvo SITIS: Floutek VD 2.20 [Technical Manual SITIS: Floutek VD 2.20]– 3-я ред. – 2011 available at : http://sitis.ru/media/documenntation /FVD-TR-03.pdf.
5. SIMULEX, available at : www.iesve.com/Software/VE-Pro/Simulex.
6. PYROSIM, available at : https://pyrosim.ru/raschet-vremeni-ehvakuacii-lyudej.
7. MOTT McDonald, available at : http://www.mottmac.com
8. Owen M., Galea E. R., Lawrence P. J. (1996) The Exodus evacuation model applied to building evacuation scenarios. J. of Fire Protection Engr., vol 8(2), pp. 65–86.
9. Provesty doslidzhennia shchodo udoskonalennia metodyky rozrakhunku chasu evakuatsii liudei z budynkiv ta sporud pid chas pozhezhi [To conduct research on the improvement of the methods for calculating the evacuation time of people from buildings and structures during a fire]. Zvit pro NDR (zakliuchn.)/ Ukrainskyi naukovo-doslidnyi instytut tsyvilnoho zakhystu; ker.temy S.Z.Tsymbalistyi;vykon.O.M.Teslenko [ta in.]. Shyfr temy Evakuatsiia-metodyka. Kyiv, 2019.
10. GOST 12.1.004-91 SSBT. Pozharnaya bezopasnost'. Obshchie trebovaniya.
11. EVACNET 4 available at : http://www.iklimnet.com/ /hotelfires/fire_egress_software_10.html
12. Traffgo available at : https://www.traffgo-ht.com/en/index.html
13. Fenix+ available at : https://mst.su/fenix/
14. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfenenko A. P., Kudrin I. S., Istratov R. N. (2015) Belosokhov I. R. Evakuatsiya i povedenie lyudey pri pozharakh [Evacuation and behavior of people during fires]. Uchebnoe posobie, Moscow (in Russian)
15. Olenick, S. M. & Carpenter, D. J. (2003). Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke. Journal of Fire Protection Engineering, vol.13, pp. 87–110.
16. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., Owen, M., &Filippidis, L. (1999). A Review of the Methodologies used in the Computer Simulation of Evacuation from the Built Environment. Building and Environment, vol 34, pp.741–749.
17. SIMULEX available at : www.ies4d.com/content/ /default.asp?page=s1_2_1.
18. FDS+Evac Miscellaneous Examples available at : http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/examples_fds6.html

ANALYSIS OF EXISTING SOFTWARE COMPLEXES FOR CALCULATING THE EVACUATION TIME OF PEOPLE DURING A FIRE

O. Teslenko, S. Tsymbalistyi, N. Kravchenko, O. Dotsenko, O. Krykun
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

evacuation, fire prevention measures, modeling, software complex, visualization.

ANNOTATION

This article is devoted to the review of modern methods for assessing the fire risk. The article examines existing programs for calculating the evacuation time of people during a fire. The scientific work on studying the models of movement of people during evacuation from the premises using various methods of mathematical calculation is considered. A comparative analysis of existing software systems in the sphere of calculations was carried out. The comparative analysis of mathematical methods of the regularity of movement of people during a fire in software products is presented, namely, the mathematical aspects of calculating the actual time of evacuation of people from the premises by means of simulation of existing software complexes that allow us to calculate the evacuation from the analytical model of the human flow, the mathematical model of the individual-current movement of people and simulation stochastic model of movement of human flows in accordance with the method of determining the estimated values of fire risk in the building structures and buildings of different classes of functional fire hazard. The advantages and disadvantages of each of the studied programs for modeling the calculated fire risk values are analyzed. The problematic issues concerning the non-consideration of other software factors in the existing software systems are described, which can influence the evacuation process and the estimated values of fire risk in buildings, structures and buildings of different classes of functional fire danger. The main of the factors is the behavior of people, which is practically not yet fully used in the existing software complexes for modeling the evacuation of people from the premises. This is due to the fact that at present the existing methods taking into account the psycho-emotional state are still being studied all over the world, therefore, it has no precise calculation mathematical methods for its use in the above-mentioned models. The conclusion on the functionality of the studied software complexes is given and the directions of scientific activity are highlighted, which will be considered by the authors in the future.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

А. Н. Тесленко, С. З. Цимбалистый, Н. В. Кравченко, А. Г. Доценко, А. Н. Крикун
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

эвакуация, противопожарные мероприятия, моделирование, программный комплекс, визуализация.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются существующие программы для расчета времени эвакуации людей при пожаре. Рассмотрены научные работы по изучению моделей движения людей при эвакуации из помещений с использованием различных методов математического расчета. Проведен сравнительный анализ существующих программных комплексов в области расчетов. Приведен сравнительный анализ математических методов закономерностей движения людей при пожаре в программных продуктах. Дано заключение по функциональности исследуемых программных комплексов.

УДК 614.847.9

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ПОЖЕЖНОГО МАЯЧКА

В. С. Бенедюк, І. Г. Стилик, О. М. Тимошенко, А. О. Грачов, О. В. Куртов*
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 14.05.2019
Пройшла рецензування: 31.05.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

пожежний маячок, світлодіод, технічні вимоги, світлотехнічні характеристики, димова камера, фотометрична інтегруюча сфера.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання щодо необхідності створення пожежного маячка. Обґрунтовано технічні вимоги до пожежного світлового маячка з урахуванням основних недоліків в існуючих моделях світлових аналогів. Описано будову та принцип роботи експериментального зразка пожежного маячка. Наведено результати експериментальних досліджень з визначення світлотехнічних характеристик пожежних маячків при роботі у задимленому середовищі різної оптичної щільності.

Під час ліквідації пожеж з обмеженою видимістю, у будівлях зі складними планувальними рішеннями тощо досить важко визначити осередок горіння чи місце події. При цьому пошук зворотного шляху та проведення евакуації людей [1, 2], які опинились у небезпечній зоні, є ще більшою проблемою, що ускладнюється фізичною втомою рятувальників та вкрай сильним психологічно-емоційним навантаженням. Крім того, ланка газодимозахисної служби (ГДЗС), як правило, має обмежений час для зворотного виходу, який визначається за залишком повітря (кисню) в індивідуальних засобах захисту органів дихання та зору. Проблеми орієнтації в складних умовах та фіксації зворотного шляху можуть бути частково розв'язані шляхом застосування допоміжного пожежного освітлювального та орієнтувально-світлового устаткування.

На даний час у багатьох країнах світу (США, Китай, Франція, Ізраїль, Німеччина, РФ) пожежними підрозділами застосовується таке допоміжне устаткування, а саме:

– пожежний світловий трос;

– пожежний маячок;

– пожежні рукави з ефектом світіння.

Пожежне устаткування, що застосовується для освітлення місць ліквідації небезпечних подій та забезпечення світлового орієнтування пожежників (рятувальників) умовно можна поділити на:

– залежно від функціонального призначення: освітлювальне та орієнтувально-світлове;

– залежно від виконання: мобільне (є невід'ємною частиною транспортного засобу); переносне/передвижне (обладнане окремими конструктивними пристосуваннями для переміщення); ручне (конструкція та масо-габаритні розміри передбачають експлуатацію однією особою); портативне (для носіння на елементах спорядження);

– залежно від джерела живлення: з зовнішнім електричним джерелом живлення та з автономним електричним джерелом живлення.

Загальний вигляд деяких зразків такого устаткування наведено на рисунку 1.

На відміну від зарубіжних країн в Україні вище наведене обладнання в підрозділах ДСНС України взагалі не використовується, а також відсутні будь-які нормативно-технічні вимоги та методи його випробувань.

Також необхідно зазначити, що у вільному доступі на Інтернет ресурсах відсутні будь-які європейські нормативні документи, в яких визначені норми та вимоги до пожежного освітлювального та орієнтувально-світлового устаткування. Можливо це зумовлено тим, що таке обладнання є допоміжним, оскільки для покращення можливостей орієнтування пожежників-рятувальників у задимлених та інших об'єктах з обмеженою видимістю, і цілком достатніми є технічні характеристики, які зазначає виробник у технічній документації на вироби.

Отже, метою представлених нижче досліджень є визначення та обґрунтування світлотехнічних параметрів необхідних для створення експериментального зразка пожежного маячка, адаптованого для роботи пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Враховуючи актуальність порушеного питання, співробітниками Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту в рамках науково-дослідної роботи [3] проведено ряд аналітичних та експериментальних досліджень, метою яких було визначення світлотехнічних параметрів та виготовлення експериментального зразка пожежного маячка.

Експериментальні дослідження проводились за двома такими основними напрямами:

– визначення випромінювання світлового потоку електричних джерел світла (світлодіодів), які

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.40-46
*E-mail: stilik_i@undicz.dsns.gov.ua

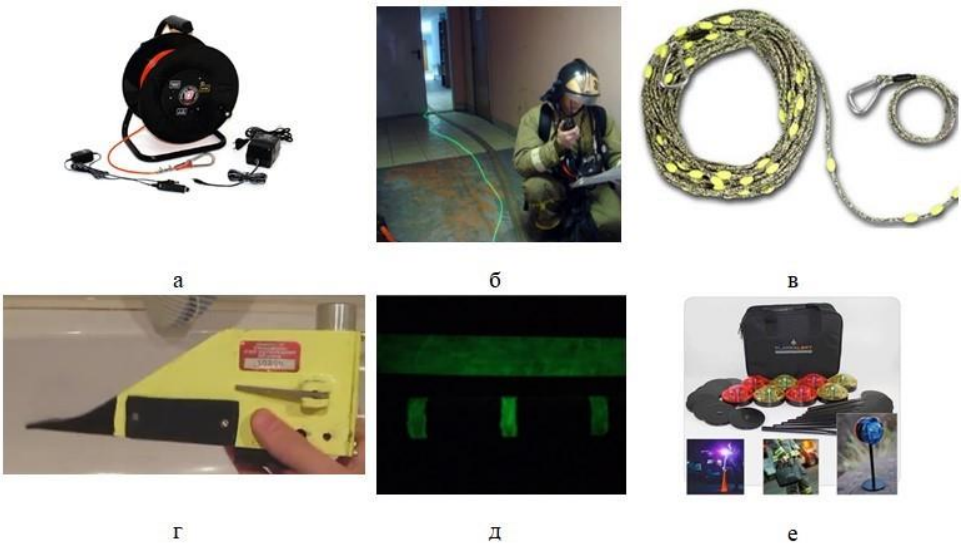
можуть бути застосовані для виготовлення експериментального зразка пожежного маячка;

– визначення ефективності проникнення світлового потоку у задимленому середовищі високої щільності.

Під поняттям задимленого середовища високої щільності мається на увазі, що згідно з даними [4] при освітлюванні груповим пожежним ліхтарем з лампочкою потужністю 21 Вт зі світловим потоком 400 Лм вважається, що дим є оптично щільним при умові видимості предметів з відстані 3 м.

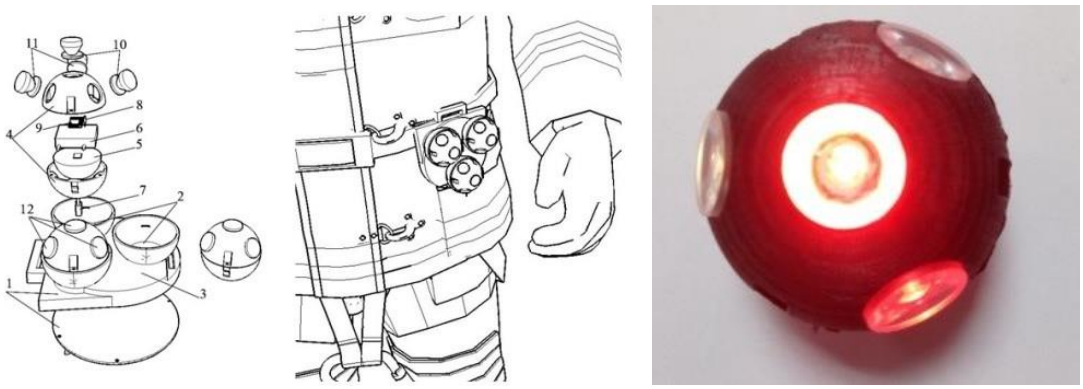
Створенню експериментального зразка пожежного маячка передував патентний аналіз існуючих аналогів, на основі якого було визначено їх основні функціональні та технічні недоліки. Зокрема, це великі масо-габаритні розміри, штучні джерела світла, які мають гострий кут світіння та достатньо невисокий ККД, відсутність роз'ємів для заряджання акумуляторної батареї, при невдалому встановленні маячка або його перевертанні, падінні тощо – зменшується або взагалі відсутній ефект світлового орієнтування. Також невдалим рішенням є механічне вмикання маячка. Однак основним недоліком існуючих пожежних маячків є відсутність науково-обґрунтованих світлотехнічних вимог до штучних джерел світла під час використання їх у задимленому середовищі різної оптичної щільності.

Враховуючи виявлені недоліки, було створено експериментальний зразок пожежного маячка (рисунок 2), адаптованого для роботи пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.



а) – пожежний світловий трос «НСТ А-100»; б) – пожежний світловий трос «Квазар-100»; в) – пожежний світловий трос «Polaris»; г) – пожежний маячок «Safety beacon»; д) – пожежний рукав; е) – пожежний маячок «Flare Alert»

Рисунок 1 – Загальний вигляд існуючого пожежного орієнтувально-світлового устаткування



1 – корпус кріплення маячків; 2 – неодимові магніти; 3 – micro USB зарядний модуль із індикатором заряджання; 4 – корпус маячка; 5 – противага; 6 – акумуляторна батарея; 7 – роз'єм заряджання; 8 – нормально замкнутий електромеханічний геркон; 9 – електрична плата керування; 10 – світлодіоди червоних кольорів; 11 – світлодіоди теплих білих кольорів; 12 – оптичні лінзи

Рисунок 2– Загальний вигляд експериментального зразка пожежного маячка, та варіант кріплення на одязі рятувальника

За рахунок того, що корпус маячка виконано сферичної форми із зовнішнім діаметром 55 мм, на дні (у нижній частині) якого розміщено противагу (грузило), при його використані він завжди займає положення світлодіодами доверху. Завдяки розміщенню чотирьох світлодіодів у верхній напівсфері забезпечується візуальне спостереження світіння маячка на 360° відносно вертикальної осі. Автоматичне вмикання зразка відбувається в момент зняття його із корпусу кріплення завдяки використанню нормально замкнутого електромеханічного геркона та неодимових магнітів, які знаходяться в корпусі кріплення.

Електрична плата керування світлових сигналів створює електричні імпульси із частото 3 Гц та попарно живить світлодіоди в режимі мерехтіння.

На рисунку 3 наведена принципова електрична схема, яка використовується для електричного живлення світлодіодів пожежного маячка.

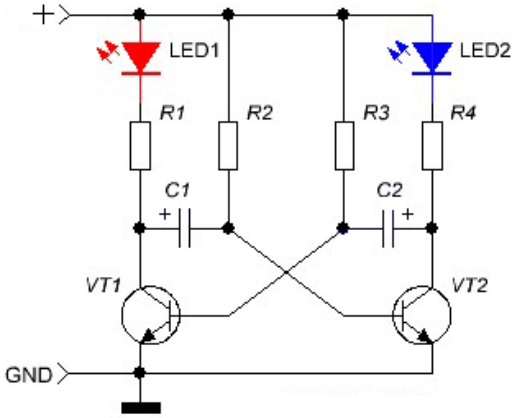


Рисунок 3 – Принципова електрична схема живлення світлодіодів пожежного маячка

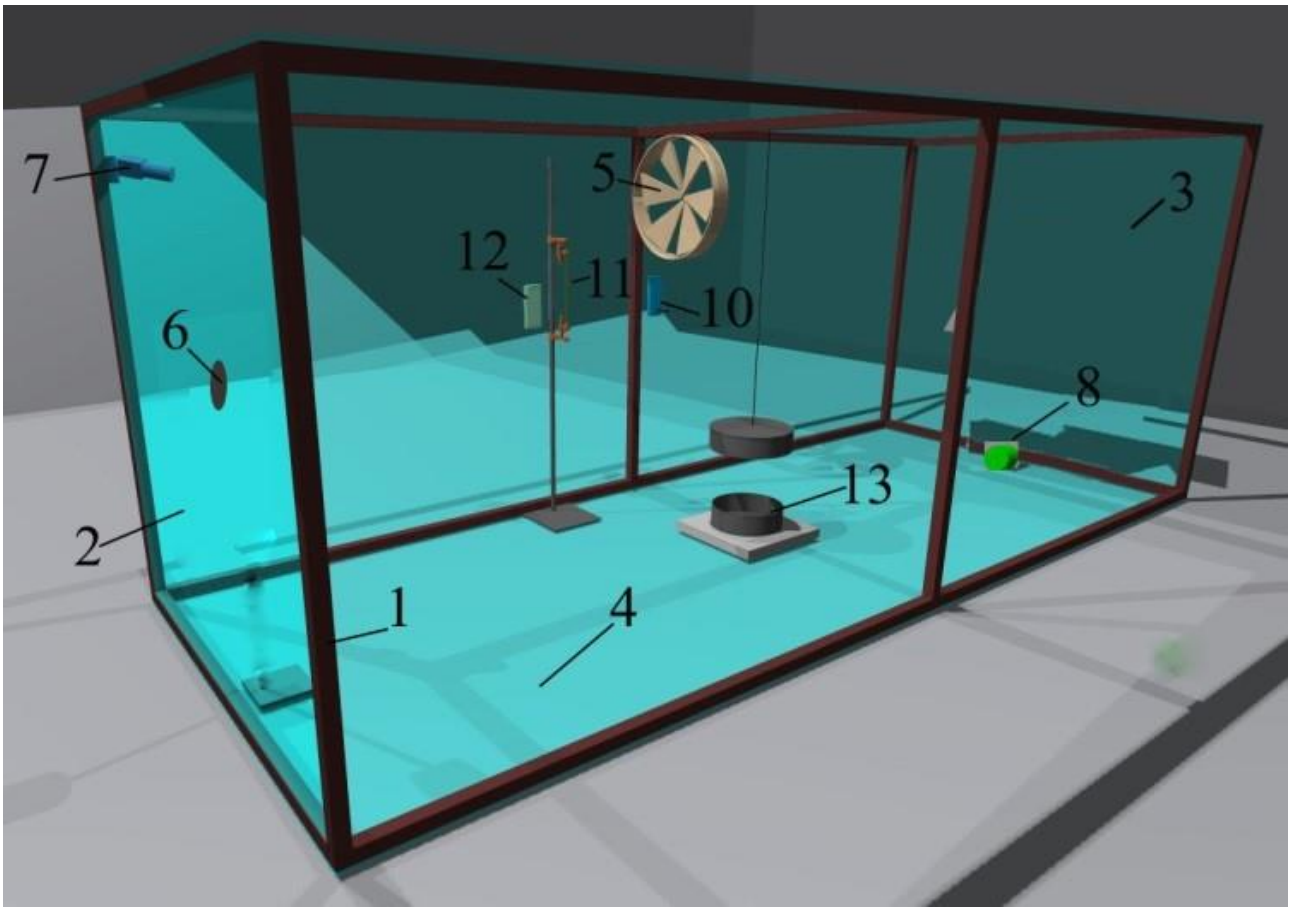
Під час експериментальних досліджень щодо визначення ефективності проникнення світлового потоку у задимленому середовищі використовувались світлодіоди із різною колірною температурою світіння потужністю 1 Вт та 3 Вт, технічні параметри яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Типи світлодіодів та їхні основні технічні характеристики

Технічні параметри	Типи світлодіодів						
	Теплий білий, 1Вт	Холодний білий, 1Вт	Нейтрально білий, 1Вт	Теплий білий, 3Вт	Холодний білий, 3Вт	Нейтрально білий, 3Вт	Червоного кольору, 1Вт
Номінальний світловий потік, лм	110,0	110,0	110,0	220,0	220,0	220,0	50,0
Потужність, Вт	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0
Номінальна сила струму, мА	350,0	350,0	350,0	700,0	700,0	700,0	350,0
Кут світіння, градуси	120,0	120,0	120,0	135,0	135,0	135,0	120,0
Колірна температура випромінювання, К	3500,0	6500,0	4500,0	3500,0	6500,0	4500,0	620,0
Розмір, мм	8,0×5,0	8,0×5,0	8,0×5,0	8,0×5,0	8,0×5,0	8,0×5,0	8,0×5,0
Напруга, В	3,2	3,2	3,2	3,0	3,0	3,0	2,25

Для проведення експериментальних досліджень щодо визначення ефективності проникнення світлового потоку у задимленому середовищі високої щільності, було створено димову камеру, схема якої наведена на рисунку 4.

У димовій камері із габаритними розмірами (1,5×2,0×6,0) м розміщувався вимірювальний комплекс для вимірювання оптичної щільності задимленого середовища (світлодіодний випромінювач CMD5050, фоторезистор та цифровий міліамперметр) за допомогою якого визначалась оптична щільність диму, вентилятор для перемішування диму в об'ємі, циліндричне деко діаметром (170 ± 10) мм із сумішшю соснової тирси, мастила та бензину для створення диму, газоаналізатор для вимірювання вмісту монооксиду вуглецю (CO), кисню (O_2) та відеокамера. Експериментальний зразок пожежного маячка розміщували по центру на підлозі біля задньої стінки димокамери напроти отвору спостереження, який знаходився на передній стінці димокамери на висоті 1,5 м по центру.



1 – каркас; 2 – передня вертикальна стінка; 3 – задня вертикальна стінка; 4 – зовнішня обшивка (брезент); 5 – електричний вентилятор; 6 – отвір для візуального спостереження; 7 – відеокамера; 8 – пожежний світловий маячок; 10 – газоаналізатор для вимірювання вмісту монооксиду вуглецю (CO), кисню (O_2) в об'ємі; 11 – вимірювальний комплекс оптичної щільності середовища (світлодіодний випромінювач CMD5050, фоторезистор, блок електричного живлення); 12 – цифровий міліамперметр

Рисунок 4 –Схема димової камери та її складові елементи

Суть експериментальних досліджень полягла у наступному. При досягненні задимленого середовища величини оптичної щільності, що дорівнює $D_{3м}$ = 0,032 (визначається візуально за показами цифрового міліамперметра, значення якого має бути (330 ±5) мкА, що відповідає величині нижньої межі задимленості високої щільності), візуально спостерігають за пожежним маячком. В разі відсутності візуального спостереження пожежного маячка потрібно його переміщувати в напрямку точки спостереження до моменту візуальної видимості світіння. За допомогою рулетки вимірюють відстань від точки спостереження до точки візуальної видимості світіння пожежного маячка.

В експериментальних дослідженнях використовували шість комбінацій світлодіодів у конструкції пожежного маячка, а саме:

2 шт. червоного кольору 1 Вт, 2 шт. холодного білого кольору 1 Вт (зразок № 1);

2 шт. червоного кольору 1 Вт, 2 шт. теплого білого кольору 1 Вт (зразок № 2);

2 шт. червоного кольору 1 Вт, 2 шт. нейтрального білого кольору 1 Вт (зразок № 3);

2 шт. червоного кольору 1 Вт, 2 шт. холодного білого кольору 3 Вт (зразок № 4);

2 шт. червоного кольору 1 Вт, 2 шт. теплого білого кольору 3 Вт (зразок № 5);

2 шт. червоного кольору 1 Вт, 2 шт. нейтрального білого кольору 3 Вт (зразок № 6).

В результаті проведення експериментальних досліджень встановлено, що для комбінацій світлодіодів №№ 1–6 забезпечується візуальне спостереження зразка світіння на відстані 6,0 м, однак найбільш видимим є пожежний маячок із комбінацією світлодіодів № 4.

Визначено тривалість роботи пожежного маячка із комбінацією світлодіодів № 4 (до зменшення напруги до величини 2,8 В) – 4 год 20 хв.

Визначення світлового потоку комбінацій світлодіодів №№ 1–6 проводилось в фотометричній сфері згідно [5], зовнішній вигляд якої наведено на рисунку 5.

Рисунок 5 – Зовнішній вигляд фотометричної сфери

Результати експериментальних досліджень з визначення світлового потоку комбінацій світлодіодів №№ 1–6 наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень з визначення світлового потоку

№ комбінації світлодіодів	Параметри	Освітленість, лк Дослід 1	Освітленість, лк Дослід 2	Освітленість, лк Дослід 3	Середнє значення освітленості, лк	Світловий потік, лм
	Напруга, В					
1	Батарея Li-Po, 3,7 В	535,9	535,4	542,7	538,0	342,7
2		491,3	497,0	498,2	495,5	315,6
3		522,6	529,1	527,2	526,3	335,2
4		735,5	738,7	735,6	736,6	469,2
5		677,3	676,7	671,9	675,3	430,1
6		704,5	707,8	708,1	706,8	450,2
Довірчі границі похибки визначення освітленості становлять ± 3%						

Висновки. Враховуючи результати експериментальних досліджень сформовано основні технічні характеристики експериментального зразка пожежного маячка, а саме:

– колір світіння – білий та червоний;

– світловий потік – від 400 лм;

– тривалість роботи – безперервний режим роботи не менше 4 годин.

Слід зазначити, що для ефективного використання пожежного маячка, враховуючи *виявлені недоліки світових аналогів, визначено необхідні* технічні характеристики експериментального зразка пожежного маячка, а саме:

– кількість маячків у комплекті – 3 шт.;

– режими роботи – мерехтливий;

– стійкій до механічного впливу;

– габаритний розмір – до Ø60 мм;

– напруга живлення – до 12 В;

– маса – не більше 0,3 кг;

– пило-вологозахищеність для електронного блоку – IP-68.

Існує необхідність у проведенні досліджень, спрямованих на розширення класифікації оптичної щільності задимленого середовища з метою отримання більш точних експериментальних даних щодо визначення ефективності проникнення світлового потоку у задимленому середовищі із використанням інших електричних джерел світла із різною колірною температурою світіння та потужністю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України, затверджена наказом МНС України від 16.12.2011 № 1342.
2. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, затверджений наказом МНС України від 13.03.2012 № 575 та зареєстрованій в Міністерстві юстиції України 25.05.2012. за № 835/21147.
3. Провести дослідження та розробити експериментальні зразки пожежного устаткування з функцією світлового орієнтування / Скоробагатько Т. М., Чуян В. Ф., Присяжнюк В. В., Тимошенко О. М., Бенедюк В. С., Стилик І. Г., Куртов О. В., Грачов А. О., Мукшинова Т. О. // Звіт про НДР / УкрНДІЦЗ. – К. – 2017.
4. Верзилин М. М., Повзик Я. С. Пожарная тактика. М. ЗАО «Спецтехника НПО», 2007. – 440 с.
5. Тимошенко О. М. Загальні технічні питання щодо впровадження в Україні освітлювального та орієнтувально-світлового пожежного устаткування / О. М. Тимошенко, О. П. Борис, Т. М. Скоробагатько // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – 2018. – № 2 (6). – С. 37–42.

REFERENCES

1. Nastanova z orhanizatsii hazodymozakhysnoi sluzhby v pidrozdilakh Operatyvno-riatuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu MNS Ukrainy, zatverdzhena nakazom MNS Ukrainy vid 16.12.2011 № 1342. (in Ukrainian)
2. Statut dii u nadzvychainykh sytuatsiiakh orhaniv upravlinnia ta pidrozdiliv Operatyvno-riatuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu, zatverdzhenyi nakazom MNS Ukrainy vid 13.03.2012 № 575 ta zareiestrovanii v Ministerstvi yustytsii Ukrainy 25.05.2012. za № 835/21147. (in Ukrainian)
3. Provesty doslidzhennia ta rozrobyty eksperymentalni zrazky pozhezhnoho ustatkovannia z funktsiieiu svitlovoho oriientuvannia (2017) [Conduct research and develop experimental samples of fire equipment with the function of light orientation]. Zvit pro NDR, UkrNDICZ, K, 250 p. (in Ukrainian)
4. Verzilin M. M., Povzik Ya. S. (2007) Pozharnaya taktika [Fire tactics]. ZAO «Spetstekhnika NPO», Moskow, 440 p. (in Russian)
5. Tymoshenko O. M., Borys, O.P., Skorobahatko T.M. (2018) Zahalni tekhnichni pytannia shchodo vprovadzhennia v Ukraini osvitliuvalnoho ta oriientuvalno-svitlovoho pozhezhnoho ustatkovannia [General technical issues as to introduction of illuminating and orienting and lighting fire equipment] Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka, vol 2 (6), pp. 37–42. (in Ukrainian)

JUSTIFICATION OF TECHNICAL REQUIREMENTS OF LIGHT BEACON

V. Benediuk, I. Stylyk, A. Tymoshenko, A. Grachev, O. Kurtov
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

light beacon, light emitting diode, technical requirements, lighting performance, smoke chamber, photometric integrating sphere.

ANNOTATION

The issue of the necessity of creating a fire light beacon is considered, due to which it is possible to improve the orientation of the fire and rescue workers in difficult conditions with limited visibility in buildings and premises with complex planning decisions and the light indication of the return path. An analysis of the technical parameters of existing light beacons has been carried out and it has been established that the requirements for their light indicators during use in zones with limited visibility are absent. The technical requirements for a fire light beacon are Justified taking into account the main disadvantages in existing models of light beacons. Experimental test equipment was developed for determining the light characteristics of artificial light sources (LEDs) when used in a smoky environment of different optical densities. Experimental studies of artificial light sources (LEDs with different color temperature of glow in the power of 1 W and 3 W) are carried out in a smoky environment of different optical densities. The obtained experimental results were used in further work on the development of a fire light beacon. A 3D model was developed and an experimental sample was made using a 3D printer. The structure and principle of the experimental model of the light beacon, which differs from the existing world analogues, provides a visual observation of the glow 360 ° relative to the vertical axis and has improved ergonomic parameters. The results of experimental researches on definition of light characteristics of beacons at work in a smoked environment of different optical density are resulted. Patent of Ukraine for utility model obtained for created sample. Developed and sent to the State Enterprise "UkrNDNTS" on the procedure for public comment project DSTU Fire equipment. Lightning equipment. Classification and general requirements.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОГО МАЯЧКА

В. С. Бенедюк, И. Г. Стылык, А. Н. Тимошенко, А. А. Грачов, А. В. Куртов
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пожарный маячок, светодиод, технические требования, светотехнические характеристики, дымовая камера, фотометрическая интегрирующая сфера.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен вопрос о необходимости создания пожарного маячка. Обоснованно технические требования к пожарному световому маячку с учетом основных недостатков в существующих моделях световых аналогов. Описаны устройство и принцип работы экспериментального образца пожарного маячка. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению светотехнических характеристик пожарных маячков при работе в задымленной среде различной оптической плотности.

УДК 614.841.33

АНАЛІЗ ВИМОГ ТА МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ ПОКРІВЕЛЬ ТА ПОКРІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПОЖЕЖНУ НЕБЕЗПЕКУ

В. Ф. Коробкін, канд. техн. наук, доц., В. В. Коваленко канд. техн. наук, ст. наук. співроб., Б. М. Ковалишин*

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 20.05.2019
Пройшла рецензування: 25.06.19

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

покрівлі, покрівельні матеріали, випробування, показники пожежної небезпеки, стандарт, будівельні норми, метод розширеного застосування, пожежно-технічна класифікація.

АНОТАЦІЯ

Наведено статистику пожеж в Україні щодо покрівель. Здійснений аналіз наукових статей та нормативних документів щодо вимог пожежної безпеки до покрівель та покрівельних матеріалів і методів випробувань на пожежну небезпеку. Наданий аналіз нормативних документів з визначення показників пожежної небезпеки покрівель та покрівельних матеріалів країн Європейського Союзу, Англії та США. Визначена необхідність встановлення в Україні вимог до покрівель як до конструкції та запровадження методу щодо розширеного застосування результатів випробувань покрівель та покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку.

Постановка проблеми. Під час пожежі властивості покрівельних матеріалів, що використовуються в будівництві, можуть значно вплинути на утворення небезпечних факторів пожежі, сприяти розвитку пожежі та бути вирішальним фактором, що призводить до загибелі людей та значних матеріальних збитків.

З подальшим зростання обсягу застосування різноманітних будівельних покрівельних матеріалів проблема забезпечення пожежної безпеки загострюється. На тепер будівельні покрівельні матеріали поряд з багатьма позитивними властивостями в багатьох випадках, мають істотний недолік, а саме невідповідні показники пожежної небезпеки.

Статистика пожеж в Україні свідчить, що протягом останніх 5 років покрівлі та горища є «постійними» місцями виникнення пожеж (7,3% від загальної кількості пожеж у 2018 році). Кількість займань покрівель і горищ зростає та за період з 2014 по 2018 роки збільшилась з 5433 до 5745 пожеж (підвищення на 6%). Щорічно у середньому кількість загиблих склала 81 людина та травмованих 75. Прямий збиток від пожеж в таких місцях тільки у 2018 році склав 309 766 тис. грн.

Отже, визначення пожежонебезпечних властивостей будівельних покрівельних матеріалів, а саме стійкості покрівлі (покрівельного матеріалу та основи) до зовнішнього вогневого впливу, має особливе місце у забезпеченні пожежної безпеки будівель. Тому методи випробувань для визначення поширення полум'я поверхнею, проникнення вогню крізь покрівлю для всіх видів покрівель повинні удосконалюватися і, в першу чергу, має бути подальший розвиток нормативної бази щодо їх застосування.

Удосконалення національної нормативної бази, яка регламентує вимоги пожежної безпеки до будівельних конструкцій, виробів та матеріалів, створення передумов для підвищення рівня їхньої пожежної безпеки сьогодні базується на запровадженні в Україні європейської пожежної класифікації будівельних виробів і будівельних конструкцій, яка встановлена у серії європейських стандартів.

Тому одним із напрямів проведення наукових досліджень в рамках виконання заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, а також гармонізації національної нормативної бази з міжнародними та європейськими нормативними документами є удосконалення нормативної бази з оцінки відповідності покрівель та покрівельних матеріалів у відповідності до вимог пожежної безпеки для нормативної підтримки Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд. Спрямованість напряму роботи на удосконалення національної нормативної бази з вимог пожежної безпеки для створення передумов підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів будівництва підтверджує її актуальність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тематика, що досліджується, розглядалась у декількох публікаціях та роботах. Так, Згуря В. І., Остапчук А. П. у своїй роботі [1] проаналізували методи випробувань покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку, які передбачено ввести в дію

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.47-53

*E-mail: korobkin58@gmail.com

міжнародним та європейським стандартами, та надали пропозиції щодо розроблення нового нормативного документу в Україні на метод таких випробувань, в якому будуть внесенні основні положення відповідних міжнародних та європейських стандартів. Групою науковців у дослідженні [2] розроблено науково-обґрунтовані вимоги до методів випробувань покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку. Ніжник В. В. Сізіков О. О., Уханський Р. В. проаналізували європейські (міжнародні) нормативні документи, в яких регламентовані вимоги щодо пожежної класифікації та методів випробування з визначення показників пожежної небезпеки будівельних виробів та матеріалів. Обґрунтували необхідність адаптації національної пожежно-технічної класифікації будівельних матеріалів з європейською пожежною класифікацію [3].

Гравіт М. В., Недришкін О. В. та інші [4] розкрили пожежно-технічні характеристики будівельних матеріалів в європейських і російських нормативних документах та визначили проблеми гармонізації методів дослідження і класифікації. Харченко І. О. та Довбиш А. В. наголошували на доцільності єдиного підходу до визначення пожежної небезпеки покрівельних матеріалів [5].

Аналіз публікацій дозволяє стверджувати, що запропонована тема є незавершеною та потребує додаткових досліджень у напрямах гармонізації національної нормативної бази з міжнародними та європейськими нормативними документами. Питання удосконалення нормативної бази з оцінки відповідності покрівель та покрівельних матеріалів вимогам пожежної безпеки в цілому залишилося незавершеним, а саме, для класифікації окремих покрівель/покрівельних покриттів на основі даних, визначених у CEN/TS 1187 [6], необхідні додаткові правила, або рекомендації щодо процесу та розробки розширених сфер застосування з використанням результатів випробувань, отриманих з випробувань згідно CEN/TS 1187 [6].

Формулювання цілей дослідження. Метою дослідження є обґрунтування необхідності встановлення в Україні сучасних вимог з пожежної безпеки до покрівель як до конструкції та запровадження методу розширеного застосування результатів випробувань на пожежну небезпеку відповідно до напрямів гармонізації національних стандартів з міжнародними та європейськими нормативними документами стосовно відповідності покрівель та покрівельних матеріалів вимогам пожежної безпеки.

Виклад основного матеріалу. Аналіз нормативних документів, чинних в Україні, щодо вимог пожежної безпеки до покрівель та покрівельних матеріалів.

На цей час в Україні вимоги безпеки до покрівельних матеріалів викладено в [7, 8]. Відповідно до вимог [7, 8] для покрівельних та гідроізоляційних рулонних матеріалів і мастик на кожний конкретний вид матеріалу повинні визначатися три такі показники пожежної небезпеки:

– група горючості [9];
– група поширення полум’я [10];
– група займистості [11].

В [12] встановлено загальну вимогу щодо речовин, матеріалів і виробів – це заборона їх застосування без встановлених характеристик пожежної небезпеки, а також інструкцій з безпечного виконання робіт.

Відповідно до [13] встановлено загальні вимоги, які слід враховувати при проектуванні покриття об’єкта, а також визначено, що мінімальні класи вогнестійкості елементів покриття і мінімальні межі поширення вогню по них мають відповідати ступеню вогнестійкості будинку, на якому вони влаштовуються.

В [14] встановлено, що при проектуванні будинків, що проектуються або будуються за будівельними нормами, які розроблені на основі національних технологічних традицій, до показників пожежної безпеки будівельних матеріалів віднесено здатність щодо поширення полум’я поверхнею – відповідно до ДСТУ Б В.2.7-70 [10]. Вимогами [14] встановлено шляхи досягнення обмеження поширення пожежі між будинками, а саме: зниження пожежної небезпечності будівельних матеріалів, що використовуються в зовнішніх огороджувальних конструкціях, у тому числі облицюванням, оздобленням, опорядженням фасадів будинків, а також у покриттях. Під час поділу будинку на протипожежні відсіки встановлено вимоги до показників пожежної небезпеки покрівель та покрівельних матеріалів, а саме: протипожежна стіна 1 типу повинна перевищувати покрівлю будинку не менше ніж на 0,6 м, якщо хоча б один з елементів покриття, за винятком покрівлі, виконано з матеріалів груп горючості Г3 або Г4; на 0,3 м, якщо хоча б один з елементів покриття, за винятком покрівлі, виконано з матеріалів груп горючості Г1 або Г2. Протипожежні стіни можуть не перевищувати покрівлю, якщо всі елементи покриття, за винятком покрівлі, виконано з негорючих матеріалів.

Під час улаштування шляхів евакуації покрівлею будинку встановлено, що поверхневий шар ділянки покрівлі або поверхневий шар експлуатованого виду покрівлі, по якій передбачається евакуація людей, слід виконувати з негорючих матеріалів. Така покрівля (ділянка покрівлі) повинна бути розрахована на додаткові навантаження від людей під час евакуації, мати ширину не менше 1,2 м, огорожу заввишки не менш ніж 1,2 м та обладнана знаками безпеки щодо напрямку евакуації.

Відповідно до вітчизняної пожежної класифікації будівельних матеріалів (додаток А [14]) горючі будівельні матеріали за поширенням полум'я поверхнею поділяють на чотири групи: РП1 (не поширюють), РП2 (локально поширюють), РП3 (помірно поширюють), РП4 (значно поширюють). Групи будівельних матеріалів за поширенням полум'я поверхнею визначають для поверхневих шарів конструкцій покрівель, підлог, у т. ч. килимових покриттів, і встановлюють за результатами випробування відповідно до ДСТУ Б В.2.7-70 [10].

Методи випробувань покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку, які застосовують в Україні, є такими.

Метод випробувань з визначення групи горючості горючих будівельних матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) [9]. Дата скасування дії 01.01.2020 (новий документ ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. Дата початку дії 01.01.2020). За результатами випробувань горючі (Г) будівельні матеріали в залежності від значень параметрів горючості матеріалу поділяють на чотири групи горючості: Г1, Г2, Г3, Г4. Якщо за різними параметрами матеріал має бути віднесений до різних груп горючості, то його відносять до більш небезпечних. Випробування здійснюють виключно для зовнішнього шару покрівлі, що може складатися з багатьох шарів, не враховується кут нахилу покрівлі, наявність різноманітних ущільнень та вікон.

Метод випробувань з визначення групи поширення полум'я згідно з ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) [10]. За результатами випробувань матеріали в залежності від значення КПГТП (критичної поверхневої густини теплового потоку) поділяють на чотири групи поширення полум'я: РП1, РП2, РП3, РП4. Випробування здійснюють виключно зовнішнього шару покрівлі, що може складатися з багатьох шарів, не враховується кут нахилу покрівлі, наявність різноманітних ущільнень та вікон.

Метод випробувань з визначення групи займистості згідно з ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) [11]. За результатами випробувань покрівлі залежно від значення КПГТП поділяють на три групи займистості: В1, В2, В3. Випробування здійснюють виключно для зовнішнього шару покрівлі, що може складатися з багатьох шарів, при цьому не враховується кут нахилу покрівлі, наявність різноманітних ущільнень та вікон, вплив вітру.

Крім зазначених вище методів, в Україні впроваджено європейські методи випробувань покрівель зовнішнім вогневим впливом [15] і європейська пожежна класифікація покрівель [16].

Слід зазначити, що в національній нормативній базі не встановлено вимог до покрівель як до конструкцій і відповідних методів випробувань на пожежну небезпеку.

Аналіз вимог та методів випробувань з визначення показників пожежної небезпеки покрівель та покрівельних матеріалів країн Європейського Союзу, Англії та США.

В країнах Європейського Союзу класифікації покрівель встановлено в [17]. Цей стандарт передбачає процедури класифікації та проведення вогневих випробувань для покрівель (покрівельних матеріалів), підданих зовнішньому вогневому впливу, що базуються на чотирьох методах випробувань, наведених у CEN/TS 1187 [6], та відповідних процедурах розширеного застосування. Визначено, що для класифікації покрівель (покрівельних матеріалів) необхідно застосовувати тільки методи випробувань і процедури розширеного застосування, для яких передбачена відповідна класифікація. Вироби розглядаються щодо їх остаточної сфери застосування.

Стандарт [6] встановлює чотири методи випробувань для визначення стійкості покрівлі (покрівельного матеріалу та основи) до зовнішнього вогневого впливу:

– випробування з використанням джерела вогневого впливу;

– випробування з використанням джерела вогневого впливу та повітряного потоку;

– випробування з використанням джерела вогневого впливу, повітряного потоку та додаткового теплового випромінювання;

– двостадійний метод випробування з використанням джерела вогневого впливу,

повітряного потоку та додаткового теплового випромінювання.

Означені методи випробувань дозволяють визначити поширення полум'я поверхнею та в кожному шарі покрівлі, разом з основою, проникнення вогню крізь покрівлю, а також утворення крапель або частин, що горять та падають, або з нижнього боку покрівлі, або з поверхні покрівлі, яка піддається вогневому впливу. Випробування за даними методами можуть проводитися в будь-якій послідовності. Кожен метод є самостійним. Методи не є взаємозамінними. Зазначимо, що результати випробувань покрівель, відповідно до [6], відносяться до результатів (правил) прямого застосування.

Стандарт [18] надає рекомендації щодо розширених сфер застосування з використанням результатів випробувань, отриманих з випробувань CEN/TS 1187 [6], і включених в звіти про випробування та іншої відповідної інформації для оцінки та класифікації характеристик покрівель/покрівельних матеріалів.

В Англії будівельні норми [19] стосовно пожежної безпеки встановлюють основні вимоги для забезпечення пожежної безпеки житлових будинків, у тому числі вимоги до покрівель та покрівельних матеріалів у різних видах їх застосування. Конструкції покрівель класифікують в межах національної системи двома літерами в діапазоні від AA до DD. Перша літера вказує час на проникнення; літера є міра поширення полум'я. Одночасно конструкції класифікують в рамках європейської системи як B_{ROOF} (t4), C_{ROOF} (t4), D_{ROOF} (t4), E_{ROOF} (t4) або F_{ROOF} (t4) відповідно до [20].

Крім того слід зазначити, що у нормативному документі [19], встановлені вимоги до покрівель та покрівельних матеріалів, як до будівельних матеріалів, відповідно до національної класифікації і одночасно встановлено класифікацію, наведену в [17], причому національна класифікація є домінуючою.

Національний стандарт США щодо вогневих випробувань покрівель [21] охоплює вимір показників пожежної небезпеки покрівель, що піддають впливу джерел вогню, які мають місце за межами будівлі. Це може бути застосовано до покрівель, призначених для установки на горючих або негорючих настилах даху, якщо вони застосовуються за призначенням.

Підсумовуючи вищенаведене, слід зазначити, що державними будівельними нормами і нормативними документами України стосовно визначення показників пожежної небезпеки до покрівель як конструкцій, не передбачено методів випробувань. Існуючим документом [16], що прийнятий в Україні методом підтвердження, сфера розширеного застосування результатів випробувань, визначена. Разом з тим, дотепер, не встановлений процес розробки розширених сфер застосування з використанням результатів випробувань, отриманих з випробувань CEN/TS 1187 [6], не регламентована методологія щодо розгляду можливого впливу на класифікацію згідно ДСТУ EN 13501-5 [16] одноразових або багаторазових змін окремих будівельних виробів і параметрів цільового використання покрівель та покрівельних матеріалів. В цій методології повинна бути приділена увага покрівлям, які, як правило, складаються з опорної плити/підкладки, пароізоляції, ізоляційного шару, мембран, а також інших розділових шарів або проміжних шарів, що потрібні для задоволення інших характеристик покрівлі.

Висновки. Виходячи з вищенаведеного встановлено, що в країнах Європейського простору до покрівель та покрівельних матеріалів встановлено вимоги з пожежної безпеки як до матеріалів покрівель так і до покрівель в складі конструкцій. В Україні вимоги з пожежної безпеки до покрівель встановлено в державних будівельних нормах як до будівельного матеріалу.

З метою гармонізації європейських підходів у сфері забезпечення пожежної безпеки покрівель та покрівельних матеріалів в Україні потребує встановлення вимог до покрівель як до конструкцій та внесення відповідних змін до державних будівельних норм в частині пожежної класифікації покрівель, а також запровадження методу щодо розширеного застосування результатів випробувань покрівель на пожежну небезпеку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Згуря В. І., Остапчук А. П. Сучасні методи випробувань покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку // Науковий вісник УкрНДІПБ. Київ. 2003. № 1 (7), С. 130-133..
2. Провести дослідження та науково обґрунтувати методи випробувань покрівельних матеріалів на пожежну небезпеку (шифр роботи «Пожежна небезпека покрівельних матеріалів»: звіт про НДР (заключний) УкрНДІЦЗ ДСНС України; Шеверєв Є. Ю., Добростан О. В., Поворознюк Н. А., Коваленко В. В. Київ. 2015. 244 с. № ДР 0114U003771.
3. Ніжник В. В. Сізіков О. О., Уханський Р. В., Мартюк Д. В., Тищенко О. М., Аналітичні дослідження вимог європейських (міжнародних) нормативних документів щодо пожежної класифікації будівельних матеріалів // Науковий вісник УкрНДІПБ. Київ. 2014, № 1 (29). С. 44-49.
4. Гравит М. В., Недрышкин О. В., Вайтицкий, А. А., Шпакова А. М., Нигматуллина Д. Г. Пожарно-технические характеристики строительных материалов в европейских и российских нормативных документах. Проблемы гармонизации методов исследования и классификации // Пожаровзрывобезопасность. Санк-Петербург. 2016., № 10, том 25.
5. Харченко І. Довбиш А. Пожежна небезпека покрівельних матеріалів // Будмайстер. 2002. № 6. С. 38-40.
6. CEN/TS 1187:2012 Test methods for external fire exposure to roofs. (Методи випробувань покрівель зовнішнім вогневим впливом). URL: https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:105:0: (дата звернення: 21.06.2019).
7. ДСТУ Б В.2.7-101-2000 (ГОСТ 30547-97) Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови. – Чинний від 01.07.2000. – Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. 2000. – 23 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-108-2001 (ГОСТ 30693-2000) Будівельні матеріали. Мастики покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови. – Чинний від 01.01.2002. – Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. 2000. – 15 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) Матеріали будівельні. Методи випробувань на горючість. – Чинний від 01.01.1996. – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. 2000. – 33 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) Матеріали будівельні. Метод випробування на поширення полум'я. – Чинний від 01.01.1999. – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. 1998. – 5 с.
11. ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість. – Чинний від 01.01.1998. – Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. 1996. – 15 с.
12. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. Офіційний вісник України від 10.04.2015 – 2015 р., № 26.
13. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. – Чинний від 01.01.2018. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 43 с.
14. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги. – Чинний від 01.06.2017. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 39 с.
15. ДСТУ CEN/TS 1187:2016 Методи випробувань покрівель зовнішнім вогневим впливом (CEN/TS 1187:2012, IDT). – Чинний від 01.09.2016. – Київ: Підтверджувальне повідомлення ДП «УкрНДНЦ», наказ № 236 від 11.08.2016.
16. ДСТУ EN 13501-5:2016 (EN 13501-5:2005 + A1:2009, IDT) Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 5. Класифікація за результатами випробувань стійкості покрівель до зовнішнього вогневого впливу – Чинний від 01.09.2016. – Київ: Підтверджувальне повідомлення ДП «УкрНДНЦ», наказ № 236 від 11.08.2016.
17. EN 13501-5:2005+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements – Part 5: Classification using data from external fire exposure to roofs tests (Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 5. Класифікація за результатами випробувань стійкості покрівель до зовнішнього вогневого впливу). URL: https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:105:0 (дата звернення: 21.06.2019).
18. CEN/TS 16459:2013 External fire exposure of roofs and roof coverings – Extended application of test results from CEN/TS 1187 (Вплив зовнішнього вогню на покрівлі та покрівельні матеріали. Розширене застосування результатів випробування CEN/TS 1187). URL: https://standards.globalspec.com/std/1650621/cen-ts-16459(дата звернення: 18.06.2019).
19. The Building Regulations Document B «Fire Safety» Volume 1 «Dwellinghouses» (Будівельні норми Документ B «Пожежна безпека» Том 1 «Житлові будинки») URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/806690/Approved_Document_B__fire_safety__volume_1_dwellinghouses.pdf (дата звернення: 18.06.2019).
20. BS EN 13501-5:2005 Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from external fire exposure to roofs tests (Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних елементів. Частина 5. Класифікація за результатами випробувань стійкості покрівель до зовнішнього вогневого впливу).
21. ASTM E108 – 17 Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings (Стандартні методи випробувань для вогневих випробувань покрівельних покриттів (покрівель). URL: http://www.standards.ru/document /6419405.aspx (дата звернення: 11.05.2019).

REFERENCES

1. Zghuria V. I., Ostapchuk A. P. (2003) Suchasni metody vyprobuvan pokrivelnykh materialiv na pozhezhnu nebezpeku [Modern test methods of roofing materials for fire hazard] Naukovyi visnyk UkrNDIPB. Kyiv. 2003. № 1 (7), vol. 130-133.(in Ukrainian)
2. Provesty doslidzhennia ta naukovo obgruntuvaty metody vyprobuvan pokrivelnykh materialiv na pozhezhnu nebezpeku [Conduct research and scientifically substantiate the test methods of roofing materials for fire hazard]. Zvit pro NDR, UkrNDICZ , Kyiv, 2015, 244 p.
3. Nizhnyk V. V. Sizikov O. O., Ukhanskyi R. V., Martiuk D. V., Tyshchenko O. M. (2014) [Analytical research of the requirements of European (international) normative documents

on the fire classification of building materials]. Naukovyi visnyk UkrNDIPB, Kyiv,vol. 1 (29), pp. 44-49. (in Ukrainian)

4. Gravit M. V., Nedryshkin O. V., Vaytitskiy,A. A., Shpakova A. M., Nigmatullina D. G. (2016) Pozharno-tekhnicheskie kharakteristiki stroitel'nykh materialov v evropeyskikh i rossiyskikh normativnykh dokumentakh. Problemy garmonizatsii metodov issledovaniya i klassifikatsii [Fire-technical characteristics of building materials in European and Russian normative documents. Problems of harmonization of research methods and classification]. Pozharovzryvobezopasnost, Sank-Peterburg, no.10, vol 25. (in Russian)
5. Kharchenko I. Dovbish A. Pozhezhna nebezpeka pokrivel'nikh materialiv. Budmayster. 2002. № 6.pp. 38-40..
6. CEN/TS 1187:2012 Test methods for external fire exposure to roofs.
7. DSTU B V.2.7-101-2000 (HOST 30547-97) Budivelni materialy. Materialy rulonni pokrivelni ta hidroizoliatsiini. Zahalni tekhnichni umovy.
8. DSTU B V.2.7-108-2001 (HOST 30693-2000) Budivelni materialy. Mastyky pokrivelni ta hidroizoliatsiini. Zahalni tekhnichni umovy. – Chynnyi vid 01.01.2002. – Kyiv: Derzhavnyi komitet budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovoi polityky Ukrainy. 2000. – 15 s.
9. DSTU B V.2.7-19-95 (HOST 30244-94) Materialy budivelni. Metody vyprobuvan na horiuchist. – Chynnyi vid 01.01.1996. – Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury. 2000. – 33 s.
10. DSTU B V.2.7-70-98 (HOST 30444-97) Materialy budivelni. Metod vyprobuvannia na poshyrennia polumia. – Chynnyi vid 01.01.1999. – Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury. 1998. – 5 s.
11. DSTU B V.1.1-2-97 (HOST 30402-96) Materialy budivelni. Metod vyprobuvannia na zaimystist. – Chynnyi vid 01.01.1998. – Kyiv: Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury. 1996. – 15 s.
12. Pro zatverdzhennia Pravyl pozhezhnoi bezpeky v Ukraini: nakaz MVS Ukrainy vid 30.12.2014 № 1417. Ofitsiinyi visnyk Ukrainy vid 10.04.2015 – 2015 r., № 26.
13. DBN V.2.6-220:2017. Pokryttia budivel i sporud. – Chynnyi vid 01.01.2018. – Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2017. – 43 s.
14. DBN V.1.1-7:2016 Pozhezhna bezpeka ob`iektiv budivnytstva. Zahalni vymohy. – Chynnyi vid 01.06.2017. – Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2016. – 39 s.
15. DSTU CEN/TS 1187:2016 Metody vyprobuvan pokrivel zovnishnim vohnevym vplyvom (SEN/TS 1187:2012, IDT). – Chynnyi vid 01.09.2016. – Kyiv: Pidtverdzhuvalne povidomlennia DP «UkrNDNTs», nakaz № 236 vid 11.08.2016.
16. DSTU EN 13501-5:2016 (EN 13501-5:2005 + A1:2009, IDT) Pozhezhna klasyfikatsiia budivelnykh vyrobiv i budivelnykh konstruktsii. Chastyna 5. Klasyfikatsiia za rezultatamy vyprobuvan stiikosti pokrivel do zovnishnoho vohnevoho vplyvu.EN 13501-5:2005+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements – Part 5: Classification using data from external fire exposure to roofs tests.
17. CEN/TS 16459:2013 External fire exposure of roofs and roof coverings – Extended application of test results from CEN/TS 1187.
18. The Building Regulations Document B «Fire Safety» Volume 1 «Dwellinghouses» available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/806690/Approved_Document_B__fire_safety__volume_1_dwellinghouses.pdf.
19. BS EN 13501-5:2005 Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from external fire exposure to roofs tests.
20. ASTM E108 – 17 Standard Test Methods for Fire Tests of Roof Coverings
.

ANALYSIS OF REQUIREMENTS AND METHODS OF TESTING OF ROOFS AND ROOFING MATERIALS TO FIRE HAZARD

V. Korobkin, Cand.of Sc. (Eng.), Associate Professor, V. Kovalenko, Cand.of Sc. (Eng), Senior Fellow, B. Kovalyshyn.
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

roofs, roofing materials, tests, indicators of fire hazard, standard, construction codes, method of extended application, fire-technical classification.

ANNOTATION

The article is aimed at improving the national regulatory framework on fire safety requirements to create the preconditions for increasing the level of fire safety of construction objects. The authors emphasize that the improvement of the national regulatory framework that regulates fire safety requirements for building structures, products and materials is based today on the introduction of a European fire classification of construction products and building structures in Ukraine, which is established in a series of European standards EN 13501. The analysis of normative documents in force in Ukraine regarding fire safety requirements for roofs and roofing materials and test methods for roofs and roofing materials for fire hazard is given. It has been determined that the requirements and test methods for roofs as part of the design in reaction to fire are not established in normative documents in force in Ukraine. It is emphasized that the test results of roofs executed in accordance with CEN/TS 1187 determine the results related to the results (rules) of direct application. An analysis of requirements and test methods for determining indicators of fire hazard of roofs and roofing materials of normative acts of the countries of the European Union and the United States carried out. It is noted that normative acts of Ukraine regarding the definition of indicators of fire hazard for roofs as constructions do not provide for test methods, which together with the initial result of the test would allow to consider a larger range of one or several parameters of the construction product and the target use parameters. Today, there is no document providing a methodology to optimize the number of tests required to cover the maximum field of application and which would set out the process and development recommendations of extended application areas using the test results obtained from tests on existing methods. The conclusion is made on the expediency of further harmonization of European approaches in the sphere of fire safety of roofs and roofing materials in Ukraine, namely the establishment of requirements for roofs as constructions and the introduction in Ukraine of a method for the expanded application of the results of tests of roof and roofing materials for fire hazard and the introduction of amendments to state construction codes in terms of classification of roofs as structures.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ И МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ КРОВЕЛЬ И КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ

В. Ф. Коробкин, канд. техн. наук, доц., В. В. Коваленко канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Б. М. Ковалишин
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

кровли, кровельные материалы, испытания, показатели пожарной опасности, стандарт, строительные нормы, метод расширенного применения, пожарно-техническая классификация.

АННОТАЦИЯ

Приведена статистика пожаров в Украине относительно кровель. Проведен анализ научных статей и нормативных документов по требованиям пожарной безопасности относительно кровель и кровельных материалов, их методов испытаний на пожарную опасность. Предоставлен анализ нормативных документов по определению показателей пожарной опасности кровель и кровельных материалов стран Европейского Союза, Англии и США. Определена необходимость установления в Украине требований к кровлям как к конструкции и внедрение метода по расширенному применению результатов испытаний кровель и кровельных материалов на пожарную опасность.

УДК 614.841

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ ВІД РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРУВАННЯ ПІНИ

А .І. Кодрик, канд. техн. наук, О. Ф. Нікулін, д-р техн. наук, О. М. Тітенко, канд. техн. наук, С. М. Шахов, ад'юнкт, О. В. Куртов, інженер*
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна
Національний університет цивільного захисту України, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 23.05.2019
Пройшла рецензування: 26.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

компресійна піна, піноутворювач, адгезія, стійкість піни, системи пінного пожежогасіння.

АНОТАЦІЯ

Для системи пожежогасіння компресійною піною наведено результати дослідження залежності властивостей компресійної піни, а саме: стійкості, кратності, адгезії, витрат піноутворювача та води, тривалості гасіння від робочих параметрів процесу генерування піни, таких як тип та концентрація піноутворювача, робочий тиск у системі генерування піни.

Наведено результати випробування з визначення тривалості гасіння компресійною піною низької кратності модельного вогнища пожежі 55 В і показника вогнегасної здатності за класом пожежі. У разі гасіння компресійною піною низької кратності та їх порівняння з відповідними показниками ефективності повітряно-механічної піни середньої кратності, одержаної з використанням ежекційних стволів-генераторів піни.

Постановка проблеми. Використання під час гасіння пожеж систем пожежогасіння компресійною піною як високоефективного засобу пожежогасіння [1–7] набуло широкого поширення в багатьох країнах. Проведений аналіз досвіду застосування систем пожежогасіння компресійною піною [8] показав їх значні переваги у порівнянні з традиційними технологіями пожежогасіння. Це підвищення ефективності гасіння пожеж різних класів, зменшення витрати піноутворювачів, а також зменшення збитків, які нанесені майну під час гасіння пожеж. В Україні такі системи підрозділами ДСНС України не використовуються. Тому розробка систем пожежогасіння компресійною піною та технології застосування відповідає інноваційним напрямкам розвитку ДСНС України.

Аналіз проблеми. Основна проблема під час створення систем пожежогасіння компресійною піною полягає в належному регулюванні витрати водного розчину піноутворювача і витрати повітря, які подають в змішувальну камеру таким чином, щоб безперервно забезпечувати генерування піни, яка повинна мати належні властивості для гасіння полум'я та зберігати високу стійкість з плином часу. Зазначимо, що технології генерування компресійної піни в різних країнах відрізняються одна від одної [1–7] схемами побудування, кількістю та видами піноутворювачів, а також робочими параметрами, а саме: тиском, витратами компонентів, тривалістю роботи. Для нас особливий інтерес мають технології створення компресійної піни з використанням вітчизняних піноутворювачів та обладнання, що знаходиться на оснащенні підрозділів ДСНС України, і яке можна модернізувати з метою забезпечення можливості реалізації цієї технології. Результати цих робіт дозволять започаткувати впровадження в практику нових методів гасіння пожеж з підвищеною ефективністю та значно меншими матеріальними витратами.

Згідно статистичних даних [9] за період з 2008 по 2017 роки усереднена питома вага пожеж, на які пожежно-рятувальні підрозділи прибували упродовж нормованого часу прибуття у містах, складає 59%. Водночас, кількість пожеж, розвитку яких сприяла завантаженість автотранспортом доріг, за віддаленості до місця пожежі більш як на 3 км зросла в 4,2 рази. Однією з причин є значне зниження пропускної здатності міських вулиць, особливо під час пікових навантажень, у зв'язку зі значним збільшенням кількості автомобілів та погіршенням стану доріг. Перевагу в такій ситуації мають більш маневрені малогабаритні автомобілі, але вони не мають можливості доставляти великі об'єми вогнегасних речовин. За даними авторів [10], у разі застосування компресійної піни такі автомобілі за рахунок зниження витрати води у 5–15 разів і скорочення тривалості гасіння у 5–7 разів [10] стають еквівалентними штатним пожежним автомобілям. Тому значну увагу в роботі було

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.54-63
*E-mail: kodrik@ukr.net

приділено дослідженню мобільних пересувних та вбудованих в малогабаритні пожежні автомобілі систем пожежогасіння компресійною піною.

Мета роботи. Виявити вплив технологічних параметрів процесу генерування піни, а саме: тиску в системі, витрат водного розчину та повітря, марки піноутворювача та його відсоткового вмісту, можливих схем змішування на властивості генерованої піни, таких як стійкість, вогнегасна ефективність, адгезія, що дозволить створювати ефективні системи для генерування компресійної піни та здійснювати управління процесами її генерування та пожежогасіння.

Викладення основного матеріалу. За результатами моделювання процесу генерування піни на основі розробленої математичної моделі фізичних процесів [11] було виготовлено дослідний зразок системи пожежогасіння компресійною піною [12] (рис. 1) та проведено дослідження з метою виявлення можливості генерування компресійної піни з використанням піноутворювачів вітчизняного виробництва зі змінним співвідношенням витрат водного розчину піноутворювача і повітря, тиску у системі та витрати водного розчину з контролюванням отриманої дисперсності і гомогенності бульбашок піни, її стійкості, кратності, вогнегасної ефективності та адгезії у разі її нанесення на вертикальну поверхню.

Рисунок 1 – Експериментальна система пожежогасіння компресійною піною

Дослідний зразок системи пожежогасіння компресійною піною забезпечує можливість зміну тиску в інтервалі від 0,1 МПа до 1 МПа, з можливістю його регулювання через редуктор з похибкою 0,02 МПа. Концентрацію піноутворювачів у водному розчині змінювали від 2% до 6%. Витрату водного розчину піноутворювача змінювали від 1 л/хв до 5 л/хв. Витрати водного розчину піноутворювача та повітря регулювали окремо за допомогою редукторів у межах від 1:5 до 1:25. Місткість посудини для води складала 20 л. Для подавання рідини в камеру змішування використовували стиснене повітря, яке подавали компресором зарегульованого тиску в діапазоні від 0,1 МПа до 1,0 МПа. Змішувальна камера являє собою циліндр з розташованими всередині елементами змішування – соплами для подавання в камеру водного розчину піноутворювача, рядом сіток або пористих тіл для ефективного перемішування водного розчину піноутворювача з повітрям та сопла на виході з системи.

Дальність подавання піни залежно від робочих режимів складала від 7 м до 10 м. Як піноутворювачі використано синтетичні піноутворювачі загального призначення: «Барс S1», згідно з ТУ У 20.41.20-20.00-36918251-001:2015, Пірена-1 згідно з ТУ У 24.6-20166240-002:2010 та експериментальний модифікований плівкоутворювальний піноутворювач «Ефект», виробництва ТОВ НВП «Укрпожстандарт». Дисперсність і гомогенність піни оцінювали середнім розміром бульбашки та розподілом бульбашок за розмірами. Кратність, стійкість визначали за руйнуванням 25% піни від її початкового об’єму, адгезію – за проміжком часу сповзання 25% піни, нанесеної на вертикальну поверхню, згідно з методиками [8].

За результатами проведених досліджень було встановлено:

– залежність кратності та дисперсності піни від марки піноутворювача, відсоткового вмісту піноутворювача, витрат водного розчину піноутворювача і повітря та їх співвідношення, а також тиску у передкамері системи пожежогасіння компресійною піною;

– залежність дисперсності піни від кратності;

– залежність стійкості піни від її кратності;

– залежність стійкості піни від кратності у разі використанні водного розчину піноутворювача з добавкою полівінілового спирту та без неї.

На рис. 2 наведено загальний вигляд отриманої піни, нанесеної на вертикальну поверхню після 240 с витримки, за різного співвідношення витрат водного розчину піноутворювача і повітря, a – 1/5, b – 1/12, c – 1/20.

Аналізуючи наведені залежності, можна відзначити, що:

– існує залежність кратності піни від тиску у передкамері; збільшення тиску в досліджених межах призводить до збільшення кратності (рис. 3);

– кратність піни залежить від відсоткового вмісту піноутворювача у розчині, існує оптимальне (за критерієм максимуму кратності піни) їх співвідношення, яке відповідає вмісту піноутворювача у межах 4%...6% (рис. 5); варто зазначити, що це фактично збігається з рекомендованими виробниками концентраціями водних розчинів піноутворювачів для генерування піни з використанням ежекційних стволів-генераторів;

– для більш стійкої піни має місце і більша її кратність (рис. 5);

a b c

Рисунок 2 – Загальний вигляд одержаної піни

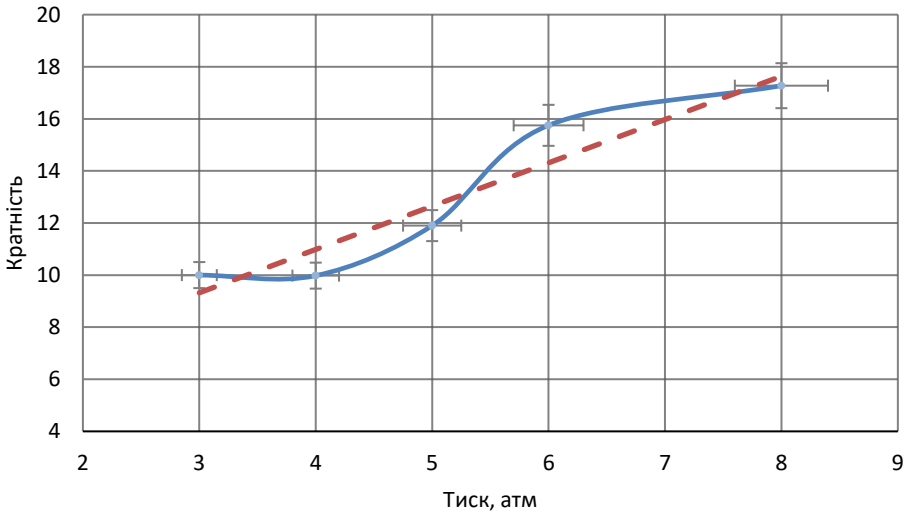


Рисунок 3 – Залежність (та лінійна апроксимація) кратності піни від тиску у передкамері установки при середньостатистичному узагальненні результатів дослідів для різних режимів генерування піни

– залежно від конструктивних особливостей системи пожежогасіння компресійною піною має місце оптимальне значення витрати водного розчину піноутворювача, рис. 6;

– у разі додавання до водного розчину піноутворювача стабілізатора (полівінілового спирту) кратність і стійкість піни зростають (рис. 7);

– для генерування компресійної піни придатні піноутворювачі загального призначення (рис. 8);

– полідисперсність (рис. 9) піни зменшується із збільшенням її кратності.

На рис. 3–9 подано графіки залежності властивостей піни від робочих параметрів процесу її генерування.

Зазначимо, що отримана компресійна піна має властивості, подібні до властивостей повітряно-механічної піни, одержаної з використанням ежекційних стволів-генераторів піни, проте характеризується більш рівномірною структурною будовою з майже однаковими геометричними розмірами бульбашок; водночас, має місце суттєве збільшення тривалості їх існування та високих адгезійних властивостей (рис. 2).

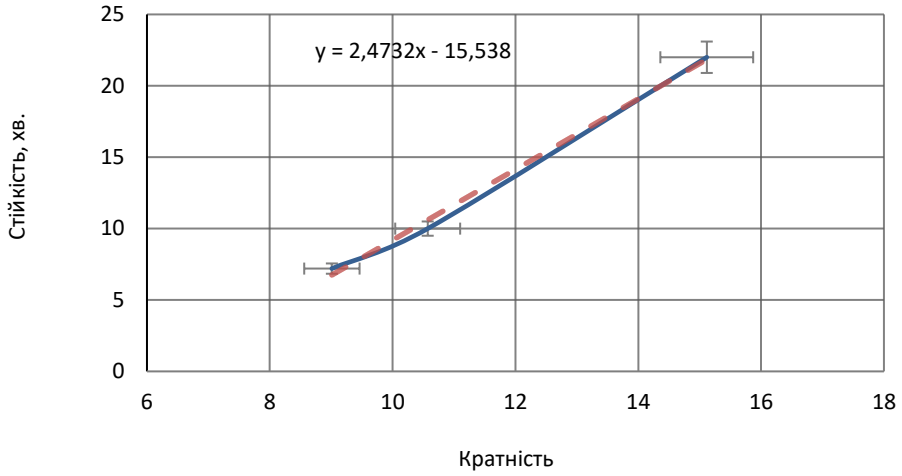


Рисунок 4 – Залежність (та лінійна апроксимація) стійкості піни від її кратності при середньостатистичному узагальненні результатів дослідів для різних режимів генерування піни

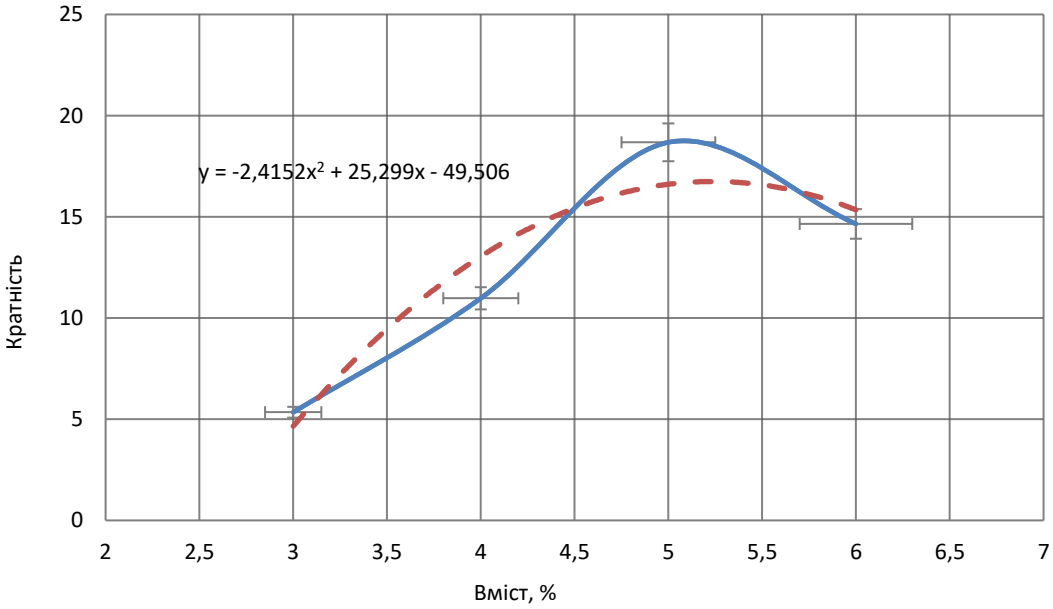


Рисунок 5 – Залежність (та квадратична апроксимація) кратності піни від відсоткового вмісту піноутворювача «БАРС 1S» при середньостатистичному загальненні результатів дослідів для різних режимів генерування піни

Перевірку ефективності застосування компресійної піни у пожежогасінні проводили за результатами вогневих випробувань з гасіння модельних вогнищ пожежі 55 В та їх порівнянням з існуючими даними, отриманими під час гасіння таких вогнищ повітряно-механічною піною середньої кратності, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів з використанням ежекційних стволів-генераторів піни. Методику та протоколи випробувань наведено у [8]. Компресійну піну генерували з використанням піноутворювача загального призначення «Барс 1S» (зразок 1) та модифікованого плівкоутворювального піноутворювача «Ефект» (зразок 2), наданих на випробування українськими виробниками. Кратність піни, що утворюється з 4% водного розчину піноутворювача зразків 1 та 2, для проведення випробувань складала 9, стійкість більш ніж 300 с. Піну генерували за тиску в системі 8 бар, співвідношення витрат водного розчину піноутворювача і води 10, витрата водного розчину піноутворювача складала 4 л/хв. Результати випробувань наведено в таблиці 3.

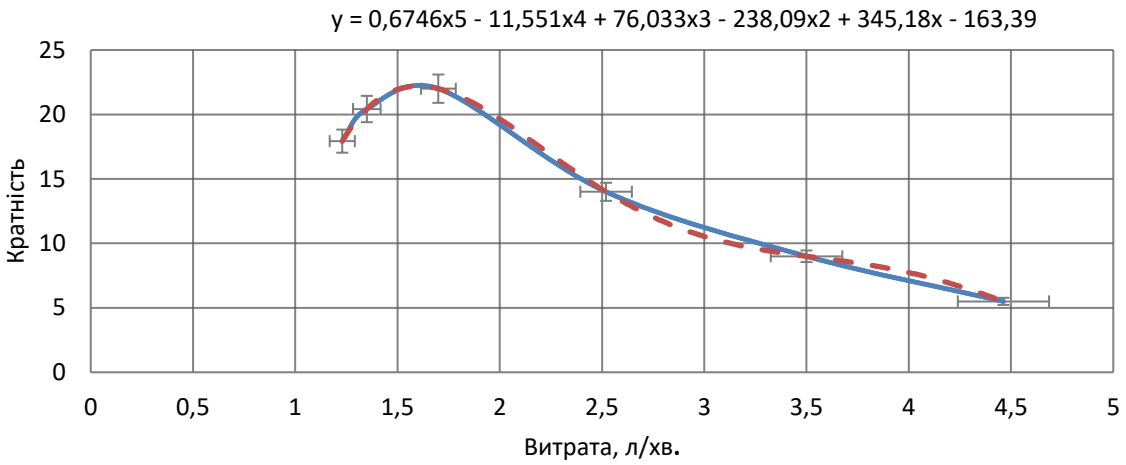


Рисунок 6 – Залежність (та кубічна апроксимація) кратності піни від витрати водного розчину піноутворювача «БАРС 1S» за тиску у передкамері установки 0,8 МПа

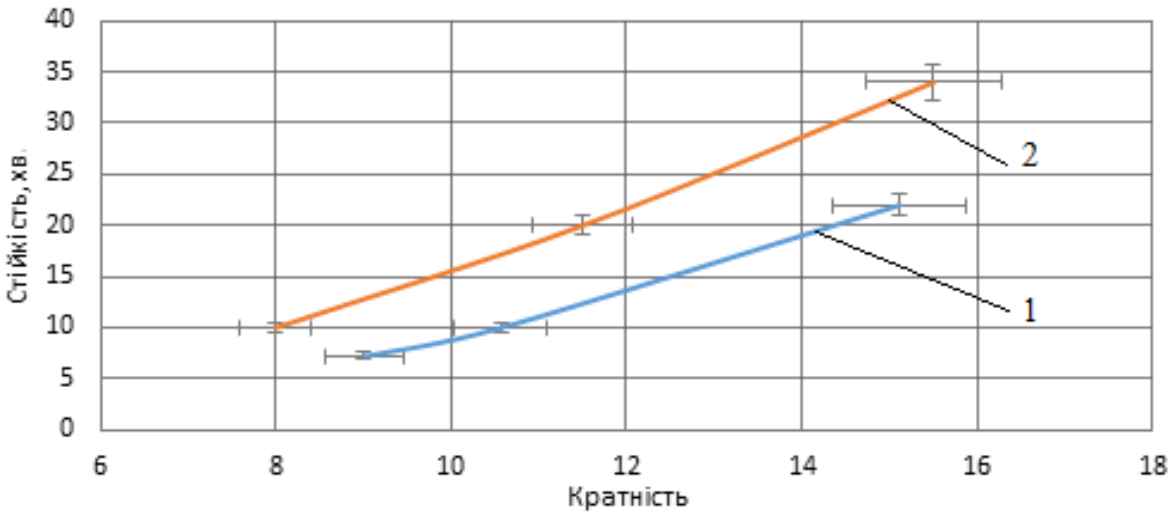


Рисунок 7 – Залежність стійкості піни від кратності для різних режимів генерування піни. Тиск у передкамері установки 0,8 МПа, 1 – 5% водний розчин піноутворювача «БАРС 1S», 2 – 5% водний розчин піноутворювача «БАРС 1S» з добавкою 1% полівінілового спирту

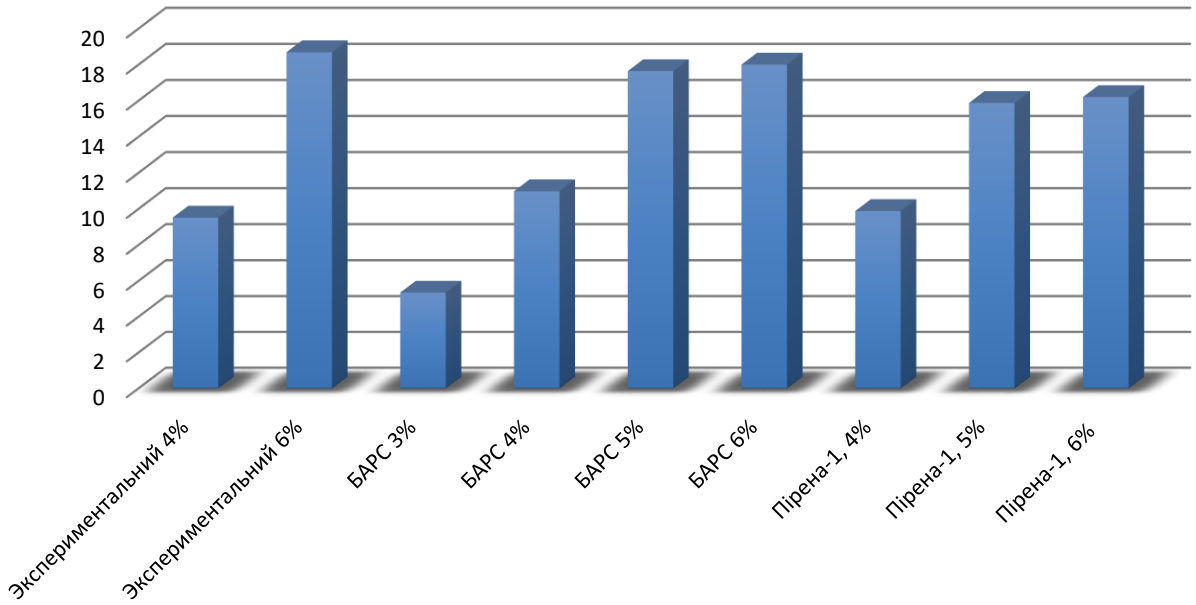


Рисунок 8– Залежність кратності піни від марки та відсоткового вмісту піноутворювача (тиск у передкамері 0,6 МПа, витрата водного розчину піноутворювача 3 л/хв)

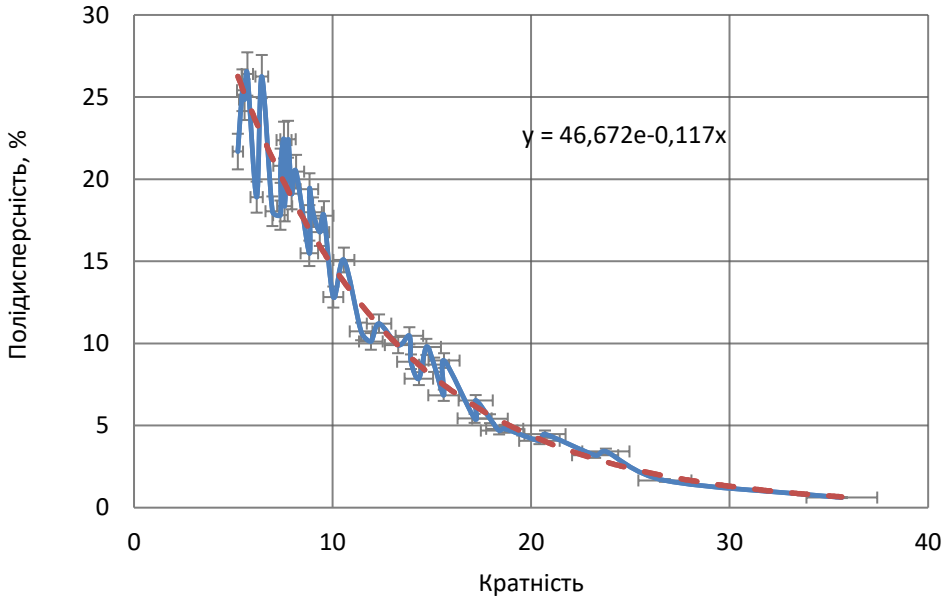


Рисунок 9– Залежність (та експоненційна апроксимація) полідисперсності піни від її кратності

Рис. 10 ілюструє гасіння компресійною піною («БАРС 1S», 4%) модельного вогнища пожежі 55 В за фіксацією стадій гасіння у часі від початку підпалювання (див. рядок 1 таблиці 3).

а б в г

Рисунок – 10 Стадії гасіння зразку модельного вогнища пожежі:
а – 30 с; б – 36 с; в – 48 с; г – 58 с.

Для оцінки ефективності використання компресійної піни у порівнянні з повітряно-механічною піною, одержаною з використанням ежекційних стволів-генераторів піни середньої кратності з використанням піноутворювача «Ефект» та за інших рівних умов, у таблиці 3 наведено результати випробувань: рядок 2 – компресійна піна, рядок 3 – повітряно-механічна піна, одержана з використанням ежекційних стволів-генераторів піни середньої кратності.

Таблиця 3 – Результати випробування з визначення тривалості гасіння піною модельного вогнища пожежі 55 В і показника вогнегасної здатності за класом пожежі В

Марка піноутво-рювача	Тип піни	Концентрація водного розчину піноутворювача	Тривалість гасіння, с	Витрата піноутво-рювача, кг	Показник вогнегасної здатності, кг/м^2	Витрата води, кг
«Барс 1S»	компресійна	4%	27,8	0,07	1,07	1,78
«Ефект»	компресійна	4%	20,2	0,05	0,78	1,29
«Ефект»	повітряно-механічна	6%	58,5	0,25	2,25	3,95

Як видно, за нижчої концентрації водного розчину одного й того самого піноутворювача і за менших витрат води отримана компресійна піна забезпечує значно меншу тривалість гасіння у порівнянні з повітряно-механічною піною, одержаною з використанням ежекційних стволів-генераторів піни середньої кратності (таблиця 3).

Аналізуючи отримані результати, можна зазначити:

– встановлені залежності властивостей компресійної піни від марки та концентрації піноутворювача і робочих параметрів процесу генерування піни та результати проведених випробувань з застосування компресійної піни для гасіння модельного вогнища пожежі підтвердили високу ефективність компресійної піни, у зв’язку з чим основним напрямком розвитку застосування компресійної піни є створення (модернізація) переносних і пересувних систем пожежогасіння компресійною піною та оснащення ними існуючої протипожежної техніки;

– проведено дослідження фізичних процесів утворення компресійної піни за різних співвідношень витрат водного розчину піноутворювача та повітря; уточнення основних фізико-технічних характеристик цих процесів

планується використовувати для подальшого коригування вхідних даних з метою удосконалення існуючої математичної моделі процесу утворення компресійної піни та для прийняття конструктивних і технологічних рішень для створення дослідних зразків систем пожежогасіння компресійною піною;

– з використанням компресійної піни за рахунок підвищеної адгезії, швидкого випаровування піни з гарячої поверхні і завдяки однорідній структурі втричі скорочено тривалість гасіння та витрати води, майже у три рази зменшено кількість використаного піноутворювача, що підтверджує значну ефективність гасіння компресійною піною в порівнянні з повітряно-механічною піною, генерованою з використанням ежекційних стволів-генераторів піни середньої кратності.

До функціональних переваг пересувних систем пожежогасіння компресійною піною можна віднести:

– можливість функціювання незалежно від зовнішніх джерел енергії та довготривалого перебування у робочому стані;

– просте та швидке приведення у робочий стан шляхом відкриття клапана балона зі стисненим повітрям та приведенням у дію ручного ствола.

У подальшому заплановано провести експериментальні дослідження з метою визначення залежності вогнегасної ефективності компресійної піни під час гасіння модельних вогнищ пожежі класу В від природи піноутворювача та його концентрації у водному розчині, а також дослідження з метою оцінювання вогнегасної ефективності такої піни під час гасіння пожежі класу А. Зазначені результати буде використано з метою удосконалення пропонованих конструкцій систем пожежогасіння компресійною піною з використанням піноутворювачів загального призначення вітчизняного виробництва, виготовлення експериментальних зразків і поставлення таких систем на виробництво, а також розроблення рекомендацій щодо застосування компресійної піни у пожежогасінні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Robert G. Taylor Technical Report 98: Compressed Air Foam Systems in Limited Staffing Conditions / Robert G. Taylor - Morristown Fire Bureau - Morristown, New Jersey – 1998. - p 75-112.
2. CAFS – Straight answers for the beginner or the experienced user [Electronic resource]–cafsinfo.com, 2008. – Mode of access: http://www.cafsinfo.com/index.html Date of access: 05.03.2009.
3. Compressed Air Foam Systems [Електронний Ресурс]/ Neal Brooks. – Режим доступу: http://compressedairfoamsystem.com.
4. Кректунов А. А. Использование компрессионной пены при тушении лесных пожаров / Кректунов А. А., Платонов Е. Ю., Торопов С.В., Хабибулин А. Ф. / Аграрное образование и наука. – 2016-№2.
5. Титаренко А. В. Газонаповнена піна – ефективний засіб пожежогасіння лісових пожеж / Титаренко А. В. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.9. – С. 246-250.
6. Залесов С. В., Годовалов Г. А., Кректунов А. А. Система пожаротушения NATISK для остановки и локализации лесных пожаров // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL : www.science-education.ru /117-12757.
7. Навроцкий О. Д. Пеногенерирующие системы со сжатым воздухом – средство пенного пожаротушения нового поколения / О. Д. Навроцкий [и др.] Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь – 2012. – № 1 (15). – С. 22-31.
8. Звіт про науково-дослідну роботу «Провести пошукові дослідження з відпрацювання складу вогнегасної речовини у вигляді компресійної піни» /О. Ф. Нікулін, А. І. Кодрик, О. М. Тітенко / УкрНДІЦЗ, ДСНС України.
9. Аналіз масиву карток обліку пожеж (POG_STAT), що надійшли з територіальних органів управління ДСНС України за 2010-2016 роки. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.undicz.mns.gov.ua.
10. Информационное агентство. Оружие России. Мобильная установка для тушения пожаров «Натиск» – современная технология борьбы с огнём. 2019 г. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.arms-expo.ru/news/armed-forces/mobilnaya-ustanovka-dlya-tusheniya-pozharov-natisk-sovremennaya-tekhnologiya-borby-s-ognem/
11. Функціонально-фізична схема установки для генерації компресійної піни / О. Ф. Нікулін, А. І. Кодрик, О. М. Тітенко, С. А. Виноградов, С. М. Шахов / Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст», 2018, випуск 7 (146), стор.163-166, м. Харків ; ISSN 2522-1809 (Print); ISSN 2522-1817
12. Розроблення експериментального лабораторного зразка системи пінного пожежогасіння, що споживає стиснене повітря (CAFS) /О. Ф. Нікулін, д.т.н., А. І. Кодрик, к.т.н., О. М. Тітенко, к.т.н., В. В. Присяжнюк / Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 2 (6), 2018, стор. 4-9.

REFERENCES

1. Robert G. Taylor Technical Report 98: Compressed Air Foam Systems in Limited Staffing Conditions / Robert G. Taylor - Morristown Fire Bureau - Morristown, New Jersey – 1998. - p 75-112.
2. CAFS – Straight answers for the beginner or the experienced user cafsinfo.com, available at: http://www.cafsinfo.com/index.html
3. Compressed Air Foam Systems Neal Brooks available at: http://compressedairfoamsystem.com.
4. Krektunov A. A., Platonov E. Yu., Toropov S.V., Khabibulin A. F. (2016) Ispol'zovanie kompressionnoy peny pri tushenii lesnykh pozharov [Compressed foam application in forest fires suppression]. Agrarnoe obrazovanie i nauka, vol.2 . (in Russian)
5. Tytarenko A. V. (2015) Hazonapovnena pina – efektyvnyi zasib pozhezhohasinnia lisovykh pozhezh [Gasfilled foam – an effective mean of forest fires extinguishing]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, vol. 25.9, p. 246-250.
6. Zalesov S. V., Godovalov G. A., Krektunov A. A. (2014) Sistema pozharotusheniya NATISK dlya ostanovki i lokalizatsii lesnykh pozharov [NATISK fire extinguishing system for stopping and localizing forest fires]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya, vol. 3 available at: www.science-education.ru /117-12757.
7. Navrotskiy O. D. (2012) Penogeneriruyushchie sistemy so szhatym vozdukhom – sredstvo pennogo pozharotusheniya novogo pokoleniya [Compressed air foam generating systems - new generation foam extinguishing agent]. Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus, vol.1 (15), pp. 22-31. (in Russian)
8. Provesty poshukovi doslidzhennia z vidpratsiuvannia skladu vohnehasnoi rechovyny u vyhliadi kompresiinoi piny [Conduct search studies on the extinguishing agent composition in the form of compression foam]. Zvit pro NDR , UkrNDICZ.
9. Analiz masyvu kartok obliku pozhezh (POG_STAT), shcho nadiishly z terytorialnykh orhaniv upravlinnia DSNS Ukrainy za 2010-2016 roky available at: http://www.undicz.mns.gov.ua.
10. Informatsionnoe agentstvo. Oruzhie Rossii. Mobil'naya ustanovka dlya tusheniya pozharov «Natisk» – sovremennaya tekhnologiya bor'by s ognem. 2019 g. available at: https://www.arms-expo.ru/news/armed-forces/mobilnaya-ustanovka-dlya-tusheniya-pozharov-natisk-sovremennaya-tekhnologiya-borby-s-ognem/
11. Nikulin O. F., Kodryk A. I., Titenko O. M., Vynohradov S. A., Shakhov S. M. (2018) Funktsionalno-fizychna skhema ustanovky dlia heneratsii kompresiinoi piny [Functional-physical scheme of the installation for generation of compressed air foam]. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Komunalne hospodarstvo mist», vol. 7 (146), pp.163-166. (in Ukrainian)
12. Nikulin O. F., Kodryk A. I., Titenko O. M., Prysiazhniuk V. V. (2018) Rozroblennia eksperymentalnoho laboratornoho zrazka systemy pinnoho pozhezhohasinnia, shcho spozhyvaie stysnene povitria (CAFS) [Development of an experimental laboratory sample of foamextinguishing system using compressed air (cafs)] Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka, vol. 2 (6), pp. 4-9. (in Ukrainian)

DEPENDENCE OF COMPRESSION FOAM PROPERTIES FROM WORKING PARAMETERS OF FOAM GENERATION PROCESS

A. Kodryk, Cand.of Sc. (Eng.), O. Nikulin, Doct. of Sc. (Eng.), O. Titenko, Cand.of Sc. (Eng.), S. Shakhov, postgraduate in a military college, A. Kurtov, engineer
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine
National university of civil defence of Ukraine, Ukraine

KEYWORDS

compression foam, foam concentrate, adhesion, foam stability, compressed air foam systems.

ANNOTATION

Analysis of known structures of compressed air foam systems (CAFS) as well as results of research of operational experiments, tests and studies of such systems carried out abroad allowed formulating the basic principle requirements to technological and constructive parameters of compressed air foam systems.
The general trend in the design of various structures, especially complex, built on the internal interaction of individual structural units is the development of a mathematical model, preceding appropriate constructive solution and often is the calculation basis for them. Mathematical model of the process of foam generation created made it possible to determine dependence of properties of foam being generated from structural and working parameters.
Based on the developed mathematical model of foam generation principal scheme of the process was proposed and a small-sized test facility was created for studying possibilities of generating compression foam according to the proposed scheme. Peculiarity of the work is an attempt to obtain compression foam according to the proposed scheme using domestically manufactured foam concentrates for general use with modernized existing portable fire extinguishing equipment which is at the disposal of Ukrainian fire divisions. Particular attention is paid to the analysis of the development of small-sized mobile and portable systems which can be used as an addition to existing fire-fighting equipment.
During the experiments the variables were brands and concentrations of foam concentrates, magnitude of air pressure in the system, and the ratio of foam solution to air. Dependence of the foam properties on the pressure drop on the outlet nozzle was established, so during each experiment it was controlled and maintained constant.
As a result of previous tests, possibility of generation of compression foam according to the proposed scheme with the use of synthetic foam concentrates for general use with existing fire equipment has been confirmed.

ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ КОМПРЕССИОННЫЙ ПЕНЫ ОТ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПЕНЫ

А. И. Кодрик, канд. техн. Наук, А. Ф. Никулин., д-р. техн. наук, А. Н. Титенко, канд. техн. наук, С. М. Шахов, адъюнкт, А. В. Куртов, инженер
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина
Национальный университет гражданской защиты Украины, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

компрессионная пена, пенообразователь, адгезия, устойчивость пены, системы пенного пожаротушения.

АННОТАЦИЯ

Для системы пожаротушения компрессионной пеной приведены результаты исследования зависимости свойств компрессионной пены, а именно: устойчивости, кратности, адгезии, расходов пенообразователя и воды, продолжительности тушения от рабочих параметров процесса генерирования пены, таких как тип и концентрация пенообразователя, рабочее давление в системе генерирования пены.
Приведены результаты испытания по определению продолжительности тушения компрессионной пеной низкой кратности модельного очага пожара 55 В и показателя огнетушащей способности по классу пожара. В случае тушения компрессионной пеной низкой кратности и их сравнение с соответствующими показателями эффективности воздушно-механической пены средней кратности, полученной с использованием эжекционных стволов генераторов пены.

УДК 614.841.45

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КАБЕЛІВ ДО ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я ШЛЯХОМ ОБЛИЦЮВАННЯ МЕТАЛЕВОГО КАБЕЛЬНОГО КОРОБУ РЕАКТИВНИМ ВОГНЕЗАХИСНИМ МАТЕРІАЛОМ

С. В. Новак[1], канд. техн. наук, ст. наук. співроб., В. Л. Дріжд[2], канд. техн. наук, П. О. Іллюченко[1]*

[1]Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

[2]Науково-виробниче підприємство «Спецматеріали», Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 23.05.2019

Пройшла рецензування: 25.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

вогневий вплив, кабель, кабельний короб, поширення полум'я, реактивний вогнезахисний матеріал, спучення.

АНОТАЦІЯ

Наведено результати дослідження стійкості до поширення полум'я кабелів, прокладених у металевому кабельному коробі, внутрішня поверхня якого покрита реактивним вогнезахисним матеріалом. Застосовано методику дослідження, яка ґрунтується на положеннях ДСТУ EN 60332-3-10 та ДСТУ EN 60332-3-22. Сутність цієї методики полягає в тому, що на пучок кабелів категорії А, класу нестійких до поширення полум'я, розташований всередині металевого кабельного коробу, через прямокутний отвір в кришці коробу протягом 40 хв діють полум'ям двох спеціальних стрічкових пальників. Після припинення впливу цього полум'я визначають довжину звугленої частини кабелів і порівнюють її з граничним значенням, яке становить 1,5 м. За результатами дослідження встановлено особливості процесу поширення полум'я по кабелях, прокладених у металевому кабельному коробі, внутрішня поверхня якого покрита реактивним вогнезахисним матеріалом. Визначено конструктивне рішення, яке забезпечує обмеження поширення полум'я по кабелях, прокладених у металевому кабельному коробі, в межах приміщення, де виникла пожежа. Встановлено напрям подальших досліджень, які орієнтовані на виявлення впливу об'ємного коефіцієнту спучення реактивного вогнезахисного матеріалу, яким покрито внутрішню поверхню металевого кабельного коробу, на стійкість кабелів до поширення полум'я, а також впливу параметрів металевого кабельного коробу, у тому числі без вогнезахисного покриття, на інтенсивність поширення полум'я вздовж кабелів.

Вступ. Відповідно до Регламенту (ЄС) № 305/2011 [1], Технічного регламенту будівельних виробів, будинків і споруд [2] та державних будівельних норм ДБН В.1.2-7 [3] однією з основних вимог до будівель і споруд є обмеження поширення в них вогню під час пожежі. Метою обмеження поширення вогню на будівельних об'єктах є забезпечення сповільнення розвитку пожежі, щоб надати достатнього часу для евакуації людей, які перебувають поблизу та/або на відстані від місця виникнення пожежі, а також надання можливості пожежно-рятувальним підрозділам контролювати пожежу, поки вона не набула значного розвитку.

Положення щодо обмеження поширення вогню в межах приміщення, де виникла пожежа, спрямовані на обмеження швидкого залучення до горіння будівельних виробів на ранній стадії пожежі і обмеження сприяння будівельних виробів повному розвитку пожежі в приміщенні, де вона виникла. Таким чином, відповідні будівельні вироби повинні мати певні характеристики реакції на вогонь. Ці характеристики оцінюють в умовах дії низки теплових впливів, починаючи від впливу невеликого полум'я (типу сірника), впливу, що моделює пожежу всередині приміщення (поодинокий предмет, що горить, наприклад, меблі), до впливу розвиненої пожежі [3]. Стосовно ізольованих проводів та кабелів (далі – кабелів), то їхньою основною характеристикою реакції на вогонь є стійкість до поширення полум'я, за якою їх поділяють на стійкі і нестійкі до поширення полум'я [4]. У низці нормативних документів і будівельних норм, зокрема в [5, 6], застосовують інші терміни і кабелі поділяють на такі, що не поширюють горіння і такі, що його поширюють. Зазначену характеристику реакції на вогонь оцінюють в умовах дії на кабелі пальників певної потужності. Під час цих випробувань визначають довжину звугленої частини кабелів і порівнюють її з допустимим значенням [4]. Для забезпечення виконання основної вимоги до будівель і споруд щодо обмеження поширення в

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.64-75

*E-mail: illuchenko_p@undicz.dsns.gov.ua

них вогню під час пожежі, в державних будівельних нормах, зокрема в [7, 8], наведено положення щодо застосування на будівельних об'єктах кабелів, які є стійкими до поширення полум'я. Для забезпечення цієї стійкості застосовують конструктивні рішення, які полягають у використанні спеціальних пластикатів для оболонки кабелів [9] або покритті поверхні кабелів вогнезахисними матеріалами [10]. Однак ці конструктивні рішення не завжди можливо впровадити на практиці для забезпечення обмеження поширення вогню в межах приміщення, де виникла пожежа. Зокрема, на експлуатованих будівельних об'єктах у ряді випадків є проблематичним провести заміну існуючих нестійких до поширення полум'я кабелів на стійкі кабелі або виконати вогнезахисне облицювання їхньої оболонки. Крім того, наявність вогнезахисного покриття на кабелях, в певних умовах призводить до необхідності зменшення струмового навантаження кабелів для забезпечення їх номінального температурного режиму експлуатації. Тому актуальною задачею є визначення інших рішень, які забезпечують обмеження поширення вогню (полум'я) по кабелях в межах приміщення, де виникла пожежа.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Приналежність кабелів (з вогнезахисним покриттям або без нього) до класу стійких до поширення полум'я визначають шляхом випробувань відповідно до положень, наведених в ДСТУ 4809 [4]. При цьому випробування одинично прокладених кабелів на поширення полум'я проводять згідно з ДСТУ EN 60332-1-2 [11] та ДСТУ EN 60332-1-3 [12]. Під час цих випробувань зразки кабелю довжиною (620 ± 5) мм розташовують вертикально і піддають впливу полум'я потужністю 1 кВт, створеного газовим пальником. Тривалість дії полум'я залежить від діаметра кабелю і становить від 60 с до 480 с. Після відведення пальника визначають тривалість самостійного горіння кабелю та довжину необвуглених зон кабелю. Кабель відносять до класу стійких до поширення полум'я за умов, що довжина необвуглених зон не менша ніж 50 мм, тривалість самостійного горіння не більша ніж 30 с і відсутні краплі/частки із запалювальною здатністю [4].

Для визначення стійкості до поширення полум'я кабелів, прокладених у пучках, випробування проводять за ДСТУ EN 60332-3 [13]. Під час цих випробувань пучок кабелів довжиною (3500 ± 50) мм закріплюють на драбині, що розміщена у вертикальному положенні у випробувальній камері. Цей пучок кабелів піддають впливу полум'я спеціального стрічкового пальника (пальників) потужністю 20,5 кВт. Тривалість дії полум'я залежить від об'єму неметалевих матеріалів на 1 метрі зразка і становить під 20 хв до 40 хв. Під час випробувань спостерігають за станом кабелів під дією випробувального полум'я і визначають наявність чи відсутність поширення полум'я по кабелях або за межі випробувальної камери через її вихідний отвір. Після припинення впливу випробувального полум'я і охолодження кабелів визначають довжину звугленої частини пучка кабелів. Кабелі, прокладені у пучках, відносять до класу стійких до поширення полум'я за умов, що довжина обвугленої частини пучка кабелів не перевищує 1,5 м [4].

Результати дослідження поширення полум'я по одинично прокладених кабелях і кабелях, прокладених у пучках, надано у роботах [14, 15]. У роботі [14] наведено дані щодо впливу діаметру і кількості жил кабелів, матеріалу, з якого їх зроблено, та інших параметрів на поширення полум'я по одинично прокладених електричних кабелях. Встановлено, що екрановані кабелі поширюють полум'я у значно більшій мірі, ніж їх неекрановані аналоги. Для екранованих кабелів максимальна довжина обвуглювання росте пропорційно діаметру жили. Відсутні значні відмінності у поширенні полум'я для кабелів, що відрізняються один від одного тільки матеріалом, з якого зроблено їхні жили. Ці дослідження проведено із застосуванням національного стандарту Польщі PN-EN 60332-1-2:2010, який відповідає ДСТУ EN 60332-1-2 [11]. За результатами дослідження [15] встановлено, що на процес поширення полум'я по кабелях, прокладених у пучках, впливає не тільки пожежне навантаження кабелів, а і їхнє взаємне розташування. Через це було зроблено висновок про необхідність проведення випробувань на стійкість до поширення полум'я кабелів із зазором або без нього залежно від типу кабелів і характерного способу їхнього прокладання в кабельних спорудах.

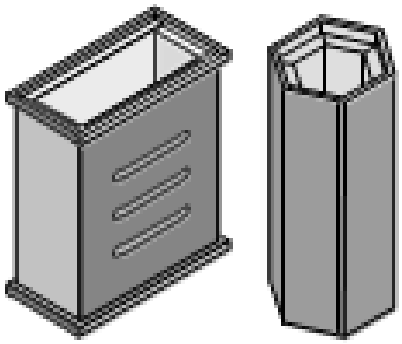
У роботі [16] наведено результати дослідження поширення полум'я по електричних кабелях, розташованих на горизонтальних кабельних лотках. Експерименти проведено із використанням кабельних лотків, розташованих один над одним на стіні в обмеженому приміщенні, з різними конструкціями кабелів. Вогневому впливу піддавали кабель, розташований у нижньому

лотку. Потім відбувалося займання кабелю на нижній поверхні верхнього лотка. Встановлено, що для кабелів, щільно упакованих, спостерігається поширення полум'я на нижній поверхні кабельного лотка і збільшення втрати маси кабелів.

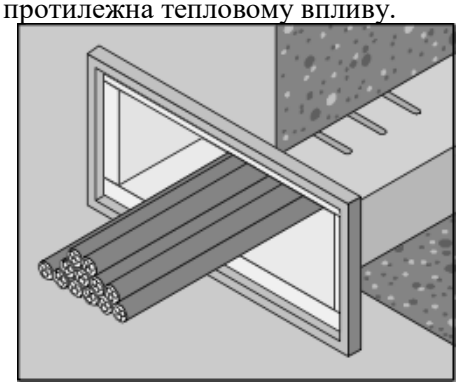
У роботі [17] представлено результати чисельного моделювання із застосуванням CFD технології для прогнозування поширення вогню (полум'я) по кабельних лотках. У моделі застосовано п'ять горизонтальних лотків (кожний довжиною 2,4 м і шириною 0,45 м), які розташовані на стіні на відстані 0,3 м один над одним. Кожен лоток містить 49 електричних ПВХ кабелів. Запалювання здійснювали за допомогою пропанового пальника 80 кВт, розташованого на 0,2 м нижче нижнього лотка. За результатами моделювання отримано дані щодо розподілу температури і зон поширення полум'я на кабелях і лотках для обраного сценарію вогневого впливу.

Слід зазначити, що у наведених вище роботах не розглянуто методи випробувань і результати дослідження поширення полум'я по кабелях для всіх способів їхнього прокладання, які використовують на практиці, зокрема – в кабельних коробах. Існуючі методи випробувань на стійкість кабелів до поширення полум'я можуть бути застосовані при їхньому прокладанні на драбинах та лотках і за цими методами визначають приналежність кабелів до класу стійких до поширення полум'я. Однак, у разі прокладання кабелів у коробах, оцінювання обмеження поширення вогню (полум'я) по кабелях в межах приміщення, де виникла пожежа, на нашу думку, слід проводити за методами, які враховують реальні умови їхнього прокладання.

Для обмеження поширення вогню в межах приміщення, де виникла пожежа, в будівельних нормах [7, 8] наведено вимогу щодо застосування на будівельних об'єктах стійких до поширення полум'я кабелів. У той же час такої вимоги не висувається для кабелів, які застосовують у кабельних проходках [18]. Для цих проходок основною вимогою є забезпечення обмеження поширення вогню через стіни і перекриття за межі приміщення, де виникла пожежа. Для виконання цієї вимоги, для кабельних проходок, використовують різні конструктивні рішення, які забезпечують збереження огороджувальної функції проходок під час розвинутої пожежі [18]. Серед них є конструктивне рішення, в якому застосовують кабельні муфти. Кабельні муфти складаються з металевого каркаса з внутрішніми шарами із реактивного вогнезахисного матеріалу (рис. 1 [18]). При тепловому впливі під час пожежі цей вогнезахисний матеріал спучується, утворюючи теплоізоляційний шар, який перешкоджає поширенню вогню (у тому числі і поширенню полум'я по кабелях) і зменшує інтенсивність теплопередачі до поверхні кабельної проходки, яка протилежна тепловому впливу.



а)



б)

Рисунок 1. – Зображення кабельних муфт (а) і кабельної проходки через стіну із застосуванням кабельної муфти (б)

Зазначене для кабельних проходок конструктивне рішення може бути застосоване і для забезпечення обмеження поширення полум'я по кабелях, прокладених у металевих кабельних коробах, в межах приміщення, де виникла пожежа. Однак на підтвердження цієї гіпотези (припущення) не наведені відповідні результати досліджень. Тому є підстави вважати, що невизначеність впливу характеристик реактивного вогнезахисного покриття на внутрішній поверхні металевих кабельних коробів на стійкість кабелів до поширення полум'я обумовлює проведення досліджень у цьому напрямку.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є визначення прийнятності конструктивного рішення, яке полягає у застосуванні реактивного вогнезахисного

матеріалу на внутрішній поверхні металевого кабельного коробу, забезпечувати обмеження поширення вогню (полум'я) по кабелях, розташованих у цьому коробі, в межах приміщення, де виникла пожежа.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання:

– розробити методику дослідження стійкості до поширення полум'я кабелів, прокладених у кабельному коробі з внутрішнім шаром із реактивного вогнезахисного матеріалу;

– встановити особливості процесу поширення полум'я по кабелях, прокладених у металевому кабельному коробі, внутрішня поверхня якого покрита реактивним вогнезахисним матеріалом;

– визначити стійкість до поширення полум'я кабелів, прокладених у металевому кабельному коробі з внутрішнім шаром із реактивного вогнезахисного матеріалу.

Методи дослідження стійкості до поширення полум'я кабелів, прокладених у металевому кабельному коробі. Для дослідження застосовано методику, яка ґрунтується на положеннях ДСТУ EN 60332-3-10 [19] та ДСТУ EN 60332-3-22 [20].

Сутність цієї методики полягає в тому, що на пучок кабелів категорії А (номінальний об'єм неметалевих матеріалів 7,0 дм^3/м), класу нестійких до поширення полум'я за 4.2 ДСТУ 4809 [4], розташований всередині металевого кабельного коробу, через прямокутний отвір в кришці коробу протягом 40 хв діють полум'ям двох спеціальних стрічкових пальників потужністю 20,5 кВт кожен. Кабельний короб, внутрішні поверхні якого покрито реактивним вогнезахисним матеріалом, закріплюють на широкій випробувальній драбині, що розміщена у вертикальному положенні у випробувальній камері. Усередині короба на певних рівнях по його висоті встановлюють термопари для визначення температури газового середовища біля поверхні кабелів на різних відстанях від пальників.

Під час випробування вимірюють температуру газового середовища біля поверхні кабелів, спостерігають за станом кабелів під дією випробувального полум'я і визначають наявність чи відсутність поширення полум'я по внутрішньому об'єму короба або за межі випробувальної камери через її вихідний отвір.

Після припинення випробування (припинення прикладання випробувального полум'я і охолодження коробу та кабелів) проводять огляд коробу на наявність отворів прогорання і після зняття кришки короба визначають довжину звугленої частини пучка кабелів. Довжину звугленої частини пучка кабелів вимірюють по висоті від нижнього краю пальників до межі зони звуглювання. Цю межу визначають таким чином: на поверхню кабелів натискають гострим предметом, наприклад лезом ножа, і місце, де фіксується зміна пружної поверхні на крихку (ламку), вважають межею зони звуглювання.

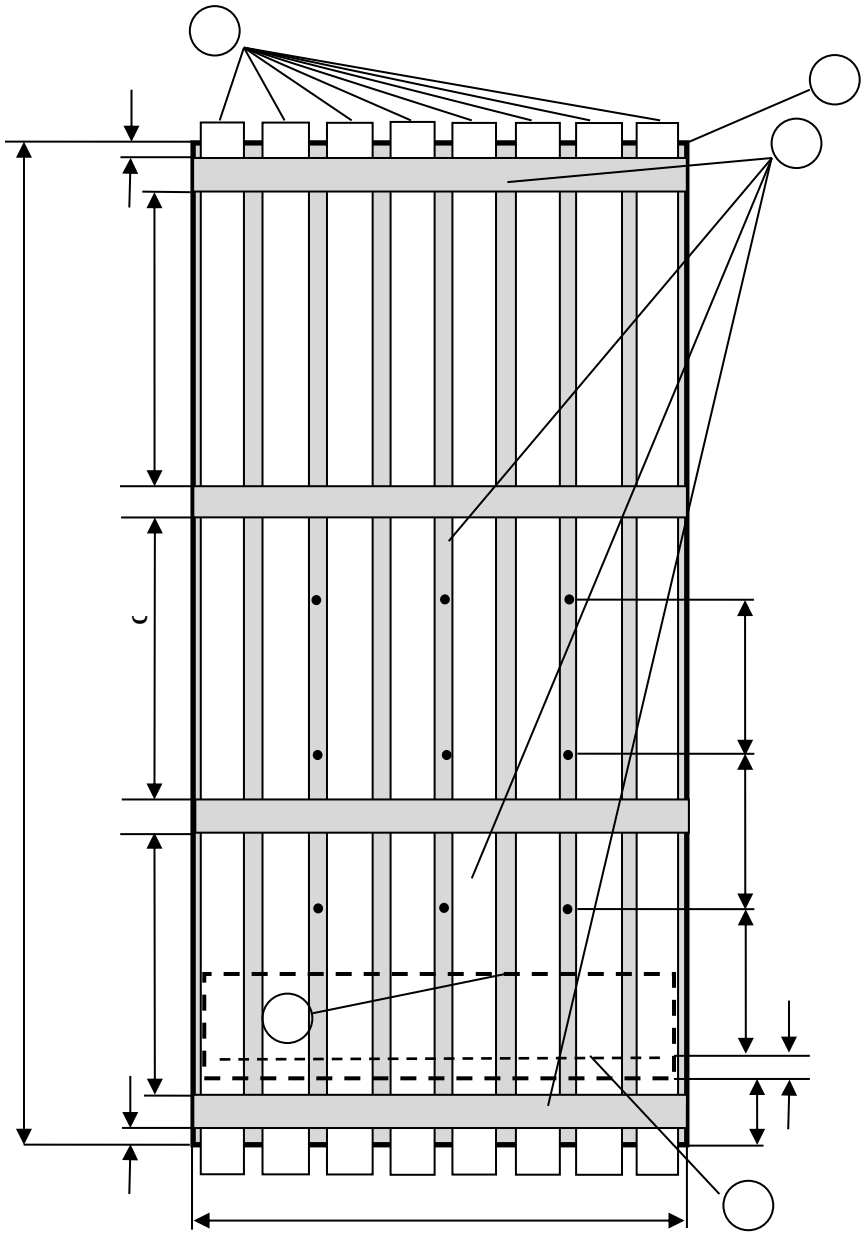
Якщо при випробуванні полум'я не поширювалося по внутрішньому об'єму короба та не сягало за межі випробувальної камери через вихідний отвір, не виявлено отвору прогорання коробу, розташованого на відстані більше ніж 1,5 м від нижнього краю пальників, і довжина звугленої частини пучка кабелів в коробі не перевищує 1,5 м, то вважають, що пучок кабелів, розташований всередині коробу, внутрішня поверхня якого покрита реактивним вогнезахисним матеріалом, не поширює полум'я.

Для перевірки того, що кабелі, які були використані при випробуванні, належать до класу нестійких до поширення полум'я за 4.2 ДСТУ 4809 [4], проводять випробування (без застосування коробу) пучка кабелів категорії А за ДСТУ EN 60332-3-22 [20].

Для отримання даних щодо характеристик матеріалів, які можуть мати вплив на процес поширення полум'я в кабельному коробі, проводять визначення коефіцієнту спучення за ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29 [21] та теплоти згоряння за ДСТУ Б EN ISO 1716 [22] реактивного вогнезахисного матеріалу і кабелів, які можна застосовувати при випробуванні на поширення полум'я.

Результати дослідження стійкості до поширення полум'я кабелів, прокладених у металевому кабельному коробі. При дослідженні стійкості до поширення полум'я застосовували пучок кабелів категорії А за ДСТУ EN 60332-3-22 [20] (нормований об'єм горючого навантаження 7 дм^3 на погонний метр), сформований з 5 відрізків завдовжки 3500 мм кабелю марки АВБбШв 3×150 + 1×70 мм^2 та 3 відрізків завдовжки 3500 мм кабелю марки АВВГ 4×185 мм^2, який прокладали в суцільний сталевий кабельний короб (зі знімною кришкою) з внутрішнім перерізом 500 мм х 60 мм і товщиною стінок і кришки 1,0 мм (рис. 2). Внутрішню поверхню коробу було покрито шаром із реактивного вогнезахисного матеріалу «Ендотерм ХТ-150» [23], середньою товщиною 0,89 мм.

Закріплення кабелів до дна коробу здійснено чотирма сталевими перемичками за допомогою шпильок та гайок з діаметром різі 6 мм. Перемички виконані з сталевих стрічок товщиною 2,0 мм та шириною 75 мм. Відстань між кабелями становила від 15 мм до 20 мм. Для улаштування кожної перемички задіяні чотири короткі внутрішні та три довгі наскрізні шпильки. Для закріплення кришки короба застосовано довгі шпильки. В нижній частині кришки короба, в місці впливу випробувального полум'я, вирізано прямокутний отвір розмірами 480 мм×180 мм (рис 3, а). Усередині короба встановлювали термопари T_1–T_9 (рис. 2) для визначення температури газового середовища біля поверхні кабелів на різних відстанях від пальників. Вертикально розташований короб з кабелями було закріплено на широкій випробувальній драбині згідно з ДСТУ EN 60332-3-22 [20].



1 – кабелі; 2 – короб; 3 – перемички; 4 – проекція отвору у кришці коробу для прикладання випробувального полум'я; 5 – уявна лінія проекції нижнього краю пальників; T_1 – T_9 – термопари

Рисунок 2 – Схема розміщення кабелів і термопар у коробі

а б

Рисунок 3 – Зовнішній вигляд короба з кабелями: а – до прикладання випробувального полум'я; б – після припинення прикладання випробувального полум'я, охолодження коробу та кабелів і зняття кришки короба

Через отвір в кришці коробу кабелі протягом 40 хв піддавали впливу полум'ям двох спеціальних стрічкових пальників потужністю 20,5 кВт кожен. За результатами візуальних спостережень за поведінкою кабелів і короба встановлено, що під час випробування полум'я покривало всю площу отвору в кришці коробу, а за межами вихідного отвору камери полум'я не спостерігалося. Після припинення подавання газу до пальників, протягом 3 хв спостерігалося самостійне полуменеве горіння кабелів в межах отвору в кришці коробу. За результатами огляду коробу та кабелів після їхнього охолодження і зняття кришки короба (рис. 3, б) встановлено, що пошкодження цілісності коробу (прогорання отворів в стінках коробу, розділення стиків елементів коробу) не відбулося. Максимальна довжина обвугленої частини кабелів становить 640 мм, що менше граничного значення 1500 мм. У зоні звуглювання має місце збільшення товщини оболонок кабелів на 5–15 мм. Внутрішній простір коробу в зоні впливу полум'я пальників і вище на 190–250 мм від верхньої границі отвору у кришці коробу для прикладання випробувального полум'я заповнено шаром спученого вогнезахисного матеріалу.

За результатами вимірювання температури визначено, що максимальне підвищення температури газового середовища біля поверхні кабелів має місце на 15–25 с дії випробувального полум'я. При цьому, максимальне значення температури становить 742°С на відстані 500 мм від пальників (T_1, рис. 2, 4). У подальшому спостерігається зменшення температури (в основному впродовж 1–2 хв випробування) і подальше її монотонне незначне підвищення (до моменту припинення дії джерела запалювання) до максимального значення 262°С (T_3, рис. 2, 4). Після припинення подавання газу до пальників температура монотонно зменшується.

За результатами випробування, проведеного за ДСТУ EN 60332-3-22 [20] (без застосування коробу), встановлено, що кабелі, які були використані при дослідженні, не відповідають вимогам цього стандарту і належать до класу нестійких до поширення полум'я за 4.2 ДСТУ 4809 [4]. На 30-ій хвилині цього випробування полум'я поширилося за межі верхнього отвору випробувальної камери (рис. 5) і кабелі було повністю пошкоджено.

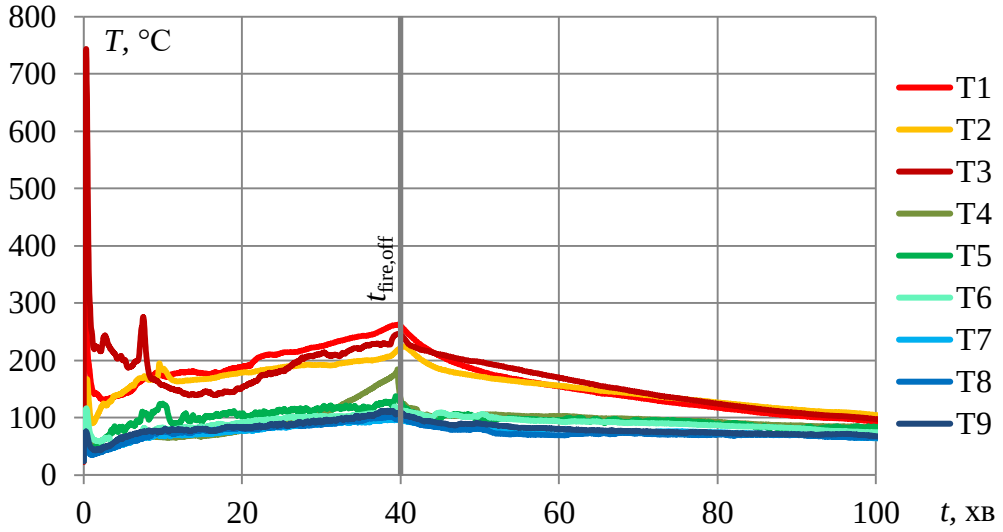


Рисунок 4. – Залежність температури газового середовища у різних місцях біля поверхні кабелів від тривалості випробування

Рисунок 5 – Зовнішній вигляд кабелів на 30-ій хвилині випробування за ДСТУ EN 60332-3-22 [20]

У таблицях 1, 2 наведено експериментальні дані і результати визначення об'ємного коефіцієнту спучення за ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29 [21] та вищої теплоти згоряння за ДСТУ Б EN ISO 1716 [22] реактивного вогнезахисного матеріалу «Ендотерм ХТ-150» [23]. Отримані результати визначення вищої теплоти згоряння та об'ємного коефіцієнту спучення оболонок кабелів, які застосовували при дослідженні стійкості до поширення полум'я, є такими. Для кабелю марки АВВГ 4×185 вища теплота згоряння і об'ємний коефіцієнт спучення складають 16,81 МДж/кг та 2192 мм^3/г, а для кабелю марки АВБбШв 3×150+1×70 – 19,12 МДж/кг та 2181 мм^3/г. З аналізу цих даних випливає, що значення об'ємного коефіцієнту спучення реактивного вогнезахисного матеріалу на порядок вище ніж у оболонок кабелів. Вища теплота згоряння реактивного вогнезахисного матеріалу на 27–36% нижча ніж у оболонок кабелів.

Таблиця 1 – Об'ємний коефіцієнт спучення реактивного вогнезахисного матеріалу «Ендотерм ХТ-150»

№ аналітичної проби	Маса аналітичної проби, г	Відстань між верхнім краєм стакана і поверхнею матеріалу, мм		Середня висота спученого шару, мм	Об'ємний коефіцієнт спучення $K_{об}$, мм^3/г
		до випробування	після випробування		
1	3,0	68,7	26,4	46,02	23237
		69,8	22,1		
		68,0	21,1		
		68,3	23,4		
		69,1	20,8		
2	3,0	69,5	21,6	45,72	
		69,9	23,8		
		68,8	22,4		
		69,3	25,3		
		68,7	24,5		

Таблиця 2 – Вища теплота згоряння реактивного вогнезахисного матеріалу «Ендотерм ХТ-150»

№ аналітичної проби	Маса аналітичної проби, г	Вища теплота згорання аналітичної проби, МДж/кг	Максимальне відхилення, %	Вища теплота згоряння матеріалу Q_{PCS}, МДж/кг
1	0,25250	12,4010	2,58	12,27
2	0,50445	12,3360		
3	0,25330	12,0805		

Обговорення результатів дослідження стійкості до поширення полум'я кабелів, прокладених у металевому кабельному коробі. Як витікає з отриманих результатів, застосування реактивного вогнезахисного матеріалу на внутрішній поверхні металевого кабельного короба зменшує інтенсивність поширення полум'я по кабелях. Це обумовлено тим, що під час вогневого впливу на кабелі відбувається термічний розклад оболонок кабелів, займання і горіння газоподібних продуктів цього розкладу. Полум'я поширюється по висоті за межі отвору у кришці коробу, досягаючи його внутрішньої поверхні. Відбувається спучення реактивного вогнезахисного матеріалу з утворюванням теплоізоляційного шару, який досягає поверхні оболонок кабелів і перешкоджає поширенню полум'я по них. Цей процес спучення інтенсивно проходить протягом 1–2 хв від початку вогневого впливу на кабелі, про що свідчать експериментальні дані щодо температури газового середовища, наведені на рис. 4. У цьому часовому інтервалі на першій хвилині вогневого впливу відбувається інтенсивне підвищення температури газового середовища до 742°С на відстані 500 мм від пальників, що свідчить про наявність полум'я у зазначеній зоні. У подальшому протягом 1–2 хв спостерігається інтенсивне зменшення температури до 100–220°С (T_1–T_3, рис. 2, 4). Таке зменшення температури пояснюється утворенням теплоізоляційного шару в результаті спучення реактивного вогнезахисного матеріалу, яким покрито внутрішню поверхню короба. Через сформований теплоізоляційний шар відбувається теплопередача у вертикальному напрямку від полум'я пальників до поверхні цього шару, яка протилежна вогневому впливу. При цьому, протягом вогневого впливу тривалістю 40 хв, має місце монотонне незначне підвищення температури в коробі до максимального значення 262°С (T_3, рис. 2, 4). У результаті такого температурного стану максимальна довжина обвугленої частини кабелів не перевищила граничного значення 1,5 м. Це свідчить про те, що зазначене конструктивне рішення щодо застосування реактивного вогнезахисного матеріалу на внутрішній поверхні металевого кабельного коробу прийнятне для забезпечення обмеження поширення вогню (полум'я) по кабелях в межах приміщення, де виникла пожежа.

Таке ствердження можна вважати за доцільне з практичної точки зору, тому що дозволяє обґрунтовано підходити до визначення конструктивних рішень, які забезпечують обмеження поширення полум'я по кабелях. Однак неможливо не відмітити, що результати проведеного дослідження мають певну невизначеність. Це проявляється, в першу чергу, в тому, що при дослідженні було застосовано кабельний короб тільки одного типорозміру і реактивний вогнезахисний матеріал тільки однієї марки. При використанні іншого

кабельного коробу або реактивного вогнезахисного матеріалу, який має інші показники ніж ті, які наведено в таблицях 1 і 2, не виключена можливість отримання неприйнятного результату щодо забезпечення стійкості до поширення полум'я. Можливість отримання такого ж результату неможна виключити і при застосуванні кабелів інших марок. Крім цього, не було досліджено інтенсивність поширення полум'я вздовж кабелів, прокладених у пучках у металевому коробі без вогнезахисного покриття. Неможливість зняти названі обмеження в рамках даного дослідження породжує потенційно цікавий напрям подальших досліджень. Вони, зокрема, можуть бути орієнтовані на виявлення впливу об'ємного коефіцієнту спучення реактивного вогнезахисного матеріалу, яким покрито внутрішню поверхню металевого кабельного коробу, і параметрів кабельного короба на стійкість кабелів до поширення полум'я. Таке виявлення дозволить визначити марки реактивних вогнезахисних матеріалів і параметри металевого кабельного коробу, прийнятні для забезпечення стійкості до поширення полум'я кабелів, прокладених у металевих коробах.

Висновки

1. Проведеними дослідженнями встановлено особливості процесу поширення полум'я по кабелях, прокладених у металевому кабельному коробі, внутрішня поверхня якого покрита реактивним вогнезахисним матеріалом. Ці особливості полягають у тому, що полум'я джерела запалювання і продукти горіння кабелів піддають тепловому впливу внутрішню поверхню короба, відбувається спучення реактивного вогнезахисного матеріалу з утворюванням теплоізоляційного шару, який досягає поверхні оболонок кабелів і перешкоджає поширенню полум'я по них. Сформований теплоізоляційний шар обмежує поширення вогню по коробу і зменшує інтенсивність теплопередачі від джерела запалювання.

2. Визначено конструктивне рішення, яке забезпечує обмеження поширення полум'я по кабелях, прокладених у металевому кабельному коробі, в межах приміщення, де виникла пожежа, яке полягає у покритті внутрішньої поверхні цього коробу реактивним вогнезахисним матеріалом.

3. Визначено напрям подальших досліджень, які орієнтовані на виявлення впливу об'ємного коефіцієнту спучення реактивного вогнезахисного матеріалу, яким покрито внутрішню поверхню металевого кабельного коробу, на стійкість кабелів до поширення полум'я, а також впливу параметрів металевого кабельного коробу, у тому числі без вогнезахисного покриття, на інтенсивність поширення полум'я вздовж кабелів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Regulation (EU) № 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC (Регламент (ЄС) № 305/2011 Європейського Парламенту та Ради від 9 березня 2011 року, що встановлює гармонізовані умови для розміщення на ринку будівельних виробів та скасовує Директиву Ради 89/106/ЄЕС). – OJ L 88, 4.4.2011, p. 5–43.
2. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд. – Офіційний вісник України, 2006 р., № 51, ст. 3415.
3. ДБН В.1.2-7-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.
4. ДСТУ 4809:2007 Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування.
5. ДСТУ 4743:2007 Проводи самоутримні ізольовані та захищені для повітряних ліній електропередавання. Загальні технічні умови.
6. ВБН В.1.1-034-2003 (НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307-2003) Противопожарные нормы проектирования атомных электростанций с водо-водяными энергетическими реакторами.
7. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
8. ДБН В.2.5-23-2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.
9. Кулаков О. В. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О. В. Кулаков, В. О. Росоха – Харків: Академія пожежної безпеки України, 2003. – 362 с.
10. Правила з вогнезахисту, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України № 1064 від 26.12.2018.
11. ДСТУ EN 60332-1-2:2017 (EN 60332-1-2:2004; A1:2015; A11:2016, IDT; IEC 60332-1-2:2004; A1:2015, IDT) Вогневі випробування електричних та волоконно-оптичних кабелів. Частина 1-2. Випробування на вертикальне поширення полум'я одиничного ізольованого проводу чи кабелю. Метод випробування полум'ям попередньо змішаного типу потужністю 1 кВт.
12. ДСТУ EN 60332-1-3:2016 (EN 60332-1-3:2004, EN 60332-1-3:2004/A1:2015, IDT) Вогневі випробування електричних та волоконно-оптичних кабелів. Частина 1-3. Випробування на вертикальне поширювання полум'я одиничного ізольованого проводу чи кабелю. Метод визначення крапель/часток із запалювальною здатністю.
13. ДСТУ EN 60332-3:2013 (усі частини) Вогневі випробування електричних та волоконно-оптичних

кабелів. Частина 3. Випробування вертикально розташованих проводів або кабелів, прокладених у пучках, на вертикальне поширювання полум'я (EN 60332-3 (all part), IDT)
14. Experimental studies of electrical cable fire response / Klapsa Wojciech, Bodalski Dawid, Suchecki Sylwester // By Wydawnictwo CNBOP-PIB BiTP. Vol. 35, Issue 3. 2014, P. 97–105.
15. Каменский М. С. Основные аспекты пожарной безопасности электрических кабелей / М. К. Каменский // Кабель-news. – 2009. – № 6–7. – С. 61–67.
16. Burning behavior of cable tray located on a wall with different cable arrangements / Xianjia Huang, He Zhu, Lan Peng, Zihui Zheng, Wuyong Zeng // Fire and Materials. Vol. 43, Issue 1. 2019. P. 64–73.
17. Numerical simulations of a full-scale cable tray fire using small-scale test data / Tarek Beji, Bart Merci // Fire and Materials: Early View – Wiley Online Library. 2018. – 140 P.
18. EAD 350454-00-1104 Fire stopping and fire sealing products. Penetration seals (Матеріали та вироби для перешкоджання проникненню вогню і вогнезахисного заповнення. Проходки інженерних комунікацій).
19. ДСТУ EN 60332-3-10:2013 Вогневі випробування електричних та волоконно-оптичних кабелів. Частина 3-10. Випробування вертикально розташованих проводів або кабелів, прокладених у пучках, на вертикальне поширювання полум`я. Устаткування (EN 60332-3-10:2009, IDT).
20. ДСТУ EN 60332-3-22:2013 Вогневі випробування електричних та волоконно-оптичних кабелів. Частина 3-22. Випробування вертикально розташованих проводів або кабелів, прокладених у пучках, на вертикальне поширювання полум`я. Категорія А (EN 60332-3-22:2009, IDT).
21. ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблянння будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання.
22. ДСТУ Б EN ISO 1716:2011 Випробування виробів щодо реакції на вогонь. Визначення вищої (нижчої) теплоти згорання (EN ISO 1716:2010, IDT).
23. ТУ У 24.3-13481691-007-2003 Суміш та покриття вогнезахисні спучені «Ендотерм ХТ-150». Технічні умови.

REFERENCES

1. Regulation (EU) № 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. OJ L 88, vol. 4.4.2011, pp. 5–43.
2. Tekhnichnyi rehlament budivelnykh vyrobiv, budivel i sporud. Ofitsiinyi visnyk Ukrainy, 2006 , vol. 51,p 3415.
3. DBN V.1.2-7-2008 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Pozhezhna bezpeka.
4. DSTU 4809:2007 Insulated wires and cables. Fire safety requirements and test methods.
5. DSTU 4743:2007 Insulated and protected wires for overhead power lines General specifications.
6. VBN V.1.1-034-2003 (NAPB 03.005-2002, GND 34.03.307-2004, VBN V.1.1-034-03.307-2003) Protivopozharnye normy proektirovaniya atomnykh elektrostantsiy s vodo-vodyanymi energeticheskimi reaktorami.
7. DBN V.2.2-15-2005 Budynky i sporudy. Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennia.
8. DBN V.2.5-23-2010 Inzhenerne obladnannia budynkiv i sporud. Proektuvannia elektroobladnannia obiektiv tsyvilnoho pryznachennia.
9. Kulakov O.V., Rosokha V.O. (2003) Elektrotekhnika ta pozhezhna profilaktyka v elektroustanovkakh: Navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchykh navchalnykh zakladiv [Electrical engineering and fire prevention in electrical installations: A manual for students of higher educational establishments]. Kharkiv, Akademiia pozhezhnoi bezpeky Ukrainy, 362 p. (in Ukrainian)
10. Pravyla z vohnezakhystu, zatverdzheni nakazom Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy № 1064 vid 26.12.2018.
11. DSTU EN 60332-1-2:2017 (EN 60332-1-2:2004; A1:2015; A11:2016, IDT; IEC 60332-1-2:2004; A1:2015, IDT) Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions — Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable — Procedure for 1 kW premixed flame.
12. DSTU EN 60332-1-3:2016 (EN 60332-1-3:2004, EN 60332-1-3:2004/A1:2015, IDT) Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions. Part 1-3. Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable. Procedure for determination of flaming droptets/particles, IDT
13. DSTU EN 60332-3:2013 Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions Part 3-22 Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables Category A (all part), IDT
14. Experimental studies of electrical cable fire response / Klapsa Wojciech, Bodalski Dawid, Suchecki Sylwester (2015) Wydawnictwo CNBOP-PIB BiTP, vol. 35, issue 3, pp. 97–105.
15. Kamenskiy M. S. (2009) Osnovnye aspekty pozharnoy bezopasnosti elektricheskikh kabeley [Main aspects of fire safety electrical cables]. Kabel'-news, vol. 6–7, pp. 61–67.(in Russian)
16. Xianjia Huang, He Zhu, Lan Peng, Zihui Zheng, Wuyong Zeng (2019) Burning behavior of cable tray located on a wall with different cable arrangements. Fire and Materials. vol. 43, Issue 1, pp. 64–73.
17. Tarek Beji, Bart Merci (2018) Numerical simulations of a full-scale cable tray fire using small-scale test data. Fire and Materials: Early View, Wiley Online Library, 140 p.
18. EAD 350454-00-1104 Fire stopping and fire sealing products. Penetration seals.
19. DSTU EN 60332-3-10:2013 Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions Part 3-10. Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables. Apparatus (EN 60332-3-10:2009, IDT).
20. DSTU EN 60332-3-22:2013 Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions Part 3-22. Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables. Category A (EN 60332-3-22:2009, IDT).
21. DSTU-N-P B V.1.1-29:2010 Zakhyst vid pozhezhi. Vohnezakhysne obrobliannia budivelnykh konstruktsii. Zahalni vymohy ta metody kontroliuvannia.
22. DSTU B EN ISO 1716:2011 Reaction to fire tests for products Determination of the gross heat of combustion (EN ISO 1716:2010, IDT).
23. TU U 24.3-13481691-007-2003 Sumish ta pokryttia vohnezakhysni spucheni «Endoterm KhT-150». Tekhnichni umovy

INCREASE THE CABLE RESISTANCE TO THE FLAME PROPAGATION THROUGH THE FACING OF THE METAL CABLE BOXE WITH REACTIVE FIRE PROTECTION MATERIAL

S. Novak[1], Cand. of Sc. (Eng.), Senior Fellow, V. Drizhd[2], Cand. of Sc. (Eng.), P.O. Illiuchenko[1]
[1]The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine
[2]Scientific and production enterprise "Special materials", Ukraine

KEYWORDS

fire impact, cable, cable box, flame propagation, reactive fire protection material, swelling.

ANNOTATION

To ensure compliance with the basic requirements for buildings and structures to limit the spread of fire in them during a fire, the provisions on the use of cables resistant to flame propagation at construction sites are given in building codes.To ensure this resistance, constructive solutions are used, which consist in the use of special plastics for cable sheathing or covering the surface of cables with fire protection materials. However, these constructive solutions are not always possible to implement in practice and the actual task is to identify other solutions that limit the spread of fire (flame) through cables within the room where the fire broke out, which is what the study in the article is dedicated to. During this study, the acceptability of a constructive solution was determined, which consists in the use of reactive fire protection material on the inner surface of a metal cable box, to ensure that the spread of flame through cables located in this box is limited. For the research, the methodology based on the provisions of DSTU EN 60332-3-10 and DSTU EN 60332-3-22 was applied. The essence of this technique lies in the fact that a bundle of category A cables, a class unstable to flame propagation, located inside a metal cable box, through a rectangular opening in the box cover for 40 minutes, is exposed to the flame of two special belt burners. After the termination of the impact of this flame, the length of the charred part of the cables is determined and compared with the boundary value, which is 1.5 m. According to the results of the study, the peculiarities of the flame propagation process through cables laid in a metal cable box, the inner surface of which is coated with a reactive fire protection material, have been established. A constructive solution has been defined that limits the flame propagation through cables laid in a metal cable box within the room where the fire occurred. The direction of further research, which is focused on identifying the influence of the volume coefficient of expansion of the reactive fire protection material, which covered the inner surface of the metal cable box, on the resistance of the cables to flame propagation, has been established. These further studies are also focused on identifying the effect of the parameters of a metal cable box, including without a fire protection coating, on the intensity of flame propagation along the cables.

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ КАБЕЛЕЙ К РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПЛАМЕНИ ПУТЕМ ОБЛИЦОВКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАБЕЛЬНОГО КОРОБА РЕАКТИВНЫМ ОГНЕЗАЩИТНЫМ МАТЕРИАЛОМ

С. В. Новак[1], канд. техн. наук, ст. научн. сотр., В. Л. Дрижд[2], канд. техн. наук, П. А. Иллюченко[1]
[1]Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина
[2]Научно-производственное предприятие «Спецматериалы», Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

огневое воздействие, кабель, кабельный короб, распространение пламени, реактивный огнезащитный материал, вспучивание.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследования стойкости к распространению пламени кабелей, проложенных в металлическом кабельном коробе, внутренняя поверхность которого покрыта реактивным огнезащитным материалом. Применена методика исследования, основанная на положениях ДСТУ EN 60332-3-10 и ДСТУ EN 60332-3-22. Сущность этой методики заключается в том, что на пучок кабелей категории А, класса нестойких к распространению пламени, расположенный

внутри металлического кабельного короба, через прямоугольное отверстие в крышке короба в течение 40 мин воздействуют пламенем двух специальных ленточных горелок. После прекращения воздействия этого пламени определяют длину обугленной части кабелей и сравнивают ее с граничным значением, которое составляет 1,5 м. По результатам исследования установлено особенности процесса распространения пламени по кабелям, проложенным в металлическом кабельном коробе, внутренняя поверхность которого покрыта реактивным огнезащитным материалом. Определено конструктивное решение, которое обеспечивает ограничение распространения пламени по кабелям, проложенным в металлическом кабельном коробе, в пределах помещения, где возник пожар. Установлено направление дальнейших исследований, которые ориентированы на выявление влияния объемного коэффициента вспучивания реактивного огнезащитного материала, которым покрыто внутреннюю поверхность металлического кабельного короба, на стойкость кабелей к распространению пламени, а также влияния параметров металлического кабельного короба, в том числе без огнезащитного покрытия, на интенсивность распространения пламени вдоль кабелей.

УДК 614.843

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ СТАТИСТИКИ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ЧАСУ ПРИБУТТЯ ПЕРШОГО ПІДРОЗДІЛУ ПОЖЕЖНОЇ ОХОРОНИ

Р.В. Климась, А.В. Одинець, Д.Я. Матвійчук, Л.П. Несенюк
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 31.05.2019
Пройшла рецензування: 25.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

статистичний облік пожеж, аналітичні матеріали, стан із пожежами, кількість пожеж, кількість загиблих унаслідок пожеж, кількість травмованих на пожежах, кількість врятованих на пожежах, нормативний час прибуття до місця пожежі, час прибуття до місця пожежі, абсолютні показники, відносні показники, пожежно-рятувальні підрозділи, динаміка загальної кількості, динаміка питомої ваги

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано основні показники статистики пожеж в Україні, як в цілому, так і у містах та сільській місцевості України окремо, за нормативним часом прибуття першого підрозділу пожежної охорони до місця виклику за довгостроковий період.

Постановка проблеми. Облік пожеж та їх наслідків – в Україні ведеться згідно з нормативними документами [1, 2, 3]. Критеріями, за якими утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи (далі – ПРП) в адміністративно-територіальних одиницях [4], є: кількість жителів населеного пункту; радіус обслуговування одним ПРП; нормативи прибуття ПРП до місця виклику.

Останні дослідження Міжнародної асоціації пожежно-рятувальних служб (далі – CTIF) [5] спонукають до визначення тенденцій у сфері забезпечення захисту населення в нашій державі, виявлення суперечностей в оцінюванні в цілому роботи існуючої системи реагування на небезпечні події в Україні.

Основними проблемами реагування на небезпечні події, пов’язані з пожежами, є:

– необхідність реформування місцевого самоврядування, передача низки функцій від держави до місцевих органів влади, збільшення кількості ПРП у сільській місцевості;

– протиріччя між пожежною технікою, для якої були розроблені існуючі керівні документи, та сучасною технікою, що надходить на озброєння пожежно-рятувальних підрозділів;

– низький рівень підготовленості особового складу ПРП щодо виконання поставлених перед ним завдань.

Вирішення цих проблем підвищить рівень реагування ПРП на пожежі, зокрема дозволить зменшити час прибуття ПРП на пожежу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В статті [6] Красавін А. В. наводить свою точку зору, що оптимізація дислокації пожежних депо передбачає врахування численних, у тому числі самих дрібних, деталей і нюансів, що впливають на час оперативного реагування пожежних і їх прибуття до будь-якого об’єкту. Аналізує нормативні документи щодо вимог, які ставляться до часу прибуття пожежних підрозділів. Висловлює думку, що для досягнення нормативного часу прибуття до місця пожежі не обов’язково будувати нові депо, а укомплектовувати старі новітньою технікою. Також, використовуючи загальновизнані наукові досягнення, що оптимізують дислокацію підрозділів пожежної охорони, можна бути впевненим, що прийнята дислокація забезпечить мінімальний час прибуття пожежних підрозділів до місця виклику.

У статті [7] Матюшин А. В. наводить два підходи щодо визначення швидкості слідування підрозділів пожежної охорони на місце пожежі, перший з яких заснований на аналізі статистичної інформації за виїздами підрозділів пожежної охорони на виклик за певний проміжок часу, в основі другого підходу лежить експериментальний метод. Дані про швидкість руху пожежних

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.76-84
*E-mail: matviichuk_d@dsns.gov.ua

автомобілів отримують шляхом вимірювання швидкостей їх руху по ділянках транспортної мережі населеного пункту в певні проміжки часу.

У своїй статті Титаренко А. В. [8] стверджує, що час прямування підрозділів на виклик є складовою частиною показника часу реагування, від якого майже лінійно залежать розміри матеріальних збитків і ймовірність загибелі та травмування людей у результаті дії на них небезпечних чинників пожежі. Він залежить від часу збору, виїзду та прямування до місця виклику.

У процесі реалізації Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій проводиться поступове оновлення автопарку основних автомобілів. Однак, за результатами проведених досліджень в своїй статті Белюченко Д. Ю. та Стрілець В. М. [9] стверджують, що ефективність проведення оперативної роботи особовим складом супроводжується протиріччям між пожежною технікою, для якої були розроблені існуючі керівні документи та сучасною технікою, що поступає на озброєння ПРП. А час оперативного розгортання для однотипних варіантів відрізняється від рівня підготовленості особового складу.

З метою вивчення проблеми підготовки керівного складу ПРП на основі аналізу їх оперативних дій за напрямком реагування Войтович Д. П. [10] висловив думку, що для підвищення оперативної роботи необхідно внести в навчальні програми професійно-орієнтованих дисциплін («пожежна тактика», «організація аварійно-рятувальних робіт») тематики, що пов’язані із вивченням питань аналізу дій підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту за призначенням.

Групою авторів під головуванням Брушлинського В. В. [11] було проаналізовано показники статистик пожеж на прикладі міста Москви, виявлено і досліджено фактори впливу на них, що дозволило розробити алгоритм управління пожежною безпекою, сформулювати пропозиції загального характеру для протипожежного захисту міст, регіонів та держави, зокрема для державної протипожежної служби, підвищення оперативної роботи шляхом зменшення часу прибуття до місця пожежі.

Відповідно до [12] у Російській Федерації розроблені методичні рекомендації, що призначені для визначення меж територій міських населених пунктів і сільських районів, у межах яких час прибуття першого підрозділу пожежної охорони відповідає нормативним значенням.

Мета даної роботи полягала в аналізі основних показників статистики пожеж в Україні, як в цілому, так і у містах і сільській місцевості України окремо, по відношенню до часу прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику за довгостроковий період та надання пропозицій щодо удосконалення системи реагування на небезпечні події, пов’язані з пожежами, в Україні.

Виклад основного матеріалу. Аналіз основних показників статистики пожеж за часом прибуття першого підрозділу пожежної охорони на пожежу виконувався за допомогою аналітичних методів досліджень шляхом збирання, узагальнення, оброблення й аналізування статистичних даних про пожежі та наслідки від них в Україні, а також інформації, що міститься в нормативно-правових актах і нормативних документах, щодо реагування на небезпечні події, пов’язані з пожежами; формування масивів статистичних даних проводилося методами приєднання даних, зв’язування даних, злиття даних; оброблювання первинних даних про пожежі виконувалося за допомогою методів математичної статистики (масового спостереження, статистичного аналізу, регресії, статистичного зведення та групування, статистичної обробки зведених і розгрупованих показників, статистичного розподілу, максимальної вірогідності).

У роботі проаналізовано статистичні дані про пожежі в Україні щодо показників реагування на них пожежно-рятувальних підрозділів за довгостроковий період та обґрунтовано шляхи вдосконалення ефективного реагування пожежно-рятувальних підрозділів на небезпечні події, пов’язані з пожежами, в Україні.

Оцінювання останніх даних [5] спонукає до визначення тенденцій у сфері забезпечення захисту населення в Україні, виявлення суперечностей в оцінюванні в цілому роботи існуючої системи реагування на небезпечні події, пов’язані з пожежами, та удосконалення системи реагування на них. У таблиці 1 наведено дані щодо чисельності протипожежних служб в деяких країнах-членах CTIF за 2001÷2016 роки.

Таблиця 1 – Усереднені дані щодо чисельності протипожежних служб в деяких країнах членів CTIF за 2001÷2016 роки

Країна	Населення, тис, ос.	Площа, км^2	Кількість пожежних депо	Площа обслуговування одним депо, км^2	Кількість населення на одне депо, тис. ос.	Кількість*		Чисельність особового складу		
						АЦ і АН	АД і КП	Професійного	Добровільного	Всього
Франція	66628	643801	6528	99	10,2	7542	1195	40646	193800	234446
Україна	42673	603628	968	624	44,1	3177	296	55241	156749	211990
Німеччина	82218	357386	33460	11	2,5	41216	2414	31308	999688	1027996
Польща	38454	312679	16805	19	2,3	19800	722	29907	259519	289426
Італія	61000	301338	902	334	67,6	2330	307	28870	20060	48930
Британія	61370	242495	2053	118	29,9	2900	235	40100	1400	60500

*АЦ – автоцистерна, АН – автонасос, АД – автодрабина, КП – колінчастий підйомник

Як бачимо, серед зазначених країн-членів CTIF, площа обслуговування одним пожежним депо в Україні є найбільшою і становить 624 км^2, а кількість пожежної техніки на площу в 1 тис. км^2 – однією з найменших і становить 6 одиниць. Кількість населення на території обслуговування одним депо становить 44,1 тисячу людей і є однією з найбільших серед країн Європи.

У таблиці 2 наведено інформацію щодо усередненої кількості пожеж, загиблих унаслідок пожеж, травмованих на пожежах та врятованих на пожежах людей загалом та їх кількість і питома вага, на які прибували перші пожежно-рятувальні підрозділи за нормативним часом прибуття в містах та сільській місцевостях.

Таблиця 2 – Усереднена кількість основних показників пожеж за 2008÷2017 роки загалом та їх кількість і питома вага, на які прибували перші пожежно-рятувальні підрозділи за нормативним часом прибуття в містах та сільській місцевостях

Показник	Міста			Сільська місцевість		
	Усереднена кількість	Час прибуття до 10 хв	%	Усереднена кількість	Час прибуття до 20 хв	%
Пожеж, од	39619	23202	58,6	25541	12444	48,7
Загиблих, людей	1249	620	49,6	1341	387	28,9
Травмованих, людей	1043	580	55,6	494	175	35,4
Врятованих, людей	2521	1880	74,6	353	192	54,3

На рисунку 1 наведено динаміку питомої ваги пожеж у містах і сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

За результатами досліджень статистичних даних за часом прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику спостерігається тенденція щодо збільшення питомої ваги кількості пожеж, на ліквідацію яких пожежно-рятувальні підрозділи прибували у нормований час. Разом із тим, питома вага пожеж у містах, на які час прибуття становив більше 10 хв, залишається високою і, в середньому, становить понад 41%. Питома вага пожеж, на ліквідацію яких підрозділи прибували у понаднормований час у сільській місцевості, у середньому складає понад 51%.

На рисунку 2 наведено динаміку питомої ваги загиблих на пожежах у містах і сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

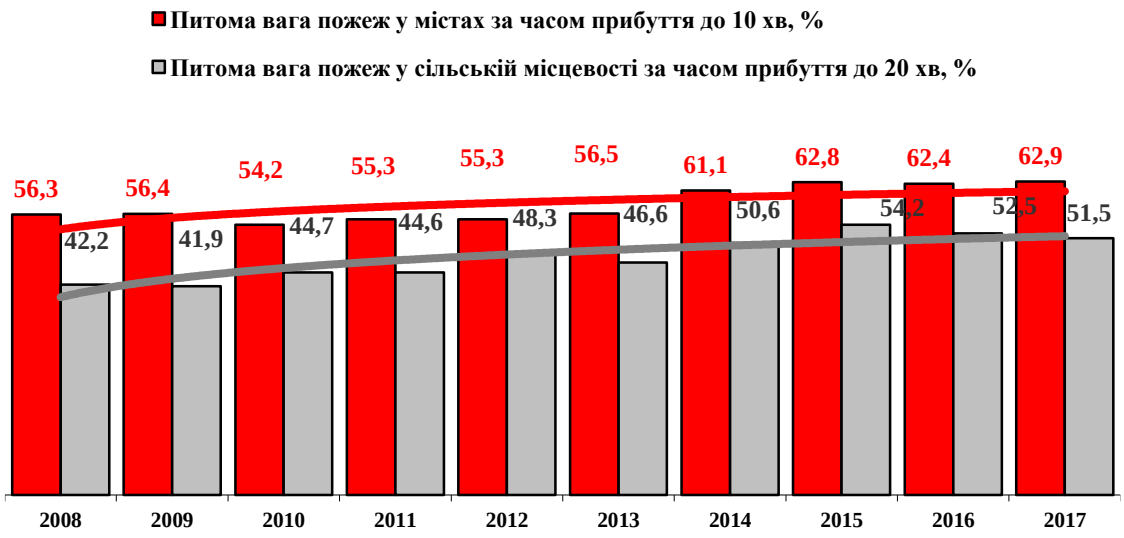


Рисунок 1 – Динаміка питомої ваги пожеж у містах і сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів

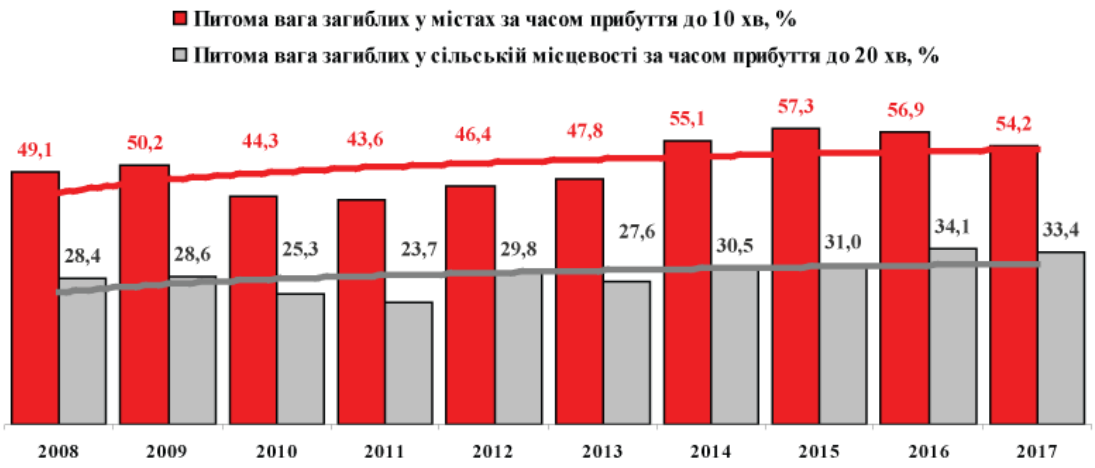


Рисунок 2 – Динаміка питомої ваги загиблих на пожежах у містах і сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів

За результатами досліджень статистичних даних за часом прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику спостерігається тенденція щодо зменшення питомої ваги загиблих на пожежах, на ліквідацію яких пожежно-рятувальні підрозділи прибували у нормований час. Разом із тим, питома вага загиблих на пожежах у містах, на які час прибуття становив більше 10 хв, залишається високою і в середньому становить понад 50%. В сільській місцевості питома вага загиблих на пожежах, на ліквідацію яких підрозділи прибували у понаднормований час, у середньому, склала близько 71%.

На рисунку 3 наведено динаміку питомої ваги травмованих на пожежах у містах та сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

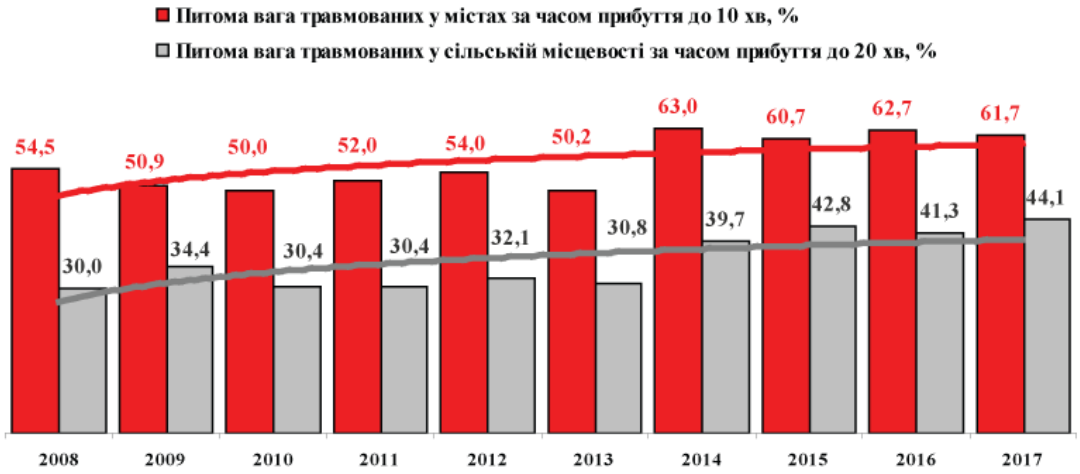


Рисунок 3 – Динаміка питомої ваги травмованих на пожежах у містах та сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів

За результатами досліджень статистичних даних за часом прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику спостерігається тенденція щодо незначного зменшення питомої ваги травмованих на пожежах, на ліквідацію яких пожежно-рятувальні підрозділи прибували у нормований час. Разом із тим, питома вага травмованих на пожежах у містах, на які час прибуття становив більше 10 хв, залишається високою і в середньому становить понад 44%. У сільській місцевості питома вага травмованих на пожежах, на ліквідацію яких підрозділи прибували у понаднормований час, у середньому, складає понад 64%.

На рисунку 4 наведено динаміку питомої ваги врятованих на пожежах у містах та сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

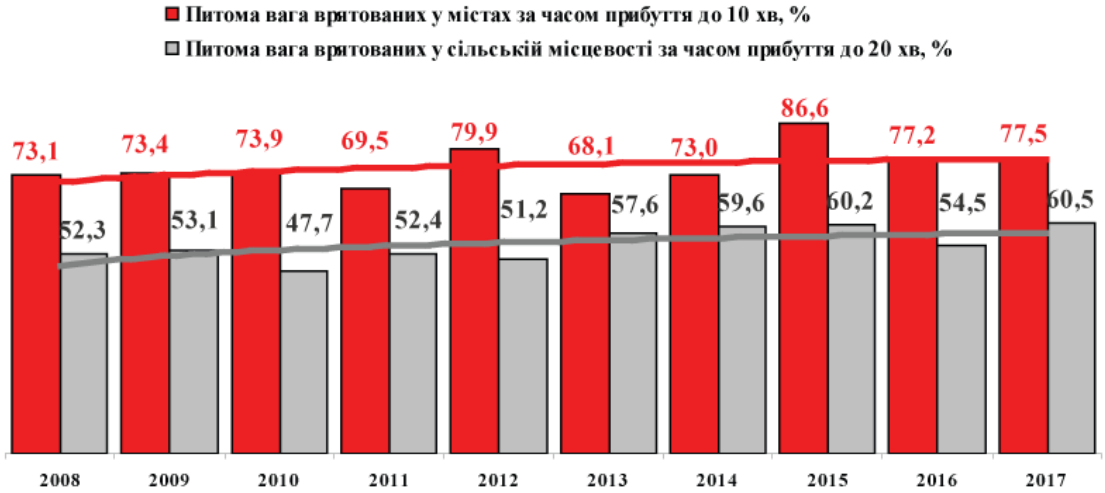


Рисунок 4 – Динаміка питомої ваги врятованих на пожежах у містах та сільській місцевості за нормативним часом прибуття пожежно-рятувальних підрозділів

За результатами досліджень статистичних даних за часом прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику спостерігається тенденція щодо незначного зменшення питомої ваги врятованих на пожежах, на ліквідацію яких пожежно-рятувальні підрозділи прибували у нормований час. Питома вага врятованих на пожежах у містах, на які час прибуття становив більше 10 хв, у середньому становить понад 25%. У сільській місцевості питома вага врятованих на пожежах, на ліквідацію яких підрозділи прибували у понаднормований час, у середньому, складає близько 46%.

Динаміку середньої кількості пожеж і загиблих унаслідок пожеж за часом прибуття першого підрозділу на пожежу за 2008÷2017 роки наведено на рисунку 5.

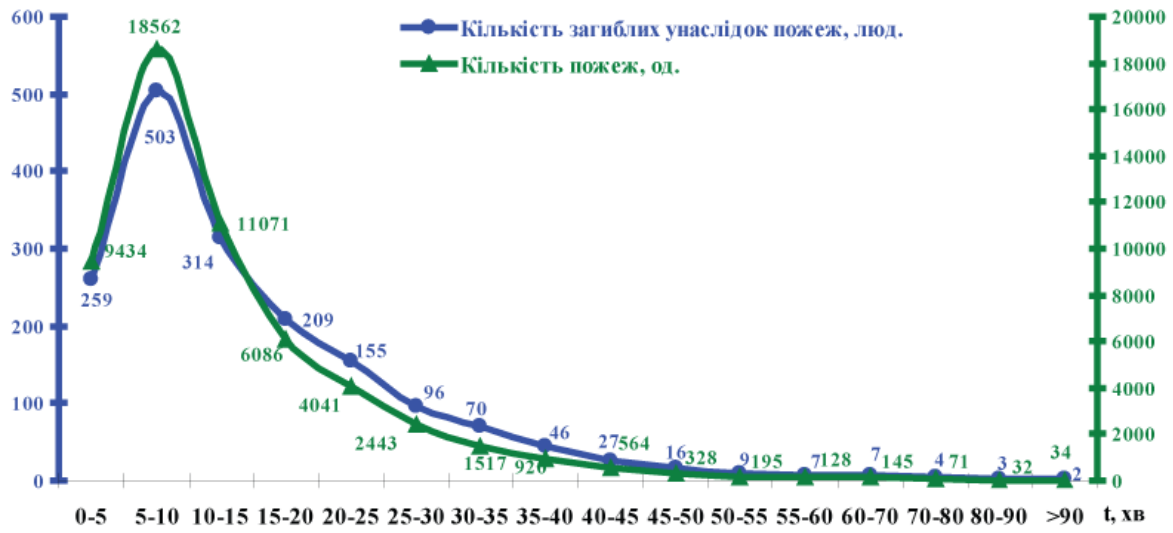


Рисунок 5 – Динаміка середньої кількості пожеж і загиблих унаслідок пожеж за часом прибуття першого підрозділу на пожежу за 2008÷2017 роки

Як видно з рисунку 5, найбільша кількість людей гине на пожежах від п'ятої до десятої хвилини на момент прибуття першого підрозділу. В середньому, за десять років кількість людей, що загинули впродовж десяти хвилин на момент прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу, становить 762 людини (44,2% від загальної кількості загиблих).

На рисунку 6 наведено усереднений відносний показник кількості загиблих на 100 пожежах, за часом прибуття першого підрозділу на пожежу за 2008÷2017 роки

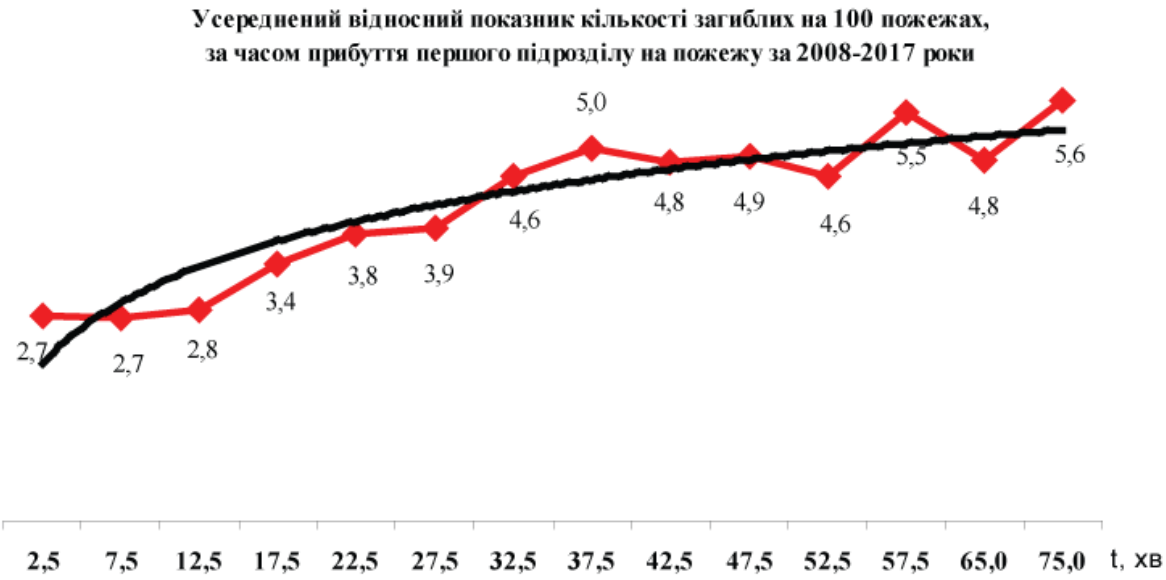


Рисунок 6 – Відносний показник кількості загиблих на 100 пожежах, за часом прибуття першого підрозділу на пожежу за 2008÷2017 роки

Як видно з рисунку 6 відносний показник кількості загиблих людей на 100 пожеж за часом прибуття першого підрозділу до місця пожежі зростає до 37 хвилин розвитку пожежі, після чого залишається незмінним.

Результати аналізу основних показників статистики пожеж в Україні за нормативним часом прибуття першого підрозділу пожежної охорони на пожежу, вказують, що підвищення ефективності реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, потребує комплексного

вирішення проблеми. Українським науково-дослідним інститутом цивільного захисту було надано пропозиції щодо удосконалення системи реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, в Україні, а саме:

1. З метою удосконалення системи реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, зменшення кількості загиблих унаслідок пожеж людей, необхідно збільшити кількість пожежно-рятувальних підрозділів і вдосконалити нормативну базу щодо оптимального визначення місць їх розташування, що дозволить досягти зменшення часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику та пришвидшити початок надання допомоги постраждалим на пожежах. Для визначення кількості та типу основних і спеціальних пожежних автомобілів критерій «кількість жителів населеного пункту» необхідно доповнити характеристикою району виїзду (забезпеченість вододжерелами, умови проїзду, висота забудови, техногенна та пожежна небезпека території тощо).

2. З метою мінімізації наслідків пожеж в Україні, зокрема зменшення кількості загиблих, унаслідок пожеж, людей, необхідно внести зміни до [4] щодо зменшення критерію нормативу прибуття державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) до місця виклику у сільській місцевості з 20 хв на 10 хв.

3. Для покращення системи реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, зокрема у сільській місцевості, необхідно підвищити рівень підготовки та технічної оснащеності добровільної пожежної охорони та розробити механізм її мотивації, тобто необхідно врегульовувати зазначені питання на законодавчому рівні.

4. Такий нормативний показник як «радіус обслуговування» не враховує планувальні, топографічні характеристики населеного пункту, стан доріг, пори року, інтенсивність руху, стан протипожежної техніки, наявність інженерних споруд тощо. З урахуванням наведених особливостей районів виїзду, запропоновано визначити конфігурацію району виїзду у вигляді несиметричної форми, а також визначити граничні відстані слідування за обраним напрямом і площу обслуговування індивідуально для кожного пожежно-рятувального підрозділу, що дасть змогу відображати реальний стан щодо зони обслуговування та визначати необхідну кількість і місця розташування пожежних депо.

У цілому ж, основним показником ефективності роботи пожежно-рятувальних підрозділів слід приймати не кількість фактів реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, а кількість загиблих на них людей і час, витрачений на їх ліквідацію.

Висновки. За результатами аналітичних досліджень джерел науково-технічної інформації щодо реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, аналізу статистичних даних Міжнародної асоціації пожежно-рятувальних служб (CTIF), вивчення закордонного досвіду щодо підходів до дислокації та кількості сил реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, визначено основні критерії оцінювання ефективності захисту населення від небезпечних подій, а саме: збереження життя людей; час прибуття до місця пожежі; час ліквідації пожежі; збереження матеріальних цінностей.

Дослідження статистичних даних за останні десять років щодо показників реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, вказують, що прийняті на території держави критерії утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів реалізуються не в повній мірі, що підтверджується наступним:

– усереднена питома вага пожеж, на які прибували пожежно-рятувальні підрозділи упродовж нормованого часу прибуття, в містах становить 59,0% від їх загальної кількості, а у сільській місцевості – близько 49,0%;

– усереднена питома вага загиблих унаслідок пожеж, на які перший пожежно-рятувальний підрозділ прибував у нормований час, у містах становить близько 50,0% від їх загальної кількості, а у сільській місцевості – близько 29,0%;

– усереднена питома вага травмованих на пожежах, на які перший пожежно-рятувальний підрозділ прибував у нормований час, у містах становить близько 56,0% від їх загальної кількості, а у сільській місцевості – близько 36,0%;

– усереднена питома вага врятованих на пожежах, на які перший пожежно-рятувальний підрозділ прибував у нормований час, у містах становить близько 75,0% від їх загальної кількості, а у сільській місцевості – близько 54,0%.

Відносний показник кількості загиблих людей на 100 пожеж за часом прибуття першого підрозділу до місця пожежі зростає до 42 хвилин розвитку пожежі, після чого залишається незмінним.

За результатами проведених досліджень було надано пропозиції щодо удосконалення системи реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2013 р., № 34-35, ст. 458).
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку обліку пожеж та їх наслідків» від 26 грудня 2003 року № 2030 (Офіційний вісник України, 2003 р., № 52, ст. 2802).
3. Наказ ДСНС України «Про забезпечення ведення обліку пожеж та їх наслідків» від 16 вересня 2017 року № 445.
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 листопада 2013 року № 874 «Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)» (Офіційний вісник України, 2013 р., № 96, ст. 3555).
5. N.N. Brushlinsky, V. Ahrens, S.V. Sokolov, P. Wagner. World Fire Statistics – International Assosiation of Fire and Rescue Services (CTIF) Report. – № 23 – 2018. – 62 p.
6. А. В. Красавин «Нормативное время прибытия пожарных к месту вызова. Реальность или миф?» Пожаровзрывобезопасность, 2010, том 19, №3 С. 3-6.
7. А. В. Матюшин, Нго Куанг Тоан. «Определение скорости следования пожарных подразделений к месту пожара в городе. Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (http://ipb.mos.ru/ttb) Выпуск № 3 (61), 2015 г, С. 1-6.
8. А. В. Титаренко. Аналіз чинників, які впливають на час прибуття оперативно-рятувальних підрозділів на виклик. // Науковий вісник: № 2 (32), 2015 р, УкрНДІПБ, м. Київ, С. 32-39.
9. Д. Ю. Белюченко, В. М. Стрілець Особливості оперативних розгортань на пожежних автоцистернах різного класу // Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: Матеріали 20 Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 9-10 жовтня. 2018 р. – Київ: Видавничий дім «Гельветика» С. 37-38.
10. Д. П. Войтович, канд. техн. наук. Підвищення рівня підготовки керівного складу підрозділів оперативно-рятувальної служби на основі аналізу дій за призначенням. // Науковий вісник: № 2 (28), 2013 р., УкрНДІПБ, м. Київ, С. 115-121.
11. Н. Н. Брушлинський, Ю. М. Глуховенко, Е. А. Клепко, В. Б. Коробко. О методе упрвления СОПБ городских муниципальных образований на основе оценок пожарных рисков. // Тринадцатая научно-техническая конференция «Системы безопасности» - СБ-2004, С. 11-14
12. Методические рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений // Утв. Главным Государственным инспектором РФ по пожарному надзору 30 декабря 2009 г. № 2-4-60-14-18. М, 2009. 25 с.

REFERENCES

1. Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy vid 02 zhovtnia 2012 roku № 5403-VI (Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR), 2013 r., № 34-35, st. 458)..
2. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro zatverdzhennia Poriadku obliku pozhezh ta yikh naslidkiv» vid 26 hrudnia 2003 roku № 2030 (Ofitsiinyi visnyk Ukrainy, 2003 r., № 52, st. 2802).
3. Nakaz DSNS Ukrainy «Pro zabezpechennia vedennia obliku pozhezh ta yikh naslidkiv» vid 16 veresnia 2017 roku № 445.
4. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27 lystopada 2013 roku № 874 «Pro zatverdzhennia kryteriiv utvorennia derzhavnykh pozhezhno-riatuvalnykh pidrozdiliv (chastyn) Operatyvno-riatuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu v administratyvno-terytorialnykh odynytsiakh ta pereliku subiektiv hospodariuvannia, de utvoriuiutsia taki pidrozdily (chastyny)» (Ofitsiinyi visnyk Ukrainy, 2013 r., № 96, st. 3555).
5. N.N. Brushlinsky, V. Ahrens, S.V. Sokolov, P. Wagner. World Fire Statistics – International Assosiation of Fire and Rescue Services (CTIF) Report. – № 23 – 2018. – 62 p.
6. Krasavin A. V. (2010) Normativnoe vremya pribytiya pozharnykh k mestu vyzova. Real'nost' ili mif? [Specified time of arrival of firefighters to the place of call. Reality or myth?]. Pozharovzryvobezopasnost, vol 19, no.3, pp 3-6. (in Russian)
7. Matyushin A. V., Ngo Kuang Toan (2015) Opredelenie skorosti sledovaniya pozharnykh podrazdeleniy k mestu pozhara v gorode [Determination of fire units speed to the place of fire in the city]. Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti, vol. 3 (61), pp.1-6, available at: http://ipb.mos.ru/ttb. (in Russian)
8. Tytarenko A. V.(2015) Analiz chynnykiv, yaki vplyvaiut na chas prybuttia operatyvno-riatuvalnykh pidrozdiliv na vyklyk [Factors analysis which have an influence to the arrival time of operational-rescue unit on the call]. Naukovyi visnyk UkrNDIPB, vol. 2 (32) Kyiv, pp. 32-39. (in Ukrainian)
9. D. Yu. Beliuchenko, V. M. Strilets (2018) Osoblyvosti operatyvnykh rozghortan na pozhezhnykh avtotsysternakh riznoho klasu [Features of operational deployments on fire tanks of different classes]. Proceedings of the «Suchasnyi stan tsyvilnoho zakhystu Ukrainy ta perspektyvy rozvytku: Materialy 20 Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii», Kyiv, Vydavnychyi dim «Helvetyka», pp. 37-38. (in Ukrainian)
10. D. P. Voitovych (2013) Pidvyshchennia rivnia pidhotovky kerivnoho skladu pidrozdiliv operatyvno-riatuvalnoi sluzhby na osnovi analizu dii za pryznachenniam [Ways of improve the preparation of management staff units]. Naukovyi visnyk UkrNDIPB, vol 2 (28), Kyiv, pp. 115-121. (in Ukrainian)
11. N. N. Brushlins'kiy, Yu. M. Glukhovenko, E. A. Klepko, V. B. Korobko (2004) O metode uprvleniya SOPB gorodskikh munitsipal'nykh obrazovaniy na osnove otsenok pozharnykh riskov [On the method of SOPB managing of urban municipalities based on fire risk assessments]. Proceedings of the «Trinadtsataya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Sistemy bezopasnosti» , SB, pp. 11-14 (in Russian)
12. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu mest razmeshcheniya podrazdeleniy pozharnoy okhranyv naselennykh punktakh v tselyakh dovedeniya vremeni pribytiya pervogo podrazdeleniya pozharnoy okhrany do normativnykh znacheniy. Utv. Glavnym Gosudarstvennym inspektorom RF po pozharnomu nadzoru 30 dekabrya 2009 g. № 2-4-60-14-18. M, 2009. 25 s

RESULTS OF ANALYSIS OF THE MAIN INDICATORS OF FIRE STATISTICS IN UKRAINE WITH REGARD TO THE TIME OF ARRIVAL OF THE FIRST FIRE-FIGHTING UNITS

R. Klymas, A. Odynets, D. Matviichuk, L. Neseniuk
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

statistical accounting of fires, analytical materials, condition with fires, number of fires, the number of deaths from fires, number of injured in fires, number of rescued from fires, normative time of arrival to the place of fire, time of arrival to the place of fire, absolute indicators, relative indicators, fire and rescue units, dynamics of the total number, dynamics of specific gravity.

ANNOTATION

According to the results of the analysis of scientific and technical information, the main criteria for assessing the effectiveness of protecting the population from dangerous phenomena are identified, namely: saving people's lives; arrival time to the place of fire; time of fire elimination; the preservation of material values. According to CTIF, a comparison has been made of the existing number of Ukrainian fire services with some developed countries of the European Union, and its shortcomings have been identified. The basic indicators of fire statistics at the standard time of arrival of the first fire-fighting unit to the place of call in Ukraine as a whole and in urban and rural settlements of Ukraine in the long-term period are analyzed. The dynamics of the specific gravity of the number of fires, the number of deaths due to fires, the number of injured in the fires and the number of rescued in the fires, in the standard time of arrival of fire and rescue units for the fire were determined. The average time of arrival of the first fire and rescue unit to the place of call in Ukraine, in cities and villages in the long-term period is determined. The dynamics of the average number of fires and deaths as a result of fires on the time of arrival of the first fire and rescue unit on the fire was analyzed. According to the results of the researches, proposals were made to improve the system of responding to dangerous events related to fires in Ukraine. The relative indicator of the number of deaths per 100 fires to the number of fires has been analyzed, with the time of arrival of the first unit to the fire for 2008-2017. According to research results, conclusions are drawn.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАТИСТИКИ ПОЖАРОВ В УКРАИНЕ ПО ОТНОШЕНИЮ К ВРЕМЕНИ ПРИБЫТИЯ ПЕРВОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Р.В. Климась, А.В. Одинец, Д.Я. Матвийчук, Л.П. Несенюк
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

статистический учет пожаров, аналитические материалы, состояние с пожарами, количество пожаров, количество погибших в результате пожаров, количество травмированных на пожарах, количество спасенных на пожарах, нормативное время прибытия к месту пожара, время прибытия к месту пожара, абсолютные показатели, относительные показатели, пожарно-спасательные подразделения, динамика общего количества, динамика удельного веса.

АННОТАЦИЯ

Проанализированы основные показатели статистики пожаров в Украине, как в целом, так и в городах и сельской местности Украины отдельно, за нормативным временем прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова за долгосрочный период.

УДК 614.849

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМІВ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ РОЗГЛЯДУ ДАНИХ СТАТИСТИКИ ПОЖЕЖ

О.П. Борис, канд. техн. Наук*
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 31.05.2019
*Пройшла рецензування:*24.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

статистика пожеж, загибель людей, пожежна безпека, державне регулювання.

АНОТАЦІЯ

Детально проаналізовано статистичні дані щодо виникнення пожеж і загибелі на них людей в Україні за останні десять років, виокремлено негативні аспекти в організації діяльності із забезпечення пожежної безпеки в частині захисту населення від пожеж, обліку пожеж і сформовано відповідні напрями та заходи державного регулювання, спрямовані на підвищення рівня пожежної безпеки в Україні.

Постановка проблеми. Сфера пожежної безпеки є складовою частиною безпеки життєдіяльності, що спрямована на захист здоров'я та життя людини. Особливе місце серед можливих загроз безпеки населення належить пожежам. Тенденція до збільшення їх кількості впродовж останніх десятих років в Україні залишається чітко вираженою. Водночас, розподіл пожеж між міською територію та сільською місцевістю складає в середньому різницю у 60% та 40%, а кількість загиблих на пожежах у містах і селах мають діаметрально протилежні значення. Загалом стан із загибеллю людей на пожежах в Україні, хоч і має упродовж останніх років тенденцію до зниження, залишається складним. Україна посідає четверте місце за кількістю загиблих на 100 тис. населення серед країн світу, а в цілому за визначеним статистичним критерієм національний показник значно перевищує загальносвітове середньостатистичне значення.

Дані світової статистики пожеж свідчать про наявний дисонанс між кількістю пожеж і загиблих на них людей в Україні та є підставою для удосконалення державного управління у сфері пожежної безпеки, в першу чергу пов'язаного із захистом населення від пожеж. На зазначені обставини прямо чи опосередковано впливають процеси й явища в економічній, соціальній сферах життя суспільства, що мають тенденцію до ускладнення. Водночас, основні негативні аспекти проблематики полягають у недоліках організації діяльності існуючого в державі механізму реагування на пожежі в частині своєчасного прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місць виклику. Такі обставини потребують формування та запровадження відповідних заходів державного регулювання, спрямованих на підвищення рівня пожежної безпеки в Україні.

Формулювання цілей досліджень. Метою даної статті є проведення огляду статистичних даних про пожежі в Україні за 2009–2018 роки та формування на його підставі напрямів державного регулювання у сфері пожежної безпеки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кількість пожеж в Україні впродовж останніх років поступово збільшується, а їх поділ між міською територією та сільською місцевістю залишається фактично незмінним і складає щорічно у відносних значеннях 60% та 40% (рис. 1) [1]

Зростання кількості пожеж в Україні не слід вважати негативною тенденцією. У порівнянні із даними стосовно динаміки кількості пожеж у країнах світу за 2012–2016 роки, виникає питання щодо відповідності їх обліку в Україні [2, 3]. Так, кількість пожеж на 1 тис. чол. в рік, у відносно наближених за чисельністю населення країнах ЄС, складає показник 2,83 та 3,98 (Іспанія – 47 079 тис. чол. та Польща – 38 454 тис. чол.) проти 1,67 в Україні (42 673 тис. чол.), що в середньорічних значеннях відповідає 133 066 та 153 125 пожежам проти 71 065. Таким чином, можна впевнено стверджувати про недосконалість обліку пожеж в Україні, що на практиці пов'язана із неможливістю класифікації як пожеж коротких замкнень електромереж (приладів) і горіння на відкритих територіях.

На проблему забезпечення безпеки населення вказують також інші показники, зокрема кількість загиблих на пожежах. На рис. 2 наведено кількість загиблих людей у розрахунку на 100 тис. чол. у деяких країнах світу та в Україні у 2016 році [2].

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.85-91

*E-mail: boris@undicz.dsns.gov.ua

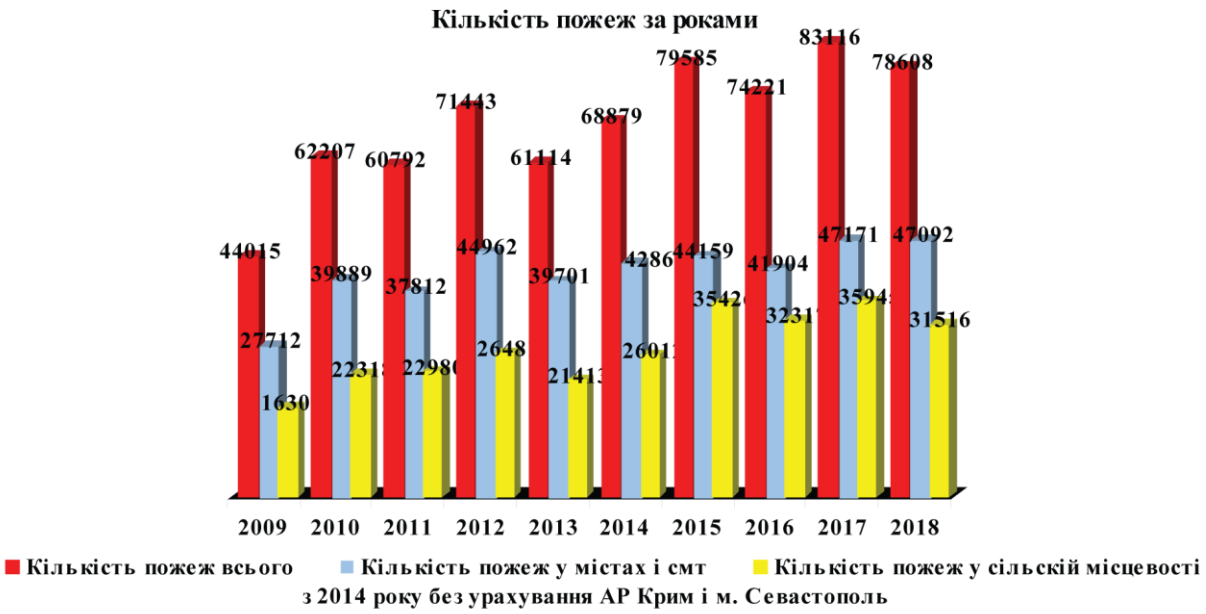


Рисунок 1 – Кількість пожеж в Україні за 2009–2018 роки
та їх поділ між міською територією та сільською місцевістю

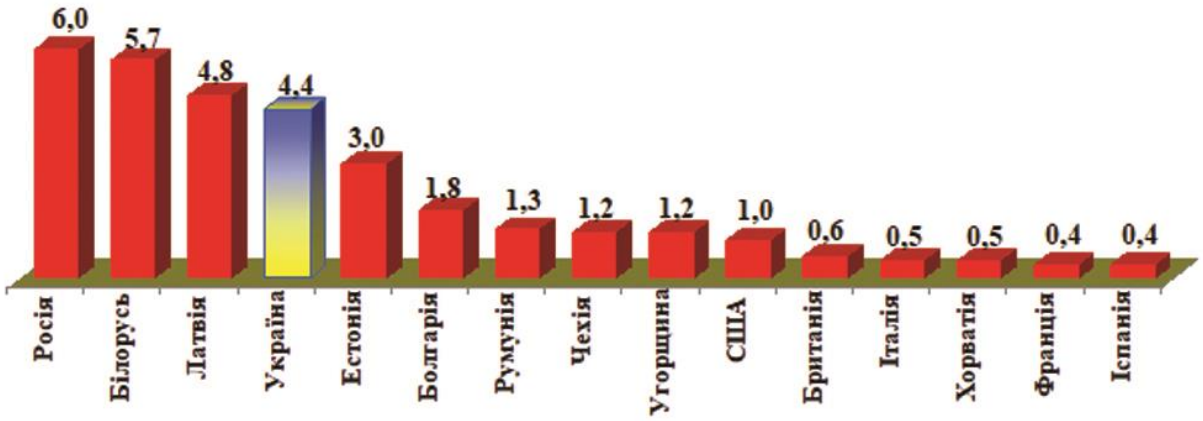


Рисунок 2 – Кількість загиблих людей у розрахунку на 100 тис. чол.
у деяких країнах світу у 2016 році

В Україні, у порівнянні із минулим оглядом пожеж [4], зазначений показник дещо покращений, але в цілому стан із загибеллю людей на пожежах залишається вкрай незадовільним. Для порівняння, у 2016 році в Україні показник кількості загиблих на 100 пожеж склав 2,5 проти середнього значення для країн ЄС – 0,5, що у чистих значеннях складає 1872 проти 2184 [2].

Слід зазначити, що в Україні упродовж останніх десяти років за умов постійного скорочення населення (більше, ніж на 3,6 млн), спостерігається загальна тенденція щодо зменшення кількості загиблих унаслідок пожеж. (рис. 3) [5].

Разом із тим, відносні показники кількості загиблих людей на 100 тис. чол. населення залишаються високими (рис. 4).

Особливе занепокоєння викликає розподіл кількості загиблих на пожежах на 100 тис. чол. населення між міською територію та сільською місцевістю. В містах України унаслідок пожеж у 2018 році загинуло 886 людей, що складає 45,3% від загальної кількості загиблих, а у сільській місцевості – 1070 людей, що становить 54,7%. Водночас, чисельність населення у містах і селищах міського типу майже вдвічі більша за чисельність сільського населення. Зазначене співвідношення та динаміка кількості загиблих за 2009–2018 роки наведені на рис. 5.

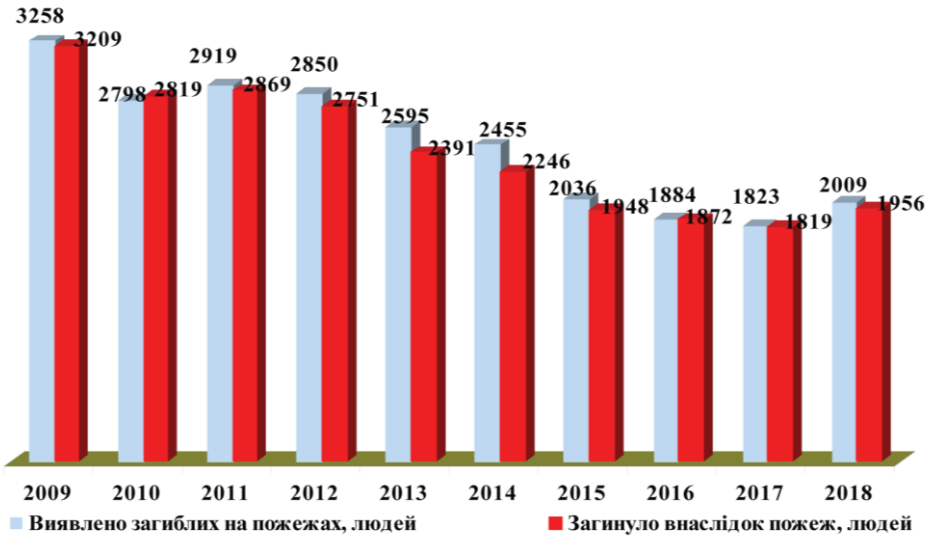


Рисунок 3 – Розподіл кількості загиблих, виявлених на пожежах, та кількості загиблих унаслідок пожеж людей за 2009–2018 роки

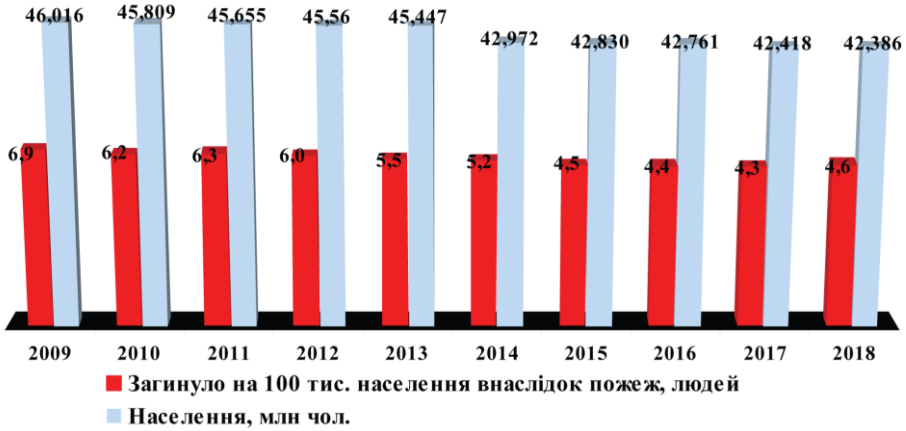


Рисунок 4 – Динаміка кількості населення в Україні та кількості загиблих людей унаслідок пожеж в Україні у розрахунку на 100 тис. чол. за 2009–2018 роки

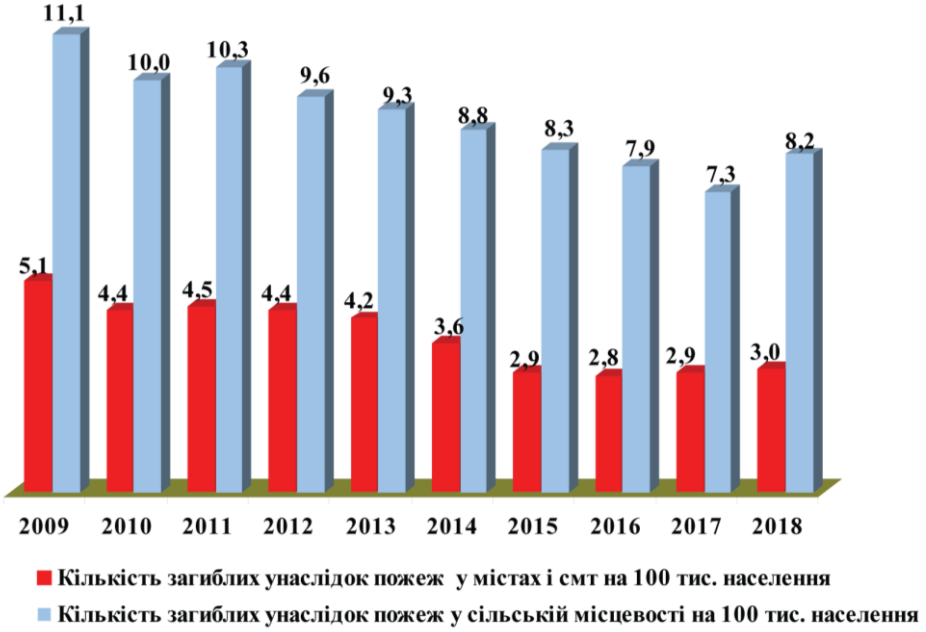


Рисунок 5 – Динаміка кількості загиблих унаслідок пожеж на 100 тис. населення у містах і сільській місцевості за 2009–2018 роки

Загибель унаслідок пожеж у сільській місцевості в середньому у 2,6 рази вища, ніж на міській території. У містах показник загиблих на 100 тис. чол. в середньому складає 3,8, а в селах – 9,0, що, в першу чергу, обумовлене кількістю пожежно-рятувальних підрозділів і пожежної техніки, які зосереджені на адміністративних територіях.

Дані світової статистики показують, що серед країн ЄС площа обслуговування одним пожежним депо в Україні є найбільшою і становить 624 км^2 (для прикладу: у Франції – 99 км^2, Польщі – 19 км^2, Німеччині – 11 км^2), а кількість пожежної техніки на площу в 1 тис. км^2 – однією з найменших і становить 6 одиниць (у Франції – 13 од., Польщі – 65 од., Німеччині – 122 од.) [6].

Аналіз загибелі людей унаслідок пожеж за часом прибуття пожежно-рятувального підрозділу та умов, що вплинули на поширення пожеж, свідчить, що у 2018 році 28,9% людей у містах та 42,2% людей у сільській місцевості загинули внаслідок пожеж, час прибуття на які перевищував норматив часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику, а саме до 10 хвилин у містах і селищах міського типу та до 20 хвилин у сільських населених пунктах [7, 8, 9], що, здебільшого, обумовлено віддаленістю пожежних депо.

Зважаючи на вищезазначене, можна виділити основні напрями державного регулювання, спрямованні на вдосконалення сфери пожежної безпеки, що стосуються відповідності існуючого обліку пожеж їх реальній кількості та вдосконалення системи реагування на пожежі в сільський місцевості.

Результати опрацювання нормативно-правових актів та інших документів, що регламентують здійснення обліку пожеж та їх наслідків у країнах-членах Європейського Союзу та інших країнах світу [10, 11], свідчать про те, що підхід до обліку загиблих і травмованих на пожежах практично однотипний. Однак, в Україні термічне розкладання (горіння) електроприладів і загоряння на відкритих територіях поза межами населених пунктів, що не завдали збитків, не класифікуються як пожежі. Таким чином, заходом державного регулювання, спрямованим на удосконалення обліку пожеж в Україні, слід визначити внесення змін до [3] та вилучення абзаців 4 та 5 ст. 6 «Не підлягають обліку», а саме: «випадки коротких замикань» та «випадки горіння відходів та сміття на відкритій території».

Удосконалення системи реагування на пожежі має полягати в усуненні існуючих нерівноцінних норм [7, 8, 9] щодо прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику та встановленні єдиного нормативу прибуття для міст і сільських населених пунктів.

Висновки. Захист населення України від пожеж потребує значного покращення. Відносні показники кількості загиблих людей на 100 тис. чол. населення в Україні залишаються високими і значно перевищують показник провідних країн світу. Безпосередньо в Україні значною проблемою є забезпечення захисту населення від пожеж у сільський місцевості, де чисельність населення вдвічі більша ніж у містах і селищах міського типу, проте кількість людей, загиблих унаслідок пожеж на 100 тис. чол. в середньому у 2,6 рази вища. Водночас, близько 30% людей у містах та 40% людей у селах гинуть на пожежах, час прибуття на які пожежно-рятувальних підрозділів перевищує нормований.

Таким чином, на підставі вищезазначеного можна зробити висновок щодо необхідності вдосконалення державного управління в сфері пожежної безпеки. Основними напрямами державного регулювання слід визначити вдосконалення системи обліку пожеж та унормування часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику. Водночас, заходи державного регулювання сфери пожежної безпеки полягають у внесені змін до існуючих нормативно-правових актів України [3, 7, 8, 9].

Також слід зазначити, що для визначення та формування більш детальних заходів державного регулювання у сфері реагування на пожежі необхідно провести ґрунтовний аналіз існуючої системи державного управління у сфері цивільного захисту та пожежної безпеки, а саме: провести комплексну оцінку ефективності існуючих практик реагування на небезпечні події, вивчити правові основи та нормативні критерії роботи пожежно-рятувальних підрозділів країн-членів ЄС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Климась Р.В. Аналіз статистичних даних щодо реагування на небезпечні події, пов'язані з пожежами, в Україні / Р.В. Климась, Д.Я. Матвійчук, А.В. Одинець, Л.П. Несенюк // Запобігання надзвичайним ситуаціям і їх ліквідація. Матеріали науково-практичного семінару. – Харків: НУЦЗУ, 2019. – С. 76-78.
2. Brushlinsky N.N., Ahrens Marty, Sokolov S.V., Wagner Peter. World Fire Statistics. Report № 22. – International Assosiation of Fire and Rescue Services (CTIF): Copyright by Center of Fire Statistics of CTIF, 2017. – 56 p.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 грудня 2003 року № 2030 «Про затвердження Порядку обліку пожеж та їх наслідків» (Офіційний вісник України, 2003 р., № 52, ст. 2802).
4. Oleksandr Borys Review of Fire Statistics Data in Ukraine. Bezpieczeństvo I Technika Pożarnicza Safety & Fire Techique. BiTP Vol. 47 Issue 3, 2017, pp. 62-67, doi: 10.12845/bitp.47.3.2017.4.
5. Звіт про науково-дослідну роботу «Провести дослідження тенденцій і закономірностей динаміки основних показників статистики пожеж в Україні за територіальним принципом». – К.: УкрНДІЦЗ, 2018. – 756 с.
6. Климась Р.В. Аналіз нормативу часу прибуття першого пожежно-рятувального підрозділу на пожежі в Україні / Р.В. Климась, А.В. Одинець, Д.Я. Матвійчук, Л.П. Несенюк // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2019. – С. 32-34.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 листопада 2013 року № 874 «Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)» (Офіційний вісник України, 2013 р., № 96, ст. 3555).
8. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 січня 2017 року № 61-р «Про схвалення Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій» (Офіційний вісник України, 2017 р., № 13, ст. 373).
9. Державні будівельні норми ДБН Б.2.2-12:2018 Планування і забудова територій. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 179 с.
10. Климась Р.В. Шляхи удосконалення статистичного обліку пожеж та їх наслідків в Україні на регіональному та державному рівнях / Р.В. Климась, Д.Я. Матвійчук // Науковий вісник УкрНДІПБ. – К.: 2011. – № 2(24). – С. 54–58.
11. Звіт про науково-дослідну роботу «Провести дослідження та науково обґрунтувати шляхи удосконалення обліку пожеж та їх наслідків в Україні». – К.: УкрНДІЦЗ, 2017. – 1049 с.

REFERENCES

1. Klymas R.V., Matviichuk D.Ia., Odynets A.V., Neseniuk L.P. (2019) Analiz statystychnykh danykh shchodo reahuvannia na nebezpechni podii, poviazani z pozhezhamy, v Ukraini Analysis of statistical data on response to hazardous events associated with fires in Ukraine]. Proceedings of the «Zapobihannia nadzvychainym sytuatsiiam i yikh likvidatsiia. Materialy naukovo-praktychnoho seminaru», Kharkiv, NUCZU, pp. 76-78. (in Ukrainian)
2. Brushlinsky N.N., Ahrens Marty, Sokolov S.V., Wagner Peter. World Fire Statistics. Report № 22. – International Assosiation of Fire and Rescue Services (CTIF): Copyright by Center of Fire Statistics of CTIF, 2017. – 56 p.
3. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26 hrudnia 2003 roku № 2030 «Pro zatverdzhennia Poriadku obliku pozhezh ta yikh naslidkiv» (Ofitsiinyi visnyk Ukrainy, 2003 r., № 52, st. 2802).
4. Oleksandr Borys Review of Fire Statistics Data in Ukraine. Bezpieczeństvo I Technika Pożarnicza Safety & Fire Techique. BiTP Vol. 47 Issue 3, 2017, pp. 62-67, doi: 10.12845/bitp.47.3.2017.4.
5. Provesty doslidzhennia tendentsii i zakonomirnostei dynamiky osnovnykh pokaznykiv statystyky pozhezh v Ukraini za terytorialnym pryntsypom [Conduct research of trends and regularities of dynamics of the main indicators of fire statistics in Ukraine by territorial principle]. Zvit pro NDR, K.: UkrNDICZ, 2018, 756 p.
6. Klymas R.V., Matviichuk D.Ia., Odynets A.V., Neseniuk L.P. (2019) Analiz normatyvu chasu prybuttia pershoho pozhezhno-riatuvalnoho pidrozdilu na pozhezhi v Ukraini [Analysis of the standard arrival time of the first fire and rescue unit to a fire in Ukraine]. Proceedings of the «Teoriia i praktyka hasinnia pozhezh ta likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii: Materialy X Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii», Cherkasy: ChIPB im. Heroiv Chornobylia NUCZU, pp. 32-34. (in Ukrainian)
7. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27 lystopada 2013 roku № 874 «Pro zatverdzhennia kryteriiv utvorennia derzhavnykh pozhezhno-riatuvalnykh pidrozdiliv (chastyn) Operatyvno-riatuvalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu v administratyvno-terytorialnykh odynytsiakh ta pereliku subiektiv hospodariuvannia, de utvoriuiutsia taki pidrozdily (chastyny)» (Ofitsiinyi visnyk Ukrainy, 2013 r., № 96, st. 3555).
8. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 25 sichnia 2017 roku № 61-r «Pro skhvalennia Stratehii reformuvannia systemy Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z nadzvychainykh sytuatsii» (Ofitsiinyi visnyk Ukrainy, 2017 r., № 13, st. 373).
9. Derzhavni budivelni normy DBN B.2.2-12:2018 Planuvannia i zabudova terytorii. – K.: Minrehion Ukrainy, 2018. – 179 s.

10. Klymas R.V., Matviichuk D.Ia. (2011) Shliakhy udoskonalennia statystychnoho obliku pozhezh ta yikh naslidkiv v Ukraini na rehionalnomu ta derzhavnomu rivniakh [Ways to improve the statistical accounting of fires and their consequences in Ukraine at the regional and state levels.]. Naukovyi visnyk UkrNDIPB, K., vol 2(24), pp. 54–58. (in Ukrainian)
11. Provesty doslidzhennia ta naukovo obgruntuvaty shliakhy udoskonalennia obliku pozhezh ta yikh naslidkiv v Ukraini [Conduct research and scientifically substantiate ways to improve the accounting of fires and their consequences in Ukraine]. Zvit pro NDR, K.: UkrNDICZ, 2017, 1049 p.

DETERMINATION OF PUBLIC REGULATION DIRECTIONS IN THE SPHERE OF FIRE SAFETY ON THE BASIS OF CONSIDERATION OF DATA OF FIRE STATISTICS

O. Borys, Cand. of Sc. (Eng.)
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

fire statistics, death of people, fire safety, public regulation.

ANNOTATION

A review of statistics on the occurrence of fires and the death of people in Ukraine in the last ten years has been carried out. The studies were conducted using methods of mass statistical monitoring, statistical generalization and grouping, statistical processing of generalized indices as well as those divided into groups, and thorough qualitative analysis of the statistical data. In comparison with the world fire statistics, in Ukraine the unsatisfactory state in the sphere of fire safety remains, primarily associated with the protection of the population from fires. The facts of the imperfect organization of the state response system to fires were established, the need for further scientific analysis of fire statistics and the study of existing mechanisms and practices for registering fires and responding to dangerous events (fires) in the EU countries, the introduction of a national system of evaluating the effectiveness of fire and rescue units in Ukraine , development of measures of public administration in the sphere of fire safety, aimed at increasing the level of protection of the population from fires. In order to formulate directions and measures of public administration regarding the protection of the population from fires in Ukraine, it is necessary to conduct a thorough scientific analysis of the existing public administration system in the sphere of civil protection and fire safety, namely: to carry out research of existing practices on the statistical accounting of fires; carry out a comprehensive assessment of the effectiveness of existing mechanisms and practices for responding to dangerous events; to study legal bases and normative criteria of work of fire and rescue units of Ukraine in comparison with EU member states.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ РАССМОТРЕНИЯ ДАННЫХ СТАТИСТИКИ ПОЖАРОВ

А. П. Борис, канд. техн. наук
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

статистика пожаров, гибель людей, пожарная безопасность, государственное регулирование.

АННОТАЦИЯ

Детально проанализированы статистические данные о возникновении пожаров и гибели на них людей в Украине за последние десять лет, выделены негативные аспекты в организации деятельности по обеспечению пожарной безопасности в части защиты населения от пожаров, учета пожаров и сформированы соответствующие направления и меры государственного регулирования, направленные на повышение уровня пожарной безопасности в Украине.

УДК 614.842

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ ПОРОШКОВИХ ЗАСОБІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ І ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

В. В. Кавецький, М. В. Білошицький, канд. хім. наук, С. А. Єременко, канд. техн. наук, А. В. Пруський, канд. техн. наук, М. І. Копильний, О. В. Корнієнко
ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки»
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна
Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 04.06.2019
*Пройшла рецензування:*25.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

вогнегасники, вогнегасні порошки, показники якості, стандарти, випробування, розривний тиск, хімічний склад вогнегасних порошків.

АНОТАЦІЯ

Проведено аналіз проблемних питань забезпечення надійності порошкових засобів пожежогасіння: забезпечення надійності якості вогнегасних порошків під час їхнього виготовлення, зберігання і застосування, забезпечення якості, надійності використання, безпеки використання порошкових вогнегасників. Проаналізовано вплив на якість вогнегасних порошків хімічного складу, встановлено оптимальні концентрації компонентів вогнегасного складу, які забезпечують якість вогнегасних порошків. Проаналізовано вплив відміни обов'язкової державної реєстрації стандартів і ТУ, а також запровадження добровільності їх застосування на якість і надійність застосування порошкових засобів пожежогасіння. Запропоновано шляхи покращення якості вогнегасних порошків і порошкових вогнегасників і підвищення надійності гасіння ними пожеж.

До порошкових засобів пожежогасіння відносяться первинні засоби порошкового пожежогасіння (переносні порошкові вогнегасники повною масою до 20 кг), пересувні вогнегасники повною масою до 450 кг, автоматичні установки порошкового пожежогасіння, автомобілі порошкового пожежогасіння.

Вогнегасники порошкові переносні є найбільш ефективними і найбільш поширеними первинними засобами гасіння пожежі на початковій стадії її виникнення, поки пожежа не набула великих розмірів і її можна погасити співробітниками підприємств, установ, організацій до прибуття професійних пожежників. Від надійності роботи вогнегасника залежить життя співробітників, збереження матеріальних цінностей.

Вогнегасники переносні застосовуються для гасіння пожеж класів А (горіння твердих горючих речовин), В (горіння горючих рідин), С (горіння горючих газів). Порошок, яким споряджається такий вогнегасник, повинен бути багатоцільовим, тобто гасити пожежі класів А, В, С. Багатоцільові вогнегасні порошки виготовляються на основі (в основному) амонійних солей фосфорної кислоти, практично завжди з амофосу, мінерального добрива. Амонійні солі фосфорної кислоти інгібують проходження хімічної реакції горіння (припиняють полум'яне горіння), а також запобігають повторному займанню осередку пожежі класу А після інгібіювання полум'я за рахунок створення плівки розплаву, яка покриває жар мікронної товщини шаром і припиняє виділенню із нього газо- і пароподібних горючих продуктів термічного піролізу деревини, припиняючи утворення горючого середовища. Інші солі, інгібітори горіння, (хлориди натрію і калію, бікарбонати натрію і калію, сульфат калію, оксалат калію і багато інших) в умовах пожежі класу А не плавляться на поверхні жару і не утворюють захисної плівки, тобто не запобігають повторному займанню і не гасять пожежі класу А.

У роботі [1] наводиться детальний оглядовий аналіз результатів багатьох досліджень щодо впливу на якість вогнегасних порошків хімічного складу, вологи, насипної густини, дисперсності.

На надійність гасіння пожежі в першу чергу впливає наявність у вогнегасному порошку амонійних солей фосфорної кислоти – інгібіторів полум'яного горіння. Є мінімальний вміст у вогнегасному порошку амонійних солей фосфорної кислоти, за якого відбувається інгібіювання полум'я, цей вміст залежить (в основному) від їх тонкості зламу (чим дрібніші частинки солей тим більша їх вогнегасна здатність, тобто для гасіння певного осередку пожежі необхідно менша кількість порошку). Мінімальний вміст також залежить і від наявності у порошку сульфату амонію, масової частки у порошку нерозчинних у воді дисперсних мінералів і багатьох інших факторів. Численними дослідженнями було

https//doi.org/10.33269/nvcz.2019.1.92-101

встановлено, що мінімальний вміст у вогнегасному порошку амонійних солей фосфорної кислоти повинен бути не менше 22% масових у перерахунку на P_2O_5.

Для гасіння пожеж класу А (горіння твердих речовин типу дерева) необхідно, щоб на поверхні матеріалу, що горить, утворилась тонка плівка розтопу солей порошку, яка б ізолювала горючу тверду поверхню від доступу кисню і перешкоджала виходу із твердого матеріалу горючих газопароподібних продуктів термічного піролізу і утворення горючого середовища.

Дисперсні природні матеріали і гідрофобні речовини типу аеросилу перешкоджають утворенню плівки розтопу солей і зменшують вогнегасну здатність, а за певних концентрацій, приводять до припинення гасіння пожеж класу А. Полум'яне горіння припиняється, але із тліючого матеріалу через нещільну плівку розтопу продовжують виходити горючі газопароподібні продукти термічного розкладу і повторно утворюється горюче середовище, яке займається від високої температури розжарених твердих матеріалів.

Тому у вогнегасних АВС порошках вміст дисперсних водонерозчинних добавок підбирався і був таким, який забезпечував гасіння пожеж класу А. Великий вміст у багатоцільовому вогнегасному порошку тонкоподрібнених природних мінералів перешкоджає утворенню міцної ізолювальної плівки, така плівка не перешкоджає повторному займанню і такі порошки також практично не гасять пожежі класу А.

Під час розробки рецептури і технології виготовлення вогнегасних порошків проводяться дослідження щодо визначення оптимального хімічного складу (масової частки солей-інгібіторів, дисперсних і опудрюючих добавок, вологи, добавок для зменшення вартості,), який би задовольняв вимоги щодо забезпечення показників призначення, основним з яких є вогнегасна здатність.

Хімічний склад порошків регламентувався вимогами технічних умов, а показники призначення – вимогами стандартів і технічних умов (у технічних умовах було посилання на відповідні норми і методики стандартів).

Під час сертифікаційних випробувань спочатку визначали хімічний склад і, у разі його відповідності вимогам ТУ проводили визначення показників призначення. Така процедура оцінки відповідності дозволяла контролювати якість порошків.

Технічні проблеми з якістю порошків з'явилися в останні роки в основному тому, що виробники порошків намагаються виготовляти максимально дешеві порошки, досить часто за рахунок зниження вогнегасної здатності (зменшують вміст солей-інгібіторів), щоб можна було конкурувати на ринку. Вартість порошку зменшують за рахунок збільшення вмісту в ньому водонерозчинних природних дисперсних добавок, в т.ч. відходів виробництв, зменшення вмісту фосфатів амонію або і повною їх заміною, використанням солей-інгібіторів (наприклад, хлориду натрію), які не гасять пожежі класу А.

Ці проблеми ще більше стали помітними після введення у дію Закону України «Про стандартизацію» (2014 рік) [2], яким відмінено обов'язкову державну реєстрацію стандартів і ТУ, а також запроваджено добровільність їх застосування. Недобросовісні виробники перестали наводити в ТУ дані щодо хімічного складу, наводять неважливі для характеристики якості порошку показники, за якими не можливо охарактеризувати якість порошку, бо вона залежить, в т.ч., від хімічного складу і, як наслідок цього, на сьогоднішній день практично неможливо встановити марку порошку (немає хімічного складу), а також встановити причини, чому порошок не забезпечує гасіння модельних осередків пожежі або реальних випадків загорянь. Це відкриває широкі можливості маніпулювання для недобросовісних виробників та постачальників вогнегасних порошків. Спочатку заявляється на випробування порошок, що має високу вартість, але добрі показники призначення, а в подальшому вартість зменшується за рахунок погіршання якості [1].

У квітні 2016 року на Південноукраїнську АЕС був поставлений вогнегасний порошок «Омега АВС-50». Хімічний аналіз показав, що склад його не відповідає заявленому у ТУ [3]. Так, масова частка P_2O_5 складає 9,9% (за ТУ не менше 22%), нерозчинних речовин у соляній кислоті 65,2% (за ТУ від 7% до 20%). Нерозчинні в кислоті – це добавка-баласт, яка горіння не припиняє.

Виробництво неякісних порошків продовжується і на сьогодні. У 2018 році проводились випробування переносних вогнегасників. Вогнегасники не погасили модельні вогнища пожеж класів А і В. Проведеним хімічним аналізом встановлено, що у порошку відсутні фосфати, масова частка сульфату амонію складає 33,6%, масова частка нерозчинних у соляній кислоті складає 24,8%.

Сума мас сульфату амонію і нерозчинних складає 58,4%, тобто, у порошку є ще біля 40% розчинної солі, більш всього це кухонна сіль. Порошок з таким хімічним складом не може гасити пожежі класу А (немає фосфатів, які плавляться на поверхні жару і інгібують полум'яне горіння) і практично не може гасити пожежі класу В (мало кухонної солі, яка має низьку інгібіювальну здатність при гасінні полум'я).

Порошки високої якості продовжують вироблятися фірмами Європи і США. Хімічний склад вогнегасного порошку «ANSUL FORAY», відібраного в 2018 році із порошкового вогнегасника виробництва США: масова частка фосфатів у перерахунку на P_2O_5 складає 33,8%, масова частка сульфату амонію – 21,7%, масова частка речовин, нерозчинних у воді – 5,4%. Такі порошки гарно гасять пожежі класів А і В.

Наявні проблеми з якістю вогнегасних порошків в Україні можливо буде вирішити з виконанням плану розроблення технічних регламентів на 2019 рік [4].

Пунктом 36 цього Плану передбачено розроблення і впровадження Технічного регламенту засобів цивільного захисту, який містить, у т.ч. вимогу впровадити в Україні стандарт EN 615:2009 [5]. У стандарті вказується, що у супровідній документації на вогнегасний порошок повинна бути надана інформація щодо масової частки усіх компонентів вогнегасного порошку із масовою часткою ≥ 10% і щоб сума мас усіх компонентів становила ≥ 90%. У примітках до хімічного складу стандарту [5] регламентується допустиме максимальне відхилення від заявленого складу при аналізі, наводяться критерії сумісності порошку з піною, яка залежить від хімічного складу. Вказується, що не можна змішувати порошки, які призначені для гасіння пожеж класів А, В, С і класів В, С, тому що будуть взаємодіяти фосфат амонію ($NH_4H_2PO_4$) з карбонатами ($NaHCO_3$, $CaCO_3$) з виділенням газу і збільшенням тиску у контейнерах (вогнегасниках) до значень розривання і можливого травмування людей. Вказується також, що порошок, який поглинув вологу, може грудкуватись і вивести з ладу вогнегасник під час гасіння.

Пунктом 37 плану [4] передбачено розроблення і впровадження Технічного регламенту аерозольних розпилювачів [6], яким впроваджуються в Україні вимоги Директиви Ради 75/324/ЄЕС від 20 травня 1975 року про наближення законодавства держав-членів стосовно аерозольних розпилювачів.

У Технічному регламенті аерозольних розпилювачів, як і в [5], є вимога щоб у супровідній документації на вогнегасний порошок надавалась інформація щодо вмісту усіх компонентів вогнегасного порошку із масовою часткою ≥ 10% і щоб сума мас усіх компонентів становила ≥ 90% і регламентувалося допустиме максимальне відхилення від заявленого складу при аналізі.

Технічні регламенти будуть обов'язковими до виконання, у тому числі і виробниками вогнегасник порошків.

На нормативному рівні виробники вогнегасних порошків будуть зобов'язані виконувати вимоги [5, 6], тобто в Україні уже не буде випадків самовільного збільшення тиску у корпусах вогнегасників і їх розривання, тому що стандартом [5] заборонено у вогнегасних порошках класів А, В, С використовувати карбонати, що хімічно взаємодіють з фосфатами з виділення діоксиду вуглецю, що призводить до збільшення тиску.

Для забезпечення якості порошків необхідно вирішити ще й правове питання, а саме відновити дієві механізми контролю за якістю вогнегасних порошків та впливу на виробників та постачальників вогнегасних порошків, щоб не було поставок не якісного порошку, який не відповідає заявленому. Необхідно, щоб був вихідний контроль якості вогнегасного порошку на підприємстві виробнику, а також вхідний контроль у споживача, наприклад, на підприємстві виробнику вогнегасників.

Найбільш універсальними щодо можливості гасіння пожеж різних горючих речовин (горючих газів, горючих рідин, горючих твердих речовин) є порошкові вогнегасники. Вимоги до якості вогнегасників наведені в [7–9]. Згідно [7, 8] вогнегасники перевіряють за показниками призначення (вогнегасна здатність вогнегасників під час гасіння пожеж класів А та В, довжина струменя вогнегасної речовини та мінімальна тривалість подавання вогнегасної речовини, оцінка теплохолодостійкості, стійкість до удару падаючим вантажем, стійкість до вібраційних навантажень, стійкість до дії внутрішньої корозії), а згідно з [9] перевіряється або тільки тип конструкції (експертиза технічної документації, погодження застосування відповідних матеріалів, перевіряється чи проведена атестація технології виконання нероз'ємних з'єднань), або якість продукції, у т.ч. тиск розриву корпусу й тиск спрацювання запобіжного клапану.

На сьогоднішній день обов'язкової сертифікації виробів протипожежного призначення немає, є добровільна сертифікація й декларування. Виробник сам вибирає згідно з якими нормативними документами проводити оцінку відповідності і за якими показниками.

Тому на сьогодні видаються або сертифікати типу (відповідність технічному регламенту № 35) або реєструються органами сертифікації декларації відповідності виробника щодо відповідності вогнегасників вимогам регламенту за протоколами випробувань, що їх проводять призначені випробувальні лабораторії. Однак, ці випробувальні лабораторії можуть провести, у більшості випадків, тільки випробування корпусу випробувальним тиском, що явно не є достатнім. Вогнегасник – це специфічний виріб, що може піддаватись дії механічних, кліматичних чинників, дії корозійно-агресивного середовища тощо. Повний цикл випробувань може провести тільки випробувальна лабораторія, що має персонал відповідної кваліфікації, цілий ряд випробувального обладнання, в т.ч. і кліматичні камери. Як компромісний варіант, це можуть бути сумісні випробування різних випробувальних лабораторій.

Існує проблема щодо практичного застосуванням стандартів серії ДСТУ EN 3 [10], які введені у дію в Україні, але нормативного документу, що нормує необхідність підтвердження відповідності вогнегасників вимогам цих стандартів з підтвердженням їх відповідності вимогам технічного регламенту [9] немає.

В 2018 році вийшли Правила експлуатації вогнегасників [11], в яких є також норми їх належності. Цей документ регламентує правила експлуатації вогнегасників відповідно до вимог ДСТУ, які на сьогоднішній день мають бути вже скасовані, але ніяк не регламентує застосування вогнегасників, виготовлених за вимогами стандартів серії ДСТУ EN-3. В теперішніх умовах, коли скасовані обов'язкова сертифікація та обов'язкове застосування стандартів, Правила експлуатації є єдиним документом обов'язковим до виконання, яким регламентована обов'язкова відповідність вогнегасників певним стандартам, що і прописується у тендерних умовах, а підтвердженням відповідності може бути тільки наявність сертифіката відповідності. Тому враховуючи, що у [11] не йде мова про ДСТУ EN-3, ці стандарти і у подальшому не будуть впроваджуватись. Відсутність таких документів гальмує дійсне впровадження європейських стандартів, які юридично введені у дію, але фактично практичного застосування не знаходять, а заодно гальмується і дієвий контроль якості вогнегасників на стадії їх виготовлення.

Ще одна проблема, це відсутність дієвого контролю за продукцією, що вже випускається, за дотриманням умов експлуатації вогнегасників. Також умови закупівлі вогнегасників прописуються виходячи з меншої ціни, що призводить до закупівлі дешевих, але низької якості вогнегасників.

Виробники вогнегасників проходять сертифікацію з якісними, надійними більш дорогими комплектуючими, а потім виготовляють із дешевих, але не надійних комплектуючих, що знижує якість вогнегасників.

Низька якість вогнегасників обумовлюється як технічними причинами низької якості корпусу вогнегасника, так і причинами низької якості вогнегасного порошку, яким споряджається вогнегасник.

Прикладів того, що вогнегасники, які мають відповідні сертифікати відповідності, насправді виявляються низької якості та ще й небезпечними під час експлуатації, є досить багато. Так, 19.08.2013 на контрольних випробуваннях у м. Харків отримані негативні результати при випробуванні вогнегасників (таблиця 1, 2).

Таблиця 1 – Результати випробувань з визначення тиску розриву корпусів вогнегасника ВП-50.

№ вогнегасника	Виміряна величина тиску розриву корпуса, $P_{р.к.}$, МПа	Критерій відповідності тиску розриву корпуса: $P_{р.к.} \geq 7{,}0$ МПа
1	4,9. Розрив пройшов по основному матеріалу по твірній	Не відповідає по тиску розриву
2	4,0. Розрив пройшов по основному матеріалу по твірній	Не відповідає по тиску розриву

Таблиця 2 – Результати випробувань з визначення тиску спрацювання запобіжного клапана на вогнегаснику ВП-50.

№ вогнегасника	Виміряна величина тиску $P_{р.к.}$, МПа	Критерій відповідності тиску спрацювання згідно п. 4.4.11 ДСТУ 3734-98 (ГОСТ 30612-99): $P_{р.с.} > 1,6$ МПа $P_{р.к.} < 2,5$ МПа
1	2,60	Не відповідає
2	2,55	Не відповідає

Критерій відповідності тиску розриву корпусу пересувного вогнегасника становить ≥7,0 МПа, а фактичне значення тиску розриву корпусу вогнегасника ВП-50(з) при проведенні контрольних випробувань у вересні 2013 року становило 4,0; 4,9 МПа, а вогнегасник ВП-100(з) розірвало при тиску 3,6 МПа та ще й по зварювальному шву, що не допускається. Якщо такий вогнегасник буде на випробовуванні у більшості призначених лабораторіях, які не знають і не враховують специфічні вимоги до вогнегасників, і випробування проводять тільки на стійкість до випробувального тиску, в цьому випадку це тиск 1,9 МПа. Корпус вогнегасника такий випробувальний тиск витримає, і виробник отримує сертифікат типу, але фактично в умовах експлуатації вогнегасник є небезпечним. Мова вже не йде про те, що для забезпечення безпеки повинні перед гідравлічними випробуваннями проводитись ряд випробувань з механічної дії, корозійної стійкості та інше. Слід зауважити, що ці вогнегасники неодноразово розривались при експлуатації. Наприклад, у 2015 році розірвався вогнегасник ВП-50(з) на підприємстві ТОВ «Костал Україна», м. Переяслав-Хмельницький.

За результатами контрольних випробувань у м. Харків Державний центр сертифікації ДСНС України анулював сертифікат, але виробник поновив його через орган сертифікації у м. Харкові, не прийняв мір щодо вилучення з експлуатації бракованих виробів і вже в 2014 році стався вибух вогнегасника виготовленого в цей період.

На сьогоднішній день у торгову мережу потрапляють вогнегасники, які за технічними параметрами не відповідають вимогам ДСТУ 3675 і ДСТУ EN 3-8. Фото цих вогнегасників наведені на рисунках 1а, 1б.

Але, якщо ще до 2013 року органи сертифікації відбирали вогнегасники для контрольних випробувань і таким чином був вплив на виробника після отримання ним сертифікату відповідності, то на сьогодні така робота не проводиться.

Як вже відмічалось, в теперішній час паралельно на вогнегасники діють як старі ДСТУ так і нові стандарти серії ДСТУ EN 3. І виробники вже користуються цим, але не для покращання якості та безпеки, а навпаки, для погіршення. Наприклад, для переносних вогнегасників п. 4.4.15 ДСТУ 3675-98 передбачає, що «Вогнегасник повинен бути стійким від самоперекидання (зберігати рівновагу), якщо він встановлений на горизонтальну поверхню і не закріплений. Конструкція корпусу вогнегасника повинна забезпечувати розміщення його дна на відстані не менше ніж 5 мм від горизонтальної поверхні». ДСТУ EN 3-8 допускає безпосередній контакт дна з поверхнею підлоги, але для запобігання негативних наслідків від ударів дна об підлогу, корозії дна в місці його контакту з поверхнею та інше, товщина дна повинна бути в 1,5 рази товще за розраховану товщину стінок інших частин вогнегасника. У результаті ми маємо, що у вогнегасниках, виготовлених у 2018 році за вимогами ДСТУ 3675, дно контактує з поверхнею, але про збільшення товщини дна виробники забули. Тому за цим показником потрібно було б підтвердити його відповідність вимогам ДСТУEN 3-8, а можливо і за усіма показниками безпеки.

На надійність роботи вогнегасників великий вплив має якість вогнегасного порошку. Від хімічного складу порошку залежить вогнегасна здатність вогнегасника, а від показників призначення порошку (дисперсності, насипної густини, питомої поверхні, текучості, термо- і вібростійкості, схильності до злежування) залежать показники роботи вогнегасника.

Якість вогнегасних порошків залежить від хімічного складу і регламентується відповідними нормативними документами – технічними умовами (ТУ), в яких раніше наводились вимоги щодо показників хімічного складу (масової частки компонентів), технологічних показників (дисперсність, питома поверхня, насипна густина) і показників призначення (вогнегасна здатність при гасінні пожеж класів А і В, гарантований термін зберігання у заводській упаковці, стійкості до вологопоглинання і комкування, текучість, термостійкість, вібростійкість).

Рисунок 1а – Підроблений вогнегасник. Ознаки: Виконання корпусу не відповідає виробнику, відсутнє маркування методом клеймування корпусу вогнегасника

Рисунок 1б – Підроблений вогнегасник. Ознаки: Пломбування інше, інший запірно-пусковий пристрій, відсутній шланг, інший спосіб нанесення маркування на корпус

На рисунках 2а і 2б наведені результати випробувань на розривний тиск і показано, що вогнегасники розриваються по зварювальному шву, що не допускається.

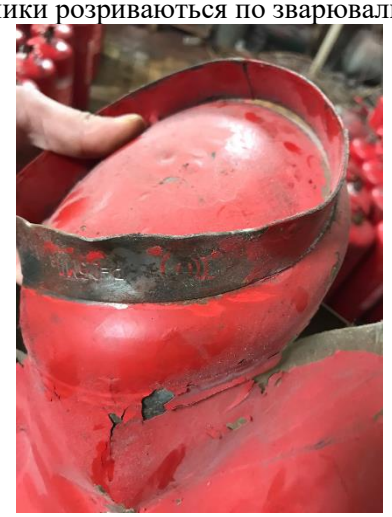


Рисунок 2а – Розривання підробленого корпусу вогнегасника. Зварювальні шви не відповідають вимогам НД (2018 рік)

Рисунок 2а – Розривання підробленого корпуса вогнегасника. Зварювальні шви не відповідають вимогам НД (2018 рік)

На сьогоднішній день визначились три основні технічні проблеми з якістю багатоцільових (АВС) вогнегасних порошків в Україні:

1) зменшення вмісту фосфату амонію і практично повна заміна сульфату амонію в рецептурах вогнегасних АВС порошків на дисперсні водонерозчинні мінерали чи відходи виробництва;

2) заміна фосфату амонію на хлорид натрію (кухонну сіль);

3) використання у якості дисперсної водонерозчинної добавки карбонатвмісних мінералів, наприклад, доломітового борошна, яке складається із суміші карбонатів кальцію і магнію.

Перші дві проблеми приводять до зменшення вогнегасної здатності при гасінні пожеж класів А і В (при зменшенні вмісту фосфату амонію) і до повної втрати вогнегасної здатності при гасінні пожеж класу А при заміні фосфатів амонію на хлорид натрію. Третя проблема приводить до збільшення тиску у вогнегаснику в результаті хімічної взаємодії карбонатів з фосфатом амонію ($NH_4H_2PO_4$). Наявність у рецептурі порошку карбонатів приводить, за наявності вологи, до хімічної взаємодії їх з фосфатом амонію з виділенням діоксиду вуглецю і підняттям тиску у вогнегаснику. Тиск піднімається до таких значень, що розриваються корпуси вогнегасників. Такі

випадки були зафіксовані у різних користувачів вогнегасників.

На рисунках 3–5 наведено приклади розривання корпусів вогнегасників у результаті підвищення тиску.

Рисунок 3а – Розривання порошкового вогнегасника, кафе «Парк Тараса Шевченка», м. Бровари (2015 рік)

Рисунок 3б – Розривання порошкового вогнегасника, кафе «Парк Тараса Шевченка», м. Бровари (2015 рік)

Рисунок 4а – Розривання вогнегасника ВП-50

Рисунок 4б – Розривання вогнегасника ВП-50

Рисунок 5а – Розривання вогнегасника у м. Миколаєві (2014 рік)

Рисунок 5б – Розривання вогнегасника у м. Миколаєві (2014 рік)

Ще одна проблема – це відсутність дієвого контролю за продукцією, що вже випускається, за дотриманням умов експлуатації вогнегасників. На рисунку 6 наведено стан вогнегасників, що надійшли на технічне обслуговування з маршрутного таксі у 2018 році. Виконання нижньої частини корпусу вказує на велику ймовірність можливого розриву. Корпус китайський, вимогам [9] не відповідає.

Наведені у статті результати досліджень щодо сучасного стану в Україні з якістю вогнегасних порошків і порошкових вогнегасників вказують на те, що на сьогодні в Україні відсутній дієвий контроль за якістю вогнегасних порошків і вогнегасників як на стадії виготовлення так і на стадії використання. На деякі марки вогнегасних порошків навіть не розробляються технічні умови із зазначеним у них хімічним складом і показниками призначення, що сприяє фальсифікації таких порошків.

Рисунок 6а – Виконання нижньої частини корпусу вогнегасника не відповідає [9]

Рисунок 6б – Стан вогнегасників, що надійшли на технічне обслуговування з маршрутного таксі

Значно погіршився стан з якістю порошків і вогнегасників з відміною обов'язкової державної реєстрації стандартів і ТУ на них, а також із запровадження добровільності їх застосування.

На сьогодні в Україні не існує цілісної послідовної системи як забезпечення, так і контролю якості вогнегасних порошків і порошкових вогнегасників під час їх виготовлення й використання.

Можливі шляхи вирішення проблемних питань:

1. Запровадження в Україні європейського стандарту EN 615 [5] і Технічного регламенту аерозольних розпилювачів [6].

2. Внесення змін та доповнень до Правил експлуатації та типові норми належності вогнегасників [11] з урахуванням усіх змін, що відбулися в нормативній базі [5, 10]. Це стане правовим підґрунтям для впровадження в Україні стандартів [5, 10].

3. Запровадження механізму контролю за вогнегасниками, що надходять в експлуатацію щодо їх повної відповідності нормативному документу, за яким вони виготовлені.

4. Запровадження контролю якості (хімічного складу) вогнегасних порошків на підприємствах-виробниках технічних засобів порошкового пожежогасіння.

5. Опрацювання питання з Мінекономрозвитку щодо можливості видання розпорядження, яким би підтвердження відповідності вогнегасника технічному регламенту [14] (його безпека) могло б бути підтвердженням виробником його відповідності певній частині стандартів з серії ДСТУ EN-3

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білошицький М. В., Кавецький В. В., Копильний М. І. Проблеми з якістю вогнегасних порошків в Україні. Збірник наукових праць ІДУЦЗ, № 3, 2015, С.17-30
2. Закон України «Про стандартизацію» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 31, ст.1058) {Із змінами, внесеними згідно із Законом № 124-VIII від 15.01.2015, ВВР, 2015, № 14, ст.96}.
3. Порошки вогнегасні «Омега» ТУ У 20.5-367270061-001:2013.
4. План розроблення технічних регламентів на 2019 рік. Затверджений наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 05.03.2019 № 347.
5. EN 615-2009 Протипожежний захист. Вогнегасні речовини. Специфікація на порошки. Вимоги до вогнегасних порошків (крім порошків для гасіння пожеж класу D).
6. Технічний регламент аерозольних розпилювачів (проект).
7. ДСТУ 3675-98 Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
8. ДСТУ 3734-98 Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги.
9. Технічний регламент безпеки обладнання, що працює під тиском, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19.01.2011 № 35 (ТР № 35).
10. ДСТУ EN 3-8:2015 Вогнегасники переносні. Частина 8. Додаткові вимоги до EN 3-7 стосовно конструкції, опору тиску та механічних випробувань вогнегасників із максимально допустимим тиском, що нижче або дорівнює 30 бар.
11. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників, затверджені наказом МВС України від 15.01.2018 № 25.

REFERENCES

1. Biloshytskyi M. V., Kavetskyi V. V., Kopylnyi M. I. (2015) Problemy z yakistiu vohnehasnykh poroshkiv v Ukraini [Problems with the quality of fire-extinguishing powders in Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats IDUTsZ vol 3,.pp.17-30
2. Zakon Ukrainy «Pro standartyzatsiiu» (Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2014, № 31, st.1058) {Iz zminamy, vnesenymy zghidno iz Zakonom № 124-VIII vid 15.01.2015, VVR, 2015, № 14, st.96}.

3. Poroshky vohnehasni «Omeha» TU U 20.5-367270061-001:2013.
4. Plan rozroblennia tekhnichnykh rehlamentiv na 2019 rik. Zatverdzhenyi nakazom Ministerstva ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy vid 05.03.2019 № 347.
5. EN 615-2009 Fire protection. Fire extinguishing media. Specifications for powders (other than class D powders).
6. Tekhnichnyi rehlament aerozolnykh rozpyliuvachiv (proekt).
7. DSTU 3675-98 Pozhezhna tekhnika. Vohnehasnyky perenosni. Zahalni tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvan.
8. DSTU 3734-98 Pozhezhna tekhnika. Vohnehasnyky peresuvni. Zahalni tekhnichni vymohy.
9. Tekhnichnyi rehlament bezpeky obladnannia, shcho pratsiuie pid tyskom, zatverdzhenyi postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 19.01.2011 № 35 (TR № 35)
10. ДСТУ EN 3-8:2015 Portable fire extinguishers – Part 8: Additional requirements to EN 3-7 for the construction, resistance to pressure and mechanical tests for extinguishers with a maximum allowable pressure equal to or lower than 30 bar.
11. Pravyla ekspluatatsii ta typovi normy nalezhnosti vohnehasnykiv, zatverdzheni nakazom MVS Ukrainy vid 15.01.2018 № 25.

PROBLEMATIC ISSUES OF THE POWDER FIRE EXTINGUISHING MEANS RELIABILITY AND WAYS OF THEIR SOLUTION

V. Kavetskyi, M. Biloshytskyi, Cand. of Sc. (Chem.), S. Yeremenko, Cand.of Sc., A. Pruskyi, Cand.of Sc. (Eng.), M. Kopylnyi, O. Korniienko
TOV «Nezalezhna laboratoriia pozhezhnoyi bezpeky», Ukraine
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine
Institute of Public Administration in the Sphere of Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS

fire extinguishers, fire extinguishing powders, quality indicators, standards, testing procedure, burst pressure chemical composition of fire extinguishing powders.

ANNOTATION

Problematic issues analysis concerning powder fire extinguishing means reliability was carried out, they are: ensuring the quality reliability of fire-extinguishing powders during their production, storage and application; quality assurance; powder fire extinguishers' reliability and safety. It is emphasized that the technical problems related to quality of fire-extinguishing powders having been raised in the last years are mainly due to the fact that the manufacturers of fire-extinguishing powders endeavour to produce the ones having the lowest prime cost, and this rather often takes place on account of lowering fire-fighting ability (they decrease content of inhibiting salts) in order to compete more effectively on the market. Prime cost of fire-extinguishing powder is lowered due to increasing content of water insoluble natural dispersed additives in it including industrial waste, diminishment of ammonium phosphates content or otherwise by complete substitution of the latter, and use of inhibiting salts (for instance, sodium chloride) unable to put out class A fires. Influence of chemical composition on the quality of extinguishing powders is analyzed. Optimal components of the fire extinguishing composition have been established which ensure quality of extinguishing powders. Effect of the Law of Ukraine "On Standardization" which abolished the mandatory state registration of standards and technical specifications as well as their voluntary application on the quality and reliability of powder fire extinguishing means has been studied. Problem issues are emphasized as well related to simultaneous validity in Ukraine both exceptionally national standards for portable and mobile fire extinguishers and national standards harmonized to appropriate European ones. Possible ways of quality improvement of fire extinguishing powders and powder fire extinguishers as well as fire extinguishing reliability enhancement have been proposed, in particular, through the introduction of EN 615 European standard and Technical regulations for aerosol dispensers in Ukraine, amending Regulations for use and typical rules of availability of fire extinguishers as well as introduction of mechanism of monitoring of fire extinguishers coming to use etc.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ ПОРОШКОВЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В. В. Кавецкий, М. В. Белошицкий, канд. хим. наук, С. А. Еременко, канд. техн. наук, А. В. Пруский, канд. техн. наук, Н. И. Копыльный, А. В. Корниенко
ООО «Независимая лаборатория пожарной безопасности», Украина
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина
Институт государственного управления в сфере гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

огнетушители, огнетушащие порошки, показатели качества, стандарты, испытания, разрывное давление, химический состав огнетушащих порошков.

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ проблемных вопросов обеспечения надежности порошковых средств пожаротушения, обеспечения надежности качества огнетушащих порошков во время их изготовления, хранения и использования, обеспечения качества, надежности использования порошковых огнетушителей. Проанализировано влияние на качество огнетушащих порошков химического состава, определены оптимальные концентрации компонентов огнетушащего состава, которые обеспечивают качество огнетушащих порошков. Проанализировано влияние введения в действие Закона Украины «О стандартизации» (2014 год), которым отменена обязательная государственная регистрация стандартов и ТУ, а также внедрена добровольность их использования, на качество и надежность применения порошковых средств пожаротушения. Предложены пути улучшения качества огнетушащих порошков и порошковых огнетушителей и повышения надежности тушения ими пожаров.