



НАУКОВИЙ ВІСНИК: Цивільний захист та пожежна безпека

№ 2 (10), 2020

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2518-1777

Редакційна колегія:

головний редактор –
голова редколегії
д-р техн. наук

Поздєєв С.В.

канд. техн. наук
науковий редактор –

Коваленко В.В.

відповідальний секретар
канд. техн. наук

Огурцов С.Ю.

д-р техн. наук
д-р техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. хім. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
PhDEng.
PhDEng.

Тютюник В.В.
Цапко Ю.В.
Кропивницький В.С.
Лавренюк О.І.
Лоїк В.Б.
Ніжник В.В.
Новак С.В.
Пазен О.Ю.
Паснак І.В.
Сізіков О.О.
Ліхнівський Р.В.
Іванов Ю.С.
Навроцький О.Д.
Врублевський Д.
Самберг А.

літературний редактор
(англійська мова)

Івашина Н.О.

Випусковий редактор

Борисов А.В.
Литвиновський Є.Ю.

Адреса редакції:

03074, м. Київ, вул. Вишгородська 21

Телефони:

(+380 44) (044) 430-02-85

<https://nvcz.undicz.org.ua>

e-mail: niv1966@ukr.net

Заснований у 2016 році
Виходить 2 рази на рік

Засновник
Інститут державного управління та наукових
досліджень з цивільного захисту (ІДУ НД ЦЗ)

Видавець
Інститут державного управління та наукових
досліджень з цивільного захисту (ІДУ НД ЦЗ)

Журнал зареєстровано Міністерством
юстиції України
Свідоцтво від 20.07.2020
серія KB № 24507-14447 ПР

Журнал включено до категорії «Б» 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 02.07.2020 №886

У разі передрукування матеріалів письмовий
дозвіл ІДУ НД ЦЗ є обов'язковим
Рекомендовано до видання рішенням тимчасової
Вченої ради ІДУ НД ЦЗ
Протокол від 22. 12.2020 № 7

Ідентифікатор випуску DOI:
<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.2>

Підписано до друку 31.12.2020

Формат 60 × 84/8.

Наклад 50 прим.

ЗМІСТ	2	CONTENTS
С. Азаров, В. Сидоренко, С. Єременко, А. Пруський Методичні засади пожежного аудиту вибухопожежонебезпечних об'єктів	3	S. Azarov S. Yeremenko, A. Pruskyi, V. Sydorenko Methodical bases of fire audit of explosive objects
А. Антонов, В. Дунюшкін, С. Огурцов М. Копильний, О. Мілютін Експериментальне визначення концентраційних меж поширення полум'я та флегматизувальних концентрацій авіаційного пального jet -a1	15	A. Antonov, S. Ohurtsov, V. Duniushkin, N. Kopylnyi, A. Miliutin Experimental determination of flame distribution concentration limits and flammating aviation concentrations of fuel jet -a1
В. Бенедюк, А. Грачов, О. Корнієнко В. Мельник, І. Стилик, О. Тимошенко Шляхи та проблемні питання впровадження водяних протипожежних завіс в Україні	22	V. Beneduk, A. Grachov, O. Kornienko, V. Melnyk, O. Tymoshenko, I. Stylyk, Ways and problems of introduction of fire-prevention water curtains in Ukraine
П. Босак, Н. Попович, В. Попович Моніторинг надзвичайних ситуацій львівської області, пов'язаних із пожежами на об'єктах із складуванням відходів	32	P. Bosak, N. Popovych, V. Popovych Monitoring of emergencies of Lviv region related to fires at waste storage facilities
С. Новак, В. Дрідж, О. Добростан Оцінювання відповідності штукатурок для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі	39	V. Drizhd, O. Dobrostan, S. Novak Assessment of conformity of renderings for fire protection of steel-based building structures
В. Ковалишин, О. Хлевной Визначення площі горизонтальної проекції тіла дітей шкільного віку	54	V. Kovalyshyn, A. Hlevnoy Determination of horizontal projection areas of school-age children
В. Коробкін, А. Слюсар Спроможності у сфері цивільного захисту: пошук категоріально-поняттєвого апарату	61	V. Korobkin, A. Slusar Civil protection capabilities: Search for the conceptual apparatus
П. Круковский, В. Поклонский, С. Новак Расчет железобетонной плиты перекрытия при воздействии повышенных температур пожара	69	P. Krukovslyi, S. Novak V. Poklonskyi Reinforced concrete slab calculation under exposure to increased fire temperatures
С. Новак, М. Новак Валідація методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів для сталевих конструкцій	83	S. Novak, M. Novak Validation of methods of calculation of minimum thickness of fire-protective materials for steel structures
А.Одинець, Я.Балло, С.Голікова Л.Несенюк Аналіз стану з пожежами у висотних будинках в Україні	91	A. Odynets, Y. Ballo, S. Golikova, L. Nesenjuk Analysis of the condition with fire in high rise buildings in ukraine

УДК 657.6:504.75

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ПОЖЕЖНОГО АУДИТУ ВИБУХОПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Азаров С.Г.¹, Сидоренко В. Л.^{2*}, Єременко С.А.², Пруський А.В.²,

¹Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

²Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 13.11.2020
Пройшла рецензування: 28.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА :

пожежний аудит,
вибухопожежонебезпечні об'єкти,
технології геоінформаційних
систем.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто методичні засади проведення пожежного аудиту вибухопожежонебезпечних об'єктів з метою попередження та запобігання пожеж та аварій на них. Зазначено, що потенціал пожежного аудиту для вибухопожежонебезпечних об'єктів у повній мірі не реалізовано у зв'язку, насамперед, з відсутністю на даний час цього поняття у законодавчій і нормативно-правовій базі та нового інструментарію для його проведення, а також дефіцитом політичної волі держави до послідовної практичної реалізації протипожежної політики з урахуванням рекомендацій Європейського Союзу. Підкреслено, що світовою практикою доведено доцільність і ефективність проведення пожежного аудиту. Визначено поняття пожежного аудиту та головні напрями протипожежної політики вибухопожежонебезпечних об'єктів, а також процедуру, об'єкт, предмет, суть, види, типи пожежного аудиту та доступні методи його проведення. Обговорено вид, роль і переваги застосування технологій геоінформаційних систем в процедурі проведення пожежного аудиту вибухопожежонебезпечних об'єктів. Застосовано метод оцінювання виконання протипожежних вимог підприємством. Показано, що сукупні техногенні ризики підприємства розглядають як суму ризиків промислових процесів. Наведено спосіб визначення ймовірності перевищення нормативного показника для двох спільних пожежних аспектів у разі врахування можливості прояву синергійного ефекту. Розглянуто спосіб оцінки виконання протипожежних вимог підприємством, техногенних ризиків, різноманітних пожежних аспектів певних процесів та очікуваного збитку у разі пожежі або аварії на вибухопожежонебезпечних об'єктах. Розроблено алгоритм проведення контролю пожежонебезпечних параметрів на підприємстві та визначено порядок його використання. Запропоновано новий багатоетапний інструментарій проведення аудиту вибухопожежонебезпечних об'єктів із застосуванням технологій геоінформаційних систем. З'ясовано значимість і подальше використання результатів і рекомендацій проведеного пожежного аудиту.

Постановка проблеми. Пожежний аудит (далі – ПА) вибухопожежонебезпечних об'єктів (далі – ВПНО) [1, 2] є важливим інструментом в системі національної безпеки країни. Щорічно на ВПНО відбуваються десятки

купних пожеж і аварій, внаслідок яких травмуються і гинуть люди та завдається збиток докілью. Але потенціал ПА для ВПНО у повній мірі не реалізовано у зв'язку, насамперед, з відсутністю на даний час цього поняття у законодавчій і

нормативно-правовій базі та нового інструментарію для його проведення, а також дефіцитом політичної волі держави до послідовної практичної реалізації протипожежної політики з урахуванням рекомендацій ЄС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковою проблематикою в галузі ПА ВПНО нині в нашій державі за причинами, наведеними вище, цікавляться небагато фахівців і науковців, але є підтвердження необхідності його впровадження в практику [3–5], дослідження процедури оцінювання ризиків під час проведення аудиту [6] і навіть розглянуто його як додатковий інструмент державного регулювання пожежної безпеки в Україні [7].

Однак подальшим дослідженням, зокрема, такому як розроблення методичних засад проведення ПА ВПНО із застосуванням технологій географічних інформаційних системи (далі – ГІС-технологій) в нашій країні достатньої уваги ще приділено не було.

Мета статті. Відповідно до зазначеної проблеми та, зокрема, виділеної нерозв'язаної раніше її частини, метою даного дослідження є розробка методичних засад проведення ПА ВПНО. Для досягнення цієї мети необхідно визначити:

- 1) поняття ПА та головні напрями протипожежної політики ВПНО;
- 2) процедуру, об'єкт, предмет, суть, види, типи ПА та доступні методи його проведення;
- 3) роль і переваги застосування ГІС-технологій в процедурі проведення ПА ВПНО;
- 4) спосіб оцінки виконання протипожежних вимог підприємством, техногенних ризиків, різноманітних пожежних аспектів певних процесів та очікуваного збитку у разі пожежі або аварії на ВПНО;
- 5) алгоритм проведення контролю пожежонебезпечних параметрів на підприємстві та алгоритм проведення ПА ВПНО;
- 6) новий багатоетапний

інструментарій проведення ПА ВПНО;

7) значимість і подальше використання результатів і рекомендацій проведеного ПА.

Виклад основного матеріалу. ПА – це систематичний, документально оформлений процес перевірки об'єктивно отриманих і оцінюваних аудиторських даних для визначення відповідності або невідповідності критеріям аудиту визначених видів протипожежної діяльності, умов, систем адміністративного управління або інформації щодо ВПНО, а також повідомлення оператору (пожежній організації) результатів, що отримані в ході цього процесу. Для забезпечення протипожежної безпеки і охорони навколишнього середовища під час експлуатації ВПНО в умовах ринкових відносин головними напрямами протипожежної політики є [3-5]:

наукове обґрунтування розміщення виробничих потужностей;

раціональне використання природних ресурсів (атмосферне повітря, земельні, водні, лісові надра, території видобування корисних копалин тощо);

негативний вплив діяльності ВПНО на довкілля;

удосконалення управління пожежної безпекою ВПНО (нафтобази, сховища газів, АЗС, артсклади, АЕС, ТЕС, ТЕЦ, звалища відходів і т.і.);

забезпечення пожежно-екологічно безпечного розвитку промисловості, сільського господарства, енергетики, транспорту і комунального господарства;

попередження пожеж та негативного впливу продуктів згоряння на довкілля;

швидка локалізація і ліквідація надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру;

забезпечення природного розвитку екосистем, збереження і відновлення унікальних природних комплексів під час вирішення протипожежних проблем.

Процедура ПА проводиться з метою проведення перевірки діяльності ВПНО в частині відповідності його діяльності діючому законодавству України у сфері цивільного захисту і розпорядженням

органів ДСНС і МВС. Об'єктом ПА є господарська та інша діяльність, в тому числі і минула, пов'язана з виникненням пожеж на ВПНО. Предметом ПА є протипожежна профілактика, промислові, технічні, фінансові і правові аспекти діяльності, пов'язані з негативним впливом пожеж на ВПНО. Суть ПА полягає в тому, що аудит є комплексним інструментом, здатним правильно оцінити фактори пожежної небезпеки і мінімізувати ризики функціонування ВПНО та їх подальшого стратегічного розвитку. Під час ПА ВПНО широко використовуються загальнонаукові і відповідні (специфічні) методи. До загальнонаукових методів належать: аналіз, синтез, індукція, дедукція, аналогія, моделювання, абстрагування, системний аналіз, функціонально-ціновий аналіз, причино наслідковий аналіз тощо. Специфічні методи ПА: метод пожежного балансу, метод експертних оцінок метод пожежно-економічних угруповань, метод матеріальних балансів і технологічних розрахунків, оцінка протипожежного захисту і ефективності, профілактика, спостереження, інспекції, оцінки. З методами ПА пов'язані прийоми аудиторської перевірки (фото і відео зйомки, проведення натурних і лабораторних досліджень, інспектування виробничих об'єктів, аналіз документів, статистичне дослідження, тестування; прийоми економіко-математичних методів, логічна перевірка), які направлені на вирішення конкретної задачі на визначеному етапі використання методів. Методи організації ПА поділяються за методиками проведення перевірки (фактична і документальна) і за обсягом даних, що перевіряються (суцільна і вибіркова). Існують наступні види ПА: відповідності, управління, постачання, аудит нерухомості, поводження з горючими відходами, промислової території, енергопостачання, стратегічний аудит, страховий аудит, аудит накопичення збитків, інвестиційний аудит тощо.

Визначають наступні типи аудиторів: внутрішні аудитори – аудитори першої

сторони (штатні співробітники підприємств); зовнішні аудитори – аудитори другої сторони (співробітники організацій, зацікавлених в діяльності компанії, на якій проводиться аудит, наприклад, споживачі або інші особи від їх імені) та аудитори третьої сторони – співробітники зовнішніх незалежних організацій, які проводять сертифікацію або реєстрацію на відповідність вимогам ISO 9001 або ISO 14001 [6].

Результатом ПА є висновки (спостереження) аудиту як результат оцінки свідоцтв аудиту, що зібрані, на відповідність або невідповідність критеріям протипожежної безпеки і охорони навколишнього середовища під час експлуатації ВПНО або на можливість покращення та висновки за результатами аудиту у вигляді вихідних даних, представлених аудиторською групою після розгляду цілей і всіх висновків аудиту. На сучасному етапі для оцінювання пожежного стану різних об'єктів підвищеної небезпеки застосовують географічні інформаційні системи (далі – ГІС). Однак існуючі ГІС-технології в повному обсязі не використовують під час проведення ПА ВПНО. Це пов'язано, насамперед, в першу чергу з особливостями проведення аудиту та невикористання ГІС як елемента системи контролю.

В даній роботі розглянуто можливість для проведення ПА ВПНО використовуючи ГІС-технології. Це дає можливість не тільки розв'язання аналітичних і прогнозних, статичних і динамічних задач, а також вибору форми видачі кінцевого результату (у картографічному, табличному, діаграмному виді), організацію діалогу з користувачем надаватимуть супровідними кількісними та якісними описами слів, а також збирати, аналізувати та моделювати ступінь протипожежного захисту ВПНО.

Особливістю запропонованої структурної схеми моделі проведення ПА ВПНО є проведення пожежного моніторингу з використанням ГІС-технологій, що дають змогу враховувати графічні матеріали контрольованих

об'єктів і територій; чинники та джерела займання, рівні пожежного навантаження, топографічні карти місцевостей тощо. В існуючу виробничу систему контролю параметрів запропоновано впровадити певні пожежні сенсори для постійного моніторингу. Це дасть можливість у разі критичної зміни параметрів повідомляти керівництво для прийняття рішення щодо визначення елементів виробництва, що впливають на пожежний стан ВПНО. Для якісного врахування пожежного впливу необхідно сформулювати критерії та показники ефективності, за якими буде здійснено оцінювання його негативного впливу на навколишнє середовище.

Результатами оцінювання пожежного стану ВПНО є кількісна або якісна характеристика системи управління небезпечними промисловими процесами. Крім того, під час проведення аудиту підприємства виконують не тільки аналізування представленої динаміки зміни параметрів промислових процесів, але і обґрунтовують використання додаткових критеріїв та показників, що дають змогу повніше оцінювати ефективність всієї діяльності підприємства. Перш за все, необхідно удосконалити модель протипожежного управління. В основу моделі проведення ПА покладено визначення техногенних ризиків на підприємстві та використано принцип постійного моніторингу за технологічним промисловим циклом зі своєчасним втручанням в протипожежне управління підприємством для зниження рівня ризиків. Обов'язковою умовою для своєчасного втручання в систему протипожежного управління є оцінювання пожежонебезпечного стану ВПНО. Метою такого оцінювання є збір необхідних даних про пожежний стан підприємства та їх аналізування для подальшої роботи системи в цілому. В цьому разі отримані дані вважають «початковими» або «встановленими», їх порівнюють з даними, отриманими в наступних часових періодах. Підприємство повинно здійснювати постійний моніторинг і контроль за вимірюванням основних параметрів тієї діяльності, що

може чинити істотний вплив на пожежонебезпечний стан. Для оцінювання виконання протипожежних вимог підприємством здійснюють розрахунок за формулою:

$$Q = \sum_{m=1}^z q_m h_m, \quad (1)$$

де, q_m – значимість вимог;
 h_m – ступінь виконання протипожежних вимог підприємством;
 m – кількість вимог.

Процедура оцінювання виконання протипожежних вимог підприємством має охоплювати всі сторони діяльності промислового процесу, починаючи з моменту надходження вибухових і горючих матеріалів і закінчуючи реалізацією готового продукту та всі аспекти, що так чи інакше можуть призводити до впливу на пожежну безпеку. Вони можуть стосуватися не тільки традиційних технологій, але і порядку інформування та навчання персоналу, взаємозв'язків із зовнішніми зацікавленими сторонами. Загальний перелік конкретних процедур, що підлягають документуванню, підприємство встановлює самостійно.

Пожежні показники характеризують процес виробництва, охоплює основну і допоміжну діяльність. Вони характеризують функціонування системи менеджменту та діяльність керівництва щодо поліпшення роботи всієї системи. Крім того, вони відображають інформацію про протипожежні умови або пожежонебезпечний стан ВПНО в поточний момент часу. В цьому разі сукупні техногенні ризики підприємства розглядають як суму ризиків промислових процесів (форм. 2)

$$R = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

де, R_i – ризик i -го процесу;
 n – кількість процесів.

Під ризиком i -го процесу розуміють

суму ризиків, пов'язаних з пожежними аспектами даного процесу (форм. 3)

$$R = \sum_{j=1}^{L_i} r_{ij}, \quad (3)$$

де, r_{ij} – ризик j -го пожежного аспекту i -го процесу, $j = \overline{1, L_i}$;

L_i – кількість пожежних аспектів i -го процесу.

При цьому ризик пожежного аспекту обчислюють (форм. 4)

$$r_{ij} = p_{ij} \times u_{ij}, \quad (4)$$

де, p_{ij} – оцінка ймовірності перевищення нормативного показника для j -го пожежного аспекту i -го процесу;

u_{ij} – оцінка збитку від перевищення нормативного показника впливу j -го пожежного аспекту i -го процесу.

При одночасному впливі на ВПНО декількох пожежонебезпечних процесів, необхідно враховувати можливість прояву синергетичного ефекту. У цьому випадку ймовірність перевищення нормативного показника для двох спільних пожежних аспектів можна розрахувати як:

$$p_{ij} = p_{i1} + p_{i2} - p_{i1} \times p_{i2}. \quad (5)$$

Оцінку збитку від перевищення нормативного показника обчислюють як суму збитку від пожежі. Загальний очікуваний збиток Z_{oz} визначають (форм. 6).

$$Z_{oz} = \sum_{j=1}^v Z_j, \quad (6)$$

де, Z_{oz} – математичне очікування загального еколого-економічного збитку;

Z_j – математичне очікування збитку за ризиком j -го пожежного аспекту.

Всі процедури, їх результати, дані моніторингу потрібно документувати. Запропонована модель діяльності у сфері протипожежного управління підприємством може здійснити запобігання пожежонебезпечного стану ВПНО на основі постійного моніторингу і контролю за пожежним станом. Основні економічні вигоди запобіганню пожеж та системному менеджменту визначаються різноманітними потенційними перевагами і додатковими можливостями, пов'язаними з подібною діяльністю. Результати проведення ПА повинні бути зведені в єдину базу даних, що дасть змогу відстежити та спрогнозувати поточну пожежонебезпечну ситуацію, а також надасть можливість представляти чіткі висновки та рекомендації щодо впливу підприємства на пожежну безпеку та відносно гармонійне функціонування ВПНО як складової частини регіону. На рис. 1 представлено узагальнену структурну схему алгоритму проведення контролю параметрів на підприємстві для оцінювання пожежонебезпечного стану.

Підвищення якості системи менеджменту підприємства можна здійснити внаслідок комплексування результатів від різних засобів пожежного спостереження і контролю за допомогою ГІС-технологій. Для здобуття об'єктивної інформації про стан та про рівень пожежної небезпеки підприємства необхідно мати надійні засоби та використовувати сучасні методи пожежного контролю.

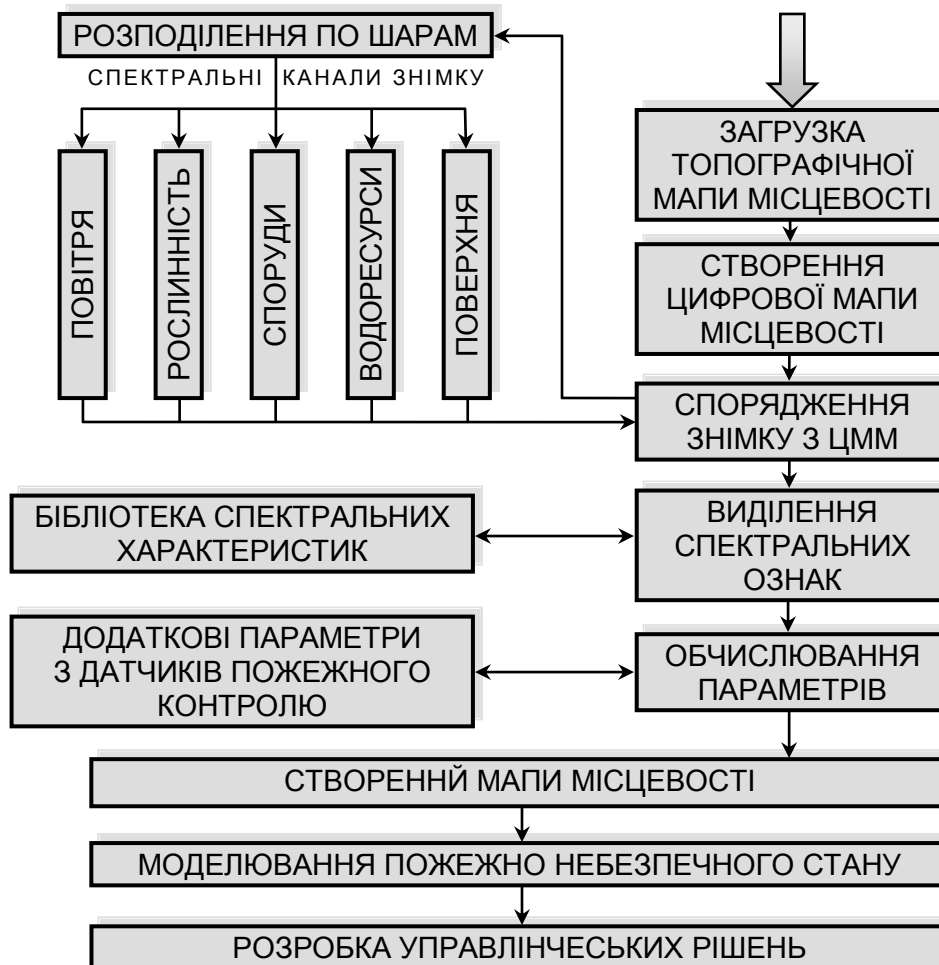


Рисунок 1 – Структурна схема алгоритму проведення контролю пожежонебезпечних параметрів на підприємстві



Рисунок 2 – Етапи проведення аудиту

Для визначення необхідно порівнювати отримані результати з різних засобів контролю, у тому числі і дистанційних. А для підвищення об'єктивності отриманих результатів необхідно підвищення продуктивності, оперативності та регулярності вимірювань, збільшення масштабності охоплення одночасних технічних засобів контролю, а також автоматизація і оптимізація їх в промисловому процесі. Разом з традиційними методами контролю протипожежного захисту можливо використовувати дистанційні методи, що засновані на спектроскопії, яка використовує поглинання електромагнітного випромінювання у видимому та інфрачервоному областях спектру. Для підвищення якості проведення ПА промислових підприємств у роботі розроблено методику, особливістю якої є використання ГІС-технологій для проведення моніторингу і контролю за поточним пожежонебезпечного станом та врахування впливу промислових процесів підприємства на довкілля.

Аудиторський процес починається з ухвалення рішення про необхідність проведення ПА, що витікає з його можливості як одного з механізмів реалізації концепції стійкого розвитку. Саме це визначає його мету і завдання. Рішення приймається замовником. В цьому разі формування членів аудиторської комісії здійснюється на підборі провідних фахівців, які мають відповідну кваліфікацію і професійні знання, володіють методикою екологічної оцінки, практичний досвід роботи у відповідній сфері не менше певного періоду, а також сертифікат на право проведення екологічного аудиту. Робота комісії базується на принципах компетентності, досвідченості, об'єктивності, незалежності, відвертості, чесності, знання ВПНО. Фахівці повинні мати вищу освіту або спеціальні знання в проведенні екологічного аудитування об'єкту і її геоecологічних особливостей не лише за документальною інформацією, але і за експериментальними даними.

Особливістю проведення екологічного аудиту є те, що у разі потреби можливе залучення як консультантів висококваліфікованих фахівців інших сфер діяльності. Провідним методом роботи аудиторів є експертна оцінка, що вважається в даний час загальнонауковою. Основою його є дослідження і вирішення проблемних ситуацій професіоналами, які володіють спеціальними знаннями, шляхом вибору найбільш аргументованих рішень. Він застосовується, коли:

на підставі відомих законів неможливо однозначно передбачити поведінку системи у майбутньому;

неможлива експериментальна перевірка передбачуваного ходу процесу;

є невизначені чинники, що не піддаються контролю;

вирішення проблеми має багато варіантів;

інформація, на основі якої приймається рішення, недостатньо повна.

Крім того, в ході аудиторського дослідження використовуються також і певні наукові методи. У ході проведення аудиту підприємства збираються необхідні матеріали:

результати вибухопожежонебезпечних досліджень;

схеми генерального плану ВПНО і функціонального зонування території;

ландшафтна карта;

існуючий емпіричний і картографічний матеріал, що характеризує ґрунти, повітря, воду;

дані комплексної оцінки геоecологічної ситуації підприємства в регіоні.

Структурно, алгоритм аудиту ВПНО повинен включати:

аналіз існуючої ситуації і вибір пріоритетних напрямів, де розпочнеться процес реалізації аудиту;

вибір та обґрунтування етапів;

навчання персоналу і фахівців;

оцінку результативності аудиту, включаючи зміну ставлення, поведінки та посилення економічної відповідальності за вплив на навколишнє природне середовище;

інформування населення та

активізацію участі громадськості.

В цілому порядок проведення аудиту включає:

планування аудиту на основі попереднього аналізу організації оцінки масштабу майбутніх робіт, а також визначення процедури, що слід використовувати в процесі перевірки;

аналіз і оцінку системи обліку і звітності у галузі цивільного захисту, системи діючих та планованих превентивних заходів;

збір аудиторських доказів з метою оцінки відповідності діяльності економічного суб'єкта у сфері цивільного захисту, законодавчим і нормативним актам, а також перевірку їх достовірності;

документальне оформлення аудиторських доказів, виклад підсумків перевірки у вигляді аудиторського звіту і висновку.

Проведення ПА може бути представлено, як поетапний алгоритм, який залежно від специфіки ВПНО складається з наступних етапів (рис. 2)

Пропонується новий інструментарій проведення аудиту ВПНО, який складається з декількох етапів.

Передаудиторський етап:

ухвалення рішення про необхідність проведення ПА;

призначення аудиторської комісії та організація її роботи;

визначення мети ПА, кола питань, що розглядатимуться під час проведення аудиту;

розробка протоколу аудиту (порядку його проведення на підставі певної мети, кола питань і вихідної інформації), що включає перелік вимог, підходів, процедур, яких повинні дотримуватись аудитори;

підготовка плану ПА, що включає три пункти: визначення персонального складу групи з розподілом функцій між її членами, графік проведення аудиту; план організаційно-технічних заходів щодо проведення аудиту;

збори аудиторів у зв'язку з початком роботи (затвердження аудиторського колективу, розподіл обов'язків тощо);

робота зі збору інформації і

встановлення загальних положень про об'єкт аудиту.

Проведення аудиту (аналітичний етап) як науково-практичного виду діяльності, що передбачає комплексну вибухопожежонебезпечну оцінку території з елементами аналізу, територіальної організації, а також метою вироблення заходів з її стабілізації і забезпечення стійкого розвитку регіону. Висновки аудиторської діяльності знаходять своє відображення в звітній документації.

Етап аудиторської звітності. Підведення підсумків проведеної роботи та їх спільне обговорення:

список попередніх результатів;

завершальна нарада;

підготовка і подача звіту про аудит;

звіт перед замовником аудиту.

Проведення ПА може бути представлено, як:

1. Підготовча робота.

1.1. Постановка завдання ПА підприємства, мета та основні напрямки проведення. Побудова системи управління підприємством на основі розробленої моделі. В цьому разі вирішується завдання щодо пожежно-економічної оцінки. Відповідно до вимог стандартів ДСТУ ISO 14001:2006 та ДСТУ ISO 14001:2005 щодо ідентифікації та визначення важливіших напрямків ПА, перед підприємством виникає завдання оцінювання ступеня значимості і побудови рейтингу ПА.

1.2. Визначають критерії та ставлять багатокритеріальну задачу оцінювання значимості пожежних аспектів, що охоплює такі процедури:

1.2.1. Визначення для кожного критерію пожежного аспекту:

граничного параметру (фіксованих значень, що визначають вимоги, за яких один пожежний аспект перевершує інший);

типи змінних (чіткий кількісний, нечіткий кількісний, лінгвістичний);

цілі (максимізація – великі значення критерію краще менших, мінімізація – менші значення краще великих).

1.2.2. Обчислення семантичної відстані (різниці між значеннями

альтернатив);

1.2.3. Розрахунок ступеня переваги одного ПА над іншим щодо кожного критерію.

1.2.4. Розрахунок позитивного ефекту.

1.2.5. Розрахунок інформаційної складової відповідно зазначеного критерію.

1.2.6. Розрахунок позитивного і негативного потоків (визначення підсумкового ранжирування пожежного аспекту).

2. Робота щодо збору інформації про пожежонебезпечний стан підприємства.

Вибір методів збору інформації. Застосування методів та методик щодо отримання різних пожежонебезпечних характеристик про ВПНО.

Проводять збір даних під час проведення ПА на підприємстві з використанням ГІС-технологій та здійснюють контроль пожежонебезпечних параметрів та визначення його змін на основі проведення моніторингу. В цьому разі підприємство поділяється за шарами пожежонебезпечного стану та заповнюється отриманими параметрами.

3. Оцінка результатів.

На основі отриманих результатів проводять аналіз матеріалів ПА і розробляють висновок щодо підприємства.

3.1. Оцінюють ризики найбільш значущих пожежних аспектів.

Для аналізування значущих пожежонебезпечних процесів пропонується уточнення параметрів впливу пожежі на навколишнє середовище та за необхідності прогнозування надзвичайних ситуацій. Виявляють причини і джерела виникнення та перевищення нормативних значень пожежних аспектів, а також наслідки або несприятливі події, до яких вони можуть призвести. Після оцінювання ступеня значимості пожежної небезпеки стає зрозуміло, які пожежні аспекти потребують подальшого аналізування з точки зору уточнення ймовірності їх реалізації та розміру збитку.

3.2. Оцінюють ймовірність перевищення нормативних значень пожежного аспекту за допомогою логіко-

ймовірнісного методу.

На основі даних, отриманих у результат ПА, будують сценарії, що відображають причинно-наслідкові зв'язки між перевищеннями нормативного показника пожежі, джерелами та ініціювальними подіями. Оцінку ймовірності перевищення нормативного пожежного чинника розраховують за допомогою логіко-ймовірнісного методу, що охоплює такі етапи:

побудова функції алгебри логіки з використанням операцій кон'юнкції та диз'юнкції на основі сценаріїв перевищення впливів аспектів;

побудова ймовірнісної функції на основі функції алгебри логіки;

розрахунок ймовірності перевищення нормативного пожежного показника за допомогою ймовірнісної функції.

3.3. Оцінюють ймовірність перевищення нормативних значень пожежних аспектів на основі порівняння та визначення критичності.

3.4. Оцінюють екологічні збитки від перевищення негативного впливу пожежного чинника на навколишнє середовище. Залежно від виду пожежного показника аспектів пропонується кілька варіантів оцінювання пожежонебезпечного стану ВПНО.

3.5. Оцінюють сукупний ризик підприємства від наслідків пожежі.

4. Оформлення звіту.

Оформлюють звіт для передавання його для вивчення керівництвом підприємства та подають пропозиції для подальшого використання їх щодо покращення системи менеджменту на підприємстві.

Аудиторська комісія може адресувати свої пропозиції до вищестоящих організацій та землекористувачам (землевласникам) цієї території в разі згоди замовника (окрім результатів обов'язкового зовнішнього аудиту).

Остаточні висновки, що фіксуються в аудиторському висновку, приймаються в ході спільного обговорення попередніх результатів аудиту і передаються замовникові. Разом з цим, аудит піднімає питання стратегічного розвитку як

підприємства так і території регіону: розробка цільових програм, направлених на вирішення певних проблем, територіальних планів і схем розвитку, схем землекористування і тому подібне, тому результати аудиторської роботи за узгодженням із замовником можуть бути передані у відповідні вищестоящі інстанції. Оскільки замовник зацікавлений в аудиті, то питання примусовості реалізації висновків автоматично знімається. Він має право вільно розпоряджатися звітною документацією.

Отже, аудиторська комісія може виходити з рекомендаціями по організації механізму коадаптації в межах регіону і адресувати свої пропозиції вищестоящим організаціям не виходячи за рамки прямих інтересів замовника. Результати та рекомендації проведеного аудиту доводяться до місцевих органів влади, що повинні зробити оцінку поточного стану навколишнього середовища, розробити відповідні коригувальні заходи та здійснити запропоновані інструкції.

Висновки та напрями подальшого дослідження. Таким чином, визначено, що завданням ПА є пошук оптимальних шляхів поєднання економічного регулювання діяльності ВПНО. Встановлено, що його мета полягає у сприянні вчасному запобіганню соціального та економічного збитку, що виникають внаслідок впливу ВПНО на стан довкілля. Доведено, що результуючим показником аудиту є надання достовірної та об'єктивної інформації, заснованої на ретельному аналізі численних факторів, що визначають міру співвідношення між економічною ефективністю експлуатації ВПНО та якістю навколишнього природного середовища. Показано, що ПА, як і будь-який вид діяльності, слід розглядати з позицій системного підходу, у центрі якого знаходиться незалежна аудиторська компанія, що здійснює

перевірку, аудитор або внутрішня служба підприємства, яка планує та реалізовує аудит.

З'ясовано, що аудит – це не тільки процес контролю за вкладанням капіталу у відтворення виробництва, а й універсальний інструмент, здатний мінімізувати негативний вплив на довкілля, сприяти ефективному використанню та відновленню природних ресурсів, а також підвищити інвестиційну привабливість ВПНО. Економічна оцінка процесів ПА дає можливість аудитору встановити контроль за використанням матеріально-технічних і природних ресурсів об'єкта аудиту і визначити рівень координованості та контрольованості складових системи менеджменту. Зазначено, що на основі застосування певних показників та їх взаємодії, а також необхідного обсягу даних, що отримуються в процесі проведення ПА, необхідно узгодити соціальні та економічні інтереси у суспільному виробництві.

Вважається доцільним під час проведення ПА ВПНО впроваджувати нові методики на основі застосування сучасних ГІС-технологій та методів нечіткого логічного висновку для управління в умовах невизначеності. На сьогоднішній день ГІС-технології дозволяють розглянути більш детальніше територію ВПНО за нормальної експлуатації та його впливу на навколишнє природне середовище, а також відслідковувати наслідки від пожеж і аварій.

Розроблено методичні засади проведення ПА ВПНО з метою попередження та запобігання пожеж та аварій на них.

Перспективи подальших досліджень автори бачать у більш глибокому і детальному опрацюванні зазначених етапів проведення ПА ВПНО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України від 18.01.2001 р. № 2245-III / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради (ВВР). 2001. № 15. Ст. 73.
2. Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів : Постанова Кабінету Міністрів України від 29.08.2002 р. № 1288 / Кабінет Міністрів України // Офіційний

- вісник України. 2002. № 36. С. 43. Ст. 1694.
3. Кріса І. Я., Міллер О. В., Харчук А. І., Шелюх Ю. Є. Аудит з пожежної безпеки як альтернативна оцінка пожежного ризику об'єкта господарювання. *Пожежна безпека: зб. наук. пр. 2011. № 19.* С. 61 – 64.
 4. Харчук А. І., Міллер О. В. Аудит з пожежної безпеки як елемент управління пожежним ризиком. *Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи* : зб. матер. II Всеукр. наук.-прак. конф. (25 жовт. 2013 р., м. Харків). Харків : НУЦЗУ, 2013. С. 69 – 72.
 5. Міллер О. В. Актуальність впровадження в практику пожежного аудиту. *Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах* : матер. XVIII Всеукр. наук.-практ. конф. (за міжнар. уч.). Електронне видання комбінованого використання. (8 жовтня 2019 р., м. Київ,). Київ : ІДУЦЗ, 2019. С. 187 – 189.
 6. Дорош, Н. І. Оцінювання ризиків при проведенні аудиту. *Науковий вісник національної академії статистики, обліку та аудиту.* 2017. № 4. С. 40 – 46.
 7. Андрієнко М. В. Напрями державного регулювання пожежної безпеки в Україні. *Держава та регіони. Серія: Державне управління.* 2017. № 3(59). С. 38 – 43.
 8. Про перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку : постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р. № 554. *Офіційний вісник України.* 1995. № 32. С. 132.
 9. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки : постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 р. № 956. *Офіційний вісник України.* 2002. № 29. С. 23. Ст. 1357.
 10. Про затвердження Положення про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів : наказ МНС України від 18.12.2000 р. № 338. *Офіційний вісник України.* 2001. № 4. С. 345. Ст. 164.
 11. Український класифікатор нормативних документів (ICS:2004, MOD) : ДК 004:2008. [Чинний від 2009-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. (Національний класифікатор України).

REFERENCES

1. Pro obiekty pidvyshchenoi nebezpeky : Zakon Ukrainy vid 18.01.2001 r. № 2245-III / Verkhovna Rada Ukrainy // Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR). 2001. № 15. St. 73 [in Ukrainian].
2. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro Derzhavnyi reiestr potentsiino nebezpechnykh ob'ektiv : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 29.08.2002 r. № 1288 / Kabinet Ministriv Ukrainy // Ofitsiyni visnyk Ukrainy. 2002. № 36. S. 43. St. 1694 [in Ukrainian].
3. Krisa, I. Ya., Miller O. V., Kharchuk A. I., Sheliukh Yu. Ye. Audyt z pozhezhnoi bezpeky yak alternatyvna otsinka pozhezhnoho ryzyku ob'ekta hospodariuvannia. *Pozhezhna bezpeka: zb. nauk. pr.* 2011. № 19. S. 61 – 64 [in Ukrainian].
4. Kharchuk, A. I., Miller O. V. Audyt z pozhezhnoi bezpeky yak element upravlinnia pozhezhnym ryzykom. *Problemy tsyvilnoho zakhystu: upravlinnia, poperedzhennia, avariino-riatuvalni ta spetsialni roboty* : zb. mater. II Vseukr. nauk.-prak. konf. (25 zhovt. 2013 r., m. Kharkiv). Kharkiv : NUTsZU, 2013. S. 69 – 72 [in Ukrainian].
5. Miller, O. V. Aktualnist vprovadzhenia v praktyku pozhezhnoho audytu. *Rozvytok tsyvilnoho zakhystu v suchasnykh bezpekovykh umovakh* : mater. XVIII Vseukr. nauk.-prakt. konf. (za mizhnar. uch.). Elektronne vydannia kombinovanoho vykorystannia. (8 zhovtnia 2019 r., m. Kyiv,). Kyiv : IDUTsZ, 2019. S. 187 – 189 [in Ukrainian].
6. Dorosh, N. I. Otsiniuvannia ryzykiv pry provedenni audytu. *Naukovyi visnyk natsionalnoi akademii statystyky, obliku ta audytu.* 2017. № 4. S. 40 – 46 [in Ukrainian].
7. Andriienko, M. V. Napriamy derzhavnoho rehuliuвання pozhezhnoi bezpeky v Ukraini. *Derzhava ta rehiony. Serii: Derzhavne upravlinnia.* 2017. № 3(59). S. 38 – 43 [in Ukrainian].
8. Pro perelik vydiv diialnosti ta ob'ektiv, shcho stanovliat pidvyshchenu ekolohichnu nebezpeku : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27.07.1995 r. № 554. *Ofitsiyni visnyk Ukrainy.* 1995. № 32. S. 132.
9. Pro identyfikatsiiu ta deklaruvannia bezpeky ob'ektiv pidvyshchenoi nebezpeky : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.07.2002 r. № 956. *Ofitsiyni visnyk Ukrainy.* 2002. № 29. S. 23. St. 1357 [in Ukrainian].
10. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro pasportyzatsiiu potentsiino nebezpechnykh ob'ektiv : nakaz MNS Ukrainy vid 18.12.2000 r. № 338. *Ofitsiyni visnyk Ukrainy.* 2001. № 4. S. 345. St. 164 [in Ukrainian].
11. Ukrainyskyi klasyfikator normatyvnykh dokumentiv (ICS:2004, MOD) : DK 004:2008. [Chynnyi vid 2009-04-01]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2008. (Natsionalnyi klasyfikator Ukrainy) [in Ukrainian].

METHODICAL BASES OF FIRE AUDIT OF EXPLOSIVE OBJECTS

[S.Azarov¹], S.Yeremenko², A. Pruskyi³, V.Sydorenko³

¹*Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine*

²*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

KEYWORDS

fire audit, explosive objects, technologies of geographic information systems.

ANNOTATION

Methodical principles of conducting fire audit of explosive objects with the purpose of prevention of fires and accidents on them are considered. It is noted that the potential of fire audit for explosive objects is not fully realized in connection with, first of all, the lack of this concept in the legislative and regulatory framework and new tools for its implementation, as well as the lack of political will of the state to the consistent practical implementation of fire policy, taking into account the recommendations of the European Union. It is emphasized that the world practice has proved the feasibility and effectiveness of a fire audit. The concept of fire audit and the main directions of fire policy of explosive objects, as well as the procedure, object, subject, essence, types of fire audit and available methods are conducted. The type, role and advantages of application of geographic information systems technologies in the procedure of fire audit of explosive objects are discussed. The method of assessment of fulfillment of fire safety requirements by the enterprise is applied. It is shown that the total man-made risks of the enterprise are considered as the sum of the risks of industrial processes. The method of determining the probability of exceeding the norm for two common fire aspects in case of taking into account the possibility of a synergistic effect. The method of assessing the implementation of fire safety requirements of the enterprise, man-made risks, various fire aspects of certain processes and the expected damage in case of fire or accident at explosive facilities is considered. The algorithm of control of fire-hazardous parameters at the enterprise is developed and the order of its use is defined. A new multi-stage toolkit for auditing explosive objects with the use of geographic information systems technologies is proposed. The significance and further use of the results and recommendations of fire audit were clarified.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЖАРНОГО АУДИТА ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

[С. Азаров¹], В. Сидоренко² *, С. Еременко²., А. Прусский²

¹*Институт ядерных исследований Национальной академии наук Украины*

²*Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пожарный аудит, взрывопожароопасные объекты, технологии геоинформационных систем.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены методические основы проведения пожарного аудита взрывопожароопасных объектов с целью предупреждения и предотвращения пожаров и аварий на них. Отмечено, что потенциал пожарного аудита для взрывопожароопасных объектов в полной мере не реализован в связи прежде всего с отсутствием в настоящее время это понятие в законодательной и нормативно-правовой базе и нового инструментария для его проведения, а также дефицитом политической воли государства к последовательной практической реализации противопожарной политики с учетом рекомендаций Европейского Союза. Подчеркнуто, что мировой практикой доказана целесообразность и эффективность проведения пожарного аудита. Определено понятие пожарного аудита и главные направления противопожарной политики взрывопожароопасных объектов, а также процедуру, объект, предмет, суть, виды, типы пожарного аудита и доступные методы его проведения. Обсуждены вид, роль и преимущества применения технологий геоинформационных систем в процедуре проведения пожарного аудита взрывопожароопасных объектов. Применен метод оценки выполнения противопожарных требований предприятием. Показано, что совокупные техногенные риски предприятия рассматривают как сумму рисков промышленных процессов. Приведены способ определения вероятности превышения нормативного показателя для двух совместных пожарных аспектов в случае учета возможность проявления синергетического эффекта. Рассмотрен способ оценки выполнения противопожарных требований предприятием, техногенных рисков, различных пожарных аспектов определенных процессов и ожидаемого ущерба в случае пожара или аварии на взрывопожароопасных объектах. Разработан алгоритм проведения контроля пожароопасных параметров на предприятии и определен порядок его использования. Предложен новый многоэтапный инструментарий проведения аудита взрывопожароопасных объектов с применением технологий геоинформационных систем. Выяснено значимость и дальнейшее использование результатов и рекомендаций проведенного пожарного аудита.

УДК 614.844.4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙНИХ МЕЖ ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я ТА ФЛЕГМАТИЗУВАЛЬНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ АВІАЦІЙНОГО ПАЛЬНОГО JET -A1

Огурцов С.Ю.^{1*}, Дунюшкін В.О.², Антонов А.В.³, Копильний М.І.¹, Мілютін О.В.¹

¹Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

²ТОВ «Науково-виробнича фірма «Фактор»

³Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

АНОТАЦІЯ

Надійшла до редакції: 17.11.2020

Пройшла рецензування: 29.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

концентраційні межі поширення полум'я, флегматизація, авіаційне паливо JET-A1, азот.

Наведено опис експериментального обладнання, методики експериментальних досліджень та результатів з визначення концентраційних меж поширення полум'я для суміші парів авіаційного пального JET-A1 з повітрям, а також визначена мінімальна флегматизувальна концентрація такого газового середовища із застосування азоту, що становить 39,2 % об.

Постановка проблеми. В Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту на замовлення ДП «КБ «Південне» у 2014 році було проведено комплекс досліджень спрямованих на створення пожежо-вибухобезпечного середовища у внутрішніх об'ємах відсіків ракети носія як під час передстартової підготовки, так і в умовах польоту [1]. В межах даної статті наведено методику проведення та результати експериментальних досліджень з визначення концентраційних меж поширення полум'я та флегматизувальної концентрації суміші парів авіаційного пального Jet-A1 з повітрям за умови використання у якості флегматизатора газоподібного азоту. Ця стаття є частиною циклу статей присвячених зазначений науково-дослідній роботі. Результати вибору газової вогнегасної речовини для застосування її у системі вибухо-пожежо попередження висвітлені у статті [2].

За результатами попереднього аналізу умов утворення вибухо-пожежонебезпечного середовища в об'ємі відсіків ракети-носія [2], було визначено, що вибухонебезпечна концентрація парів

палива в об'ємах "сухих відсіків" за штатних умов роботи, може утворитись за час не менше 10,7 годин. Тому для обґрунтування параметрів роботи системи попередження пожежі та вибуху (флегматизування) "сухих" відсіків ракетно-носія під час польоту розглядався варіант аварії з витоком пального у об'єм відсіку та потрапляння його на поверхню, нагріту вище температури самоспалахування пального.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання забезпечення вибухопожежобезпечного середовища у відсіках, паливних ємностях літальних апаратів та технологічному обладнанні присвячено ряд наукових публікацій, зокрема таких авторів як Cai Yan [3], Gatsonides J.G [4], Trevits M.[5] та ін. Разом з тим, на даний час відсутні опубліковані дані стосовно досліджень з обґрунтування параметрів систем флегматизації відсіків ракетної техніки, що використовує у якості пального авіаційне паливо Jet-A1.

Мета статті. Отримання необхідних вихідних даних щодо вибухонебезпечних концентрацій суміші парів авіаційного

*S.Ohurtsov@undicz.dsns.gov.ua

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.15-21>

2518-1777/©2020 ІДУНДЦ ЦЗ

палива Jet-A1 з повітрям та флегматизувальних концентрацій цієї суміші за умов використання азоту в якості флегматизувальної речовини.

Виклад основного матеріалу.

Дослідження з визначення нижньої та верхньої концентраційної межі поширення полум'я пального Jet-A1 проводили на спеціально розробленій та створеній експериментальній установці (рис. 1-2), яка містила такі елементи:

сферична випробувальна камера 1 місткістю $(8,5 \pm 0,85)$ дм³, розрахована на робочий тиск не менш як 0,6 МПа з вентилями 3 і 5 для вакуумування та введення компонентів газової суміші;

блок запалювання 8 з розрядним пристроєм 2 здатний генерувати коронний електричний розряд з енергією (70 ± 2) Дж;

датчик тиску 7 з реєструвальним пристроєм 6, здатним фіксувати тиск від -1 до 1,5 бар з похибкою не більш як 10 % відносних;

вакуумметр 4 з межею вимірювання вакуумметричного тиску - 100 кПа класу точності 0,25;

водяний манометр 9 з метою вимірювання тиску від 0 до 6 кПа, класу точності 0,3;

вентилятор перемішування газових сумішей 10 всередині камери з блоком живлення 11;

термопара 12 типу ТХК для вимірювання температури в середині камери.

Базовим для створення такої установки було випробувальне обладнання з визначення флегматизувальних концентрацій газових горючих сумішей газовими вогнегасними речовинами, що описано в роботі [6]. Разом з тим, враховуючи параметри пожежної небезпеки Jet-A1, а саме температуру самозаймання зразка пального Jet-A1 яка становила 245°C [1], було передбачено підігрів як колби з паливом, так і установки в цілому, для унеможливлення конденсації парів на стінках випробувальної камери та з'єднувальних трубопроводах.

Дослідження з визначення нижньої /верхньої концентраційної межі поширення полум'я пального Jet-A1 здійснювали у наступній послідовності:

- вакуумували випробувальну камеру 1 до залишкового тиску не більш як 1 кПа;

- готували у камері газову суміш заданого кількісного складу за парціальними тисками компонентів шляхом послідовного введення газової горючої речовини та окисника;

- протягом не менш ніж 14 хв давали газовій суміші гомогенізуватись і досягти температури зовнішнього середовища;

- заряджали конденсатори блока запалювання 8 і створювали електричний розряд у камері;

- вимірювали пікове значення надлишкового тиску P_n у випробувальній камері;

- якщо отримане значення надлишкового тиску P_n не перевищувало 7 кПа, то шляхом вакуумування камери і подальшого введення еквівалентної кількості горючої речовини

- збільшували/зменшували концентрацію окисника і виконували операції за вище зазначеними пунктами;

процедуру за останнім пунктом повторювали доти, доки після створення електричного розряду в камері не було зафіксовано значення надлишкового тиску P_n більше ніж 7 кПа;

- за нижню (верхню) концентраційну межу поширення полум'я приймали середнє значення між концентраціями горючої речовини в суміші з окисником в точках де значення надлишкового тиску P_n становило більше ніж 7 кПа та попередніми точками, де значення надлишкового тиску P_n становило менше ніж 7 кПа.

Результати визначення нижньої/верхньої концентраційної межі поширення полум'я авіаційного пального Jet-A1 наведено у табл. 1-2.

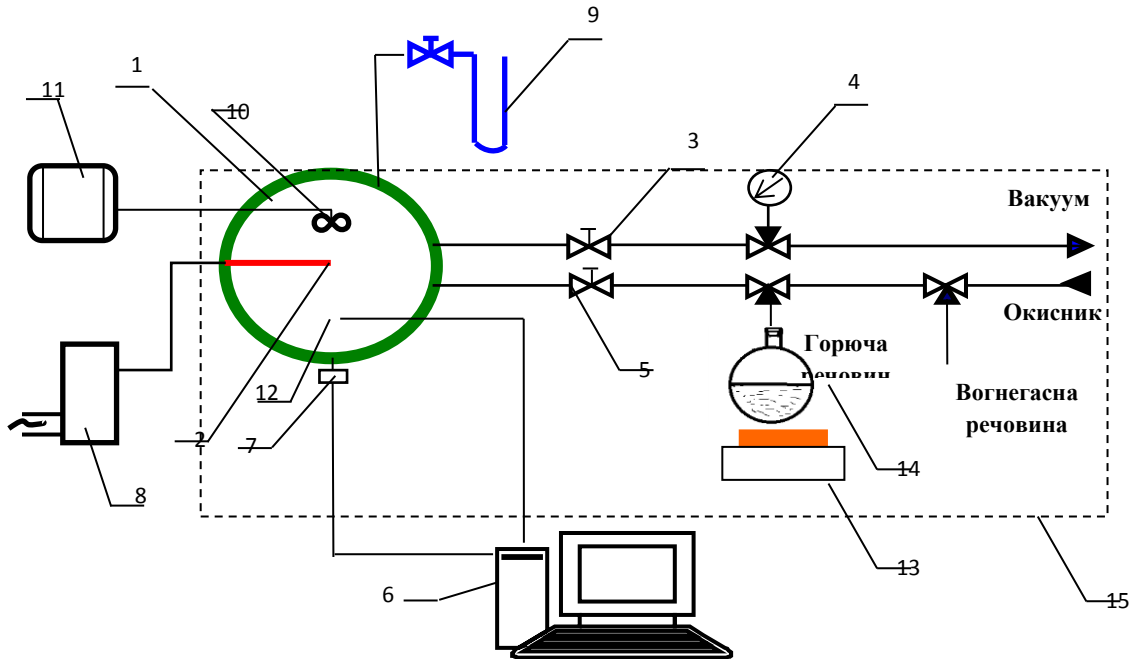


Рисунок 1 – Експериментальне обладнання для визначення мінімальної флегматизувальної концентрації

1 - випробувальна камера; 2 - розрядний пристрій; 3 - вихідний вентиль; 4 - вакуумметр; 5 - вхідний вентиль; 6 - реєструвальний пристрій; 7 - датчик тиску; 8 - блок запалювання; 9 - мановакууметр; 10 - вентилятор перемішування; 11 – блок живлення; 12 – датчик температури(термопара); 13- нагрівач; 14- скляна колба; 15- термокамера



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд експериментального обладнання для визначення мінімальної флегматизувальної концентрації

Таблиця 1 – Результати визначення нижньої концентраційної межі поширення полум'я пального Jet-A1

№ п/п	Концентрація горючої речовини, % об.	Надлишковий тиск P_n у камері	Нижня концентраційна межа поширення полум'я, %
1.	2,5	$P_n < 7 \text{ кПа}$	2,9
2.	2,75	$P_n < 7 \text{ кПа}$	
3.	3,0	$P_n > 7 \text{ кПа}$	

Таблиця 2 - Результати визначення верхньої концентраційної межі поширення полум'я пального Jet-A1

№ п/п	Концентрація горючої речовини, % об.	Надлишковий тиск P_n у камері	Верхня концентраційна межа поширення полум'я, %
1	5,5	$P_n > 7 \text{ кПа}$	>5,5

Визначення флегматизувальної концентрації азоту для парів авіаційного пального Jet-A1 проводили відповідно до вимог [7] з використанням експериментального обладнання (рис.

1). Камеру 1 розміщували у нагрітій до 80 °С шафі.

Дослідження проводили у наступній послідовності:

проводили вакуумування камери 1 до залишкового тиску не більш як 1 кПа;

готували у камері 1 газову суміш заданого кількісного складу за парціальними тисками компонентів шляхом послідовного введення вогнегасної речовини, горючої речовини та окисника;

виключали мішалку, протягом 3 хвилин давали газовій суміші гомогенізуватись і досягти заданої температури;

заряджали конденсатори блока запалювання 8 і створювали електричний розряд у камері 1;

вимірювали пікове значення надлишкового тиску P_n в камері 1.

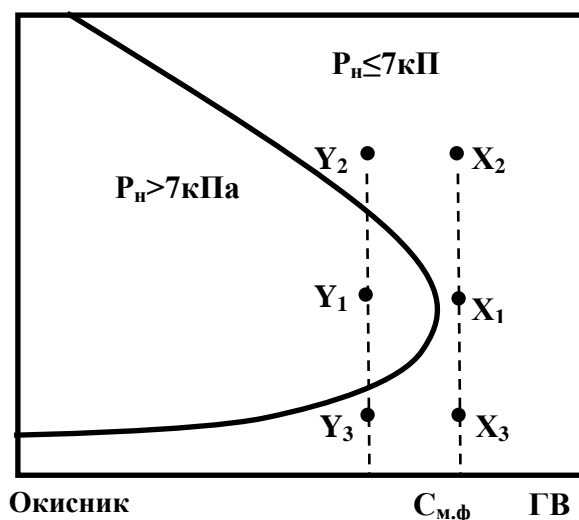
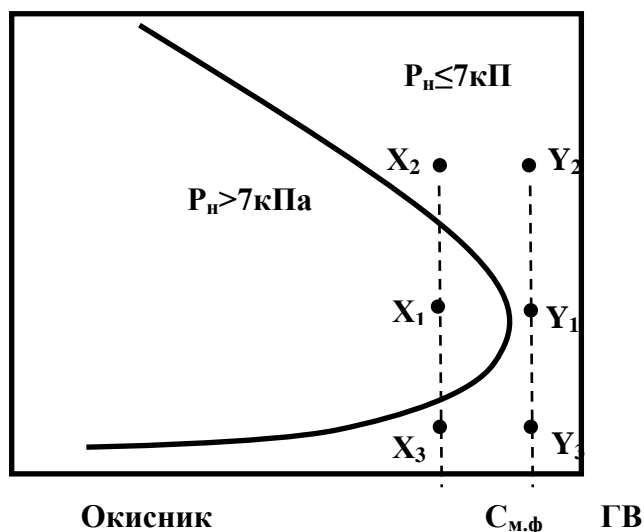


Рисунок 4 - Схема експериментального визначення показника мінімальної флегматизувальної концентрації газової вогнегасної речовини $C_{мф}$ за [7]

Суміш вважали флегматизованою, якщо це значення не перевищувало 7 кПа. Якщо одержане значення P_n не перевищувало 7 кПа, шляхом часткового вакуумування камери 1 і подальшого введення еквівалентної кількості окисника зменшували концентрації горючої та вогнегасної речовин (не більш як на 10 % відносних) і виконували операції за пп. 8.5.3.1 - 8.5.3.5 [7];

процедуру повторювали доти, доки після створення електричного розряду в камері 1 не було зафіксовано значення P_n більше ніж 7 кПа;

ступінчасто змінювали співвідношення компонентів у створюваних газових сумішах, доки не було знайдено наближене значення концентрації ГВР, яка відповідає вершині кривої флегматизації для відповідної потрійної системи (рис.4).

Дослідження для остаточного визначення мінімальної флегматизувальної концентрації газової вогнегасної речовини проводили у такій послідовності:

- готували і випробовували за пп.8.5.3.1 - 8.5.3.7 [7] газову суміш (рисунок 4, точка X_1);

- готували і випробовували за пп.8.5.3.1 - 8.5.3.5 [7] дві газові суміші, в яких концентрації газової вогнегасної речовини такі самі, як у суміші, склад якої визначено за п.8.5.3.8 [7], а концентрації горючої речовини розрізняються на 10 % відносних (рисунок 4, точки X_2 та X_3);

- якщо хоч би в одному з дослідів газова суміш виявлялась нефлегматизованою, готували і випробовували три газові суміші, склад яких відрізнявся від складу сумішей за пп.8.5.3.9.1 та 8.5.3.9.2 [7] концентрацією газової вогнегасної речовини не більш як на 4 % відносних у бік збільшення (рисунок 4, а, точки $Y_1 - Y_3$);

- якщо у всіх трьох дослідах за п. 8.5.3.9.1 та п. 8.5.3.9.2 [7] газові суміші виявлялись флегматизованими, готували і випробовували за 8.5.3.1 - 8.5.3.5 [7] три газові суміші, склад яких відрізняється від складу сумішей за 8.5.3.9.1 та 8.5.3.9.2 [7] концентрацією газової вогнегасної речовини не більш як на 4 % відносних у бік зменшення (рисунок 4 б, точки $Y_1 - Y_3$).

З експериментальних даних, одержаних в результаті за 8.5.3.9 [7], знаходили два значення концентрації вогнегасної речовини, різниця між якими становила не більш як 4 % відносних, за одного з яких всі три випробовувані суміші є флегматизованими, а за іншого - хоч би одна з трьох випробовуваних сумішей не є флегматизованою.

За результат випробувань для визначення мінімальної флегматизувальної

концентрації газової вогнегасної речовини приймали більше з двох значень за 8.5.4.1 [7] (рисунок 4, значення $C_{м.ф.}$).

Загальна похибка визначення мінімальної флегматизувальної концентрації не перевищувала 5 % відносних.

Результати випробувань з визначення мінімальної флегматизувальної концентрації для сумішей горючої речовини (Jet-A1) з повітрям азотом наведено в табл. 3.

Таблиця 3 - Результати визначення мінімальної флегматизувальної концентрації азоту для сумішей горючої речовини (JET-A1) з повітрям

№ п/п	Концентрація азоту, % об.	Концентрація горючої речовини, % об.	Надлишковий тиск P_n у камері	Мінімальна флегматизувальна концентрація, $C_{м.ф.}$ % об.
1.	38	3,0	$P_n < 7 \text{кПа}$	39,0
		3,5	$P_n > 7 \text{кПа}$	
		4,0	$P_n < 7 \text{кПа}$	
2.	39	3,0	$P_n < 7 \text{кПа}$	
		3,5	$P_n < 7 \text{кПа}$	
		4,0	$P_n < 7 \text{кПа}$	

Висновки та напрями подальших досліджень Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити концентраційні межі поширення полум'я для суміші парів авіаційного пального Jet-A1 з повітрям. Нижня та верхня концентраційні межі поширення полум'я становлять 2,9 % та 5,5% відповідно. Значення флегматизувальної концентрації азоту для суміші парів авіаційного пального Jet-A1 з повітрям у вибухонебезпечному співвідношенні становить 39%. Отримані дані можуть бути використані для планування та проведення досліджень з визначення умов створення пожежо-вибухобезпечного середовища у внутрішніх об'ємах відсіків ракети-носія на повномасштабних макетах відсіків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Провести дослідження та обґрунтувати робочі параметри системи попередження пожежі та вибуху (флегматизування) «сухих» відсіків ракети-носія під час польоту. *Звіт про НДР* (№ держреєстрації 0113U004805) / С. Огурцов та ін. УкрНДЦЗ. К. 2014.
2. Дунюшкін В. О., Огурцов С. Ю., Антонов А. В., Цимбалістий С. З. Обґрунтування вибору газової вогнегасної речовини для флегматизації об'ємів "сухих" відсіків ракети-носія. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2014. № 1. С. 108 – 114.
3. Cai Y. et al. Experimental study of an aircraft fuel tank inerting system. *Chinese J. Aeronaut. Chinese Society of Aeronautics and Astronautics*, 2015. Vol. 28, № 2. P. 394–402.
4. Gatsonides J.G. et al. Fluorinated halon replacement agents in explosion inerting. *J. Loss Prev. Process Ind.* Elsevier Ltd, 2015. P. 1–9.
5. Trevits M. a. et al. Use Of CFD Modeling To Study Inert Gas Injection Into A Sealed Mine Area. *SME Annu. Meet.* 2010. P. 1–8.
6. Цапко Ю. В., Орел В. П., Слєпченко В. Ф. Визначення мінімальних флегматизувальних концентрацій газових вогнегасних речовин для сумішей повітря з парами легкозаймистих рідин. *Наук. вісн. УкрНДІПБ*. К., 2001. № 3. С. 84 – 87 .
7. ДСТУ 3958:2000 Газові вогнегасні речовини. Номенклатура показників якості, загальні технічні вимоги та методи випробувань [Чинний, впр. 2000-04-06]. Київ: Держспоживстандарт України, 2000. 26 с.

REFERENCES

1. S.Ohurtsov i in. (2014) Provesti doslidzhennja ta obg'runtuvati robochi parametri sistemi poperedzhennja pozhezhi ta vibuhu (flegmatizuvannja) «suhih» vidsikiv raketi-nosija pid chas pol'otu / Zvit pro NDR № derzhrejestracii' 0113U004805 / UkrNDICZ [in Ukrainian].
2. Dunjujushkin V. O. (2014) Obg'runtuvannja viboru gazovoi' vognegasnoi' rehovini dlja flegmatizacii' ob'jemiv "suhih" vidsikiv raketi-nosija / V. O. Dunjushkin, S. Y. Ohurtsov, A. V. Antonov, S. Z. Cimbalistij .*Naukovij visnik UkrNDIPB*. № 1. S. 108 – 114 [in Ukrainian].
3. Cai Y. et al. (2015) Ehperimental study of an aircraft fuel tank inerting system. *Chinese J. Aeronaut. Chinese Society of Aeronautics and Astronautics*, Vol. 28, № 2. P. 394–402 [in English].
4. Gatsonides J.G. et al. Fluorinated halon replacement agents in ehpllosion inerting // *J. Loss Prev. Process Ind.* Elsevier Ltd, 2015. P. 1–9 [in English].
5. Trevits M. et al. (2010) Use Of CFD Modeling To Study Inert Gas Injection Into A Sealed Mine Area // *SME Annu. Meet.* 2010. P. 1–8 [in English].
6. Ju. V. Capko, V. P. Orel, V. F. Sljepchenko (2001) Vznachennja minimal'nih flegmatizoval'nih koncentracij gazovih vognegasnih rehovin dlja sumishej povitrja z parami legkozajmistih ridin / Ju. V. Capko, V. P. Orel, V. F. Sljepchenko // *Nauk. visn. UkrNDIPB*. K. № 3. - S. 84-87 [in Ukrainian].
7. DSTU 3958:2000 Gazovi vognegasni rehovini. Nomenklatura pokaznikov jakosti, zagal'ni tehniczni vimogi ta metodi viprobuvan' [Tekst]. – vpr. 2000-04-06.- Kii'v: Derzhspozhivstandart Ukrai'ni, 2000.26 s. [in Ukrainian].

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF FLAME DISTRIBUTION CONCENTRATION LIMITS AND FLAMMATING AVIATION CONCENTRATIONS OF FUEL JET -A1

S. Ohurtsov¹, V. Duniushkin², A. Antonov³, N. Kopylnyi¹, A. Miliutin¹.

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

²*LLC "Research and Production Firm" Factor "*

³*State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management*

KEYWORDS

concentration limits of flame spread, phlegmatization, aviation fuel JET-A1, nitrogen.

ANNOTATION

The Ukrainian Research Institute of Civil Protection commissioned by the State Enterprise "Design Office Pivdenne" conducted a set of studies aimed at creating a fire and explosion-proof environment in the internal volumes of the launch vehicle compartments both during pre-launch training and in flight. According to the results of the preliminary analysis of the conditions of formation of explosive and flammable environment in the volume of the launch vehicle compartments, it was determined that the explosive concentration of fuel vapor in the volume of "dry compartments" under normal operating conditions can be formed at least 10.7 hours ago. to substantiate the parameters of the fire and explosion prevention system (phlegmatization) of the "dry" compartments of the launch vehicle during the flight, the variant of an accident with fuel leakage into the volume of the compartment and hitting the surface heated above the auto-ignition temperature was considered. An installation based on test equipment for determining the phlegmatizing concentrations of gaseous combustible mixtures with gaseous extinguishing agents was created, heating of both the fuel flask and the installation as a whole was provided to prevent vapor condensation on the walls of the test chamber and connecting pipelines. The basic for the creation of such an installation was test equipment for determining the phlegmatizing concentrations of gaseous combustible mixtures with gaseous extinguishing agents. The method of experimental research on definition of concentration limits of distribution of a flame for a mix of vapors of aviation fuel JET-A1 with air is developed and the corresponding experimental research are carried out. The lower and upper concentration limits of the flame spread were 2.9% and 5.5%, respectively. The values of phlegmatizing nitrogen concentration for the mixture of aviation fuel vapors Jet-A1 with air in an explosive ratio of 39% were determined. The obtained data can be used to plan and conduct research to determine the conditions for creating a fire and explosion-proof environment in the internal volumes of the launch vehicle compartments on full-scale models of compartments.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРЕДЕЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ И ФЛЕГМАТИЗИРУЮЩИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА JET -A1

Огурцов С.Ю.¹, Дунюшкин В.А.², Антонов А.В.³, Копыльный Н.И.¹, Милютин А.В.¹

¹*Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите*

²*ТОВ «Научно-производственная фирма» Фактор »*

³*Государственная экологическая академия последипломного образования и управления*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

концентрационные пределы распространения пламени, флегматизация, авиационное топливо JET-A1, азот.

АННОТАЦИЯ

Приведено описание экспериментального оборудования, методики экспериментальных исследований и результатов по определению концентрационных пределов распространения пламени для смеси паров авиационного топлива JET-A1 с воздухом, а также определена минимальная флегматизирующая концентрация такой газовой среды при применении азота, составляет 39,2% об.

УДК 614.847

ШЛЯХИ ТА ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ВОДЯНИХ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАВІС В УКРАЇНІ

Бенедюк В.С.^{1*}, Корнієнко О.В.¹, Мельник В.П.², Стилик І. Г.¹, Тимошенко О.М.¹

¹ Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,

² Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 01.11.2020
Пройшла рецензування: 16.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

небезпечні фактори пожежі, теплове випромінювання, токсичні продукти горіння, протипожежна перешкода, протипожежна водяна завіса

АНОТАЦІЯ

Розглянуто висвітлені у чинній в Україні нормативній документації та інших джерелах інформації питання щодо запобігання (зменшення) дії небезпечних факторів пожежі на людей, промислове обладнання, майно та конструкції будівель і споруд шляхом застосуванням протипожежних водяних завіс. Наведено результати аналізу щодо ефективності водяних завіс для екранування негативних впливів теплового випромінювання, проникності диму та небезпечних газових продуктів, як при пожежах, так і при локалізації та ліквідації інших газонебезпечних ситуацій та аварій. Окреслено перспективні напрямки проведення теоретичних та експериментальних досліджень з наведеного питання.

Постановка проблеми. До головних факторів ураження (небезпечних факторів), що виникають при пожежах та надають прямий негативний вплив на людей, промислове обладнання, майно та конструкції будівель і споруд, зазвичай відносять:

- відкритий вогонь і іскри;
- тепловий потік і висока температура;
- токсичні газоподібні продукти згоряння будівельних матеріалів, що формують пожежну навантагу [1].

Для запобігання або зменшення дії наведених небезпечних факторів пожежі заходи щодо протипожежного захисту будівель і споруд, окрім застосування різноманітних систем пожежогасіння, передбачають також застосування протипожежних перешкод різного виду та типу, наприклад, конструкцій у вигляді: протипожежних стін, перегородок, перекриттів, протипожежних та протидимних штор, дренчерних водяних завіс тощо, призначених для стримування розвитку пожежі назовні (всередину)

будівлі або до прилеглих приміщень у будівлі. Для об'єктів на відкритому просторі (пожежонебезпечні технологічні установки, резервуари з легкозаймистими речовинами та горючими речовинами, склади лісоматеріалів тощо), для зменшення впливу небезпечних факторів пожежі на сусідні об'єкти, на задіяну пожежну техніку та пожежних, що здійснюють пожежогасіння, окрім систем пожежогасіння, застосовують протипожежні перешкоди у вигляді: нормованих протипожежних розривів між об'єктами, захисних обвалувань для обмеження площі можливого розливу нафтопродуктів, систем охолодження (зрошування) об'єктів, зокрема, у вигляді водяних завіс.

Водяні завіси виконують функції охолодження і запобігання поширенню пожежі через віконні, дверні і технологічні отвори, за межі обладнання, зони або приміщень, що захищаються, а також для забезпечення безпечних умов для евакуування людей [2]. Таким чином,

*naanotek@ukr.net

водяні завіси виконують роздільно або в сукупності дві основні функції:

- екранування теплових потоків, диму і токсичних продуктів горіння з метою виключення поширення пожежі та її небезпечних факторів за межі водяних завіс;

- охолодження технологічного обладнання з метою виключення нагріву його конструкцій до гранично допустимих температур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує наявність великої кількості публікацій щодо досліджень процесів взаємодії водяних завіс і теплового випромінювання, проведених в Україні і світі. Наприклад, в роботі [3] автором проведено та узагальнено значний багаторічний обсяг таких досліджень. Однак, для пошуку та впровадження перспективних практичних рішень щодо застосування водяних завіс в Україні бракує оцінки поточного стану нормативної бази щодо окресленого питання.

Метою статті є обґрунтування перспективних підходів щодо застосування водяних завіс в Україні. Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз наявних технічних нормативних вимог щодо влаштування водяних завіс. В подальшому такий аналіз можливо використати як підґрунтя для визначення найбільш вдалих напрямків для розвитку теорії та практики влаштування водяних завіс.

Виклад основного матеріалу. Отже, аналіз поточної нормативної бази показав, що у підрозділі 9.12 [4] зазначено, що «...слід передбачати на рівні протипожежного перекриття, що поділяє будинок на протипожежні відсіки, захист віконних прорізів пристроями (протипожежними шторами, дренажними завісами тощо), які перекривають їх під час пожежі...».

У підпункті 6.2.3.3 [5] щодо обмеження утворення і поширення вогню і диму в межах приміщення, де виникла пожежа, наведено, що одним із призначень системи водяного пожежогасіння є

«...створення водяної завіси для запобігання поширенню вогню».

У ДБН В.1.1.7 [6] для забезпечення обмеження поширення пожежі, у випадках, обумовлених нормативними документами, передбачається застосування протипожежних завіс. Необхідно зазначити, що в цьому документі річ іде про протипожежні завіси у вигляді штор, які є рухливим екраном, призначеним для перекривання (в разі виникнення пожежі) прорізів в огорожувальних будівельних конструкціях, для перешкоджання розвитку пожежі, забезпечення газонепроникності і димонепроникності у сусідні приміщення. При необхідності, для підвищення класу (граничного стану) протипожежних штор, як протипожежних перешкод, зокрема, для підвищення технічних характеристик щодо забезпечення їхньої газонепроникності і димонепроникності, застосовують системи, що створюють водяні завіси для зрошення їхньої поверхні.

У [7] розглянуто основні теоретичні та практичні питання, що забезпечують пожежну безпеку будівель та споруд на основі сучасних методів оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій, об'ємно-планувальних та інженерних рішень щодо безпечної евакуації людей при пожежі, технічних рішень протидимного та противибухового захисту будівель, улаштуванню протипожежних перешкод. У посібнику з питання щодо створення та застосування водяних завіс для перешкоджання дії прямого вогню та теплового випромінювання і протидії проникнення диму та токсичних продуктів горіння наведено, що навіть протипожежні перешкоди в будівлях, найчастіше через наявність у них різних отворів і прорізів, не завжди виконують свого призначення. За відсутності належного захисту цих прорізів продукти горіння, а в ряді випадків і полум'я, при пожежах розповсюджуються в суміжні приміщення. Практика показує, що часто, для забезпечення підвищеного класу (граничних станів) вогнестійкості таких конструкцій додатково, у якості

компенсуючих заходів, застосовують водяні завіси, наприклад, застосування водяних завіс по периметру для додаткового захисту розсувних заслонів у отворах протипожежних перешкод, призначених для проходження транспортерів.

У розділі 15 ДБН В.2.2-16 [8] наведені вимоги щодо встановлення дренчерних зрошувачів під колосниками сцени та ар'єрсцени та наводяться значення середньої інтенсивності зрошування-розміщення дренчерних зрошувачів проводять, виходячи з таких умов: витрата води на зрошування прорізів сцени приймається 0,5 л/с на 1 м прорізу, на зрошування порталу сцени - не менше 0,5 л/с на 1 м ширини порталу при його висоті до 7,5 м та 0,7 л/с на 1 м при висоті більше 7,5 м.

Найоб'ємнішу інформацію щодо проектування водяної завіси викладено у [9]. Цей документ містить вимоги щодо розташування завіси, її довжини, висоти, відстані між зрошувачами, інтенсивності подавання води водяною завісою (повинна бути не менше 1 л/с на 1 м її довжини). У додатку до документу наведено приклад розрахунку водяної завіси на портовому причалі.

Вимоги щодо охолодження резервуарів з використанням водяних завіс регламентовано у [10, 11]. У [10], де наведені витрати води на охолодження наземних вертикальних резервуарів висотою стінки менш ніж 12 м як тих, що горять, так й сусідніх з ними (0,5 л/с на 1 м довжини кола резервуару, що горить та 0,2 л/с на 1 м половини кола сусіднього). У [11] аналогічно наводяться значення витрати води на охолодження наземних вертикальних резервуарів висотою стінки менш ніж 12 м та резервуарів з плаваючою покрівлею, а також для резервуарів зі стінками висотою більше 12 м (крім резервуарів з плаваючою покрівлею) які складають значення 0,75 л/с на 1 м довжини кола резервуару, що горить та 0,3 л/с на 1 м половини кола сусіднього.

У [12] наведено, що: «Дренчерні системи можуть бути придатні, в окремих випадках, для гасіння пожежі, а в інших -

для запобігання поширенню полум'я, вони можуть бути незалежними або доповнювати інші засоби протипожежного захисту. При цьому необхідно зазначити, що у Національній примітці у наведеному документі відмічається - «Дренчерна завіса не є заміником будівельної конструкції, оскільки у разі її передбачення відсутня межа протипожежного відсіку з нормованою межею вогнестійкості, а в результаті можливої деформації або обрушення несучих конструкцій матиме місце ушкодження або знищення дренчерної завіси. Натомість для її роботи потрібно забезпечити як наявність додаткового джерела води, так і водовідведення. До того ж, охолодження водою диму, що утворюється під час пожежі, знижує ефективність роботи системи протидимного захисту, а утворення додаткової кількості водяної пари внаслідок випаровування погіршує видимість. З цих причин погіршуються умови евакуації».

Не дивлячись на широкий спектр застосування водяних завіс в нормативних документах України, питання необхідності їх використання, особливості їх проектування, час роботи, обґрунтовані витратні характеристики, методи їх випробувань відображені недостатньо і потребує доповнень і уточнень.

У [13] викладено теоретичні основи фізичних процесів пов'язаних з тепловим радіаційним випромінюванням та його взаємодії з водяними завісами. Це електромагнітне випромінювання, що виникає за рахунок внутрішньої енергії тіла. Воно має суцільний спектр випромінювання, інтенсивність максимуму якого залежать від температури тіла. Тепловим випромінюванням (інфрачервоним випромінюванням) є невидиме електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 0,76 мкм до 420,00 мкм, яке має світлові і хвильові властивості. Повітря прозоре для теплового випромінювання, саме тому при проходженні теплових променів через повітря його температура не підвищується. Але поверхні, на які потрапляє променисте тепло, поглинають його та потім

нагрівають повітря, що їх оточує. Водяні завіси у вигляді суцільної тонкої водяної плівки товщиною 0,001 м повністю поглинають (не пропускають) частину спектру з довжиною хвилі $\lambda = 3,0$ мкм, а товщиною в 0,010 м – поглинають хвилі довжиною $\lambda = 1,5$ мм. При цьому короткохвильове випромінювання практично не поглинається. Тому плівкові завіси ефективні в основному для екранування випромінювання низькотемпературних джерел.

Загалом, наведені вище дані, показують про ефективність водяних завіс щодо зменшення негативного впливу відкритого вогню та теплового випромінювання на живі організми, промислове обладнання, майно та конструкції будівель і споруд.

Здатність водяних завіс перешкоджати розповсюдженню газових середовищ широко застосовується при ліквідації аварійних витоків із обладнання, наприклад, хлору. Газоподібний хлор важчий за повітря в 2,5 рази, тому при аварійних витоків він стелеться по низу, створюючи стійку газову хмару. Одним з найбільш ефективних засобів її локалізації є захисна водяна завіса, яку створюють за допомогою розпилювачів води. У [14] наведено вимоги щодо улаштування захисних водяних завіс для складів хлору. Зокрема у п. 20 наведено: «На території складів хлору, які відповідають підпунктам «а», «б», «г» пункту 1 глави 1 розділу V цих Правил, а також окремо встановлених випарників, пунктів перевантаження хлорної тари, зливоналивних пунктів і відстійних тупиків для залізничних вагонів цистерн із хлором повинні бути передбачені автоматичні системи контролю аварійних викидів хлору і системи або установки їх локалізації за допомогою захисної водяної завіси і (або) розсіювання до безпечних концентрацій. Система локалізації газової хлорної хвилі водяною завісою повинна бути забезпечена необхідними запасами води з розрахунку безперервної роботи протягом часу, достатнього для ліквідації витoku хлору з урахуванням найбільшої витрати води на інші потреби

підприємства. Число розпилювачів, гідрантів, їх розташування і необхідний запас води визначаються й обґрунтовуються проектом». Аналогічно застосовують водяні або парові завіси для обмеження розповсюдження парів скраплених вуглеводневих газів (СВГ) [15]. Обмеження поширення парів СВГ досягається шляхом їх захоплення струменями води або водяної пари вгору і розбавлення повітрям до концентрацій нижче нижньої концентраційної межі поширення полум'я.

Відомі приклади ефективного застосування розпиленої води при осаджуванні диму у приміщеннях. Також відомим є приклад застосування водяних завіс у камерах ручного пневматичного фарбування, де за допомогою водяних завіс забезпечується очищення повітря від туману не використаних для покриття крапель лакофарбових матеріалів та парів розчинників.

Таким чином, наведені дані показують певну ефективність водяних завіс по запобіганню проникненню речовин на молекулярному рівні (газоподібні речовини) та більш крупних часток (дим, аерозолі, пари розчинників тощо).

Необхідно відмітити, що також і світовий досвід застосування водяних завіс для підвищення протипожежного стану об'єктів свідчить про широке їхнє використання (у даній роботі конкретні приклади не наводяться) для: зрошення скляних фасадів та вікон будівель, захисту житлових будинків від пожеж в екосистемах, для розділення будівель на пожежні зони з різною пожежною небезпекою тощо.

В Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (а раніше в УкрНДІЦЗ), проводяться теоретичні та експериментальні дослідження [16, 17, 18] взаємодії водяних завіс з тепловим випромінюванням та з продуктами горіння при пожежі: димом та газоподібними речовинами, такими як – оксид вуглецю (IV) та оксид вуглецю (II). При цьому досліджуються водяні завіси у вигляді полідисперсних розпилених

струменів, тонкорозпилених струменів та суцільних спадаючих потоків.

Попередні експерименти показали про ефективність щодо екрануючої здатності від теплового радіаційного випромінювання усіх вище наведених структур водяних завіс. Було створено лабораторний стенд для досліджень екрануючої здатності водяних завіс від теплового радіаційного випромінювання (рис. 1).

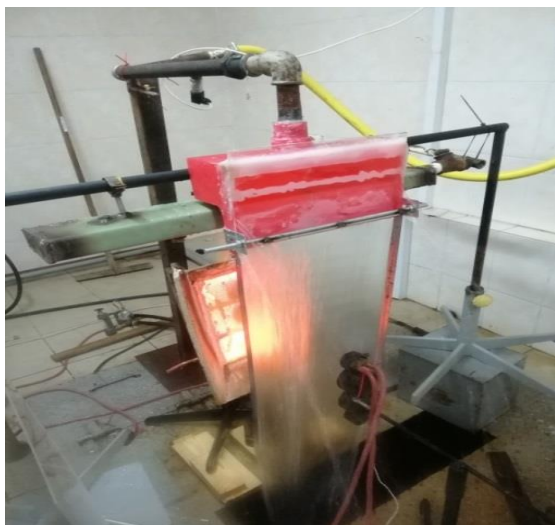


Рисунок 1 – Загальний вигляд лабораторного стенда для експериментальних досліджень екрануючої здатності водяних завіс від проникнення теплового радіаційного випромінювання

Для суцільних водяних завіс, спадаючих зверху донизу, було виявлено певну ефективність, що потребує подальших досліджень, від проникнення диму, оксиду вуглецю (IV) та оксиду вуглецю (II). Для досліджень було створено лабораторний експериментальний стенд, загальний вигляд якого наведено на рис. 2.



Рисунок 2 – Загальний вигляд лабораторного стенда для експериментальних досліджень екрануючої здатності водяних завіс у вигляді суцільного потоку, що спадає зверху донизу від проникнення диму, оксиду вуглецю (IV) та оксиду вуглецю (II)

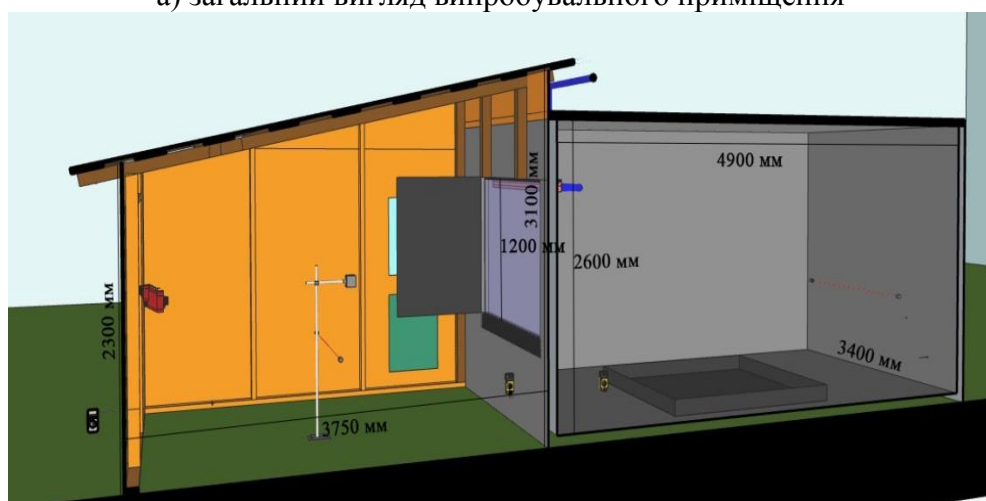
Попередні експерименти показали, що у водяних завісах у вигляді суцільного потоку, що спадає зверху донизу, за певних умов виникають небажані дефекти: звуження ширини потоку по висоті, розпадання деяких фрагментів потоку на окремі краплі, розрив суцільності та наявність певної турбулентності потоку, що наведені на рис. 3.



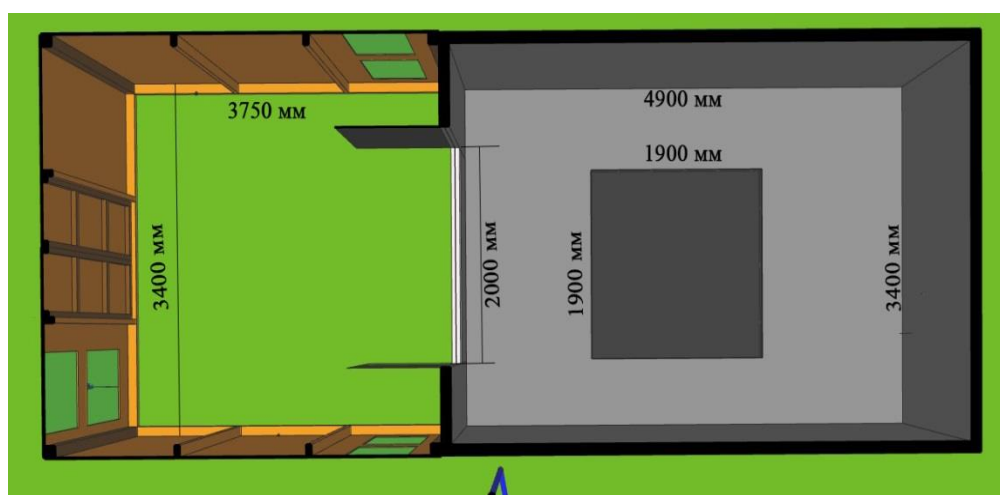
Рисунок 3 – Загальний вигляд суцільного спадаючого вертикального потоку води з утвореними дефектами



а) загальний вигляд випробувального приміщення



б) 3D зображення випробувального приміщення - вид збоку (у розрізі без бокової стіни)



в) 3D зображення випробувального приміщення - вид зверху (у розрізі без даху)

Рисунок 4 – Загальний вигляд та 3D зображення випробувального приміщення для натурних досліджень водяних завіс

Проведені аналітичні дослідження відповідних джерел інформації показали, що наведені дефекти суцільноспадаючої завіси можуть бути пов'язані з поверхневим натягом води на межі розділу «вода-повітря». При цьому сили поверхневого натягу діють на потік води, внаслідок чого з'являється звуження ширини потоку по висоті, розпадання деяких фрагментів потоку на окремі краплі, розрив суцільності потоку.

Указані дефекти можуть також бути пов'язані з турбулентністю потоку, що виникає, у даному випадку, на межі розділу «вода-метал» (метал - частина конструкції зливної пристрою) та у живильних трубопроводах за рахунок кінематичних та динамічних характеристик руху води, що проявляють хаотичну змінюваність у часі та просторі.

Для усунення (зменшення) наведених вище дефектів розпочаті дослідження впливу спеціальних хімічних добавок до води для підвищення ефективності протипожежних водяних завіс, для покращення гідродинамічних характеристик потоку тощо. Аналітичні дослідження показали, що це можуть бути високомолекулярні полімери, наприклад, полімери гуанідинового ряду [19], водорозчинні макромоллекули як природних (полісахариди - ксантанова, гуарові кислоти тощо), так і синтетичних полімерів (поліетіленоксид, поліакрилова кислота, поліакриламід тощо).

Для проведення натурних досліджень на пожежно-виробувальному полігоні ІДУ НД ЦЗ обладнано випробувальне приміщення, загальний вигляд та 3D зображення якого наведено на рис. 4.

Сконструйовано зливний пристрій для створення при натурних дослідженнях водяної завіси для захисту прорізу у стіні розміром $Ш \times В = 2000 \text{ мм} \times 1200 \text{ мм}$, наведеного на рис. 4.

Загальний вигляд суцільної водяної завіси, створеної цим зливним пристроєм, наведено на рис. 5.

По завершенню експериментальних досліджень планується розроблення рекомендацій щодо застосування протипожежних водяних завіс.

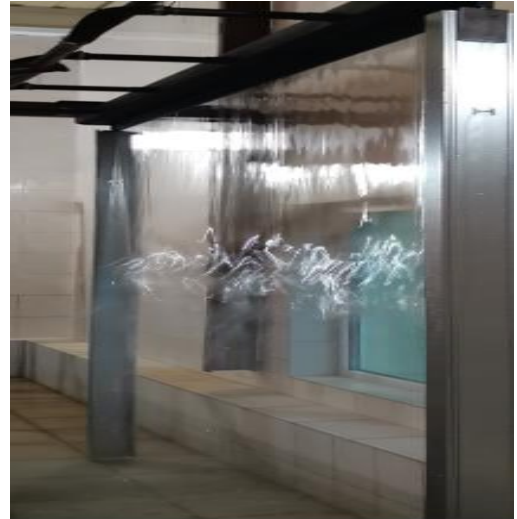


Рисунок 5 – Загальний вигляд суцільної водяної завіси, що спадає зверху донизу

Висновки та напрями подальших досліджень. Висвітлені у чинній в Україні нормативній документації та інших джерелах інформації питання щодо запобігання (зменшення) дії небезпечних факторів пожежі на людей, промислове обладнання, майно та конструкції будівель і споруд, шляхом застосування протипожежних водяних завіс вказують, з одного боку, на широке коло безпекових завдань, які успішно вирішуються технологіями влаштування водяних завіс, а, з іншого боку, на низьку зарегульованість цього питання на рівні встановлених в державі нормативів, що обумовлює широкі можливості для подальшого розвитку та впровадження зазначених технологій. Створені лабораторні стени та випробувальні ділянки водяних завіс за технологією як розпиленої, так і суцільно спадаючої водяної завіси. Окреслено напрями проведення теоретичних та експериментальних досліджень щодо ефективності застосування протипожежних водяних завіс з екранування негативних впливів теплового випромінювання, проникності диму та небезпечних газових продуктів горіння, що дозволить в подальшому розробити рекомендацій щодо застосування протипожежних водяних завіс та прийняти рішення щодо доцільності внесення відповідних змін до чинних в Україні нормативних документів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
2. Собещанський Д.І., Анохін Г.О., Склизкова Л.А. Водяні завіси в системах забезпечення протипожежного захисту об'єктів різного призначення. Науковий вісник УкрНДПБ, 2010, № 2, (22), с. 148-153.
3. Виноградов А.Г. Развитие научных основ систем защиты работников от мощных тепловых излучений водяными завесами. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Черкассы – 2017.
4. ДБН В.2.2-24:2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків.
5. ДБН В.1.2-7:2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.
6. ДБН В. 1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
7. Кулешов М.М., Уваров Ю.В., Олійник О.Л., Пустомельник В.П., Беліков А.С. Пожежна безпека будівель та споруд: Навчальний посібник. Харків, АЦЗУ, 2004, 271 с.
8. ДБН В.2.2-16:2019 Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади.
9. ВСН 12-87 Причальні комплекси для перевантаження нафти і нафтопродуктів. Протипожежний захист. Норми проектування.
10. НАПБ 05.033-2002 (ГКД 343.000.003.005-2002) Протипожежний захист складів легкозаймистих та горючих рідин на підприємствах паливно-енергетичного комплексу. Інструкція з проектування, будівництва та експлуатації.
11. ВБН В.2.2-58.1-94 Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. Зі зміною № 1.
12. ДСТУ Б СЕН/TS 14816:2013 Стаціонарні системи пожежогасіння дренчерні системи Проектування, монтування та технічне обслуговування (СЕН/TS 14816:2008, IDT).
13. Гармаза А.К. и др. Охрана труда. Лабораторный практикум: пособие для студентов. Минск, БГТУ, 2012. – 316 с.
14. нПАОП 0.00-1.23-10 Правила охорони праці при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору.
15. Обеспечение пожарной безопасности объектов хранения и переработки СУГ: Рекомендации. - М.: ВНИИПО, 1999. - 78 с.
16. Звіт про науково-дослідну роботу за темою «Провести дослідження з виявлення впливу основних параметрів роботи зрошувачів на ефективність водяних завіс», керівник Огурцов С.Ю., УкрНДЦЗ, 2014. – 116 с.
17. Грачов А.О., Бенедюк В.С., Стилик І.Г., Тимошенко О.М. До питання використання водяних завіс в Україні. Матеріали ІХ Міжнародної наук.-практ. конференції: Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Черкаси, 2018, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, С. 87-89
18. Бенедюк В.С., Корнієнко О.В., Стилик І.Г., Тимошенко О.М. Створення лабораторного стенда для проведення досліджень з визначення показників екрануючих властивостей водяних завіс від проникнення диму та продуктів горіння. Матеріали ХІ Міжнародної наук.-практ. конференції: Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Черкаси, 2020, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, С. 7-8.
19. Грачов А.О., Тимошенко О.М., Жартовська Е.С. Перспективи застосування полімерів гуанідинового ряду для підвищення ефективності протипожежних водяних завіс. Матеріали Х Міжнародної наук.-практ. конференції: Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Черкаси, 2020, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, С. 127-128.

REFERENCES

1. DSTU 2272:2006 Pozhezhna bezpeka. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat.
2. Sobeshchanskyi D.I., Anokhin H.O., Sklyzkova L.A. Vodiani zavisy v systemakh zabezpechennia protypozhezhnogo zakhystu ob'ektiv riznogo pryznachennia. Naukovyi visnyk UkrNDIPB, 2010, № 2, (22), s. 148-153.
3. Vynogradov A.H. Razvytye nauchnykh osnov system zashchyty rabotnykov ot moshchnykh teplovykh yzluchenyi vodianyumu zavesamy. Dysertatsiya na soyskanye uchenoi stepeny doktora tekhnicheskyykh nauk. Cherkassy – 2017.
4. DBN V.2.2-24:2009 Budynky i sporudy. Proektuvannia vysotnykh zhytlovykh i hromadskykh budynkiv.
5. DBN V.1.2-7:2008 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivnykh ob'ektiv. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Pozhezhna bezpeka.
6. DBN V. 1.1-7:2016 Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva. Zahalni vymohy.
7. Kulieshov M.M., Uvarov Yu.V., Oliinyk O.L., Pustomelnyk V.P., Belikov A.S. Pozhezhna bezpeka budivel ta sporud: Navchalnyi posibnyk. Kharkiv, ATsZU, 2004, 271 s.
8. DBN V.2.2-16:2019 Kulturno-vydovyshchni ta dozvillievi zaklady.
9. VSN 12-87 Prychalni komplekxy dlia perevantazhennia nafty i naftoproduktiv. Protypozezhnyi zakhyst. Normy proektuvannia.
10. NAPB 05.033-2002 (HKD 343.000.003.005-2002) Protypozezhnyi zakhyst skladiv lehkozaimistykh ta horiuchykh ridyn na pidpriemstvakh palyvno-enerhetychnoho kompleksu. Instruksiiia z proektuvannia, budivnytstva ta ekspluatatsii.
11. VBN V.2.2-58.1-94 Proektuvannia skladiv nafty i naftoproduktiv z tyskom nasychenykh pariv ne vyshche 93,3 kPa. Zi zminoiu № 1.
12. DSTU B CEN/TS 14816:2013 Statsionarni systemy pozhezhohasinnia drencherni systemy Proektuvannia, montuvannia ta tekhnichne obsluhovuvannia (CEN/TS 14816:2008, IDT).
13. Harmaza A.K. y dr. Okhrana truda. Laboratornyi praktykum: posobye dlia studentov. Mynsk, BHTU, 2012. – 316 s.
14. NPAOP 0.00-1.23-10 Pravyla okhorony pratsi pry vyrobnytstvi, zberihanni, transportuvanni ta zastosuvanni khloru.
15. Obespechenye pozharnoi bezopasnosti ob'ektov khraneniya y pererabotky SUH: Rekomendatsyy. - M.: VNYIPO, 1999. - 78 s.
16. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu za temoiu «Provesty doslidzhennia z vyivlenniia vplyvu osnovnykh parametriv roboty zroshuvachiv na efektyvnist vodianykh zavis», kerivnyk Ohurtsov S.Iu., UkrNDITsZ, 2014. – 116 s.
17. Hrachov A.O., Benediuk V.S., Stylyk I.H., Tymoshenko O.M. Do pytannia vykorystannia vodianykh zavis v Ukraini. Materialy IKh Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konferentsii: Teoriia i praktyka hasinnia pozhezh ta likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii. Cherkasy, 2018, ChIPB im. Heroiv Chornobylia NUTsZU, S. 87-89
18. Benediuk V.S., Korniienko O.V., Stylyk I.H., Tymoshenko O.M. Stvorennia laboratornogo stenda dlia provedennia doslidzhen z vyznachennia pokaznykiv ekranuiuchykh vlastyvostei vodianykh zavis vid pronyknennia dymu ta produktiv horinnia. Materialy KhI Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konferentsii: Teoriia i praktyka hasinnia pozhezh ta likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii. Cherkasy, 2020, ChIPB im. Heroiv Chornobylia NUTsZU, S. 7-8.
19. Hrachov A.O., Tymoshenko O.M., Zhartovska E.S. Perspektyvy zastosuvannia polimeriv huanidynovoho riadu dlia pidvyshchennia efektyvnosti protypozezhnykh vodianykh zavis. Materialy Kh Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konferentsii: Teoriia i praktyka hasinnia pozhezh ta likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii. Cherkasy, 2020, ChIPB im. Heroiv Chornobylia NUTsZU, S. 127-128.

WAYS AND PROBLEMS OF INTRODUCTION OF FIRE-PREVENTION WATER CURTAINS IN UKRAINE

O. Tymoshenko¹, V. Beneduk¹, O. Kornienko¹, I. Stylyk¹, A. Grachov¹, V. Melnyk²

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

²*Cherkasy Institute of Fire Safety named after the Heroes of Chernobyl*

KEYWORDS

fire hazards, thermal radiation, toxic combustion products, fire barrier, fire water curtain

ANNOTATION

The issues covered in the current normative documentation and other sources of information on prevention (reduction) of dangerous factors of fire on people, industrial equipment, property and constructions of buildings and structures by application of fire-prevention water curtains are considered. These materials indicate the widespread use of this type of fire barrier for some facilities: for cooling and protection against thermal action of tanks with flammable substances and easy flammable liquids; to ensure high class (limit states) of fire resistance of fire barriers, in particular, irrigation of the surface of fire curtains, fire theater curtains, etc.; as compensatory measures for additional protection, for example, sliding curtains in the openings of fire barriers intended for the passage of conveyors, etc. The analysis indicates the low over-regulation of this issue at the level of state standards. The results of preliminary analysis of the effectiveness of water curtains for shielding the negative effects of thermal radiation, smoke and hazardous gaseous products, both in fires and in the localization and elimination of other gas and hazardous situations and accidents. Perspective directions of carrying out of theoretical and experimental researches on the given question are outlined. It is planned to conduct theoretical, laboratory and field experimental studies on the interaction of water curtains with thermal radiation, fire combustion products - smoke and gaseous carbon oxide (IV) and carbon monoxide (II). It is planned to study water curtains in the form of polydisperse sprayed jets, finely sprayed jets and continuous descending streams. In order to improve the hydrodynamic characteristics of the water flow in the curtain, a study is planned on the use of appropriate chemical additives, for example, to reduce the turbulence of the flow, to reduce the surface tension of water and the like. According to the research results, it is planned to develop technical requirements for the use of fire water curtains.

ПУТИ И ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ ВОДЯНЫХ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ЗАВЕС В УКРАИНЕ

А. Тимошенко¹, В. Бенедюк¹, А. Корниенко¹, И. Стылык¹, А. Грачов¹, В. Мельник¹.

¹*Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите,*

²*Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля*

Ключевые слова

опасные факторы пожара, тепловое излучение, токсичные продукты горения, противопожарная преграда, противопожарная водяная завеса

Аннотация

Рассмотрены освещенные в действующей в Украине нормативной документации и других источниках информации вопросы относительно предотвращения (уменьшения) действия опасных факторов пожара на людей, промышленное оборудование, имущество и конструкции зданий и сооружений путем применения противопожарных водяных завес. Приведены результаты анализа относительно эффективности водяных завес по экранированию негативных влияний теплового излучения, проницаемости дыма и опасных газовых продуктов, как при пожарах, так и при локализации и ликвидации других газоопасных ситуаций и аварий. Очерчены перспективные направления проведения теоретических и экспериментальных исследований по приведенному вопросу.

УДК 614.87+ 614.841.42+ 614.79+ 614.823+ 574

МОНІТОРИНГ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ПОЖЕЖАМИ НА ОБ'ЄКТАХ ІЗ СКЛАДУВАННЯМ ВІДХОДІВ

Босак П. В. *, Попович Н. П., Попович В. В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції:
01.11.2020

Пройшла рецензування:
16.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

цивільна безпека,
надзвичайна ситуація,
екологічна безпека,
пожежна небезпека,
цивільний захист,
сміттєзвалище, породний
відвал

АНОТАЦІЯ

Метою представленої роботи є моніторинг надзвичайних ситуацій, які виникли на Львівському міському полігоні твердих побутових відходів та породному відвалі ПАТ «Львівська вугільна компанія». В рамках моніторингу нами розглянуто причини виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах складування відходів та шляхи рекультивациі девастрованих ландшафтів. Методи, які використані у дослідженні: рекогносцировно-польові, аналізу, спостереження, радіаційні. З метою ефективного захисту довкілля від небезпечних ландшафто-трансформуючих чинників сміттєзвалищ та породних відвалів здійснюють рекультивацийні роботи. У теперішній час обидва представлені об'єкти характеризуються підвищеним радіаційним фоном. Встановлено, що для запобігання виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах депонування відходів необхідно дотримуватися технологій складування, а також здійснювати рекультивацию девастрованих ландшафтів у відповідності до норм та досліджень провідних вчених.

Постановка проблеми. Львівська область розташована у західній частині нашої держави. Площа області – 21,8 тис. км², що становить 3,6% території України. Населення – 2512 тис. осіб. Область займає південно-західну окраїну Східно-Європейської рівнини і західну частину північного макросхилу Українських Карпат. Львівщина на заході межує з Польщею, на півночі – з Волинською, на північному сході – з Рівненською, на сході – з Тернопільською, на південному сході – з Івано-Франківською, на півдні – з Закарпатською областями [1]. У області зосереджені родовища корисних копалин: нафта, сірка, кам'яне вугілля, торф, природний газ, озокерит тощо. Обсяги викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел за 2019 рік становили 88,87 тис. т, що менше 2018 року на 16,7% [1]. Згідно з «Екологічним паспортом Львівської області за 2019 рік» встановлено, що найбільші обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря належать підприємствам

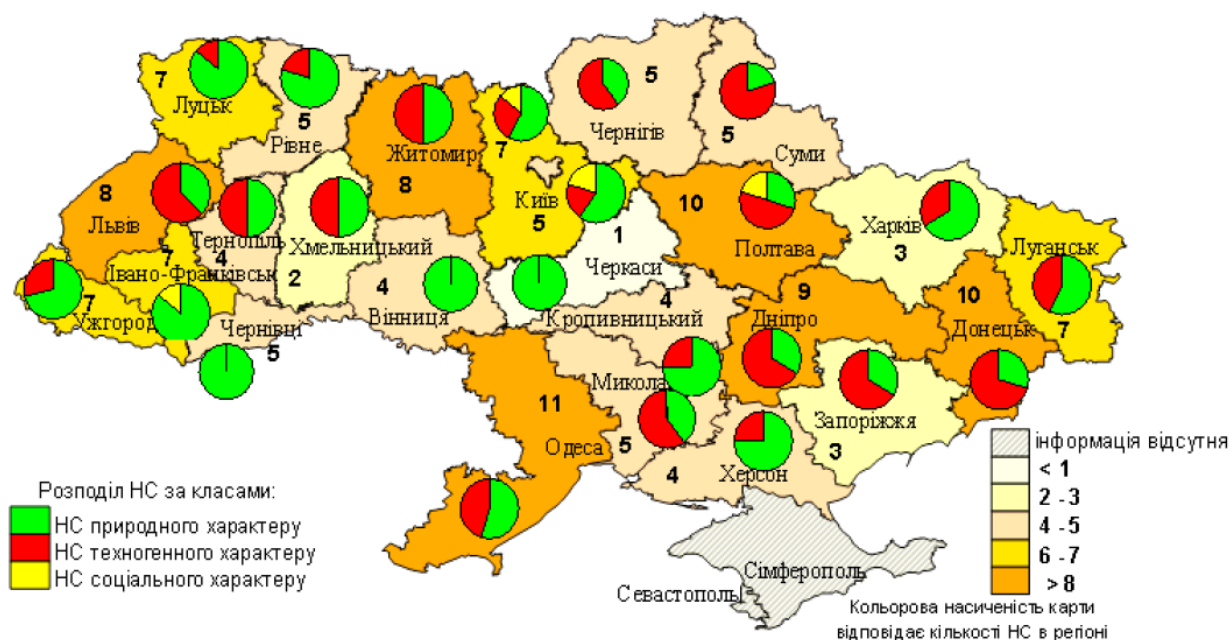
постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (33587 т, або 37,8% від загальних викидів стаціонарними джерелами в області), добування кам'яного та бурого вугілля (39048 т, або 44,0% від загальних викидів стаціонарними джерелами в області) [1]. У області найбільш екологічно небезпечними є такі об'єкти – ВП «Добротвірська ТЕС», ПАТ «Львівська вугільна компанія», ВП Шахта «Степова» ДП «Львіввугілля», Львівське міське комунальне підприємство «Львівводоканал», а донедавна ЛКП «Збиранка», яке експлуатувало Львівський міський полігон твердих побутових відходів.

Відповідно до «Екологічного паспорту Львівської області за 2019 рік» – на території області розміщується 229 млн. т відходів. Протягом року утворюється орієнтовно 2700 тон відходів I-III класу небезпеки [1]. На гірничо-хімічних підприємствах Львівщини, які припинили виробничу діяльність, накопичено близько 42 млн. т відходів збагачення сірчаної

руди, понад 3 млн. т фосфогіпсу, 25 млн. т хвостів збагачення калійної солі. В золошлаковідвалах Добротвірської ТЕС заскладовано близько 12 млн. т золи від спалювання вугілля. Щорічно у Львівській області утворюється більше 2 млн. т відходів IV класу небезпеки, більшість з яких тверді побутові. Загальна площа земель у області зайнятих під сміттєзвалищами перевищує 183 га. Поряд із звичним складуванням відходів на різноманітних об'єктах, нерідко у зоні їх впливу виникають надзвичайні ситуації, які призводять до гибелі людей та значних матеріальних втрат.

Слід зауважити, що в Україні, порівняно з 2018 роком, загальна кількість

надзвичайних ситуацій у 2019 році збільшилася на 14,1% [2]. При цьому кількість надзвичайних ситуацій техногенного характеру збільшилася на 25% (унаслідок пожеж і вибухів, аварій на системах життєзабезпечення та раптового руйнування будівель та споруд), а кількість надзвичайних ситуацій природного характеру – на 5,2 % (через зростання в 4 рази кількості метеорологічних надзвичайних ситуацій) [2]. У 2019 році в Львівській області виникло 8 надзвичайних ситуацій (рис. 1), що є одним із найбільших показників у державі.



нашому випадку в рамках моніторингу розглянемо причини виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах складування відходів та шляхи рекультивациі девастрованих ландшафтів.

Виклад основних результатів. Розглянувши тенденції виникнення надзвичайних ситуацій за попередні роки

(починаючи з 1997 року), зазначимо, що інтегральний показник природно-техногенної безпеки Львівської області знаходиться в межах 0,25-0,29 [4] та свідчить про високий ризик їх виникнення та значні збитки (рис. 2).



Рисунок 2 – Інтегральні показники природно-техногенної безпеки в областях України [4]

У Львівській області розташовано 14 хіміко-небезпечних об'єктів з яких 6 – III ступеня хімічної небезпеки та 8 – IV ступеня. У м. Львів розташовані безпосередньо 7 об'єктів IV ступеня. Загалом хіміко-небезпечні об'єкти використовують у процесі експлуатації хлор, аміак та соляну кислоту [5]. У межах Червоноградського гірничопромислового району накопичено 133 млн. т відвальної породи вугільних шахт, 14 млн. м³ крупних та 12 млн. м³ мілких фракцій хвостів збагачення [1]. На початок 2020 р. на території області залишалося 19 стихійних сміттєзвалищ. Загалом в області здійснено рекультивацию 3,2 га девастрованих ландшафтів, порушених внаслідок несанкціонованого розміщення твердих побутових відходів [1].

У 2016 році на об'єктах складування відходів Львівської області виникли 2 надзвичайні ситуації місцевого рівня – пожежа на Львівському міському полігоні

твердих побутових відходів та пожежа на породному відвалі ПАТ «Львівська вугільна компанія» (табл. 1).

Львівський міський полігон твердих побутових відходів почав горіти вкінці травня 2016 року (рис. 3). Площа пожежі становила близько 2000 м². Внаслідок зсуву накопиченого сміття (за даними [6] близько 100 тис.м³) під завалами опинилося 4 людини, 3-и з яких – рятівники, які нажалі загинули. Основними причинами пожежі міг стати людський чинник (підпал), а також самозаймання окремих компонентів відходів.

Породний відвал ПАТ «Львівська вугільна компанія» (колишня назва – ЦЗФ «Червоноградська») піддавався самозайманню протягом майже року (рис. 4). Ці події стали предметом обговорень на державному рівні [7], оскільки внаслідок горіння в докільля прилеглих населених пунктів потрапляли продукти горіння та неповного розпаду.

Таблиця 1 – Дані про надзвичайні ситуації, пов’язані зі складуванням відходів у Львівській області

Вид об’єкту	Львівський міський полігон твердих побутових відходів	Породний відвал ПАТ «Львівська вугільна компанія»
Надзвичайна ситуація	Пожежа	Пожежа
Рік	2016	2016
Об’єкт горіння	Тверді побутові відходи	Відвальна порода
Причина горіння	Самозаймання внаслідок хаотичного складування або підпал	Самозаймання внаслідок хаотичного складування
Маса накопичених відходів, т	10 млн.	45 млн.
Площа, га	33,6	60,0
Адреса	с. Грибовичі Жовківського району Львівської області	с. Сілець Сокальського району Львівської області
Залучення підрозділів ДСНС	Так	Так



Рисунок 3 – Ліквідація надзвичайної ситуації на Львівському міському сміттєзвалищі (фото Поповича В. В.)

Рисунок 4 – Пожежа на породному відвалі ПАТ «Львівська вугільна компанія» (фото Поповича В. В.)

Для ліквідації обох надзвичайних ситуацій залучалися підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України). Зокрема, для гасіння пожежі на сміттєзвалищі залучено 12 пожежно-рятувальних автомобілів, 56 рятувальників, а для формування схилу сміттєзвалища 2 літаки АН-32П та 14 членів екіпажу [5]. Для гасіння породного відвалу використовувалися пожежні автоцистерни та будівельна техніка для засипання осередків горіння породою.

З метою ефективного захисту довкілля від небезпечних ландшафто-трансформуючих чинників сміттєзвалищ та породних відвалів здійснюють рекультиваційні роботи. Рекультивация повинна проводитися у три етапи – підготовчий, гірничотехнічний, біологічний. Зауважимо, що до виникнення надзвичайних ситуацій на досліджуваних об’єктах вони вже були піддані природній фітомеліорації. Найбільш поширеними піонерними видами на Львівському сміттєзвалищі були

представники родин Betulaceae, Salicaceae, Fabaceae, Rosaceae, Asteraceae, а породного відвалу – Pinaceae, Poaceae.

У теперішній час обидва представлені об'єкти характеризуються підвищеним радіаційним фоном: потужність еквівалентної дози фотонного іонізуючого випромінювання на Львівському сміттєзвалищі становить 0,41 мкЗв/год., на відвалі – 0,35 мкЗв/год. Походження випромінювання на сміттєзвалищі штучне, а на відвалі – природне.

Висновки та напрями подальших досліджень. Складування таких відходів як сміття і відвальна порода

на відкритих територіях призводять до низки негативних чинників, які порушують звичні умови існування видів, впливають на здоров'я людей і біоту. Представлені надзвичайні ситуації спричинили значне техногенне навантаження на довкілля через викиди небезпечних речовин у довкілля, а також призвели до гибелі людей. Для запобігання виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах депонування відходів необхідно дотримуватися технологій складування, а також здійснювати рекультивацію девастованих ландшафтів у відповідності до норм та досліджень провідних вчених.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Екологічний паспорт Львівської області за 2019 рік. URL : <https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport> (дата звернення 20.02.2020).
2. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2019 році. URL : https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit_2019/zvit-2019-dsns.pdf (дата звернення 20.02.2020).
3. Кодекс цивільного захисту України (Відомості Верховної Ради, 2013, 34-35, 458) // База даних «Законодавство України». / ВР України. URL : Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення 20.02.2020).
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році // Офіційний вебсайт ДСНС України / ДСНС України. URL : https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2013/%D0%A1%D0%90%D0%99%D0%A2_%D0%94%D0%A1%D0%9D%D0%A1.rar (дата звернення 20.02.2020).
5. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. // Офіційний вебсайт ДСНС України / ДСНС України. URL : <https://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini-za-2015-rik.html> (дата звернення 20.02.2020).
6. Глобенко В. А. Організація виконання пошуково рятувальних та інших невідкладних робіт за наслідками надзвичайної ситуації на полігоні твердих побутових відходів. *Сучасний стан цивільного захисту України: перспективи та шляхи до Європейського простору: матеріали 18 Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників*. Київ: ІДУЦЗ. 2016. С. 343 – 344.
7. На гасіння терикону у Львівській області планують виділити близько 13 млн грн. // Офіційний веб-сайт / Львівська обласна державна адміністрація. URL : <https://loda.gov.ua/news?id=25750> (дата звернення 20.02.2020).

REFERENCES

1. Ekologichnyi pasport Lvivskoi oblasti za 2019 rik. URL : <https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport> (data zvernennia 20.02.2020).
2. Zvit pro osnovni rezultaty diialnosti Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z nadzvychnykh sytuatsii u 2019 rotsi. URL : https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit_2019/zvit-2019-dsns.pdf (data zvernennia 20.02.2020) [in Ukrainian].

3. Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy (Vidomosti Verkhovnoi Rady, 2013, 34-35, 458) // Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy». / VR Ukrainy. URL : Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (data zvernennia 20.02.2020) [in Ukrainian].
4. Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2013 rotsi // Ofitsiinyi veb-sait DSNS Ukrainy / DSNS Ukrainy. URL : https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2013/%D0%A1%D0%90%D0%99%D0%A2_%D0%94%D0%A1%D0%9D%D0%A1.rar (data zvernennia 20.02.2020) [in Ukrainian].
5. Analitychnyi ohliad stanu tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini za 2018 rik. // Ofitsiinyi veb-sait DSNS Ukrainy / DSNS Ukrainy. URL : <https://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v--Ukrayini-za-2015-rik.html> (data zvernennia 20.02.2020) [in Ukrainian].
6. Hlobenko V. A. Orhanizatsiia vykonannia poshukovo riadunivnykh ta inshykh nevidkladnykh robot za naslidkamy nadzvychainoi sytuatsii na polihoni tverdykh pobutovykh vidkhodiv. Suchasnyi stan tsyvilnoho zakhystu Ukrainy: perspektyvy ta shliakhy do Yevropeiskoho prostoru: materialy 18 Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii riadunivnykh. Kyiv: IDUTsZ. 2016. S. 343 – 344 [in Ukrainian].
7. Na hasinnia terykonu u Lvivskii oblasti planuiut vydilyty blyzko 13 mln hrn. // Ofitsiinyi veb-sait / Lvivska oblasna derzhavna administratsiia. URL : <https://loda.gov.ua/news?id=25750> (data zvernennia 20.02.2020) [in Ukrainian].

MONITORING OF EMERGENCIES OF LVIV REGION RELATED TO FIRES AT WASTE STORAGE FACILITIES

P. Bosak, N. Popovych, V. Popovych

Lviv State University of Life Safety

KEYWORDS	ANNOTATION
civil safety, emergency situation, ecological safety, fire danger, civil protection, landfill, waste heap	Lviv region is located in the western part of Ukraine. The area of the region is 21.8 thousand km ² , which is 3.6% of the territory of Ukraine. Population – 2512 thousand people. The region occupies the southwestern edge of the Eastern European Plain and the western part of the northern macroslope of the Ukrainian Carpathians. In the Lviv region the most environmentally dangerous are the following facilities - "Dobrotvirska Thermal Power Plant", "Lviv Coal Company", "Stepova" Mine, Lviv City Utility Company "Lvivvodokanal", and until recently "Zbyranka", which operated the city landfill solid household waste. The purpose of the presented work is to monitor emergencies that have occurred at the Lviv City Landfill for solid waste and waste heap "Lviv Coal Company". Emergency monitoring is a system of continuous observation, laboratory and other control to assess the state of protection of the population and territories and dangerous processes that may lead to the threat or occurrence of emergencies, as well as timely detection of trends. As part of the monitoring, we considered the causes of emergencies at waste storage facilities and ways to rehabilitate devastated landscapes. Methods used in the study: field, analysis, observation, radiation. In 2016, two local-level emergencies occurred at Lviv region waste storage facilities - a fire at the Lviv City Landfill for Solid Waste and a fire at the Lviv Coal Company waste heap. In order to effectively protect the environment from hazardous landscape-transforming factors, landfills and waste heaps carry out reclamation works. The most common pioneer species at the Lviv landfill were members of the families Betulaceae, Salicaceae, Fabaceae, Rosaceae, Asteraceae, and the waste heap - Pinaceae, Poaceae. At present, both of the presented objects are characterized by increased radiation background: the power of the equivalent dose of photon ionizing radiation at the Lviv landfill is 0.41 μSv/h, at the dump - 0.35 μSv/h. The origin of radiation in the landfill is artificial, and in the dump - natural. It has been established that in order to prevent emergencies at landfills, it is necessary to adhere to storage technologies, as well as to rehabilitate devastated landscapes in accordance with the norms and research of leading scientists.

МОНИТОРИНГ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ, СВЯЗАННЫХ С ПОЖАРАМИ НА ОБЪЕКТАХ СО СКЛАДИРОВАНИЕМ ОТХОДОВ

П. Босак, Н. Попович, В. Попович.

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

Ключевые слова	Аннотация
гражданская безопасность, чрезвычайная ситуация, экологическая безопасность, пожарная опасность, гражданская защита, свалка, породный отвал	Целью представленной работы является мониторинг чрезвычайных ситуаций, возникших на Львовском городском полигоне твердых бытовых отходов и породном отвале ОАО «Львовская угольная компания». В рамках мониторинга нами рассмотрены причины возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах складирования отходов и пути рекультивации девастированных ландшафтов. Методы, использованные в исследовании: рекогносцировочно-полевые, анализа, наблюдения, радиационные. С целью эффективной защиты окружающей среды от опасных ландшафто-трансформирующих факторов свалок и породных отвалов осуществляют рекультивационные работы. В настоящее время оба объекта характеризуются повышенным радиационным фоном. Установлено, что для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах депонирования отходов необходимо соблюдать технологии складирования, а также осуществлять рекультивацию девастированных ландшафтов в соответствии с нормами и исследований ученых.

УДК 614.841.45

ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ШТУКАТУРОК ДЛЯ ВОГНЕЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА СТАЛЕВІЙ ОСНОВІ

Новак С. В.², Дріжд В. Л.^{1*}, Добростан О. В.²

¹Науково-виробниче підприємство «Спецматеріали»

²Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції:
01.11.2020

Пройшла рецензування:
16.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

будівельна конструкція,
вогнезахисна штукатурка,
вогнезахист,
вогнестійкість,
оцінювання відповідності,
показники якості, реакція
на вогонь

АНОТАЦІЯ

Враховуючи необхідність виконання основних вимог, які наведено в Регламенті будівельних виробів (CPR), актуальним є питання про розроблення процедури оцінювання відповідності вогнезахисних штукатурок, призначених для нанесення покриттів, що використовуються для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі. В статті наведено основні показники якості зазначених штукатурок, якими є реакція на вогонь, вогнестійкість і надійність, що підлягають оцінюванню на відповідність основній вимозі CPR «Безпечність у разі пожежі». Встановлено, що залежно від категорії використання штукатурки можуть підлягати оцінюванню на відповідність іншим основним вимогам CPR за такими показниками як вміст, виділення і (або) вивільнення небезпечних речовин; паропроникність; механічна міцність і стійкість; стійкість до удару та зсуву; захист від повітряного шуму; поглинання звуку; захист від ударного шуму; теплопровідність. Під час виробничого контролю підлягають перевірці густина сухого будівельного розчину, свіжоприготовленого будівельного розчину і будівельного розчину, який затверднув; тривалість схоплювання і життєздатність свіжоприготовленого будівельного розчину; адгезія і теплоізолювальна здатність будівельного розчину, який затверднув. На місці проведення робіт з вогнезахисту потрібно здійснювати перевіряння адгезії штукатурки. Визначено методи випробування і перевіряння показників якості штукатурок, призначених для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі.

Постановка проблеми. Для виконання основних вимог щодо збереженості несучої здатності будівельних конструкцій і обмеження поширювання вогню в будівлі під час пожежі, які наведено в Регламенті будівельних виробів (CPR) [1], застосовують вогнезахисні матеріали. Ці матеріали призначено для вогнезахисту конструкцій з метою підвищення їх вогнестійкості. До них належать матеріали, що спучуються, і матеріали, що не спучуються, матеріали, які наносять методом розпилювання або в інший спосіб (наприклад, фарби, шпаклівки), а також інші матеріали (пасивні та реактивні). Оскільки вогнезахисні матеріали

виготовляють з різних складників, які спричиняють потребу в додатковому специфічному перевірці та оцінюванні, їх поділено на такі три сімейства матеріалів: реактивні покриття для вогнезахисту сталевих конструкцій; штукатурки; вогнезахисні панелі, плити і мати [2 – 4].

Для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі (сталевих колон, балок, повітроводів, елементів інженерних систем у будинках тощо) застосовують вогнезахисні матеріали, які відносяться до всіх зазначених вище сімейств. Однак для забезпечення найвищих класів вогнестійкості цих

*varvara.drizhd@gmail.com,

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.39-53>
2518-1777/©2020 ІДУНДЦ ЦЗ

конструкцій найбільш прийнятним є застосування вогнезахисних штукатурок.

Відповідно до вимог CPR [1], кожен матеріал, що використовують для вогнезахисту будівельних конструкцій, потрібно піддавати Європейській процедурі технічного оцінювання (ETA). Ці процедури розробляє та публікує Європейський орган з технічного оцінювання (TAB), користуючись настановами, викладеними в європейських документах з оцінювання (EAD), виданих Європейською організацією з технічних схвалень (EOTA). Зокрема, для штукатурок, призначених для нанесення покриттів, що використовуються для вогнезахисту будівельних конструкцій різних типів, таким документом є EAD 350140-00-1106 [3].

Застосовна на національному рівні процедура оцінювання відповідності вогнезахисних матеріалів суттєво відрізняється від ETA. Підлягають удосконаленню методи оцінювання відповідності, які застосовують у цій національній процедурі, і доцільним є впровадження в Україні відповідних європейських методів, наданих в європейських документах з оцінювання [2 – 4]. Тому актуальним слід вважати дослідження, спрямовані на удосконалення та розвиток національної процедури і методів оцінювання відповідності вогнезахисних матеріалів, зокрема штукатурок, призначених для нанесення покриттів, що використовуються для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Огляд публікацій та досліджень науковцями України та світу за останні роки збільшився. Дослідження за вогнестійкістю та вогнезахисту проводили такі науковці В. Поклонский, П. Круковский, В. Коваленко, Т. Скоробогатко та ін.

Методи дослідження. Вогнезахисні матеріали призначено для підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій, які вони захищають. Їхні властивості мають бути такими, щоб забезпечити

нормовані класи вогнестійкості цих конструкцій. Зокрема, відповідно до європейської класифікації для колон і балок визначено такі класи вогнестійкості [5]: R 15, R 20, R 30, R 45, R 60, R 90, R 120, R 180, R 240 та R 360. Встановлені класи вогнестійкості повітроводів наведено в табл. 1 [6].

Таблиця 1 – Класи вогнестійкості повітроводів

EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
E	-	-	30	-	60	-	-	-	-

Оцінювання вогнестійкості будівельних конструкцій на сталевій основі проводять шляхом випробування за стандартизованими методами. Так для колон, балок і повітроводів такі випробування виконують за відповідними європейськими стандартами EN 1365-3 [7], EN 1365-3 [8], EN 1366-1 [9] або національними стандартами, зокрема, для повітроводів – за ДСТУ Б В.1.1-16 [10]. Сутність цих випробувань полягає у визначенні проміжку часу від початку вогневого впливу за стандартним температурним режимом до настання граничних станів з вогнестійкості в умовах, що регламентовано стандартом.

Як альтернативу стандартам EN 1365-3 [7], EN 1365-3 [8] для визначення вогнезахисної здатності матеріалів, призначених для захисту сталевих колон і балок, застосовують два європейські стандарти: EN 13381-4 [11] (для пасивних матеріалів) і EN 13381-8 [12] (для реактивних матеріалів). На національному рівні використовують відповідний за призначенням стандарт ДСТУ Б В.1.1-17 [13]. Методи випробувань, наведені в цих стандартах, забезпечують одержання даних щодо вогнезахисної здатності пасивних і реактивних матеріалів. В результаті оцінювання за цими методами випробувань одержують ряд таблиць і графічних відображень, що стосуються певних проміжків часу збереженості вогнестійкості захищених сталевих колон і балок. Кожна таблиця або графічне відображення вказують мінімальну товщину вогнезахисного матеріалу, необхідну для гарантування того, що

проектні (критичні) температури 350 °С, 400 °С, ..., 750 °С на сталевих конструкціях, які мають певні коефіцієнти поперечного перерізу, не буде перевищено. Одержані за цими методами дані придатні для прямого внесення у норми будівельного проектування.

За вищезазначеними методами випробувань проведено оцінювання вогнестійкості певних типів захищених сталевих колон, балок і повітроводів та вогнезахисної здатності ряду пасивних і реактивних матеріалів, призначених для їхнього вогнезахисту. Результати цього оцінювання показують, що застосування реактивних вогнезахисних матеріалів забезпечує збереженість вогнестійкості сталевих колон і балок протягом проміжку часу вогневого впливу, який не перевищує 90 хв [14, 15], а застосування пасивних матеріалів (штукатурок, плит) – до 240 хв [14, 16]. Вогнестійкість сталевих повітроводів із застосуванням вогнезахисного покриття з реактивних матеріалів зберігається протягом проміжку часу, який не перевищує 30 хв [17], а при застосуванні пасивних вогнезахисних матеріалів (штукатурок, плит) – до 240 хв [14]. Ці дані свідчать про наявність обмеження стосовно застосування реактивних вогнезахисних матеріалів для забезпечення вогнестійкості зазначених сталевих конструкцій, а для штукатурок і плит такі обмеження відсутні.

На європейському рівні відповідно до положень CPR [1] вогнезахисні матеріали повинні мати такі характеристики, щоб об'єкти будівництва, на яких їх використовують, збирають, наносять або монтують, могли, у разі належного проектування і будівництва, відповідати основним вимогам щодо їхньої безпечності у разі пожежі. Через це кожен вогнезахисний матеріал потрібно піддавати Європейській процедурі технічного оцінювання (ЕТА). Відповідно, вогнезахисні матеріали мають бути придатними до використання на об'єктах будівництва, які відповідають передбачуваному використанню цих матеріалів з урахуванням показників економічності і у зв'язку з цим

задовольняють таким основним вимогам. Такі вимоги мають виконуватись упродовж усього економічно обгрунтованого терміну експлуатації.

Основної вимоги CPR [1] щодо безпечності у разі пожежі стосуються такі показники якості вогнезахисних матеріалів, як реакція на вогонь і вогнестійкість.

Характеристика щодо реакції на вогонь вогнезахисного матеріалу і характеристика вогнестійкості конструкції, частиною якої є вогнезахисний матеріал, мають відповідати законодавчим актам, нормативним документам і положенням розпорядчих документів, застосованих до вогнезахисних матеріалів в умовах передбачуваного кінцевого використання. Ці показники якості потрібно подавати у вигляді класифікації, викладеної в формі, передбаченій відповідним рішенням Європейської комісії, а також європейськими стандартами щодо класифікації.

Методи оцінювання, якими користуються для визначення різноманітних аспектів, пов'язаних з показниками якості вогнезахисних матеріалів, мають бути такими, як передбачено відповідними європейськими стандартами щодо випробування матеріалів. За відсутності європейських стандартів користуються спеціальними методиками випробування, які описано в настановах щодо ЕТА.

З метою класифікації, користуючись методом (методами) випробування (EN 13501-1), вогнезахисні матеріали оцінюють за класами реакції на вогонь [18].

Будівельну конструкцію, до складу якої входить вогнезахисний матеріал, потрібно випробовувати, користуючись EN 13501 [5, 6].

У документі ЕТА мають бути вказані результати, виражені у вигляді кількісних або якісних показників, методи оцінювання, якими користувалися для контролювання аспектів надійності і придатності до використання вогнезахисного матеріалу, пов'язаних з основними вимогами. ЕТА для

вогнезахисних матеріалів в загальному випадку має містити таку інформацію [19]:

– опис вогнезахисного матеріалу, специфікацію компонентів і передбачуване використання. В ЕТА має бути зазначено, для яких видів використання було проведене оцінювання;

очікуваний термін служби вогнезахисного матеріалу;

інформацію щодо ідентифікації вогнезахисного матеріалу, яка дозволяє у випадках, коли є потреба (наприклад, під час підтвердженні відповідності, ринкового нагляду, урахування реклаमाцій або аварійних ситуацій), визначати те, чи відповідають вогнезахисні матеріали, розміщені на ринку або які заплановано розмістити на ньому, схваленим матеріалам, опис щодо яких наведено в ЕТА;

дані щодо класів вогнезахисного матеріалу за реакцією на вогонь і будівельних конструкцій, до складу яких входить вогнезахисний матеріал, за вогнестійкості, вогнезахисної здатності вогнезахисного матеріалу;

креслення, які ілюструють загальну будову комплекту, тобто загальний склад виробів/комплектів, збирання яких здійснюють, і деталізують певні елементи системи вогнезахисту;

подробиці, що стосуються нанесення (кріплення) вогнезахисного матеріалу. Це можуть бути вимоги, що стосуються структури, монтування конструкцій та з'єднувальних пристроїв у місці встановлення, у тому числі використання анкерних з'єднувальних елементів тощо. Вони можуть містити такі аспекти як необхідність уникати контактування з іншими матеріалами;

інформацію щодо сутності догляду і відновлення вогнезахисного матеріалу, необхідну для досягнення мінімального прогнозованого терміну служби та експлуатаційних параметрів.

Європейський орган, що займається оцінюванням контролювання виробництва вогнезахисного матеріалу повинен мати також таку інформацію:

опис основного виробничого процесу; який має бути наведено з належними

подробицями з метою підтримування пропонувані методів виробничого контролю;

нормативні документи щодо виробу і матеріалів. До них можуть належати технічні вимоги щодо купованих (сировинних) матеріалів і заявлені значення їх показників якості;

план випробування під час виробничого контролю. До нього входять контролювання властивостей, які неможна перевірити на більш пізній стадії, і перевірки готового вогнезахисного матеріалу. Характеристиками, які потрібно вказувати у плані, є вогнестійкість і реакція на вогонь. Їх контролювання потрібно проводити не рідше двох разів на рік шляхом аналізування або визначення відповідних характеристик вогнезахисного матеріалу.

Наведені вище відомості стосуються загальних вимог щодо технічного схвалення вогнезахисних матеріалів в Європі. З метою реалізації цього процесу для реактивних матеріалів, призначених для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі, розроблено європейський стандарт EN 16623 [20]. Цей стандарт встановлює експлуатаційні характеристики і методи перевіряння, використовувані для визначення різних аспектів експлуатаційних характеристик реактивних вогнезахисних матеріалів, критерії оцінювання, використовувані для прийняття рішення про відповідність експлуатаційних характеристик цих матеріалів передбачуваному використанню. Для пасивних вогнезахисних матеріалів (штукатурок, панелей, плит, матів) аналогічного європейського стандарту немає і для реалізації процесу технічного схвалення таких пасивних матеріалів, призначених для вогнезахисту бетонних, сталевих, сталезалізобетонних, деревинних конструкцій, використовують настанови, викладені в європейських документах з оцінювання EAD 350140-00-1106 [3] і EAD 350142-00-1106 [4].

На національному рівні технічне схвалення вогнезахисних матеріалів обмежено оцінюванням відповідності

вогнестійкості будівельної конструкції, до складу якої входить вогнезахисний матеріал, її нормованому класу за вогнестійкістю. Ці класи наведено в державних будівельних нормах, наприклад в ДБН В.1.1-7 [21], і певних національних стандартах України. Під час цього оцінювання використовують стандартизовані методи випробувань на вогнестійкість. Зокрема, для сталевих колон, балок, повітроводів, до складу яких входять вогнезахисні матеріали, такі методи наведено в ДСТУ Б В.1.1-14 [22], ДСТУ Б В.1.1-13 [23] ДСТУ Б В.1.1-16 [10], ДСТУ Б В.1.1-17 [13], відповідно. Вимоги стосовно характеристики щодо реакції на вогонь або показників пожежної небезпечності вогнезахисних матеріалів в державних будівельних нормах і нормативних документах не встановлені, тому під час оцінювання відповідності ці характеристики і показники не визначають. Застосовна в Україні процедура оцінювання відповідності вогнезахисних матеріалів суттєво відрізняється від європейської, як за основними положеннями, так і за методами випробування і перевіряння. В ній відсутні нормативні документи, які встановлюють експлуатаційні характеристики і методи перевіряння, використовувані для визначення експлуатаційних характеристик вогнезахисних матеріалів, критерії оцінювання, використовувані для прийняття рішення щодо відповідності експлуатаційних характеристик цих матеріалів передбачуваному використанню. Тому є підстави вважати, що недостатня визначеність національної процедури оцінювання відповідності вогнезахисних матеріалів, зокрема штукатурок, призначених для нанесення покриттів, що використовуються для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі, обумовлює проведення досліджень у цьому напрямку.

Мета статті. Встановлення процедури оцінювання відповідності вогнезахисних штукатурок, призначених для нанесення покриттів, що використовуються для вогнезахисту

будівельних конструкцій на сталевій основі.

Для досягнення цієї мети були поставлені завдання щодо визначення переліку показників якості зазначених штукатурок, які слід враховувати при оцінюванні відповідності штукатурок, та методів випробування і перевіряння цих показників якості.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження застосовано аналітичний метод, який полягає у розгляданні і вивченні положень європейських оцінювальних документів [2 – 4] та європейського стандарту EN 16623 [20], що встановлюють положення стосовно експлуатаційних характеристик і методів перевіряння, використовувані для визначення різних аспектів експлуатаційних характеристик вогнезахисних матеріалів, критерії оцінювання, використовувані для прийняття рішення про відповідність експлуатаційних характеристик цих матеріалів передбачуваному використанню.

Будівельним матеріалом, для якого наведено запропоновану нижче процедуру оцінювання відповідності, є вогнезахисна штукатурка або комплект, до складу якого вона входить, який розміщують на ринку у вигляді сухої суміші в мішках і, у разі комплектів, комбінують з іншими компонентами, такими як кріпильні пристрої, ґрунтовки, матеріали для нанесення зовнішніх покриттів тощо.

Штукатурку наносять на сталеву поверхню розпилюванням або за допомогою шпателя. Вогнезахисний матеріал, нанесення якого здійснюють, складається з таких компонентів:

- в'язучої речовини на основі гіпсу або цементу, яку наносять методом розпилювання, та одного або більшої кількості інертних та (або) волокнистих матеріалів. Матеріал змішують з водою для одержання суспензії і наносять у вологому стані;

- мінеральної вати, яку наносять методом розпилювання, змішаної з в'язучою речовиною, наповнювачем або інертними матеріалами. Матеріал

розпилюють у сухому вигляді і змішують з водою в розпилювачі. В'язуча речовина може входити до складу як частина сухої суміші, що знаходиться в мішку, або подаватися з водою в розпилювач;

– в'язучої речовини на основі гіпсу або цементу, яку наносять за допомогою шпателя, змішаної з одним або більшою кількістю інертних та (або) волокнистих матеріалів, у вигляді суспензії, консистенція якої забезпечує можливість нанесення за допомогою шпателя з забезпеченням відповідності формі профілю сталеві поверхні;

– тих самих матеріалів, які названо вище, але таких, що наносять за допомогою шпателя і змішують із забезпеченням консистенції, що дає змогу здійснювати нанесення заплат або створення ділянок малої площі.

Положення щодо оцінювання відповідності, наведені нижче, поширюються або тільки на вогнезахисний матеріал, призначений для нанесення штукатурки (суха суміш), або на повний комплект, що складається з матеріалу для нанесення штукатурки (суха суміш) та одного або більшої кількості додаткових компонентів, таких як в'язуча(і) речовина(и), армувальна сітка, кріпильні пристрої, зовнішнє (ізолювальне) покриття і добавки.

Штукатурку може бути призначено для використання всередині або зовні приміщень. Категорія умов навколишнього середовища для передбачуваного використання ґрунтується на загальних принципах стосовно того, що температура, заморожування/розморожування, вологість (водяна пара, рідка вода, дощ), вплив ультрафіолетового випромінювання, забруднення (наприклад, для промислових районів: високі концентрації SO_2 , H_2S , NO_x ; для прибережних районів: високі концентрації хлоридів), дія живих організмів тощо можуть значною мірою впливати на експлуатаційні параметри вогнезахисного матеріалу.

Вогнезахисну штукатурку і комплекти, до складу яких вона входить, у разі застосування потрібно оцінювати для таких категорій використання [3]:

Категорія X: штукатурка і комплекти, до складу яких вона входить, призначені для використання за всіх кліматичних умов (усередині приміщень, частково незахищених приміщеннях і відкритих просторах);

Категорія Y: штукатурка і комплекти, до складу яких вона входить, призначені для використання всередині приміщень і в частково незахищених приміщеннях. "Частково незахищеними" називають приміщення, де температура може бути нижчою за $0\text{ }^\circ\text{C}$, але куди не потрапляє дощ і вплив ультрафіолетового випромінювання обмежено (але оцінювання впливу ультрафіолетового випромінювання не здійснюють);

Категорія Z₁: штукатурка і комплекти, до складу яких вона входить, призначені для використання всередині приміщень за відносної вологості повітря рівною або вище ніж 85 %, за винятком випадків, коли температури нижчі за $0\text{ }^\circ\text{C}$;

Категорія Z₂: штукатурка і комплекти, до складу яких вона входить, призначені для використання всередині приміщень за відносної вологості повітря нижче ніж 85 %, за винятком випадків, коли температури нижчі за $0\text{ }^\circ\text{C}$.

Основними характеристиками вогнезахисного матеріалу, які підлягають оцінюванню на відповідність 2-ій основній вимозі «Безпечність у разі пожежі» [1], є реакція на вогонь, вогнестійкість і надійність.

Штукатурку і комплект, до складу якого вона входить, за реакцією на вогонь і вогнестійкістю потрібно випробовувати, користуючись відповідними методами, вказаними у відповідних частинах EN 13501 [5, 6, 18].

Надійність штукатурки визначають виходячи з порівняння результатів, одержаних з використанням зразків, одні з яких піддано штучній експозиції за заданих умов впливу (навколишнього середовища), які відповідають категорії використання, а другі є контрольними зразками.

Показниками, за якими проводять оцінювання, є такі:

адгезія (міцність зчеплення зі сталеву поверхнею);
теплоізолювальна здатність;
результати візуальних спостережень.

Адгезія (міцність зчеплення зі сталеву поверхнею) є характеристикою, якою користуються для визначення змін до та після випробування. Відповідно, під час проведення цих випробувань адгезію необхідно визначати незважаючи на те, що на практиці допускається користуватися армуванням або механічними кріпильними пристроями.

Під час випробувань на надійність потрібно використовувати сталеві пластини з номінальними розмірами 500 мм × 500 мм і товщиною не менше ніж 5 мм. Штукатурку на ці пластини потрібно наносити з забезпеченням номінальної товщини шару 25 мм, або за мінімальної товщини, якщо вона більша за 25 мм, або за максимальної товщини, якщо вона менша за 25 мм. Товщину штукатурки потрібно вимірювати і реєструвати перед проведенням випробувань принаймні в 10 рівномірно розподілених точках.

Для всіх умов впливу, за яких потрібно проводити випробування, необхідно готувати чотири зразки, два з яких потрібно використовувати для випробування з визначення адгезії, а два – для визначення теплоізолювальної здатності. Крім того, потрібно підготувати чотири контрольних зразки, два з яких потрібно використовувати для випробування з визначення адгезії, а два – для визначення теплоізолювальної здатності. Підготовлені зразки для випробування необхідно кондиціонувати за температури $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря $(50 \pm 5)\%$ упродовж не менше ніж 28 діб або до досягнення сталої маси, тобто до моменту, коли результати двох послідовних визначень маси, здійснених упродовж проміжку часу 24 год, відрізняються одне від одного менше ніж на 1 %. Умови в лабораторії під час випробувань мають бути такими: температура $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря $(50 \pm 20)\%$.

Таблиця 2 – Вимоги щодо випробування для різних видів впливу

Умови експлуатації	Ультрафіолетове випромінювання	Волога		Температура (висока/низька)	Заморожування/розморожування
		Дощ	Висока вологість		
Категорія X	Проводять	Проводять	Проводять	Проводять	Проводять
Категорія Y	Не проводять	Не проводять	Проводять	Проводять	Проводять
Категорія Z ₁	Не проводять	Не проводять	Проводять	Не проводять	Не проводять
Категорія Z ₂	Не проводять	Не проводять	Не проводять	Не проводять	Не проводять

Джерело EAD 350140-00-1106

Таблиця 3 – Умови всередині приміщення з регульованими параметрами мікроклімату (температура, відносна вологість)

Кількість циклів	Проміжок часу		
	4 год	16 год	4 год
21	$(23 \pm 3)^\circ\text{C}$; $(80 \pm 5)\%$	$(40 \pm 3)^\circ\text{C}$; $(50 \pm 5)\%$	$(5 \pm 3)^\circ\text{C}$; $(50 \pm 5)\%$

Джерело EAD 350140-00-1106

Відповідні випробування для видів впливу для передбачуваних умов експлуатації подано в таблиці 2. Умови

штучної експозиції залежать від категорії використання. Для категорії Z₂ їх

наведено в таблиці 3, для категорій X, Y, Z1 вони мають відповідати наданим в [3].

Під час випробування на адгезію два контрольних зразки (такі, які не піддавали експозиції), а також два зразки після їх експозиції потрібно піддати чотирьом випробуванням з визначення міцності зчеплення під час розтягу (тобто потрібно провести чотири досліди на кожному із зразків). Для кожної пари зразків потрібно відкинути найвище та найнижче значення і знайти середнє арифметичне решти шести значень, як вказано в EGOLF EA 5 [24]. Середнє значення міцності зчеплення під час розтягу після випробування на адгезію має бути не нижче за 80 % від значення, одержаного для контрольного зразка.

Під час випробування на теплоізолювальну здатність два контрольних зразки (які не піддавали експозиції), а також два зразки після експозиції потрібно піддавати вогневому впливу в печі за стандартного температурного режиму. Зразки потрібно розмішувати в печі у вертикальному або горизонтальному положенні з таким розрахунком, щоб бік, на який нанесено систему, до складу якої входить штукатурка, був обігрівним. Зразки потрібно монтувати на рамі, що являє собою один бік (стіну або покриття) печі. Бік, що є необігрівним, потрібно покрити плитою, виготовленою з вермікуліту або силікату кальцію, мінімальною товщиною 5 мм, об'ємна густина якої становить $(475 \pm 25) \text{ кг/м}^3$, або мінеральною ватою (кам'яною ватою) з об'ємною густиною $(115 \pm 10) \text{ кг/м}^3$.

Дві термопари потрібно закріплювати на необігрівному боці сталевих пластин. Ці термопари потрібно встановлювати поблизу центральної точки на відстані 20 мм одна від одної. Термопари мають бути без мідного диска і без теплоізолювальної накладки. Термопари потрібно кріпити до задньої частини сталевих пластин зварюванням (контактним точковим зварюванням). Потрібно зареєструвати проміжок часу, упродовж якого середня температура сталі на необігрівному боці досягне 500 °C. Крім того, для інформаційних цілей потрібно

здійснювати спостереження за станом штукатурки, звертаючи увагу на втрату зчеплення, розшарування і утворення тріщин, реєструючи цю інформацію. Середній проміжок часу до досягнення середньої температури сталі 500 °C має бути не меншим за 85 % від проміжку часу до досягнення цієї температури сталі на необігрівній стороні контрольних зразків. Жоден окремих результат вимірювання часу не повинен бути меншим за 80 % від середнього значення проміжку часу до досягнення температури 500 °C, визначеного під час випробувань контрольних зразків. Якщо результат не задовольняє цим критеріям, то допускається піддати експозиції, випробуванню та оцінюванню ще чотири зразки. Всі чотири зразки мають відповідати критеріям відповідності.

Потрібно візуально оцінити стан усіх зразків після випробувань і зареєструвати зміни, що мали місце порівняно до їх стану перед випробуванням. Це має передбачати реєстрування всіх великих і дрібних тріщин із зазначенням їх розмірів і глибини. Цю інформацію потрібно подавати в формі максимальної ширини тріщини і загальної кількості тріщин на квадратному метрі площі, покритої штукатуркою.

У разі одержання під час перевіряння надійності задовільних показників якості для заявленої категорії використання вогнезахисної штукатурки, приймають термін служби, який становить 25 років. Якщо під час перевіряння надійності задовільні показники якості матеріалу не підтверджено, то оцінюваний термін служби допускається приймати рівним 10 років за умови, якщо надано документальне підтвердження задовільної експлуатації системи вогнезахисту, до складу якої входить штукатурка, за заявлених умов упродовж 10 років. Зокрема, такою інформацією є документальне підтвердження того, що вогнезахисну штукатурку використовували принаймні на п'яти різних об'єктах в умовах впливу, які відповідають заявленій категорії використання [4].

Основними характеристиками вогнезахисного матеріалу, які, залежно від категорії використання, можуть підлягати оцінюванню на відповідність іншим ніж «Безпечність у разі пожежі» основним вимогам CPR [1], є такими:

вміст, виділення і (або) вивільнення небезпечних речовин;
паропроникність;
механічна міцність і стійкість;
стійкість до удару та зсуву;
захист від повітряного шуму;
поглинання звуку;
захист від ударного шуму;
теплопровідність.

Під час випробування і перевіряння цих характеристик слід застосовувати методи, які подано в [3].

Виробник повинен розробити, задокументувати і підтримувати систему виробничого контролю для гарантування того, що матеріали, призначені для нанесення штукатурки, відповідають заявленим експлуатаційним характеристикам, визначеним за результатами первинних випробувань типу. Система виробничого контролю має складатися з процедур, регулярних перевірок і випробувань та оцінок, а також передбачати використання результатів вхідного контролю сировини та інших матеріалів і компонентів, що надходять, обладнання, виробничого процесу та продукту. Основні завдання дій, які повинен виконувати виробник комплектів вогнезахисної штукатурки в рамках процедури оцінювання та перевіряння стабільності його експлуатаційних параметрів, подано в табл. 4, яку розроблено на основі положень EAD 350140-00-1106 [3].

Виробник повинен організувати щорічні контрольні (періодичні) випробування для гарантування того, що продукція, яка постачається на ринок, відповідає тій, яку було піддано первинним випробуванням типу. Метою цих випробувань є перевіряння постійної відповідності результатам первинних випробувань типу. Щорічні контрольні випробування мають передбачати випробування на теплоізолювальну

здатність вогнезахисного покриття із штукатурки, одержаного з використанням матеріалів, відібраних на виробництві.

Система виробничого контролю має містити опис методів, якими користуються для підтвердження фактів перевірки і випробування сировини і складників, що використовуються як добавки, напівфабрикату і готової продукції.

Виробник повинен організувати оцінювання системи виробничого контролю продукції на підприємстві, а також його первинне обстеження і постійне контролювання незалежним органом [3].

Потрібно здійснювати оцінювання вогнезахисної штукатурки і комплектів, до складу якої вона входить, виходячи з припущення, що захищувана сталева конструкція придатна для нанесення штукатурки в передбачуваний спосіб, з тим щоб після нанесення у нормований спосіб об'єкт будівництва відповідав усім застосовним основним вимогам CPR [1]. В інструкціях щодо нанесення мають бути надані мінімальні вимоги щодо належного нанесення вогнезахисної штукатурки, зокрема, термін придатності матеріалу в упаковці, а також, за необхідності, інших компонентів; “життєздатність” або “придатність до використання” приготовленого робочого розчину матеріалу і проміжок часу до повного схоплювання. На місці проведення робіт з вогнезахисту потрібно оцінювати відповідність кріпильних пристроїв і ґрунтових покриттів встановленим вимогам і здійснювати перевіряння адгезії (міцності зчеплення зі сталеву поверхнею) штукатурки [3].

Висновки та напрями подальших досліджень. Проведеним дослідженням встановлено, що основними показниками якості штукатурок, призначених для нанесення покриттів, що використовуються для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі, є реакція на вогонь, вогнестійкість і надійність, які підлягають оцінюванню на відповідність 2-ій основній вимозі CPR «Безпечність у разі пожежі» [1]. Залежно

від категорії використання вогнезахисної штукатурки можуть підлягати оцінюванню

Таблиця 4 – План контролювання виробником: основні завдання

№ з/п	Предмет/тип контролювання (виріб, сировинний матеріал/ складник, компонент – із зазначенням відповідної характеристики)	Метод випробування або перевіряння	Критерії (за наявності)	Мінімальна кількість зразків	Мінімальна періодичність контролювання
Виробничий контроль, у тому числі випробування зразків, відібраних на підприємстві відповідно до обов’язкового плану випробування					
Суха суміш і (або) матеріал для нанесення зовнішніх покриттів і (або) ґрунтовки					
1	Сировинні матеріали, складники	Заява про відповідність	Вимоги нормативного документа		Кожна партія, що поставляється
Суха суміш (сухий будівельний розчин)					
2	Уявна густина інертних наповнювачів	Метод, розроблений виробником, або ISO 697	Значення і допуск	3	Один раз на партію
3	Уявна густина сухої суміші	Метод, розроблений виробником, або ISO 697	Значення і допуск	3	Один раз на замів
Свіжоприготовлений будівельний розчин					
4	Об’ємна густина	Метод, який визначено під час випробування матеріалу, або згідно з EN 1015-6	Значення і допуск	3	Один раз на замів
5	Тривалість схоплювання і життєздатність	Нормативний документ виробника	Значення і допуск	3	Один раз на замів
Штукатурка (будівельний розчин, який затверднув)					
6	Об’ємна густина	Метод, який визначено під час випробування матеріалу, або згідно з EN 1015-10	Значення і допуск	3	Один раз на місяць
7	Адгезія (міцність зчеплення зі сталеву поверхнею)	Метод EA 5 EGOLF або EN 1015-12	Значення і допуск	3	Один раз на місяць
8	Теплоізолювальна здатність	Метод згідно з EAD 350140-00-1106	Тривалість досягнення температури 500 °C	2	Один раз на місяць
Додаткові компоненти і аксесуари комплекту					
9	В’язуча речовина і матеріал для нанесення зовнішніх покриттів (виробництва інших виробників)	Нормативний документ, який встановлює, наприклад, опис, тип матеріалу, в’язкість, водневий показник (рН), колір, вміст нелетких речовин	Вимоги нормативного документа		Кожна поставка
10	Кріпильні пристрої, обрешітка та армування	Нормативний документ, який встановлює, наприклад, опис, тип матеріалу, покриття, розміри, геометричні параметри, конструкцію	Вимоги нормативного документа		Кожна поставка

Джерело EAD 350140-00-1106

на відповідність іншим основним вимогам CPR [1] такі показники як вміст, виділення і (або) вивільнення небезпечних речовин; паропроникність; механічна міцність і стійкість; стійкість до удару та зсуву; захист від повітряного шуму; поглинання звуку; захист від ударного шуму; теплопровідність. Під час виробничого контролю підлягають перевірці густина сухого будівельного розчину, свіжоприготовленого будівельного

розчину і будівельного розчину, який затверднув; тривалість схоплювання і життєздатність свіжоприготовленого будівельного розчину; адгезія і теплоізолювальна здатність будівельного розчину, який затверднув. На місці проведення робіт з вогнезахисту потрібно здійснювати перевіряння адгезії (міцності зчеплення зі сталеву поверхнею) штукатурки.

Визначено методи випробування і перевіряння показників якості штукатурок, призначених для нанесення покриттів, що використовуються для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі, переважна кількість яких є

стандартизованими. Методи випробування свіжоприготовленого будівельного розчину на тривалість схоплювання і життєздатність є не стандартизованими і мають бути встановлені в нормативному документі виробника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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. EAD 350402-00-1106 Reactive coatings for fire protection of steel elements (Реактивні покриття для вогнезахисту сталевих конструкцій).
3. EAD 350140-00-1106 Renderings and rendering kits intended for fire resistant applications (Штукатурки і комплекти, до складу яких вони входять, для забезпечення вогнестійкості).
4. EAD 350142-00-1106 Fire protective board, slab and mat products and kits (Вогнезахисні панелі, плити і мати та комплекти, до складу яких вони входять).
5. EN 13501-2:2016 Fire classification of construction products and building elements – Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services (Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 2. Класифікація за результатами випробувань на вогнестійкість, крім складників вентиляційних систем).
6. EN 13501-3:2005+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements – Part 3: Classification using data from fire resistance tests on products and elements used in building service installations: fire resisting ducts and fire dampers (Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 3. Класифікація за результатами випробувань на вогнестійкість виробів та конструкцій, які використовують в інженерних системах будівель. Вогнестійкі повітроводи та протипожежні клапани).
7. EN 1365-3 Fire resistance tests for loadbearing elements – Part 3: Beams (Випробування несучих конструкцій на вогнестійкість. Частина 3. Балки).
8. EN 1365-4 Fire resistance tests for loadbearing elements – Part 4: Columns (Випробування несучих конструкцій на вогнестійкість. Частина 4. Колони).
9. EN 1366-1:2014. Fire resistance tests for service installations – Part 1: Ventilation ducts (Випробування на вогнестійкість інженерних систем – Частина 1: Вентиляційні повітроводи). EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2014 CEN. 54 p.
10. ДСТУ Б В.1.1-16:2007. Захист від пожежі. Повітроводи. Метод випробування на вогнестійкість. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 10 с.
11. EN 13381-4:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Методи випробування з метою визначення впливу на вогнестійкість елементів конструкцій. Частина 4. Пасивні вогнезахисні матеріали для сталевих конструкцій). Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 83 p.
12. EN 13381-8:2013 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Методи випробування з метою визначення впливу на вогнестійкість елементів конструкцій. Частина 8. Реактивні вогнезахисні матеріали для сталевих конструкцій). Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 80 p.
13. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 (ENV 13381-4:2002, NEQ). Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності. (2008). Київ: Мінрегіонбуд України, 65 с.
14. Калафат К, Вахитова Л. Каталог средств огнезащиты стальных конструкций 2017. Публикация. Метінвест. 2017. 91 с.

15. Пронин Д. Г. Огнестойкость стальных несущих конструкций. *Публикация*. Аксиом графикас юнион. 2015. 52 с.
16. Вахитова Л. Н., Калафат К. В. Основы огнезащиты стальных конструкций. *Промислове виробництво та інженерні споруди*. Київ, 2015, № 2. С. 23–27.
17. Огнезащита воздуховодов. *Публикация*. URL : <http://croz.ru/katalog/ognezashchita-vozdukhovodov> (дата звернення 20.02.2021).
18. EN 13501-1:2018 Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using data from reaction to fire tests (Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 1. Класифікація за результатами випробувань щодо реакції на вогонь).
19. ETAG № 018-1:2004. Guide for the European technical approval of fire protective products – Part 1: General (Настанови щодо технічного схвалення вогнезахисних матеріалів в Європі – Частина 1: Загальні вимоги). URL: <https://itec.es/certificacion/files/etag-018-part-1-april-2013.pdf> (дата звернення : 20.02.2021)
20. EN 16623:2015. Paints and varnishes – Reactive coatings for fire protection of metallic substrates – Definitions, requirements, characteristics and marking (Лаки та фарби. Реактивні покриття для вогнезахисту металевих поверхонь. Визначення понять, вимоги, характеристики та маркування).
21. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Мінрегіон України, 2017. 41 с.
22. ДСТУ Б В.1.1-14:2007 Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Колони. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-4:1999, NEQ). Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 9 с.
23. ДСТУ Б В.1.1-13:2007 Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Колони. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-3:1999, NEQ). Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 7 с.
24. EGOLF EA 5 Fire Testing. Method for the measurement of bonding properties of fire protection materials applied to steel, concrete and steel/concrete composite structures (Метод визначення властивостей, що характеризують зчеплення вогнезахисних матеріалів, які наносять на сталеві, бетонні і сталезалізобетонні конструкції).

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 (Rehlement (IeS) № 305/2011 Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady vid 9 bereznia 2011 roku shcho vstanovliuie harmonizovani umovy dlia rozmishchennia na rynku budivelnykh vyrobiv ta skasovuie Dyrektyvu Rady 89/106/IeEC). – OJ L 88, 4.4.2011. P. 5 – 43 [in English].
2. EAD 350402-00-1106 Reactive coatings for fire protection of steel elements (Reaktyvni pokryttia dlia vohnezakhystu stalevykh konstruksii) [in English].
3. EAD 350140-00-1106 Renderings and rendering kits intended for fire resistant applications (Shtukaturky i komplekty, do skladu yakykh vony vkhodiat, dlia zabezpechennia vohnestiikosti) [in English].
4. EAD 350142-00-1106 Fire protective board, slab and mat products and kits (Vohnezakhysni paneli, plyty i maty ta komplekty, do skladu yakykh vony vkhodiat) [in English].
5. EN 13501-2:2016 Fire classification of construction products and building elements – Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services (Pozhezhna klasyfikatsiia budivelnykh vyrobiv i budivelnykh konstruksii. Chastyna 2. Klasyfikatsiia za rezultatamy vyprobuvan na vohnestiikist, krim skladnykiv ventyliatsiinykh system) [in English].
6. EN 13501-3:2005+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements – Part 3: Classification using data from fire resistance tests on products and elements used in building service installations: fire resisting ducts and fire dampers (Pozhezhna klasyfikatsiia budivelnykh vyrobiv i budivelnykh konstruksii. Chastyna 3. Klasyfikatsiia za rezultatamy vyprobuvan na vohnestiikist vyrobiv ta konstruksii, yaki vykorystovuiut v inzhenernykh systemakh budivel. Vohnestiiki povitrovody ta protypozhezhni klapany) [in English].
7. EN 1365-3 Fire resistance tests for loadbearing elements – Part 3: Beams (Vyprobuvannia nesuchykh konstruksii na vohnestiikist. Chastyna 3. Balky) [in English].
8. EN 1365-4 Fire resistance tests for loadbearing elements – Part 4: Columns (Vyprobuvannia nesuchykh konstruksii na vohnestiikist. Chastyna 4. Kolony) [in English].
9. EN 1366-1:2014. Fire resistance tests for service installations – Part 1: Ventilation ducts (Vyprobuvannia na vohnestiikist inzhenernykh system – Chastyna 1: Ventyliatsiini povitrovody). EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2014 CEN. 54 r. [in English].
10. DSTU B V.1.1-16:2007. Zakhyst vid pozhezhi. Povitrovody. Metod vyprobuvannia na vohnestiikist. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 10 s. [in Ukrainian].
11. EN 13381-4:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Metody vyprobuvannia z metoiu vyznachennia vplyvu na vohnestiikist elementiv konstruksii. Chastyna 4. Pasyvni vohnezakhysni materialy dlia stalevykh konstruksii). Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 83 r. [in English].
12. EN 13381-8:2013 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (Metody vyprobuvannia z metoiu vyznachennia vplyvu na vohnestiikist elementiv konstruksii. Chastyna 8. Reaktyvni vohnezakhysni materialy dlia stalevykh konstruksii). Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 80 r. [in English].
13. DSTU B V.1.1-17:2007 (ENV 13381-4:2002, NEQ). Vohnezakhysni pokryttia dlia budivelnykh nesuchykh metalevykh konstruksii. Metod vyznachennia vohnezakhysnoi zdatnosti. (2008). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 65 s. [in Ukrainian].
14. Kalafat K., Vakhytova L. (2017) Kataloh sredstv ohnezashchyty stalnykh konstruksyi. *Publykatsiia*. Metinvest. 91 s. [in Russian].
15. Pronyn D. H. (2015) Ohnestoikost stalnykh nesushchykh konstruksyi. *Publykatsiia*. Aksyom hrafyks yunyon. 52 s. [in Russian].
16. Vakhytova L. N., Kalafat K. V. (2015) Основы ohnezashchyty stalnykh konstruksii. *Promyslove vyrobnytstvo ta inzhenerni sporudy*. № 2. S. 23–27. [in Ukrainian].
17. Ohnezashchyta vozdukhovodov. *Publykatsiia*. URL : <http://croz.ru/katalog/ognezashchita-vozdukhovodov> [in Ukrainian].
18. EN 13501-1:2018 Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using data from reaction to fire tests (Pozhezhna klasyfikatsiia budivelnykh vyrobiv i

- budivelnikh konstruksii. Chastyna 1. Klasyfikatsiia za rezultatamy vyprobuvan shchodo reaktsii na vohon) [in English].
19. ETAG № 018-1:2004. Guide for the European technical approval of fire protective products – Part 1: General (Nastanovy shchodo tekhnichnoho skhvalennia vohnezakhysnykh materialiv v Yevropi – Chastyna 1: Zahalni vymohy). URL: <https://itec.es/certificacion/files/etag-018-part-1-april-2013.pdf>. [in English].
 20. EN 16623:2015. Paints and varnishes – Reactive coatings for fire protection of metallic substrates – Definitions, requirements, characteristics and marking (Laky ta farby. Reaktyvni pokryttia dlia vohnezakhystu metalevykh poverkhon. Vyznachennia poniat, vymohy, kharakterystyky ta markuvannia). [in English].
 21. DBN V.1.1-7:2016 Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva. Zahalni vymohy. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2017. 41 s. [in Ukrainian].
 22. DSTU B V.1.1-14:2007 Zakhyst vid pozhezhi. Budivelni konstruksii. Kolony. Metod vyprobuvannia na vohnestiikist (EN 1365-4:1999, NEQ). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 9 s. [in Ukrainian].
 23. DSTU B V.1.1-13:2007 Zakhyst vid pozhezhi. Budivelni konstruksii. Kolony. Metod vyprobuvannia na vohnestiikist (EN 1365-3:1999, NEQ). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 7 s. [in Ukrainian].
 24. EGOLF EA 5 Fire Testing. Method for the measurement of bonding properties of fire protection materials applied to steel, concrete and steel/concrete composite structures (Metod vyznachennia vlastyvostei, shcho kharakteryzuiut zchepлення vohnezakhysnykh materialiv, yaki nanosiat na stalevi, betonni i stalezalizobetonni konstruksii) [in English].

ASSESSMENT OF CONFORMITY OF RENDERINGS FOR FIRE PROTECTION OF STEEL-BASED BUILDING STRUCTURES

S. Novak², V. Drizhd¹, O. Dobrostan²

¹*Research and Production Enterprise "Spetsmaterialy"*

²*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

KEYWORDS	ANNOTATION
building construction, fire protection renderings, fire protection, fire resistance, conformity assessment, quality indicators, reaction to fire	Given the need to comply with the basic requirements set out in the Regulations for Construction Products (CPR), it is important to develop a procedure for assessing the conformity of fire protection renderings intended for coating used for fire protection of steel-based building structures. The article presents the main indicators of the quality of these renderings, which are the reaction to fire, fire resistance and reliability, which are subject to assessment for compliance with the basic requirement of CPR "Safety in case of fire". It is shown that the peculiarity of the reliability test is the presence of a procedure for comparing the results obtained using samples, some of which are subjected to artificial exposure under given exposure conditions (environment), which correspond to the category of use, and the second are control samples. The indicators used to assess reliability are adhesion (strength of adhesion to the steel surface), thermal insulation and the results of visual observations. During these tests, steel plates with nominal dimensions of 500 mm × 500 mm and a thickness of at least 5 mm are used. It is established that depending on the category of use of rendering can be assessed for compliance with other basic requirements of CPR on such indicators as content, release and (or) release of hazardous substances; vapor permeability; mechanical strength and stability; impact and shear resistance; air noise protection; sound absorption; shock noise protection; thermal conductivity. During production control, the density of dry mortar, freshly prepared mortar and mortar that has hardened must be checked; duration of setting and viability of freshly prepared mortar; adhesion and heat-insulating ability of the mortar which has hardened. The adhesion of the rendering must be checked at the place of fire protection works. Methods of testing and checking the quality of renderings intended for fire protection of steel-based building structures are determined.

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ШТУКАТУРОК ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СТАЛЬНОЙ ОСНОВЕ

С. Новак², В. Дридж¹, А. Добростан²

¹*Научно-производственное предприятие «Спецматериалы»*

²*Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите.*

Ключевые слова	Аннотация
строительная конструкция, огнезащитная штукатурка, огнезащита, огнестойкость, оценка соответствия, показатели качества, реакция на огонь	Учитывая необходимость выполнения основных требований, которые содержатся в Регламенте строительных изделий (CPR), актуальным является вопрос о разработке процедуры оценки соответствия огнезащитных штукатурок, предназначенных для нанесения покрытий, которые используются для огнезащиты строительных конструкций на стальной основе. Основные показатели качества указанных штукатурок : реакция на огонь, огнестойкость и надежность, подлежащие оценке на соответствие основному требованию CPR «Безопасность в случае пожара». Установлено, что в зависимости от категории использования штукатурки могут подлежать оценке соответствия другим основным требованиям CPR. Определены методы испытания и проверки показателей качества штукатурок, предназначенных для огнезащиты строительных конструкций на стальной основе.

УДК 614.841.2

ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПРОЕКЦІЇ ТІЛА ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ

Ковалишин В. В. *, Хлевной О. В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції:
01.11.2020

Пройшла рецензування:
16.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

евакуація, площа горизонтальної проекції, діти шкільного віку, фотозйомка з глибинним масштабом, графічний редактор.

АНОТАЦІЯ

Статтю присвячено дослідженню зміни середнього значення площі горизонтальної проекції сучасної дитини з віком. Експериментальним шляхом було визначено площу горизонтальної проекції 472 дитини віком 6 – 17 років. Результати замірів свідчать про те, що, у порівнянні з даними, отриманими в 1974 році, антропометричні дані дітей не зазнали суттєвих змін. При цьому виявлено суттєве зменшення (на 27%) середнього значення площі горизонтальної проекції шкільної сумки в учнів вікової групи 14-17 років.

Отримані результати можуть бути використані для збільшення точності моделювання процесів евакуації із будівель закладів середньої освіти та нормування розмірів евакуаційних шляхів і виходів.

Постановка проблеми. 1 січня 2020 року набув чинності ДСТУ 8828-2019 «Пожежна безпека. Загальні положення», в якому, у порівнянні із попереднім ГОСТ 12.1.004-91, передбачено ряд нововведень. Так, відповідно до п. А.2.5 передбачено можливість визначення часу евакуації людей із будівель та споруд трьома можливими способами: за спрощеною аналітичною моделлю руху людського потоку; за математичною моделлю індивідуально-потокowego руху людей; за імітаційно-стохастичною моделлю руху людських потоків (у попередньому стандарті було регламентовано лише використання спрощеної аналітичної моделі руху) [1]. Використання індивідуально-потоковой та імітаційно-стохастичної моделей руху дають змогу отримувати точніші результати, оскільки дозволяють враховувати такі аспекти, як неодноразовість злиття потоків у різних місцях, фізичний та емоційний стани людей, переформування та розтікання потоків та ряд інших [2]. Для

здійснення розрахунків за цими моделями розроблено ряд комп'ютерних програмних комплексів, які забезпечують високу швидкість розрахунків та чудову візуалізацію отриманих результатів.

Вихідними даними для здійснення розрахунків за усіма моделями є об'ємно-планувальні рішення приміщень та індивідуальні параметри людей, що перебувають у цих приміщеннях. Одним із таких параметрів є середня площа горизонтальної проекції людини. В ДСТУ 8828-2019 визначено різноманітні варіанти цього параметру [1]: для дорослих людей, для дітей та підлітків, для людей із різними видами вантажу, для людей із обмеженою мобільністю.

Особливої уваги заслуговує такий параметр, як середня площа горизонтальної проекції дітей та підлітків, оскільки ця категорія населення характеризується значною варіативністю антропометричних параметрів і точності розрахунку площі

*kovalyshyn.v@gmail.com

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.54-60>
2518-1777/©2020 ІДУНДЦ ЦЗ

горизонтальної проекції в такому випадку досягнути найважче.

Варто відзначити, що у все тому ж ДСТУ 8828-2019 діти та підлітки поділені на 3 вікові групи (до 9 років, 10-13 років та 14-16 років), а середні площі горизонтальних проекцій визначені експериментальним шляхом для трьох випадків – у літньому (домашньому) одязі, у літньому одязі з шкільною сумкою та в зимовому одязі з шкільною сумкою).

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Ці експерименти проводилися ще у 1974 році [цит. за 3] – у час, коли наявна технічні засоби не дозволяли здійснювати розрахунки із високою точністю. Методика вимірювання площі була запропонована ще давніше – у 1951 році А. І. Милінським [4]. Також обов'язково необхідно врахувати, що тогочасний дизайн радянських шкільних сумок (як і одягу) не вирізнявся особливою варіабельністю, чого не скажеш про сучасні реалії. Зважаючи на ці факти, виникає потреба додаткового дослідити антропометричні дані сучасних дітей для отримання більшої точності при розрахунках часу евакуації із закладів освіти.

Метою статті є презентація результатів дослідження зміни середнього значення площі горизонтальної проекції тіла сучасної дитини з віком.

Виклад основного матеріалу. Статистика свідчить, що станом на 1 вересня 2019 року у закладах середньої освіти навчалось 4138 тис. учнів [5]. 23 січня Кабінет Міністрів України презентував оцінку чисельності наявного населення України станом на 1 грудня 2019 року [6]. Відповідно до цих даних співвідношення хлопчиків та дівчаток серед дітей шкільного віку складає відповідно 52% та 48%. Ці дані було враховано для забезпечення репрезентативності вибіркової сукупності під час проведення досліджень.

Проведення експерименту. В рамках дослідження було визначено площу горизонтальної проекції 472 дитини віком 6 – 17 років. Віковий та гендерний розподіл учасників експерименту представлено у табл. 1.

Виходячи із допустимої статистичної похибки 5%, було визначено мінімальний розмір вибірки (форм. 1).

$$n = \frac{1}{\Delta^2 + 1/N} = \frac{1}{0,05^2 + 1/4138000} = 400, \quad (1)$$

де, N – обсяг генеральної сукупності (загальна кількість учнів закладів середньої освіти), Δ – допустима статистична похибка.

Перший етап експерименту передбачав здійснення планової фотозйомки з глибинним масштабом. Метою цього етапу було отримання 3-х варіантів фотографій (у літньому одязі, у літньому одязі з шкільною сумкою та у зимовому одязі з шкільною сумкою) кожного учасника експерименту за допомогою фотокамери, встановленої на висоті 3 м. Всіх учасників фотографували на білому листі площею 1 м² (рис. 1). Під час фотозйомки оптична вісь об'єктива співпадала з горизонтальною віссю симетрії людини, а фокальна площина фотокамери була встановлена паралельно до підлоги. Одночасно із фотографуванням вимірювалось значення ширини горизонтальної проекції учасника (за наявності шкільної сумки вимірювання здійснювалося на рівні найвищої точки сумки).

Подальші обрахунки виконувались у графічному редакторі Corel Draw 12 із застосуванням скрипта GetArea. Усі фотографії імпортувалися до редактора, обрізалися та масштабувалися (саме для цього і потрібен був квадратний аркуш розміром 1 x 1 м) (рис. 2). Отримані зображення не давали змогу точно визначити площу геометричної проекції учасника експерименту, оскільки мало місце перспективне спотворення. Щоб позбутися

спотворення було використано результати замірів ширини горизонтальної проекції на

рівні найвищої точки шкільної сумки (рис. 3).

Таблиця 1 – Віковий та гендерний розподіл учасників експерименту

	6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		Всього	
	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%	К-ть	%
Чоловіча	19	51	22	52,4	21	51,2	25	52,1	20	51	23	53	22	51,2	25	52,1	21	53	20	53	19	51,4	8	50	245	52
Жіноча	18	49	20	47,6	20	48,8	23	47,9	19	49	20	47	21	48,8	23	47,9	19	48	18	47	18	48,6	8	50	227	48
Всього	37		42		41		48		39		43		43		48		40		38		37		16		472	



а) б) в)

Рисунок 1 – Фото учасника експерименту: а) – у літньому одязі; б) – у літньому одязі зі шкільною сумкою; в) – в зимовому одязі зі шкільною сумкою.



Рисунок 2 – Масштабування у графічному редакторі

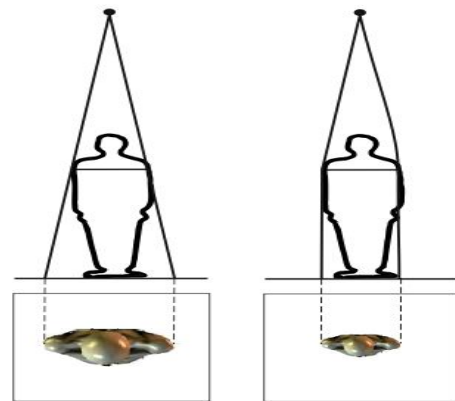


Рисунок 3 – Усунення перспективного спотворення

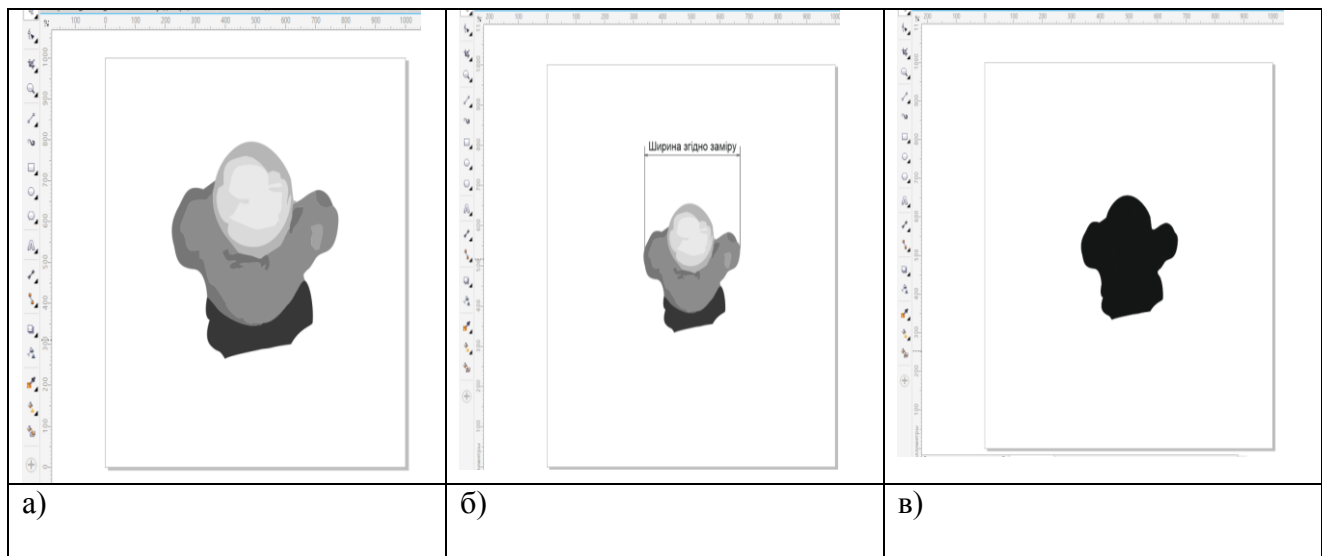


Рисунок 4 – Отримання криволінійної фігури для визначення площі: а) фігура після трасування; б) фігура після усунення перспективного спотворення; в) криволінійна фігура для визначення площі.

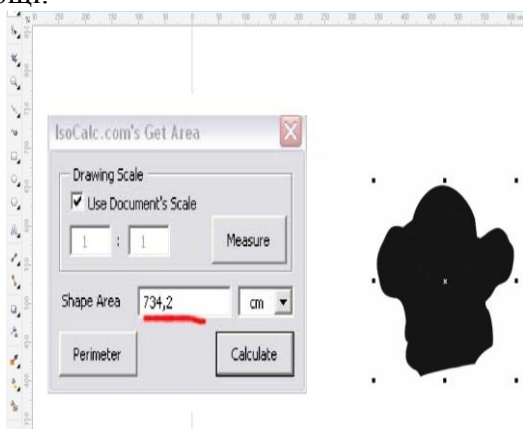


Рисунок 5 – Визначення площі криволінійної фігури.

Для цього відбувалося трасування фотографії з метою отримання криволінійної фігури та повторне її масштабування відповідно до замірів. В результаті отримували криволінійну фігуру, придатну для подальшого визначення площі (рис. 4).

На завершальному етапі за допомогою скрипта GetArea обчислювали значення площі фігури. Отримані дані зберігалися і вносилися до бази даних із зазначенням віку та статі учасника, а криволінійні фігури заносилися до бібліотеки фігур з метою використання у подальших дослідженнях

(рис. 5). Такий спосіб давав змогу легко і оперативно отримувати велику кількість точних експериментальних даних.

Аналіз експериментальних даних.

Для аналізу отриманих експериментальних результатів було використано табличний редактор Microsoft Excel. Використання цього редактора дало змогу побудувати графіки залежності площі горизонтальної проекції дитини f (м²) як функції від віку k (років) (рис. 6).

Результати замірів свідчать про те, що, у порівнянні з даними, отриманими в 1974 році, антропометричні дані дітей не зазнали суттєвих змін. При цьому варто відзначити суттєве зменшення (на 27%) середнього значення площі горизонтальної проекції шкільної сумки в учнів вікової групи 14-17 років, тоді як площа проекції сумки в дітей молодшого шкільного віку дещо збільшилася (на 5-7%).

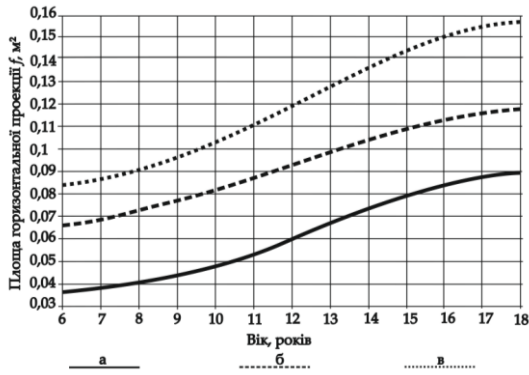


Рисунок 6 – Залежність площі горизонтальної проекції дітей від їх віку: а – у літньому одязі; б – у літньому одязі зі шкільною сумкою; в – в зимовому одязі зі шкільною сумкою.

Усереднені значення площ горизонтальних проекцій для різних вікових груп наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Площі горизонтальної проекції дітей та підлітків

Вік (років)	Площі горизонтальної проекції дітей, м ²		
	у літньому одязі	у літньому одязі зі шкільною сумкою	в зимовому одязі зі шкільною сумкою
6	0,038	0,066	0,084
7	0,039	0,069	0,088
8	0,04	0,072	0,09
9	0,043	0,077	0,097
10	0,049	0,081	0,103
11	0,053	0,087	0,11
12	0,06	0,093	0,12
13	0,068	0,1	0,129
14	0,073	0,104	0,137
15	0,08	0,11	0,143
16	0,084	0,112	0,149
17	0,088	0,116	0,155

Висновки та напрями подальших досліджень.

Визначення площ горизонтальної проекції дітей та підлітків є трудомісткою задачею, оскільки, через варіативність антропометричних даних цієї категорії населення, потребує великої кількості замірів.

Використання планової фотозйомки з глибинним масштабом із подальшою обробкою отриманих зображень за допомогою графічного редактора дозволяє суттєво збільшити швидкість проведення експериментальних досліджень, а, відтак, отримати більше даних та забезпечити більшу точність розрахунків.

У статті експериментальним шляхом було розраховано площі горизонтальної проекції 472 дітей різного віку – від 6 до 17 років. Встановлено, що дані про площі горизонтальної проекції шкільних сумок, наведені в ДСТУ 8828-2019 потребують уточнення. Отримані результати можуть бути використані для збільшення точності моделювання процесів евакуації із будівель закладів середньої освіти та нормування розмірів евакуаційних шляхів і виходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 163 с.
2. Тесленко О. М., Цимбалістий С. З., Кравченко Н. В., Доценко О. Г., Крикун О. М. Аналіз існуючих програмних комплексів для розрахунку часу евакуації людей під час пожежі. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. Київ, 2019. № 1 (7). С. 33 – 39.
3. Ніжник В., Тесленко О., Цимбалістий С., Кравченко Н. Щодо розрахунку часу евакуації дітей з шкільних і дошкільних закладів у разі пожежі. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека* № 1 (1) 2016. С. 81 – 87.
4. Милинский А.И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения : дисс. ... канд. техн. наук. М., 1951. 178 с.
5. Заклади загальної середньої освіти (за даними Міністерства освіти і науки України). // Офіційний сайт МОН України / МОН України. URL : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2005/osv_rik/osv_u/znz_u.html (дата звернення : 25.02.2021)
6. Жінок в Україні на 2,7 млн більше, ніж чоловіків — результати електронного перепису. / Вебсайт «Громадське». URL : <https://hromadske.ua/posts/zhinok-v-ukrayini-na-27-mln-bilshe-nizh-cholovikiv-rezultati-elektronnogo-perepisu> (дата звернення : 25.02.2021).

REFERENCES

1. DSTU 8828: 2019. Fire safety. Terms. [Valid from 2020-01-01]. Kind. ofits. Kyiv, 2018. 163 p. [in Ukr.].
2. Teslenko O., Tsymbalistyi S., Kravchenko N., Dotsenko O., Krykun O. (2019) Analysis of existing software complexes for calculating the evacuation time of people during a fire. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, Vol 1 (7). P. 33-39 (in Ukr.).
3. Research and calculation of patterns of movement of flows of schoolboys. MISI report, Moscow, 1975 [in Russ.].
4. Milinsky A.I. *Investigation of the process of evacuation of buildings of mass use*: diss. ... Cand. tech. sciences. M., 1951.178 p. [in Russ.].
5. Pledged a home middle education (for the data of the Ministry of Education and Science of Ukraine). URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2005/osv_rik/osv_u/znz_u.html [in Ukr.].
6. 2.7 million more women in Ukraine than men – the results of an electronic census. URL: <https://hromadske.ua/posts/zhinok-v-ukrayini-na-27-mln-bilshe-nizh-cholovikiv-rezultati-elektronnogo-perepisu> [in Ukr.].

DETERMINATION OF HORIZONTAL PROJECTION AREAS OF SCHOOL-AGE CHILDREN

V. Kovalyshyn, A. Hlevnoy

Lviv State University of Life Safety

KEYWORDS	ANNOTATION
evacuation, horizontal projection area, school-age children, deep-scale photography, graphic editor.	<p>The article deals with determining of the horizontal projection areas of children and adolescents. This task is time-consuming, because, due to the variability of anthropometric data of children and adolescents, a large number of measurements should be performed. DSTU 8828-2019 lists the average areas of horizontal projections, determined experimentally for three cases - children and adolescents in summer (home) clothes, children and adolescents in summer clothes with a school bag and children (adolescents) in winter clothes with a school bag. These experiments were conducted in 1974, when the available technical means did not allow performing calculations with high accuracy.</p> <p>The aim of the article is to study the change in the average value of the area of the horizontal projection of modern children according to their age.</p> <p>During the study horizontal projection areas of 472 children aged 6 - 17 years were determined. The first stage of the experiment involved the obtaining of planned photography with a deep scale of each participant. Subsequent calculations were performed in the graphic editor Corel Draw 12. All photos were imported into the editor, scaled and traced. The area of the obtained figures was determined using the GetArea script after eliminating the perspective distortion.</p> <p>The results of the measurements show that, in comparison with the data obtained in 1974, the anthropometric data of children have not undergone significant changes. It should be noted a significant decrease (by 27%) in the average value of the horizontal projection area of the school bag (students aged 14-17 years), while the area of the projection of the bag in children of primary school age increased slightly (by 5-7%).</p> <p>The obtained results can be used to increase the accuracy of the evacuation processes modelling from the buildings of secondary schools and also for standardization of the evacuation routes and exits dimensions.</p>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИИ ТЕЛА ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

В. Ковалишин, О. Хлевной

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:	АНОТАЦІЯ
эвакуация, площадь горизонтальной проекции, дети школьного возраста, фотосъемка с глубинным масштабом, графический редактор.	<p>Статья посвящена исследованию изменения среднего значения площади горизонтальной проекции тела современного ребенка с возрастом. Экспериментальным путем была определена площадь горизонтальной проекции 472 детей в возрасте 6 - 17 лет. Результаты замеров свидетельствуют о том, что, по сравнению с данными, полученными в 1974 году, антропометрические данные детей не претерпели существенных изменений. При этом выявлено существенное уменьшение (на 27%) среднего значения площади горизонтальной проекции школьной сумки у учащихся возрастной группы 14-17 лет.</p> <p>Полученные результаты могут быть использованы для увеличения точности моделирования процессов эвакуации из зданий учреждений среднего образования и нормирования размеров эвакуационных путей и выходов.</p>

УДК 351.862; 355.58

СПРОМОЖНОСТІ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ: ПОШУК КАТЕГОРІАЛЬНО-ПОНЯТТЄВОГО АПАРАТУ

Коробкін В. Ф., Слюсар А. А.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 21.11.2020

Пройшла рецензування: 28.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

аналіз, визначення, нормативний акт, оцінювання, спроможність, термінологія, формування, цивільний захист.

АНОТАЦІЯ

Наведено аналіз нормативних актів, теоретичних та прикладних досліджень щодо визначення сутності поняття «спроможності» у сфері цивільного захисту. Визначені основні носії спроможностей. Для оцінювання спроможностей запропоновані терміни «спроможності аварійно-рятувального формування», «спроможність працівника підрозділу», зазначено вимоги до «спроможностей засобів цивільного захисту та засобів протипожежного захисту».

Постановка проблеми.

Законодавством України [1] встановлено необхідність проведення оцінювання стану і готовності складових сектору безпеки і оборони до виконання завдань за призначенням, за результатами якого розробляються та уточнюються концептуальні документи щодо розвитку складових сектору безпеки і оборони та визначаються заходи, спрямовані на досягнення ними необхідних спроможностей до виконання завдань за призначенням у поточних і прогнозованих умовах безпекового середовища. Натепер, стосовно сектору оборони, фахівцями визначено базові компоненти (складові) спроможностей, вже розроблено підходи до визначення спроможностей частин і підрозділів військових формувань держави до виконання завдань за призначенням, здійснюється оцінювання спроможностей угруповань військ (сил) за групами, створена структура Каталогу спроможностей Збройних Сил України, визначено сутність поняття «спроможність» сил оборони та його взаємозв'язок з поняттями «можливість» і «здатність» [2] для поступового переходу, з використанням сучасних євроатлантичних підходів, на нові принципи стратегічного й оборонного планування на основі розвитку спроможностей, орієнтованих на загрози.

В той же час робота щодо методології визначення спроможностей у сфері цивільного захисту (надалі – ЦЗ) здійснюється на початковому етапі. Слід підкреслити, що положеннями [3] передбачено проведення аналізу спроможностей функціональних та територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту (надалі – ЄДСЦЗ), сил ЦЗ щодо ефективності та оперативності реагування на прогнозовані надзвичайні ситуації, здатності оперативне розв'язувати завдання за призначенням. Разом з тим, на сьогодні ще не існує єдиної термінології, понять та визначень щодо спроможностей у сфері ЦЗ, не проведено дослідження властивостей і вимог до спроможностей, їх систематизація за функціональним призначенням та наукове обґрунтування основних базових компонентів та функціональних груп спроможностей сфери ЦЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд наукових публікацій показує, що існує достатньо досліджень стосовно визначення спроможностей окремих складових сектора безпеки і оборони України. При цьому, у своїй більшості, наукові праці стосуються визначення та оцінювання спроможностей ЗС України. Так, Городнов В. П. розглянув існуючі підходи до проведення

rasulsa2591@ukr.net.

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.61-68>

2518-1777/©2020 ІДУНДЦ ЦЗ

інспектувань і перевірок по визначенню спроможності частин і підрозділів спеціального призначення військових формувань держави виконувати бойові завдання за призначенням [4], у статті [5] наведено підходи до інформатизації процесів оборонного планування на основі спроможностей за видами планування, В. Биченков, А. Корецький, О. Оксіюк, В. Вялкова визначили функціональні групи спроможностей з розділенням на класи [6], Семененко В., Антоненко С., Мудрак Ю. здійснили аналіз проблем організації та проведення огляду спроможностей в Збройних Силах України [7], у [8] проаналізовані наявні наукові та організаційно-правові підходи щодо стратегічного планування розвитку спроможностей військ (сил) в секторі безпеки і оборони України. Чисельні дослідження щодо спроможностей в секторі безпеки і оборони здійснили фахівці Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. Крім цього, розроблені нормативні документи серед яких [9, 10] є основоположними.

Тоді як, у сфері цивільного захисту дослідження стосовно визначення спроможностей сил та засобів ЦЗ, окремих підрозділів ДСНС, територіальних органів ДСНС тощо тільки розпочато [11, 12].

Автори [11] на основі «...власного теоретичного дослідження» пропонують визначення спроможності як здатності «...структурної одиниці (елементу) ЄДСЦЗ або сукупності сил і засобів цивільного захисту оперативно розв'язувати завдання за призначенням (забезпечувати реалізацію визначених цілей) за певних умов обстановки, ресурсного забезпечення та відповідно до встановлених стандартів». Також автори прагнуть встановити базові компоненти структури такої спроможності. Однак, слід зазначити, на сьогодні у цій сфері не напрацьовані необхідні методологічні основи, немає єдиного бачення та визначення поняття «спроможність» і інших понять, визначень, які повинні бути визначальними при застосуванні процедур

моніторингу спроможностей у процесі поступового переходу на відповідну методологію оцінювання спроможностей організаційних структур ЄДСЦЗ, органів управління ЦЗ, підрозділів ДСНС, що виконують завдання з реагування на надзвичайні ситуації за певних умов обстановки та ресурсного забезпечення. Розв'язання цих питань сприятиме підвищенню ефективності та оперативності реагування на прогнозовані надзвичайні ситуації, що підтверджує актуальність даної роботи.

Формулювання цілей дослідження. Метою статті є аналіз нормативних актів, теоретичних та прикладних досліджень щодо визначення сутності поняття «спроможності» у сфері ЦЗ, обґрунтування особливостей і систематизація за функціональним призначенням основних термінів та визначень щодо оцінювання спроможностей у сфері ЦЗ.

Виклад основного матеріалу. Для здійснення планування на основі спроможностей у сфері ЦЗ важливим є визначення основоположних термінів, визначень, понять, сутності їх змісту, що формує та в подальшому стає методологічною основою для створення та забезпечення системних логічних зв'язків при організації роботи, постановки завдань, при плануванні тощо. Термінологія потребує особливо пильної уваги, тому що саме в законодавчій мові точність формулювання і вживання термінів відіграє найважливішу роль, бо від цього залежить ефективність дії правових норм. Терміни покликані сприяти найбільш точному, стислому і інформативному викладу змісту нормативно-правових актів. Відсутність єдності термінології порушує узгодженість системи нормативно-правових актів, призводить до недотримання вироблених окремих правил при організації роботи.

Кожен термін повинен мати ознаки, до яких слід віднести системність, точність, тенденція до однозначності та наявність дефініції (означення). У зв'язку з чим був проведений аналіз нормативно-правових

актів і матеріалів, що містять інформацію про спроможності у сфері ЦЗ. Аналіз показав, що в більшості нормативно-правових актів і матеріалів у сфері ЦЗ поняття «спроможність» законодавець застосовує тільки останні роки. Зазначимо, на сьогодні нормативно-правова база, спеціальні та наукові джерела [2, 3, 13, 14, 15] тощо не дають однозначного та чіткого визначення цього поняття.

Необхідно зазначити й те, що у Кодексі цивільного захисту України та інших діючих законодавчих актах, що прийняті у 2000-2015 роках, поняття «спроможність» щодо сфери ЦЗ не визначено і не використовується. В той же час основні положення та вимоги цих актів можуть бути основою для визначення загальних напрямів, функцій або створення структури спроможностей у сфері ЦЗ. Слід наголосити, що у [1] та інших діючих законодавчих актах визначення «спроможність» використовується стосовно питань воєнної безпеки та оборони.

Змістовний порівняний аналіз документів [3, 13] свідчить, що в [3] визначення терміну «спроможність» відсутнє, але само поняття використовується. Так передбачено «аналіз, оцінку і уточнення необхідних можливостей (спроможностей) МВС за визначеними сценаріями і ситуаціями; визначення спроможності систем оповіщення...; проведення аналізу спроможностей функціональних та територіальних підсистем ЄДСЦЗ, сил ЦЗ.

Водночас в [13] вживаються терміни: вимоги до спроможностей (оперативних, бойових, спеціальних); спроможність (оперативна, бойова, спеціальна); спільні оборонні спроможності; функціональна група спроможностей; визначені функціональні групи спроможностей; огляд спроможностей за їх функціональними групами.

Окрім того, змістовний аналіз цієї постанови [13] свідчить, що за результатами оцінювання спроможностей формуються висновки щодо спроможностей сил оборони та

визначаються недостатні спроможності, які підлягають створенню; існуючі спроможності, які необхідно розвивати; надлишкові спроможності, від яких необхідно позбавитись з метою вивільнення ресурсів та необхідні спроможності.

В [15] визначення сутності «спроможностей» ДСНС немає, але поняття «спроможність» використовується, крім того визначено напрями підвищення спроможностей ДСНС України, а саме ефективне управління ЄДСЦЗ, оснащення сил ЦЗ сучасними видами техніки, засобами та спорядженням, а також забезпечення виконання у взаємодії з іншими складовими сектору безпеки і оборони завдань з протидії загрозам національній безпеці у сфері ЦЗ.

Варто відмітити, що нормативними актами МО України [9, 10, 16] визначені основні терміни та поняття щодо оборонного планування на основі спроможностей, які розроблені на підставі міжнародної практики та описані відповідними стандартами і публікаціями НАТО [17]. Деякі поняття та терміни щодо спроможностей доцільно використовувати також у сфері ЦЗ з деякими уточненнями, а саме такі поняття, як спроможність, базові компоненти (складові) спроможностей, організація, персонал тощо. Разом з тим інші визначення потребують коригування, або розробки нових з урахуванням специфіки діяльності сил ЦЗ та використання засобів ЦЗ.

Розроблення та уточнення понятійного апарату дасть змогу провести визначення спроможностей та їх носіїв у сфері ЦЗ для їх класифікації, систематизації за функціональним призначенням, визначення та обґрунтування основних базових компонентів і віднесення їх до функціональних груп спроможностей для подальшого включення до Каталогу спроможностей ЦЗ.

За аналогією з [9] спроможність (оперативна, технічна, спеціальна) – це здатність структурної одиниці (елементу) сил ЦЗ або сукупності сил і засобів виконувати певні завдання (забезпечувати

реалізацію визначених завдань) за певних умов обстановки, ресурсного забезпечення та відповідно до встановлених норм і вимог керівних документів.

Вимоги до спроможностей повинні містити перелік умов (фізичних технічних тощо), критеріїв та показників виконання завдань, що визначають здатність структурної одиниці (елементу) сил ЦЗ або сукупності сил і засобів виконувати ці завдання в таких умовах обстановки, ресурсного забезпечення що містяться в ситуаціях за сценаріями та в керівних документах.

За аналогією з [9] до основних типів носіїв спроможностей у сфері ЦЗ слід віднести:

організаційні структури цивільного захисту: аварійно-рятувальні служби, формування ЦЗ, загони, центри, пожежно-рятувальні підрозділи (частини), установи та організації тощо;

органи управління ЄДСЦЗ України усіх рівнів;

окремі засоби - літаки, вертольоти, безпілотні авіаційні комплекси, судна, автомобільна та інженерна техніка, засоби цивільного та протипожежного захисту;

системи: автоматизованого управління силами та засобами, моніторингу, обміну даними обстановки, оповіщення, менеджменту ресурсного забезпечення тощо, що включають відповідне обладнання та програмне забезпечення.

Ключовими термінами, що потребують першочергового визначення, на нашу думку, є «спроможність» та «вимоги до спроможностей», які необхідні для проведення оцінюванні стану здатності носіїв спроможностей забезпечити виконання конкретного завдання (комплексу завдань) стосовно реагування на надзвичайні ситуації (далі – НС), управління силами, застосування засобів ЦЗ, ресурсного забезпечення тощо з урахуванням типу носія.

Тобто, ці терміни мають визначати кількісно-якісні показники, умови та критерії, що характеризують вимоги до спроможностей конкретного носія.

Наприклад, спроможність ланки газодимозахисної служби – це здатність

газодимозахисників, що діють у складі ланки (не менше як трьох осіб) виконувати завдання щодо рятування людей, проведення розвідки, евакуювання матеріальних цінностей, гасіння пожеж, проведення аварійно-рятувальних робіт, ліквідації НС у загазованих і задимлених середовищах протягом розрахункового часу на визначеній території.

Вимоги до спроможності аварійно-рятувального формування можна сформулювати наступним чином – це кількісно-якісні показники, умови та критерії, які характеризують здатність конкретної організаційної структури цивільного захисту (загону, частини, підрозділу тощо) до виконання визначених завдань протягом реального часу за певних умов обстановки, ресурсного забезпечення та відповідно до встановлених норм, статутів, положень.

Спроможності органів управління та координації ЄДСЦЗ охоплюють спроможності органів управління та координації на усіх рівнях, від державного до об'єктового, а саме апарату РНБО, Кабінету Міністрів України, МВС, ДСНС та підпорядкованих їй формувань, функціональних та територіальних підсистем та їх ланок. Така система потребує розроблення відповідних термінів і понять щодо спроможностей на кожному рівні управління та координації та взаємодії між органами управління.

Багато питань виникає щодо спроможностей використання ресурсного потенціалу ЦЗ. Це пов'язано з наявністю у формуваннях ЦЗ як типових так і не типових видів різноманітних засобів. У Кодексі цивільного захисту України визначено категорії засобів ЦЗ та засобів протипожежного захисту. Але такий розподіл не дає можливості визначити їх спроможності. Для цього необхідно визначати спроможності окремих засобів ЦЗ та засобів протипожежного захисту, а також сукупності засобів виконувати покладені завдання в певних умовах обстановки та ресурсного забезпечення. Тому, для вирішення цих питань, необхідно розроблення відповідних термінів і понять щодо спроможностей

засобів ЦЗ та засобів протипожежного захисту.

Спроможності засобів ЦЗ та засобів протипожежного захисту це їх здатність автоматично або під керуванням фахівця виконувати спеціалізовану роботу в умовах НС протягом визначеного часу із залученням ресурсів, що забезпечують його функціонування певний час. Спроможності основних засобів ЦЗ та засобів протипожежного захисту, що мають відповідні технічні характеристики і є важливими при виконанні робіт з ліквідації наслідків НС, повинні бути внесені до Каталогу спроможностей ЦЗ.

Спроможності засобу ЦЗ та засобів протипожежного захисту визначаються (деталізуються) тактико-технічними характеристиками, стандартами, інструкціями щодо застосування. Для оцінювання і порівняння спроможностей окремих засобів ЦЗ та засобів протипожежного захисту має бути створена відповідна база даних.

Висновки та напрями подальшого дослідження. Враховуючи вищевикладене, вважаємо за доцільне у процесі поступового переходу на відповідну методологію планування на

основі спроможностей при реагуванні на НС необхідно напрацювати та визначити єдину термінологію щодо спроможностей у сфері ЦЗ і ввести до глосарію. У подальшому, терміни щодо спроможностей ЦЗ повинні бути закріплені у нормативно-правових актах або в базових нормативних актах (стандартах).

Сучасна мова науки і техніки висуває до термінів певні вимоги. Основними з яких є: однозначність – термін має визначати тільки одне наукове або технічне поняття, а поняттю відповідає тільки один термін; системність – будь-який термін існує як термін тільки у певній терміносистемі. Поза її межами він стає звичайним словом.

Розроблена з урахування таких вимог термінологія сприятиме більш розбірливому підходу до розроблення показників та критеріїв для оцінювання спроможностей ЦЗ, дослідженню властивостей і вимог до спроможностей, їх систематизації за функціональним призначенням та науковому обґрунтуванню основних базових компонентів і функціональних груп спроможностей у сфері ЦЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. *Голос України*, від 07.07.2018. № 122. // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> (дата звернення : 10.08.2020).
2. Сурков О. О., Білик В. І., Рубан Д. В., Устименко В. В. Системний аналіз взаємозв'язку “спроможності”, “можливості” та “здатності” сил оборони. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2017. № 3–4. С. 60–74. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/nivanb_2017_3-4_7 (дата звернення : 10.08.2020)
3. Про затвердження Порядку проведення огляду громадської безпеки та цивільного захисту Міністерством внутрішніх справ: постанова Кабінету Міністрів України від 22 травня 2019 р. № 507 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/507-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення 14.08.2020).
4. Городнов В. П., Кириленко В.А., Репило Ю.Є. Підходи до визначення спроможності частин і підрозділів спеціального призначення військових формувань держави до виконання завдань за призначенням. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. Харків, 2011. № 1(27). С. 10–13. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/2788> (дата звернення 14.08.2020).
5. Леонтович С. П. Обґрунтування підходів до порядку інформатизації процесів організації оборонного планування на основі спроможностей. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. Київ, 2018. № 3(64). URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJR (дата звернення 14.08.2020).
6. Биченков В. В., Корецький А. А., Оксіюк О. Г., Вялкова В. І. Оцінювання спроможностей угруповань військ (сил) за функціональною групою “Застосування” DOI: 10.15587/1729-

- 4061.2018.142175.
7. Семененко В. М., Антоненко С. І., Мудрак Ю. М. Аналіз проблем організації та проведення огляду спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. Київ, 2018. №3(64). URL http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu.gov.ua/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJR (дата звернення 12.08.2020).
 8. Саганюк Ф. В., Павліковський А. К. Підходи щодо стратегічного планування розвитку спроможностей військ (сил) в секторі безпеки і оборони України. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. Київ, 2017. № 2. С. 24 – 29. URL : http://nbu.gov.ua/UJRN/Znpscvsd_2017_2_6 (дата звернення : 12.08.2020).
 9. Рекомендації з оборонного планування на основі спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України. (12.06.2017р.) // Офіційний Вебсайт МО України / МО України. URL : http://www.mil.gov.ua/content/other/Recommendationson_CBP_120617.pdf (дата звернення : 14.08.2020).
 10. Військовий стандарт ВСТ 01.004.006-2017 (01) «Воєнна політика, безпека та стратегічне планування. Стратегічне планування розвитку спроможностей Збройних Сил України. Терміни та визначення». Управління стандартизації, кодифікації та каталогізації (від 28.04.2017 № 5). К. : МОУ, 2017.
 11. Калиненко Л., Слюсар А., Фомін А., Борисова А. Спроможності у сфері цивільного захисту. *Науковий вісник: цивільний захист та пожежна безпека*. №1(9).2020. С. 4-13. URL : <https://doi.org/10.33269/nvcs.2020.1.4-13> (дата звернення 25.12.2020) (дата звернення : 1.08.2020).
 12. Резнікова О. О., Войтовський К. Є. Лепіхов А. В. Національні системи оцінки ризиків і загроз: кращі світові практики, нові можливості для України: аналіт. Доповідь. За заг. ред. О.О. Резнікової. Київ. НІСД, 2020. // Офіційний Вебсайт НІСС / НІСС. URL : <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-07/dopovid.pdf> (дата звернення : 14.08.2020).
 13. Про затвердження Порядку проведення оборонного огляду Міністерством оборони: Постанова КМ України від 31 жовтня 2018 р. № 941 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/941-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення 14.08.2020).
 14. Іващенко А. М., Павліковський А. К., Сівоха І. М. Концепція оборонного планування на основі розвитку спроможностей: проблеми впровадження. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. 2017. № 3–4. С. 53–58. URL : <http://znpscvsd.nuou.org.ua/article/download/125516/119973> (дата звернення : 14.08.2020)
 15. Концепція розвитку сектору безпеки і оборони України: Указ Президента України від 14 березня 2016 року № 92 «Про рішення РНБО України від 4 березня 2016 року». // Офіційний веб-сайт Президента України / Президент України. URL : <http://www.president.gov.ua/documents/922016-19832> (дата звернення 20.10.2017).
 16. Єдиний перелік (каталог) спроможностей Міністерства оборони України та Збройних Силах України. Затверджено Міністром оборони України від 28.11.2017 р. Київ: МОУ, 2017. 356 с.
 17. NATO Defence Planning Process // Сайт. URL: https://www.nato.int/cps/ua/natohq/topics_49202.htm.

REFERENCES

1. Pro natsionalnu bezpeku Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 21.06.2018 № 2469-VIII. Holos Ukrainy, vid 07.07.2018. № 122. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> (data zvernennia 10.08.2020) [].
2. Surkov O. O., Bilyk V. I., Ruban D. V., Ustylenko V. V. Systemnyi analiz vzaiemozviazku “sprognoznosti”, “mozhlivosti” ta “zdatnosti” syl oborony. *Naukovyi chasopys Akademii natsionalnoi bezpeky*. 2017. № 3–4. S. 60–74. URL:http://nbu.gov.ua/UJRN/nivanb_2017_3-4_7 (data zvernennia 10.08.2020)
3. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia ohliadu hromadskoi bezpeky ta tsyvilnoho zakhystu Ministerstvom vnutrishnikh sprav: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 22 travnia 2019 r. № 507. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/507-2019-%D0%BF#Text> (data zvernennia 14.08.2020).
4. Horodnov V. P., Kyrylenko V.A., Repylo Yu.Ie. Pidkhody do vyznachennia spromozhnosti chastyn i pidrozdiliv spetsialnoho pryznachennia viiskovykh formuvan derzhavy do vykonannia zavdan za pryznachenniam. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl*. Kharkiv, 2011. № 1(27). S. 10–13. URL: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/2788> (data zvernennia 14.08.2020).
5. Leontovych S. P. Obruntuvannia pidkhodiv do poriadku informatyzatsii protsesiv orhanizatsii

- oboronnoho planuvannia na osnovi spromozhnosti. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Cherniakhovskoho. Kyiv, 2018. № 3(64). URL: http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJR (data zvernennia 14.08.2020).
6. Bychenkov V. V., Koretskyi A. A., Oksiiuk O. H., Vialkova V. I. Otsiniuvannia spromozhnosti uhrupovan viisk (syl) za funktsionalnoiu hrupoiu "Zastosuvannia" DOI: 10.15587/1729-4061.2018.142175.
 7. Semenenko V. M., Antonenko S. I., Mudrak Yu. M. Analiz problem orhanizatsii ta provedennia ohliadu spromozhnosti v Ministerstvi oborony Ukrainy ta Zbroinykh Sylakh Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Cherniakhovskoho. Kyiv, 2018. №3(64). URL http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJR (data zvernennia 12.08.2020).
 8. Sahaniuk F.V., Pavlikovskyi A.K. Pidkhody shchodo stratehichnoho planuvannia rozvytku spromozhnosti viisk (syl) v sektori bezpeky i oborony Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Cherniakhovskoho. Kyiv, 2017. № 2. S. 24 – 29. URL: http://nbu.gov.ua/UJRN/Znpcvsd_2017_2_6 (data zvernennia 12.08.2020).
 9. Rekomendatsii z oboronnoho planuvannia na osnovi spromozhnosti v Ministerstvi oborony Ukrainy ta Zbroinykh Sylakh Ukrainy zatverdzeni Ministrom oborony Ukrainy 12.06.2017 roku. URL : http://www.mil.gov.ua/content/other/Recommendationson_CBP_120617.pdf (data zvernennia 14.08.2020).
 10. Viiskovyi standart VST 01.004.006-2017 (01) «Voienna polityka, bezpeka ta stratehichne planuvannia. Stratehichne planuvannia rozvytku spromozhnosti Zbroinykh Syl Ukrainy. Terminy ta vyznachennia» / Upravlinnia standartyzatsii, kodyfikatsii ta katalogizatsii (vid 28.04.2017 № 5). – K. : MOU, 2017.
 11. Kalynenko L., Sliusar A., Fomin A., Borysova A. Spromozhnosti u sferi tsyvilnoho zakhystu. Naukovyi visnyk: tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka. №1(9).2020. S. 4-13. URL : <https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.1.4-13> (data zvernennia 25.12.2020) (data zvernennia : 1.08.2020)12. Reznikova O.O., Voitovskyi K.Ie. Lepikhov A.V. Natsionalni systemy otsinky ryzykiv i zahroz: krashchi sivitovi praktyky, novi mozhlyvosti dlia Ukrainy: analit. Dopovid. Za zah. red. O.O. Reznikovi. Kyiv. NISD, 2020. URL:<https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-07/dopovid.pdf> (data zvernennia 14.08.2020).
 13. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia oboronnoho ohliadu Ministerstvom oborony: Postanova KM Ukrainy vid 31 zhovtnia 2018 r. № 941 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/941-2018-%D0%BF#Text> (data zvernennia 14.08.2020).
 14. Ivashchenko A. M., Pavlikovskyi A. K., Sivokha I. M. Kontsepsiia oboronnoho planuvannia na osnovi rozvytku spromozhnosti: problemy vprovadzhennia. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Cherniakhivskoho. 2017. № 3–4. S. 53–58. URL:<http://znp-cvsd.nuou.org.ua/article/download/125516/119973> (data zvernennia 14.08.2020)
 15. Kontsepsiia rozvytku sektoru bezpeky i oborony Ukrainy: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 14 bereznia 2016 roku № 92 «Pro rishennia RNBO Ukrainy vid 4 bereznia 2016 roku». URL: <http://www.president.gov.ua/documents/922016-19832> (data zvernennia 20.10.2017).
 16. Yedynyi perelik (kataloh) spromozhnosti Ministerstva oborony Ukrainy ta Zbroinykh Sylakh Ukrainy. Zatverdzheno Ministrom oborony Ukrainy vid 28.11.2017 r. Kyiv: MOU, 2017. 356 s.
 17. NATO Defence Planning Process // Sait URL: https://www.nato.int/cps/ua/natohq/topics_49202.htm.

CIVIL PROTECTION CAPABILITIES: SEARCH FOR THE CONCEPTUAL APPARATUS

V.Korobkin, A.Slusary

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection

KEYWORDS

analysis, regulatory framework, normative act, assessment, capability, terminology, formation, civil protection.

ANNOTATION

Emphasis is focused on the fact that Ukrainian legislation requires inspection and estimation of the state and readiness in security's components and protection sectors performance of task as intended. Based on the results of which conceptual documents on the development of the security's components and protection sector are developed and specified. Also measures at achieving the necessary capabilities to perform tasks as intended in the current and predicted security environment. This article analyzes normative acts and materials, theoretical researches to determine the essence of the concept of "capability" in civil protection, through their systematization by functional purpose. It was made a comparative analysis of documents adopted by the Ministry of Defense and the Ministry of Interior of Ukraine either identified types and requirements for capabilities, their functional groups. The main types of carriers of capabilities in the sphere of civil protection are proposed: emergency rescue formations - emergency rescue units, independent units, detachments, centers, fire and rescue units (units); governing bodies of the SES of Ukraine; means of civil protection and means of fire protection; systems: automated control of forces and means, situation data exchange, notification, resource management, etc., including relevant equipment and software. For the purpose of systematization by functional purpose, determination of the main basic components and functional groups of capabilities, the expediency of developing terminology for carriers of capabilities in civil protection, as basic structural elements, is substantiated. The definitions of the term "emergency rescue capability", "emergency rescue officer's capability" and "civil protection and fire protection capability", which are detailed in tactical and technical characteristics, standards, instructions for use.

ВОЗМОЖНОСТИ В СФЕРЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ: ПОИСК КАТЕГОРИАЛЬНО-ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА

В. Коробкин, А. Слюсар

Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите

KEYWORDS

анализ, определение, нормативный акт, оценка, возможность, терминология, формирование, гражданская защита

ANNOTATION

Приведен анализ нормативных актов, теоретических и прикладных исследований по определению сущности понятия «возможности» в сфере гражданской защиты. Определены основные носители «возможностей». Для оценки «возможностей» предложены определения «возможности аварийно-спасательного формирования», «способность работника подразделения», указаны требования к «возможностям средств гражданской защиты и средств противопожарной защиты»

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР ПОЖАРА

Поклонський В.Г.^{1*}, Круковський П.Г.¹, Новак С. В.²

¹Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

²Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції:
01.11.2020

Пройшла рецензування:
16.11.2020

КЛЮЧЕВІ СЛОВА:

огнестійкість, залізобетонні конструкції, стандартним температурним режимом, температурний режим реального пожеги, численого моделювання

Постановка проблеми. Все більш актуальною в останні роки стає задача визначення меж огнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій. Підвищений інтерес до цієї проблеми викликаний зростанням висотності будівель, зростаючою складністю і відповідальністю будівель, пошкодження конструкцій яких при пожезі може призвести до катастрофічних наслідків. Додаткові труднощі виникають при розрахунку і проектуванні відповідальних конструкцій з великими прольотами, розвинутими поперечними сеченнями, насиченими арматурою різних видів. В той же час, за останнє десятиліття відзначається зростання кількості пожег. При проектуванні повинна бути гарантована захист несучої конструктивної системи будівлі від

АННОТАЦІЯ

Розроблена методика численого дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій перекриттів з урахуванням нестационарних полів температур в арматурі і бетоні при стандартному температурному режимі і температурному режимі реального пожеги. В межах методики використовуються характеристики матеріалів, приведені в ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2, а також вихідні дані, необхідні для застосування уточненого методу розрахунку. Ці дані встановлюються шляхом аналізу наявних в літературі експериментальних даних і характеристик матеріалів, приведені в Єврокодах. Методика ілюструється на прикладі розрахунку на огнестійкість залізобетонної плити перекриття. Проведені розрахунки з реалізацією зв'язаних термоміцності завдань в програмному комплексі ANSYS. Результати розрахунків добре збігаються з представленими літературними експериментальними даними. Використання запропонованої методики дозволяє достатньо точно оцінити огнестійкість залізобетонних конструкцій і прогнозувати їх напружено-деформоване стан при пожезі.

обрушення при пожезі, забезпечувана саме огнестійкістю будівельних конструкцій. Розрахунок конструкцій на огнестійкість повинен відображати їх реальну роботу при спільному впливі статическої навантаження і високотемпературних впливів пожеги.

Використання розрахункових методів дає можливість на стадії проектування оцінити огнестійкість залізобетонних конструкцій, перевірити їх відповідність будівельним нормам, розробити пропозиції по забезпеченню необхідного ступеня огнестійкості будівлі. Для забезпечення встановлених вимог пожежної безпеки при проектуванні залізобетонних конструкцій, в частині розрахунків на огнестійкість, розроблений Єврокод 2 і відповідний йому національний стандарт ДСТУ-Н Б EN 1992-

*v.poklonsky@ukr.net.

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.69-82>
2518-1777/©2020 ІДУНДЦ ЦЗ

1-2 [1]. В этом документе приведено три метода оценки огнестойкости железобетонных конструкций: табличные данные, упрощенные методы расчета и уточненные методы расчета.

При оценке огнестойкости конструкций уточненными методами расчета учитываются все факторы, которые оказывают существенное воздействие на напряженно-деформированное состояние конструкции при пожаре. Определяют повышение и распространение температуры в конструкции в заданный момент времени (теплотехнический расчет) и механическое поведение конструкции (статический расчет), при этом учитывается соответствующий сценарий пожара. Для учета особенностей работы железобетона в реальных конструкциях при высокотемпературных воздействиях необходимо применение различных теорий деформирования и прочности бетона и арматурной стали. Точность результатов расчета напряженно-деформированного состояния конструкций при пожаре взаимосвязана с точностью задания параметров математической модели, в том числе свойств бетона.

Учитывая наличие ряда преимуществ расчетных методов оценки огнестойкости железобетонных конструкций перед экспериментальными методами, например, отсутствие необходимости проведения материалозатратных испытаний, актуальными следует считать исследования, направленные на дальнейшее их совершенствование и развитие.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблеме огнестойкости железобетонных конструкций посвящены работы Б.Г.Демчины [2], С.Ф. Клованича [3], М.И. Колякова [2], А.Ф. Милованова [4], В.М. Ройтмана [5], С.Л. Фомина [6], А.И. Яковлева [7], V.K.R. Kodur [8], T. Gernay[9], J. Franssenc[9] и многочисленные работы других исследователей.

Исследования, проведенные Б.А. Альтшулером [10], В.И. Корсуном [11],

А.П. Кричевским [12], А.Ф. Миловановым [4], С.Л. Фоминым [7], А.И. Яковлевым [7], U.Schneider [13], Y. Anderberg [14], R. Jansson [15] показывают, что прочность и деформативность бетона при повышенных температурах значительно изменяются и зависят от температуры нагрева и продолжительности пожара, типа заполнителя, влажности бетона, масштабного фактора, наличия добавок, температурного режима, приложения нагрузки и нагрева.

Рассмотрение и анализ состояния вопроса по расчетам на огнестойкость железобетонных конструкций свидетельствует о том, что назрела настоятельная необходимость в проведении исследований, направленных на повышение точности расчетов. Решение таких задач невозможно без применения многофункциональных программных комплексов и высокопроизводительной компьютерной техники.

В национальном стандарте по проектированию огнестойких железобетонных конструкций [1] рассматривается уточненный метод расчета. Однако этапы и процедуры проведения расчетов этим методом не установлены, сформулированы лишь основные требования для создания расчетной модели уточненного метода и указывается на необходимость проверки точности расчетных моделей по результатам соответствующих испытаний.

С конца 60-х годов прошлого столетия развиваются численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела с применением ЭВМ. На сегодняшний день на основе метода конечных элементов разработано большое число коммерческих расчетных комплексов. Одним из наиболее используемых программных комплексов является ANSYS. Он позволяет проводить вычисления любой сложности, что делает этот пакет программ безусловным лидером среди остальных конкурентов. ANSYS был выбран в качестве основного в силу его

объективных преимуществ перед аналогами. Программный комплекс содержит множество специальных опций, которые позволяют получить решение с учетом нелинейных эффектов, таких как пластичность, большие деформации, ползучесть, большие перемещения, контакт, изменение жесткости, температурная зависимость, анизотропия материала. Особо следует отметить возможность проведения связанных многодисциплинарных расчетов.

В общем случае математическая модель состоит из моделей теплового и напряженно-деформированного состояний строительных конструкций при пожаре. Математическая модель учитывает радиационно-конвективный теплообмен в газовой среде от источника теплового воздействия к поверхности строительной конструкции, кондуктивный теплообмен в этой конструкции, радиационно-конвективный теплообмен от этой конструкции в окружающую среду с поверхности конструкции, которая не обогревается. Компоненты математической модели отражают основные физические процессы, которые непосредственно влияют на точность оценки огнестойкости отдельной строительной конструкции, в том числе пространственный характер распределения температур и напряжений и неоднородность строительной конструкции по структуре и физическим свойствам ее отдельных элементов.

Численное моделирование напряженно-деформированного состояния конструкций без каких-либо существенных ограничений в ANSYS основано на реализации метода конечных элементов в форме перемещений. Достоверность результатов, полученных с помощью метода конечных элементов, определяется в основном достоверностью и степенью обоснованности используемых физических моделей материала и соответствующих определяющих соотношений. Комбинация конкретных соотношений для условия текучести, закона течения и закона упрочнения/разупрочнения

определяет ту или иную модель пластического поведения материала. В ANSYS моделируются следующие типы пластического поведения: классическое линейное кинематическое упрочнение; полигональное кинематическое упрочнение; линейное изотропное упрочнение; полигональное изотропное упрочнение; анизотропное поведение; модели бетона - Друкера-Прагера, Ментери-Вильяма, Вильяма-Варнке, Базанта. Кроме того, пользователь может задать свой вариант пластической модели.

Наибольшее число специальных опций для бетона представлено в ANSYS при использовании модели Друкера – Прагера. Математическая модель критерия прочности Друкера-Прагера [16], разработанная в 1952 году, определяет разрушение материалов под влиянием пластических деформаций. Уравнение состояния Друкера-Прагера применимо для горных пород и бетона, построено на приближении к закону Мора-Кулона в виде конической поверхности.

Цель статьи. Разработка методики применения уточненного метода расчета на огнестойкость железобетонных конструкций в программном комплексе ANSYS, работающих в условиях стандартного температурного режима и режима воздействия реального пожара, с учетом реальных свойств материалов, полученных путем анализа имеющихся в литературе экспериментальных данных и характеристик материалов, приведенных в Еврокодах.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Анализ состояния вопроса в области уточненных методов расчета на огнестойкость железобетонных конструкций.

2. Проведение численного моделирования теплового состояния железобетонной плиты перекрытия и получение полей распределения температур в бетоне и арматуре при стандартном температурном режиме и режиме реального пожара.

3. Проведение статического расчета и получения напряженно-деформированного состояния железобетонной конструкций плиты перекрытия при совместном воздействии силовых и температурных нагрузок.

Изложение основного материала. *Моделирование работы железобетонной конструкции в программном комплексе ANSYS.* Для решения прочностной задачи необходимо задать модуль упругости, коэффициент Пуассона, коэффициент температурного расширения, диаграммы деформирования и модель разрушения для бетона. Все параметры являются температурозависимыми.

Свойства бетона и стали при повышенных температурах устанавливаются в соответствии с ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2 [1], ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2 [17] и ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2 [18].

Диаграммы деформирования бетона при одноосном сжатии важны также и для построения модели деформирования бетона, относящейся к неодноосным напряженным состояниям. Выбор вида диаграмм может существенно повлиять на точность получаемых решений. Прочностные и деформационные свойства при одноосном сжатии бетона при повышенных температурах определяются по диаграмме «напряжения-деформации», представленной в ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2 [1].

Железобетонные конструкции при пожаре работают в условиях совместных силовых и температурных воздействий. Испытывают неодноосные напряженные состояния, которые приводят к изменению их механического состояния и предельных условий, что необходимо учитывать при

расчетах. Поведение бетона при двухосном и трехосном нагружении изменяется по сравнению с его поведением при одноосном сжатии и растяжении [19]. Как следует из результатов экспериментальных исследований при нормальной температуре, наличие бокового обжатия в условиях двух и трехосного сжатия повышает сопротивление бетона действию сжимающих напряжений. Наибольший прирост прочности при неравномерном двухосном сжатии составляет $30 \div 40 \%$, а в случаях трехосного неравномерного сжатия прочность образцов может превосходить призматическую в несколько раз и повышается с ростом уровня бокового обжатия. Однако для области сжатия с растяжением характерно значительное снижение прочности, увеличивающееся с ростом уровня растягивающих напряжений. Поэтому в статье учитываются объемные напряженные состояния в бетоне. При задании параметров расчетной модели предел прочности при двухосном сжатии принят в соответствии с рекомендациями, приведенными в [3].

В модели бетона поверхность текучести состоит из двух пересекающихся конических поверхностей Друкера-Прагера, (рисунок 1) [20]. Поверхность текучести построена в пространстве главных напряжений и описывается соответствующими уравнениями. Для построения начальной поверхности текучести используется три параметра: предел прочности при одноосном растяжении; предел прочности при одноосном сжатии; предел прочности при двухосном сжатии.

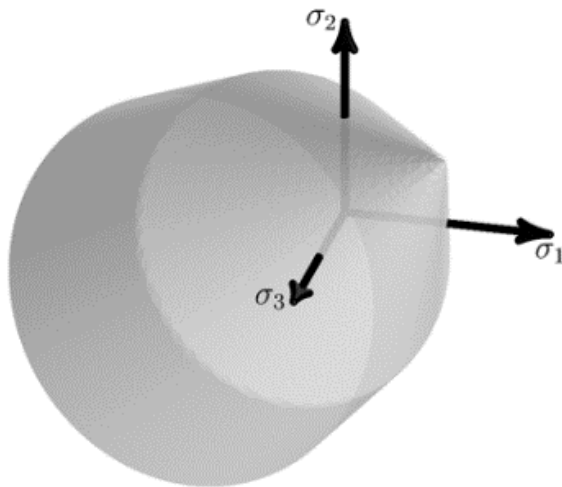


Рисунок 1 – Комбинируванна поверхність, состоящая из поверхностей текучести Друкера-Прагера при сжатии и растяжении
Модель бетона Вилама-Варнке

Растяжение и растяжение-сжатие поверхности текучести Друкера-Прагера определяется как:

$$f_{DP_t} = \frac{\sigma_e}{\sqrt{3}} + \beta_t \sigma_m - \sigma_{Yt}, \quad (1)$$

где σ_e – эквивалентные напряжения и σ_m – средние напряжения;

β_t и σ_{Yt} – константы, определяемые одноосным пределом прочности на растяжение R_t и одноосным пределом прочности на сжатие R_c :

$$\beta_t = \frac{\sqrt{3}(R_c \Omega_c - R_t \Omega_t)}{R_c \Omega_c + R_t \Omega_t}, \quad (2)$$

$$\sigma_{Yt} = \frac{2R_c \Omega_c R_t \Omega_t}{\sqrt{3}(R_c \Omega_c + R_t \Omega_t)}, \quad (3)$$

Ω_c и Ω_t являются функциями упрочнения / разупрочнения при сжатии и растяжении, которые зависят от напряжения и переменных упрочнения.

Для поверхности текучести Друкера-Прагера при растяжении и растяжении-сжатии пластический потенциал составляет:

$$Q_{DP_t} = \frac{\sigma_e}{\sqrt{3}} + \delta_t \beta_t \sigma_m. \quad (4)$$

Для нагрузки сжатия поверхность текучести Друкера-Прагера:

$$f_{DP_c} = \frac{\sigma_e}{\sqrt{3}} + \beta_c \sigma_m - \sigma_{Yc} \Omega_c, \quad (5)$$

где константы β_c и σ_{Yt} связаны с прочностью на двухосное сжатие R_b и прочностью на одноосное сжатие R_c посредством:

$$\beta_c = \frac{\sqrt{3}(R_b - R_c)}{2R_b - R_c}, \quad (6)$$

$$\sigma_{Yt} = \frac{R_b R_c}{\sqrt{3}(2R_b - R_c)}. \quad (7)$$

Пластический потенциал при сжатии составляет:

$$Q_{DP_c} = \frac{\sigma_e}{\sqrt{3}} + \delta_c \beta_c \sigma_m, \quad (8)$$

где δ_c параметр дилатации при сжатии.

Железобетон является комплексным материалом, состоящим из бетона и стальной арматуры, которые работают совместно, но обладают различными механическими и реологическими свойствами, которые в условиях высокотемпературного нагрева меняются в различной степени. Применен “дискретный” подход, с представлением арматуры отдельными стержнями. Бетон и арматура моделируются объемными элементами. Подход не требует привязки сетки конечных элементов к шагу арматуры, что позволяет применять его к задачам с реальными размерами. Возможность учитывать характер совместной работы бетона и арматуры при нагреве – появление усилий из-за разности температурных деформаций, и другие эффекты. Такой подход целесообразен при воспроизведении экспериментов.

Воздействие пожара на железобетонную конструкцию является нестационарным процессом. Нестационарный тепловой анализ используется программным комплексом для получения распределения температурных полей в железобетонной конструкции. Проектирование железобетонной плиты перекрытия выполнялось в модуле Design Modeller программы ANSYS. Затем осуществлялись последовательно расчёты в модулях TRANSIENT THERMAL и STATIC STRUCTURAL.

Компьютерная модель железобетонной плиты перекрытия, составленная в ANSYS, содержит следующие типы конечных элементов: SOLID186, CONTA174, TARGE170, SURF154. SOLID186 – объемный (трехмерный) гексаэдрический квадратичный элемент, имеющий двадцать узлов (рисунок 2). Элемент имеет квадратичное представление перемещений и в состоянии использовать нерегулярную форму сетки.

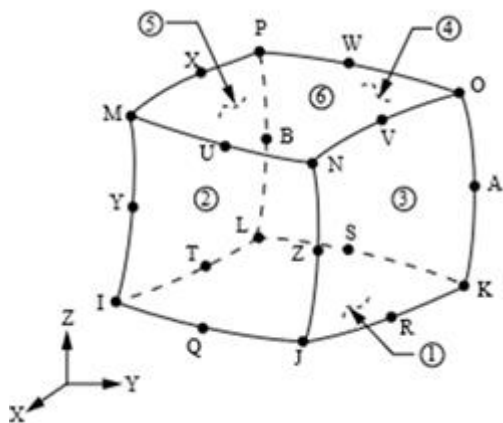


Рисунок 2 – Общий вид пространственного конечного элемента Solid186

Компьютерная модель железобетонной плиты перекрытия, составленная в ANSYS

Для взаимодействия между бетоном и арматурой вводятся контактные элементы. Контактные элементы воспринимают контактные взаимодействия, передачу усилий между одним и другим элементом. Принцип контактных пар позволяет решить задачу установления совместности на

границе раздела между бетоном и арматурой. CONTA174 – элемент для представления контакта и скольжения между двумя поверхностями в 3D пространствах. TARGE170 – элемент используется для представления ответных трёхмерных поверхностей для связи с контактным элементом CONTA174. Имеет восемь узлов.

Конечный элемент SURF154 используется для различных нагрузок и поверхностных эффектов при трехмерном структурном анализе. Он наложен на поверхность области указанных трехмерных элементов. Температуры вводятся как нагрузки на тело элемента в узлах. Геометрия, расположение узлов и система координат для этого элемента показаны на рис. 3.

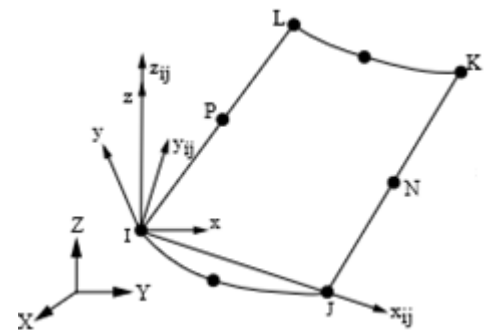


Рисунок 3 – Общий вид поверхностного элемента SURF154

Компьютерная модель железобетонной плиты перекрытия, составленная в ANSYS

Для решения задачи нестационарной теплопроводности необходимо задать значения коэффициентов теплопроводности, теплоемкости, а также плотность бетона как функции температуры.

Выполнены расчетные исследования железобетонной плиты и результаты сопоставлены с экспериментальными и расчетными данными [21] при стандартном температурном режиме и температурном режиме реального пожара (сценарий 3).

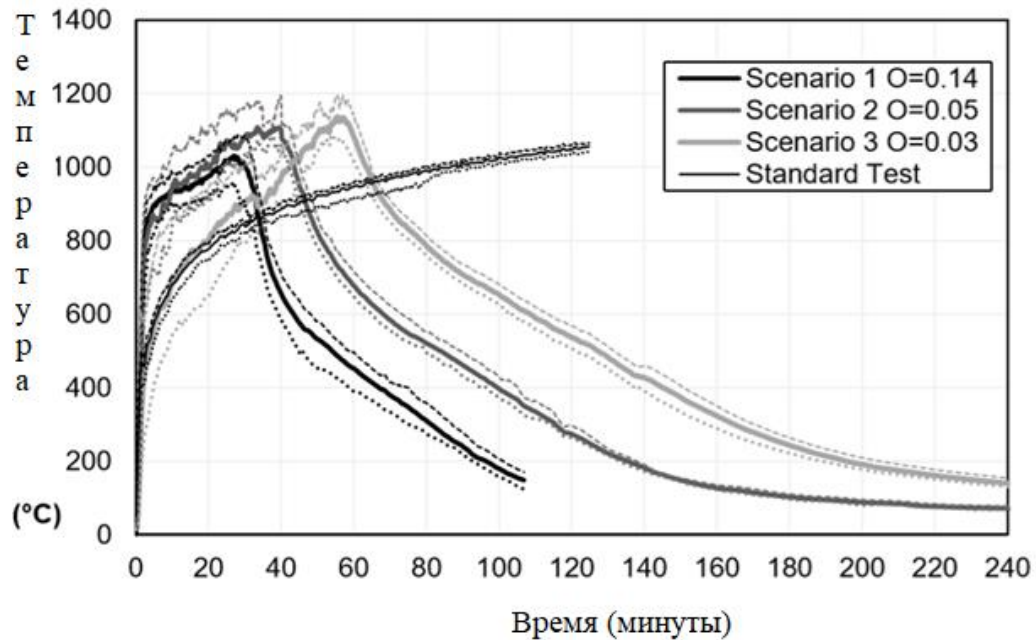


Рисунок 4 – Температура в печі [21]

Плотность тяжелого бетона при нормальной температуре составляет 2400 кг/м³. В расчетах учитывается изменение плотности бетона при повышенных температурах от потери воды.

Плотность стали принята независимой от температуры и равна 7850 кг/м³. Вызванное температурой изменение свойств в бетоне гораздо сложнее, чем в арматуре из-за миграции влаги, процессов влаго и газообмена, а также значительных изменений компонентов в разных видах бетона.

Начальная температура железобетонной конструкции до пожара принималась равной 20 °С. Температура окружающего воздуха над открытой поверхностью плиты также принимается равной 20°С и остается неизменной в течение всей продолжительности пожара. Условия радиационно-конвекционного нагрева от горячих газов к нижней поверхности плиты и охлаждения плиты в окружающую среду принятые при расчетах по стандартному температурному режиму приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Условия радиационно-конвекционного нагрева

№ п/п	Наименование величины	Значение величины	Размерность	Источник информации
1	Степень черноты поверхностей железобетонной конструкции	0,7		[1]
2	Коэффициент теплоотдачи от горячих газов к нижней поверхности плиты	25,0	Вт/(м ² К)	[1]
3	Коэффициент теплоотдачи от верхней необогреваемой поверхности плиты в окружающий воздух	4,0	Вт/(м ² К)	[1]

При расчете в режиме реального пожара коэффициент теплоотдачи от горячих газов к нижней поверхности плиты принимался равным 35,0 Вт/(м² К).

Обращенная вниз поверхность, обтекаемая раскаленным воздухом, воспринимает теплоту путем совместного конвекционного и радиационного теплообмена. По объему конструкции тепло распространяется от нагретой поверхности к поверхности охлаждения теплопроводностью, а верхняя поверхность плиты отдает теплоту в окружающую среду путем конвекционного и радиационного теплообмена.

После проведения теплотехнического расчета элементов железобетонной плиты в

модуле Transient Thermal, полученные при нестационарном расчете поля температур в бетоне и арматуре плиты, импортируются в модуль прочностных расчетов Static Structural. Нелинейные расчеты проводятся с использованием итерационной процедуры Ньютона-Рафсона с автоматическим изменением шага.

Результаты исследования.

Протестированные плиты имели размеры в плане 5900 мм² x 3900 мм² и толщину 180 мм. Плита изготовлена из бетона с карбонатным заполнителем. Арматура Ø8 мм установлена с шагом 100 мм в обоих направлениях плиты. Защитный слой бетона толщиной 20 мм. Расстояние от

обогреваемой поверхности плиты до оси арматуры 24 мм. При стандартном температурном режиме влажность на день испытания (98 день) составила 5,2%, а прочность бетона на сжатие 41 МПа. При температурном режиме реального пожара влажность на день испытания (391 день) составила 4,2%, а прочность бетона на сжатие 40 МПа.

Плита была установлена над горизонтальным отверстием печи так, что расстояние между опорами составляло 5600 мм. Нагружена равномерно распределенной нагрузкой 1,3 кН/м² (рис. 5). Расчетная схема плиты представлена на рис. 6.

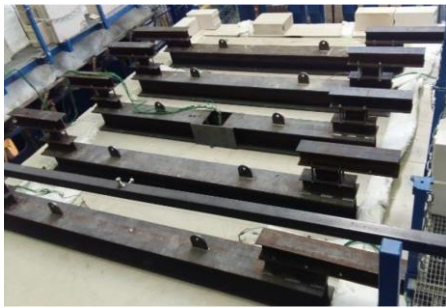


Рисунок 5 - Нагружение плиты при испытаниях [21]

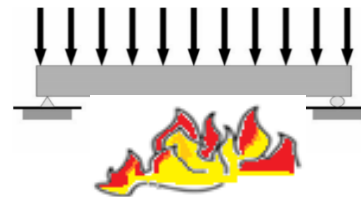


Рисунок 6 - Расчетная схема плиты перекрытия

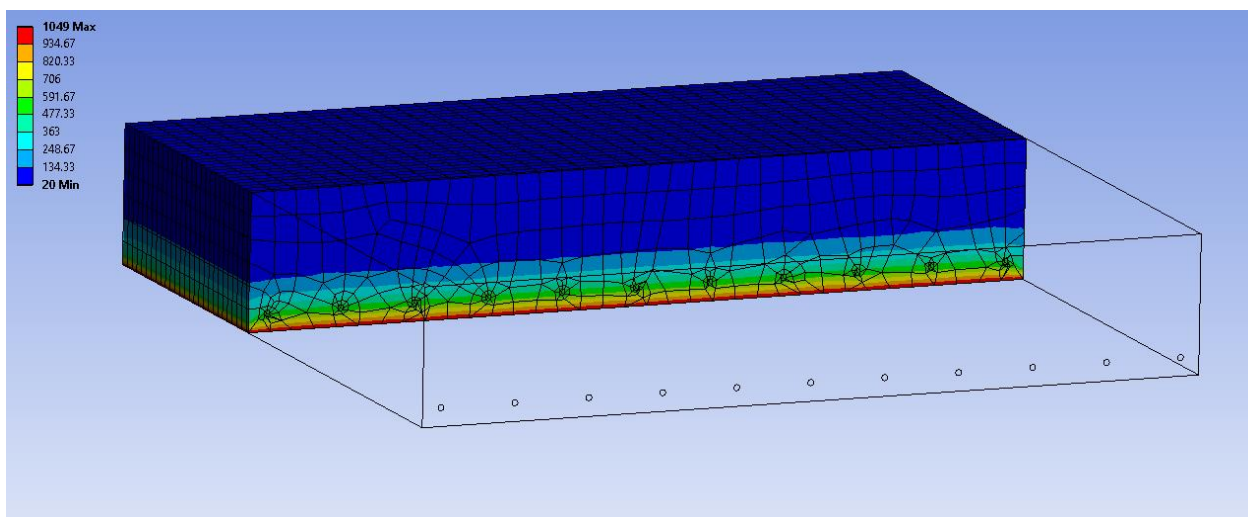


Рисунок 7 – Распределение полей температур во фрагменте плиты на 120 минуте стандартного температурного режима

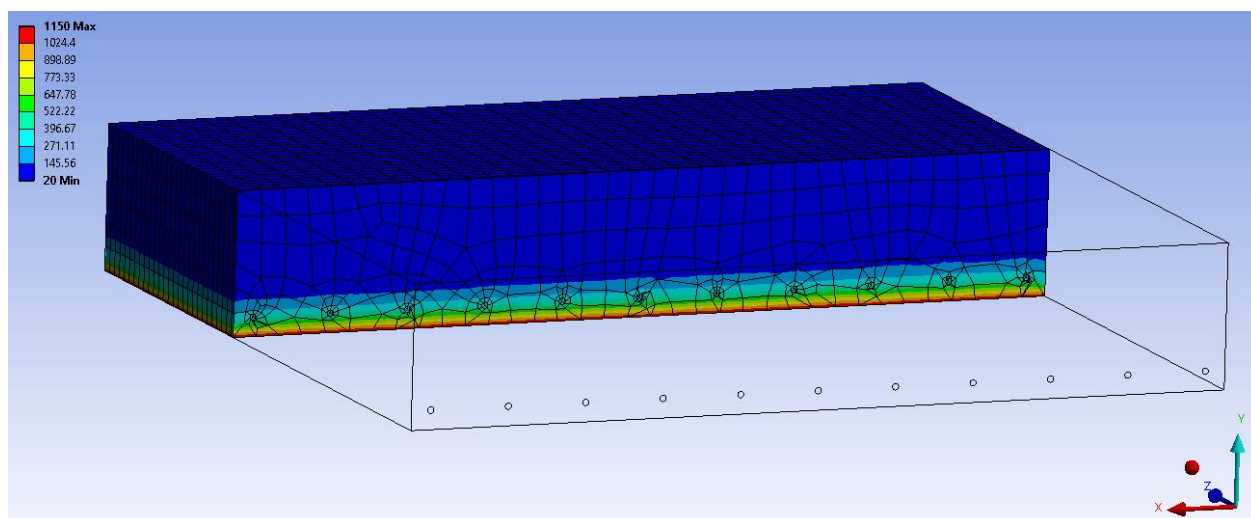


Рисунок 8 – Распределение полей температур во фрагменте плиты на 60 минуте температурного режима реального пожара [23]

Распределение полей температуры во фрагменте плиты на 120 минуте стандартного температурного режима и на 60 минуте температурного режима реального пожара представлены на рисунках 7 и 8.

У табл. 2 приведены значения температур в бетоне плиты, полученные в результате расчета на 120 минуте стандартного температурного режима, в

сопоставлении с экспериментальными данными [21].

Таблица 2 - Расчетные и экспериментальные значения температур в бетоне плиты перекрытия на 120 минуте стандартного температурного режима

Расстояние от обогреваемой поверхности	100 мм	200 мм	300 мм
Эксперимент	705	620	490
Модель ANSYS	741	596	480
Разница, %	5	-4	-2

У табл. 3 приведені значення температур в бетоні плити, отриманих в результаті розрахунку на 60 хвилин реального пожеги, в порівнянні з експериментальними даними [21].

Таблиця 3 – Розрахункові та експериментальні значення температур в бетоні плити перекриття на 60 хвилин температурного режиму реального пожеги

Відстань від обігріваної поверхні	100 мм	200 мм	300 мм
Експеримент	680	490	360
Модель ANSYS	700	463	356
Різниця, %	3	-6	-1

Результати теплотехнічних розрахунків в ANSYS виявилися достатньо близькими до результатів натурних експериментів. По результатам порівняння теплотехнічних розрахунків в ANSYS з експериментами різниця між ними не перевищує 6 %.

При нагріві плити і збільшенні часу впливу високих температур збільшується прогиб плити (рисунки 9,10).

При розрахунку в ANSYS максимальний прогиб плити в середині прольоту між опорами на 120 хвилин впливу стандартного температурного режиму становив 273 мм, а при впливі температурного режиму реального пожеги на 60 хвилин становив 254 мм.

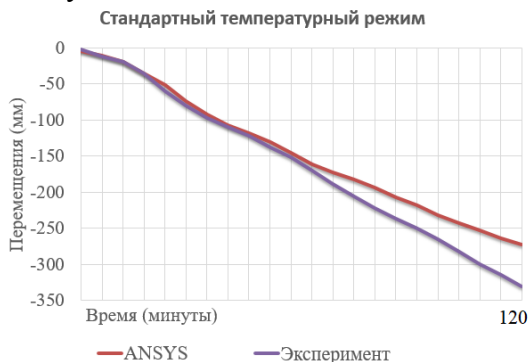


Рисунок 9 – Прогиб в середині прольоту залізобетонної плити при

стандартному температурному режимі

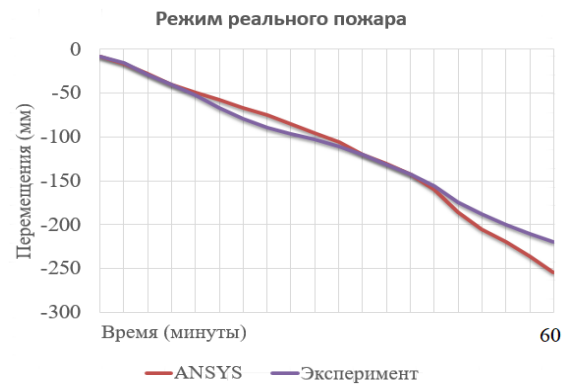


Рисунок 10 – Прогиб в середині прольоту залізобетонної плити при температурному режимі реального пожеги

Максимальне відхилення результатів розрахунків в ANSYS від прогибів, отриманих при натурних вогневих випробуваннях [21], становить відповідно 17 % і 15 %. Результати проведених розрахунків добре узгоджуються з експериментальними даними.

Розроблена методика чисельного дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій перекриттів з урахуванням нестационарних полів температур в арматурі і бетоні при стандартному температурному режимі і температурному режимі реального пожеги. При цьому використовуються характеристики матеріалів, наведені в ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2, а також вихідні дані, необхідні для застосування уточненого методу розрахунку. Ці дані встановлюються шляхом аналізу наявних в літературі експериментальних даних і характеристик матеріалів, наведених в Єврокодах. На прикладі розрахунку на вогнестійкість залізобетонної плити перекриття проведені розрахунки з реалізацією зв'язаних термоміцностних завдань в програмному комплексі ANSYS. Результати розрахунків порівняні з експериментальними даними. Використання запропонованого

метода позволяет достаточно точно оценить огнестойкость железобетонных конструкций и прогнозировать их напряженно-деформированное состояние при пожаре.

Выводы и направления последующих исследований.

Моделирование нестационарных высокотемпературных воздействий при стандартном температурном режиме, температурном режиме реального пожара и сложного напряженно-деформированного состояния опытных образцов железобетонных плит перекрытий путем нелинейного конечно-элементного расчета на огнестойкость с помощью программного комплекса ANSYS дает возможность

численно воспроизвести результаты эксперимента.

Результаты численного моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными [21]. С помощью предлагаемого метода, используя новые национальные стандарты, гармонизированные с Еврокодами, программный комплекс ANSYS, а также учитывая данные, отсутствующие в ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2, и установленные путем анализа имеющихся в литературе экспериментальных данных и характеристик материалов, приведенных в Еврокодах, можно достаточно точно оценить огнестойкость железобетонных конструкций и прогнозировать их напряженно-деформированное состояние при пожаре.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT). [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ.
2. Демчина Б. Г., Коляков М. Й. До питання розрахунку вогнетривкості залізобетонних конструкцій. *Збірник тез першої всеукраїнської науковотехнічної конференції «Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону»*. Київ.: 1996. С. 99 – 101.
3. Клованич С.Ф. Модель деформирования железобетона и расчет конструкций при сложном напряженном состоянии и нагреве: дис. д-ра техн. наук. 05.23.01. Москва, 1990. 404 с.
4. Милованов А.Ф. Работа железобетонных конструкций при высоких температурах. М., Стройиздат, 1972. 160 с.
5. Ройтман М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве. М.: Стройиздат, 1985. 590 с.
6. Фомин С. Л. Методика расчета огнестойкости монолитных зданий с безригельными каркасами. *Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць (будівництво)*. / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. Вип.74: в 2-х кн.: Книга 1. К.: ДП НДІБК, 2011. С. 228 – 239.
7. Яковлев А. И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1988. 143 с.
8. Kodur, V.K.R., Agrawal, A. An approach for evaluating residual capacity of reinforced concrete beams exposed to fire *Engineering Structures*. *J. of Engineering Structures*, V. 110, 2016. p. 293 – 306
9. Thomas Gernaya, Alain Millardb and Jean-Marc Franssenc A multiaxial constitutive model for concrete in the fire situation: Theoretical formulation. *International Journal of Solids and Structures*. V 50, I. 22–23, 2013, p. 3659-3673.
10. Альтшулер В.А. Упругопластические характеристики бетона при нагреве под нагрузкой. - «Бетон и железобетон». 1974 № 9. С. 11 – 12.
11. Корсун В. И. Напряженнодеформированное состояние железобетонных конструкций в условиях температурных воздействий. *Макеевка* : ДонГАСА, 2004. 153 с.
12. Кричевский А. П. Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурные воздействия. М.: Стройиздат, 1984. 148 с.
13. Schneider, U.: Concrete at high temperature A general review, *Fire Safety Journal*, The Netherlands, 1988, p. 55 – 68.

14. Y. Anderberg. The Effects of the Constitutive Models on the Prediction of Concrete Mechanical Behaviour and on the Design of Concrete Structures Exposed to Fire. Proceedings of the Workshop. Fire Design of Concrete Structures: What now? What next? Milan, Italy, December 2-3, 2004. p. 37 – 47.
15. R. Jansson, Measurement of concrete thermal properties at high temperatures - Brandforsk project 328-031, SP Swedish National Testing and Research Institute, 2004. 90 p.
16. Drucker, D. C., W. Prager. "Soil Mechanics and Plastic Analysis or Limit Design." Quarterly of Applied Mathematics. 10.2 (1952): 157 – 165.
17. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT).
18. ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2:2012 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні правила. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1994-1-2:2005, IDT).
19. Корсун В. І., Недорезов А. В., Макаренко С. Ю. Порівняльний аналіз критеріїв міцності для бетонів. Сучасне промислове та цивільне будівництво. 2014. Т. 10, № 1. С. 65 – 78.
20. ANSYS Element Reference. ANSYS Release 19.1 Documentation. ANSYS Inc., 2019.
21. Siyimane Mohaine, Nataša Kalaba, Jean-Marc Franssen, Luke Bisby, Alastair Bartlett, Jean-Christophe Mindeguia, Robert McNamee, Jochen Zehfuss & Fabienne Robert. Thermal and mechanical response of reinforced concrete slabs under natural and standard fires. Proceedings of the 6th International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure. Sheffield, United Kingdom, 19–20 September 2019. 320 p.

REFERENCES

1. DSTU-N B EN 1992-1-2:2012 Yevrokod 2. Proektuvannia zalizobetonnykh konstruktsii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruktsii na vohnestiikist (EN 1992-1-2:2004, IDT). [Chynnyi vid 2013-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv [in Ukrainian].
2. Demchyna B. H., Koliakov M. Y. (1996) Do pytannia rozrakhunku vohnetryvkosti zalizobetonnykh konstruktsii. *Zbirnyk tez pershoi vseukrainskoi naukovotekhnichnoi konferentsii "Naukovo-praktychni prablemy suchasnoho zalizobetonu"* Kyiv.: 1996. S. 99 – 101 [in Ukrainian].
3. Klovanych S. F. (1990) Model deformyrovaniya zhelezobetona y raschet konstruktsyi pry slozhnom napriazhennom sostoianyy y nahreve: dys. d-ra tekhn. nauk. 05.23.01. Moskva, 1990. 404 s. [in Russian].
4. Mylovanov A.F. (1972) Rabota zhelezobetonnykh konstruktsyi pry vysokyykh temperaturakh. M., Stroiyzdat. 160 s. [in Russian].
5. Roitman M.Ia. (1985) Protivopozharnoe normyrovanye v stroytelstve. M. :Stroiyzdat. 590 s. [in Russian].
6. Fomyn S. L. (2011) Metodyka rascheta ohnestoikosty monolytnykh zdanyi s bezryhelnyu karkasamy. *Mizhvidomchy nauk.-tekhn. zb. nauk. prats (budivnytstvo) / Derzhavne pidpriemstvo «Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut budivelnykh konstruktsii» Ministerstva rehionalnoho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy.* Vyp.74: v 2-kh kn.: Knyha 1. – K.: DP NDIBK. S. 228-239 [in Russian].
7. Iakovlev A. Y. Raschet ohnestoikosty stroytelnykh konstruktsyi. M.:Stroiyzdat, 1988. – 143 s. [in Russian].
8. Kodur, V.K.R., Agrawal, A. (2016) An approach for evaluating residual capacity of reinforced concrete beams exposed to fire Engineering Structures. *J. of Engineering Structures*, V. 110. p. 293-306 [in English].
9. Thomas Gernaya, Alain Millardb and Jean-Marc Franssenc (2013) A multiaxial constitutive model for concrete in the fire situation: Theoretical formulation. *International Journal of Solids and Structures*. V 50, I. 22–23. p. 3659-3673 [in English].
10. Altshuler V.A. Upruhoplastycheskiye kharakterystyky betona pry nahreve pod nahruzkoj.-«Beton y zhelezobeton». 1974 №9. S. 11-12 [in Russian].

11. Korsun V. Y. (2004) Napriazhennodeformirovannoe sostoianye zhelezobetonnykh konstruktsiy v uslovyakh temperaturnykh vozdeistviy [Tekst] / V. Y. Korsun. – Makeevka : DonHASA.153 s. [in Russian].
12. Krychevskiy A. P. (1984) Raschet zhelezobetonnykh ynzhenerykh sooruzheniy na temperaturnye vozdeistviya. M.: Stroyzdat. 148 s. [in Russian].
13. Schneider, U.: Concrete at high temperature A general review, Fire Safety Journal, The Netherlands, 1988, p. 55-68 . [in English].
14. Y. Anderberg (2004) The Effects of the Constitutive Models on the Prediction of Concrete Mechanical Behaviour and on the Design of Concrete Structures Exposed to Fire. Proceedings of the Workshop. Fire Design of Concrete Structures: What now? What next? Milan, Italy, December 2-3, 2004. r. 37-47 [in English].
15. R. Jansson (2004) Measurement of concrete thermal properties at high temperatures. Brandforsk project 328-031, SP Swedish National Testing and Research Institute. 90 r. [in English].
16. Drucker, D. C., W. Prager (1952). Soil Mechanics and Plastic Analysis or Limit Design. Quarterly of Applied Mathematics. 10.2: 157-165 [in English].
17. DSTU-N B EN 1993-1-2:2010 Yevrokod 3. Proektuvannia stalevykh konstruktsii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruktsii na vohnestiikist (EN 1993-1-2:2005, IDT) [in Ukrainian].
18. DSTU-N B EN 1994-1-2:2012 Yevrokod 4. Proektuvannia stalezalizobetonnykh konstruktsii. Chastyna 1-2. Zahalni pravyla. Rozrakhunok konstruktsii na vohnestiikist (EN 1994-1-2:2005, IDT) [in Ukrainian].
19. Korsun V. I. (2014) Porivnialnyi analiz kryteriiv mitsnosti dlia betoniv / V. I. Korsun, A. V. Niedoriezov, S. Yu. Makarenko // Suchasne promyslove ta tsyvilne budivnytstvo. 2014. T. 10, № 1. S. 65 – 78 [in English].
20. ANSYS Element Reference. ANSYS Release 19.1 Documentation. ANSYS Inc., 2019 [in English].
21. Siyimane Mohaine, Nataša Kalaba, Jean-Marc Franssen, Luke Bisby, Alastair Bartlett, Jean-Christophe Mindeguia, Robert McNamee, Jochen Zehfuss & Fabienne Robert. Thermal and mechanical response of reinforced concrete slabs under natural and standard fires. Proceedings of the 6th International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure. Sheffield, United Kingdom, 19–20 September 2019. 320 p. [in English].

REINFORCED CONCRETE SLAB CALCULATION UNDER EXPOSURE TO INCREASED FIRE TEMPERATURES

V. Poklonskyi¹, P. Krukovslyi¹, S. Novak^{2,1}

¹*Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine*

²*leading researcher of the research and testing center, Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

KEYWORDS

fire resistance, reinforced concrete structures, standard fire, natural fire, numerical modelling

ANNOTATION

For the stress-strain state numerical researches of reinforced concrete floor structures considering non-stationary temperature fields in reinforcement and concrete at a standard temperature regime and a real fire temperature regime a method has been developed. A characteristics of the materials given in DSTU-N B EN 1992-1-2 are used as part of the methodology, as well as the necessary for the application of refined calculation method initial data. These data are established by available in literature experimental data analyzing and given in Eurocodes material characteristics. Assessing the structures fire resistance, the refined calculation method takes into account all the factors that have a significant effect on the structure stress-strain state during a fire. The increasing and distribution of temperature in the structure at a given moment in time (heat engineering calculation) and the mechanical behavior of the structure (static calculation) is

determined, taking into account the corresponding fire scenario. The technique is illustrated by the reinforced concrete floor slab fire resistance calculating example. Calculations with the related thermal strength tasks implementation in the ANSYS software package have been carried out. The reinforced concrete floor slab design was carried out in the Design Modeller ANSYS software module.

Then, the calculations were carried out sequentially in the TRANSIENT THERMAL and STATIC STRUCTURAL modules. Concrete and reinforcement were modeled by volumetric elements. The approach does not require finite element mesh binding to the reinforcement spacing, which allows it to be applied to real dimensions' tasks. In the concrete model, the yield surface consists of two intersecting Drucker-Prager conical surfaces. The calculation results are in good agreement with the presented literature experimental data. The proposed method usage makes it possible to assess the reinforced concrete structures fire resistance sufficiently accurate and predict its stress-strain state during fire.

РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ПРИ ДІЇ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР НА ПОЖЕЖІ

Поклонський В.Г.^{1*}, Круковський П.Г.¹, Новак С. В.²

¹Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

²Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

АНОТАЦІЯ

вогнестійкість, залізобетонні конструкції, стандартний температурний режим, температурний режим реальної пожежі, чисельне моделювання

Розроблено методику чисельного дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій плит перекриттів з урахуванням нестационарних полів температур в арматурі і бетони за стандартним температурним режимом і температурному режимі реальної пожежі. В рамках методики використовуються характеристики матеріалів, наведені в ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2, а також вихідні дані, необхідні для застосування уточненого методу розрахунку. Ці дані встановлюються шляхом аналізу наявних в літературі експериментальних даних і характеристик матеріалів, наведених в Єврокодах. При оцінці вогнестійкості конструкцій уточненим методом розрахунку враховуються всі фактори, які справляють істотний вплив на напружено-деформований стан конструкції при пожежі. Визначають підвищення і поширення температури в конструкції в заданий момент часу (теплотехнічний розрахунок) і механічну поведінку конструкції (статичний розрахунок), при цьому враховується відповідний сценарій пожежі. Методика ілюструється на прикладі розрахунку на вогнестійкість залізобетонної плити перекриття. Проведено розрахунки з реалізацією пов'язаних термочисельних завдань в програмному комплексі ANSYS. Проектування залізобетонної плити перекриття виконувалося в модулі Design Modeller програми ANSYS. Потім здійснювалися послідовно розрахунки в модулях TRANSIENT THERMAL і STATIC STRUCTURAL. Бетон і арматура моделюються об'ємними елементами. Підхід не вимагає прив'язки сітки кінцевих елементів до кроку арматури, що дозволяє застосовувати його до завдань з реальними розмірами. У прийнятій моделі бетону поверхня плинності складається з двох пересічних кінцевих поверхонь Друкера-Прагера. Результати розрахунків добре узгоджуються з представленими літературними експериментальними даними. Використання запропонованої методики дозволяє досить точно оцінити вогнестійкість залізобетонних конструкцій і прогнозувати їх напружено-деформований стан при пожежі.

УДК 614.841.45

ВАЛІДАЦІЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ МІНІМАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ ВОГНЕЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Новак С. В.¹, Новак М. С.^{2*}

¹Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 01.11.2020

Пройшла рецензування: 16.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

валідація, вогнезахисний матеріал, вогнестійкість, мінімальна товщина матеріалу, показники точності, розрахунковий метод, сталева конструкція

АНОТАЦІЯ

Зважаючи на значимість достовірності даних щодо вогнезахисної здатності вогнезахисних матеріалів при визначенні проєктних параметрів об'єктів вогнезахисту, актуальними є дослідження, спрямовані на розвиток методів оцінювання показників якості цих матеріалів, в тому числі в частині показників точності отримуваних результатів. В статті наведено результати дослідження збіжності показників точності європейських і національних методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, призначених для захисту сталевих конструкцій, які ґрунтуються на розв'язанні рівняння теплопровідності (зі змінним і сталим коефіцієнтом теплопровідності вогнезахисного матеріалу). Під час цього дослідження для визначення показників точності європейських розрахункових методів використовували процедуру валідації, яка ґрунтується на застосуванні методу обчислювального експерименту. За цією процедурою визначено показники точності європейських методів, які наведено в EN 13381-4:2013 і EN 13381-8:2013. Встановлено, що діапазони відхилення між розрахунковими і дійсними величинами мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу для європейських методів зі змінним і сталим коефіцієнтом теплопровідності відповідно становлять від – 2,6 % до 2,4 % і від –0,3 % до 3,5 %. Встановлено, що має місце значна відмінність між значеннями показників точності європейських і національних розрахункових методів, які наведено в ДСТУ Б В.1.1-17:2007. Діапазон відхилення між розрахунковими і дійсними величинами мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу для європейських розрахункових методів значно (у 22,8 рази) менший ніж для національних методів.

Постановка проблеми. Для визначення значень мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, за яких забезпечується нормована вогнестійкість сталевих конструкцій (колон, балок), застосовують національний стандарт України ДСТУ Б В.1.1-17:2007 [1]. Результати досліджень границь придатності і точності розрахункових методів, застосованих в цьому національному стандарті, показали, що розрахункові значення мінімальної

товщини вогнезахисного матеріалу можуть значно (у два і більше разів) відрізнятися від їхніх дійсних (точних) величин [2, 3].

Зазначений національний стандарт розроблено на основі положень європейського стандарту ENV 13381-4:2002 [4]. На заміну цьому європейському стандарту впроваджено два європейські стандарти, які визначають методи оцінювання вогнезахисної здатності пасивних (EN 13381-4:2013 [5]) і реактивних (EN 13381-8:2013 [6])

*AndyAnderson1945@gmail.com.

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.83-90>

2518-1777/©2020 ІДУНДЦ ЦЗ

вогнезахисних матеріалів, призначених для вогнезахисту сталевих конструкцій. Процедури, наведені у розрахункових методах цих двох європейських стандартів, мають деякі відмінності від процедур, які подано в національному стандарті ДСТУ Б В.1.1-17:2007 [1]. Тому можна допустити, що і показники точності європейських розрахункових методів будуть іншими, ніж наведено в [2, 3].

Зважаючи на значимість достовірності даних щодо вогнезахисної здатності вогнезахисних матеріалів при визначенні проектних параметрів об'єктів вогнезахисту, актуальними слід вважати дослідження, спрямовані на подальше удосконалення і розвиток методів оцінювання показників якості цих матеріалів, в тому числі в частині показників точності отримуваних результатів.

Методи дослідження вогнезахисної здатності. Для визначення значень необхідної мінімальної товщини пасивних і реактивних вогнезахисних матеріалів, призначених для захисту сталевих конструкцій, встановлено методи, які наведено в національному стандарті ДСТУ Б В.1.1-17:2007 [1] і європейських стандартах EN 13381-4:2013 [5], EN 13381-8:2013 [6]. Сутність цих методів полягає у проведенні випробування зразків колон і балок, захищених вогнезахисним матеріалом, з метою отримання даних щодо їхньої температури під час вогневого впливу за стандартним температурним режимом, і обробленні цих даних за одним із встановлених в стандарті розрахункових методів з метою отримання значень мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, за яких забезпечується нормована вогнестійкість сталевих конструкцій з різною зведеною товщиною сталевих профілю.

У кожному із зазначених вище стандартів наведено такі чотири розрахункові методи визначення значень необхідної мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів: метод числової регресії; два методи, в яких застосовується рівняння теплопровідності (зі змінним і

сталим коефіцієнтом теплопровідності); графічний метод. Відмінності розрахункових методів, наведених у зазначених національному і європейських стандартах, полягають в тому, що європейські методи мають детальні описи, в той час, як в національних методах маю місце невизначеності в деяких розрахункових процедурах.

Результати досліджень границь придатності і точності національних розрахункових методів, показали, що розрахункові значення мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу можуть значно (у два і більше разів) відрізнятись від їхніх дійсних (точних) величин [2, 3]. Найменші відхилення від точних даних отримані при застосуванні методів, в яких використовують рівняння теплопровідності, найбільші відхилення – для методу числової регресії. Під час цих досліджень застосовували процедуру валідації, яка ґрунтується на проведенні обчислювального експерименту [3].

Через наявність відмінностей у національних і європейських розрахункових методах, не виключена можливість того, що і показники точності і границі застосування європейських методів інші, ніж для національних методів. Однак на підтвердження цього припущення не наведені відповідні розрахунки. Тому є підстави вважати, що недостатня визначеність показники точності і границі застосування європейських розрахункових методів, обумовлюють необхідність проведення досліджень в цьому напрямку.

Мета дослідження. Проведені дослідження ставили за мету визначити збіжність результатів оцінювання показників точності європейських [5, 6] і національних [1] методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, призначених для захисту сталевих конструкцій, які ґрунтуються на розв'язанні рівняння теплопровідності (зі змінним і сталим коефіцієнтом теплопровідності вогнезахисного матеріалу).

Для досягнення цієї мети вирішували такі завдання:

визначити показники точності вищезазначених європейських методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів;

оцінити збіжність між значеннями показників точності європейських і національних розрахункових методів.

Виклад основного матеріалу.

Розрахункові методи визначення мінімальної товщини пасивних вогнезахисних матеріалів, які ґрунтуються на розв'язанні рівняння теплопровідності (зі змінним і сталим коефіцієнтом теплопровідності) і наведені в європейському стандарті EN 13381-4:2013 [5], в повній мірі відповідають розрахунковим методам, які наведено в EN 13381-8:2013 [6] і призначено для оцінювання реактивних вогнезахисних матеріалів. Сутність цих двох розрахункових методів полягає у визначенні коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного матеріалу на основі експериментальних даних вимірювання температури зразків сталевих конструкцій (колон і балок) і розрахунку значень мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу шляхом розв'язання рівняння теплопровідності. Відмінністю цих розрахункових методів є те, що у методі зі змінним коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_p(\theta_p)$ вогнезахисного матеріалу значення цього коефіцієнту визначають для діапазону температури θ_p від 0 до 1000 °С, а у методі зі сталим коефіцієнтом теплопровідності λ_p – за такою формулою:

$$\lambda_p = c_0 + c_1 \times A_m / V + c_2 \times d_p, \quad (1)$$

де: A_m/V – коефіцієнт поперечного перерізу, м⁻¹;

d_p – товщина вогнезахисного матеріалу, м;
 C_0, C_1, C_2 – коефіцієнти.

Визначення показників точності вищезазначених європейських методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, призначених для захисту сталевих конструкцій, здійснювали за процедурою валідації, яка ґрунтується на проведенні

обчислювального експерименту [3]. На першому її етапі шляхом розв'язання нестационарної нелінійної одновимірної прямої задачі теплопровідності із використанням пакету прикладних програм FRIEND-2 [7] визначали значення експериментальної температури зразків сталевих конструкцій в умовах вогневого впливу за стандартним температурним режимом. Параметри цих зразків наведено в табл. 1 і вони є такими ж, як і при оцінюванні показників точності відповідних національних методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, результати якого наведено в [3].

Таблиця 1 – Параметри зразків для проведення обчислювального експерименту

№ зразка	Товщина сталеві конструкції d_a (V/A_m), мм	Товщина вогнезахисного матеріалу d_p , мм
1	14,29	2,141
2	14,29	3,051
3	10,53	3,961
4	8,621	2,141
5	6,536	2,141
6	6,536	3,961
7	4,717	2,141
8	4,717	3,961
9	3,717	3,051
10	3,717	3,961

Джерело: складено авторами

Умови однозначності, які застосовували при розв'язанні прямої задачі теплопровідності, також в повній мірі відповідали наведеним в [3]. Зокрема, задавали такі значення теплофізичних властивостей вогнезахисного матеріалу: коефіцієнт теплопровідності $\lambda_p = 0,03$ Вт/(м °С), питома об'ємна теплоємність $c_p \rho_p = 3 \cdot 10^4$ Дж/(м³ °С). На цьому ж етапі для всіх зразків визначали експериментальні проміжки часу t_{exp} досягнення критичної температури сталі в діапазоні від 350°С до 700°С, з кроком 50°С.

Слід відмітити, що результати визначення показників точності

національних методів розрахунку, які подано в [3], отримано із застосуванням програми для роботи з електронними таблицями Microsoft Excel і їх буде використано для оцінювання їхньої збіжності зі значеннями показників точності європейських розрахункових методів, які визначають даному дослідженні.

На другому етапі за отриманими шляхом розв'язання прямої задачі теплопровідності даними щодо температурного стану десяти зразків

сталевих конструкцій в умовах вогневого впливу за стандартним температурним режимом визначали коефіцієнт теплопровідності вогнезахисного матеріалу. Для програмної реалізації процедур визначення цього коефіцієнта, наведених в європейських стандартах EN 13381-4:2013 [5] і EN 13381-8:2013 [6], було розроблено відповідні блок-схеми (рис. 1, 2) і програмне забезпечення з використанням мови програмування Python 3.7 з інтегрованим середовищем розробки JetBrains PyCharm.

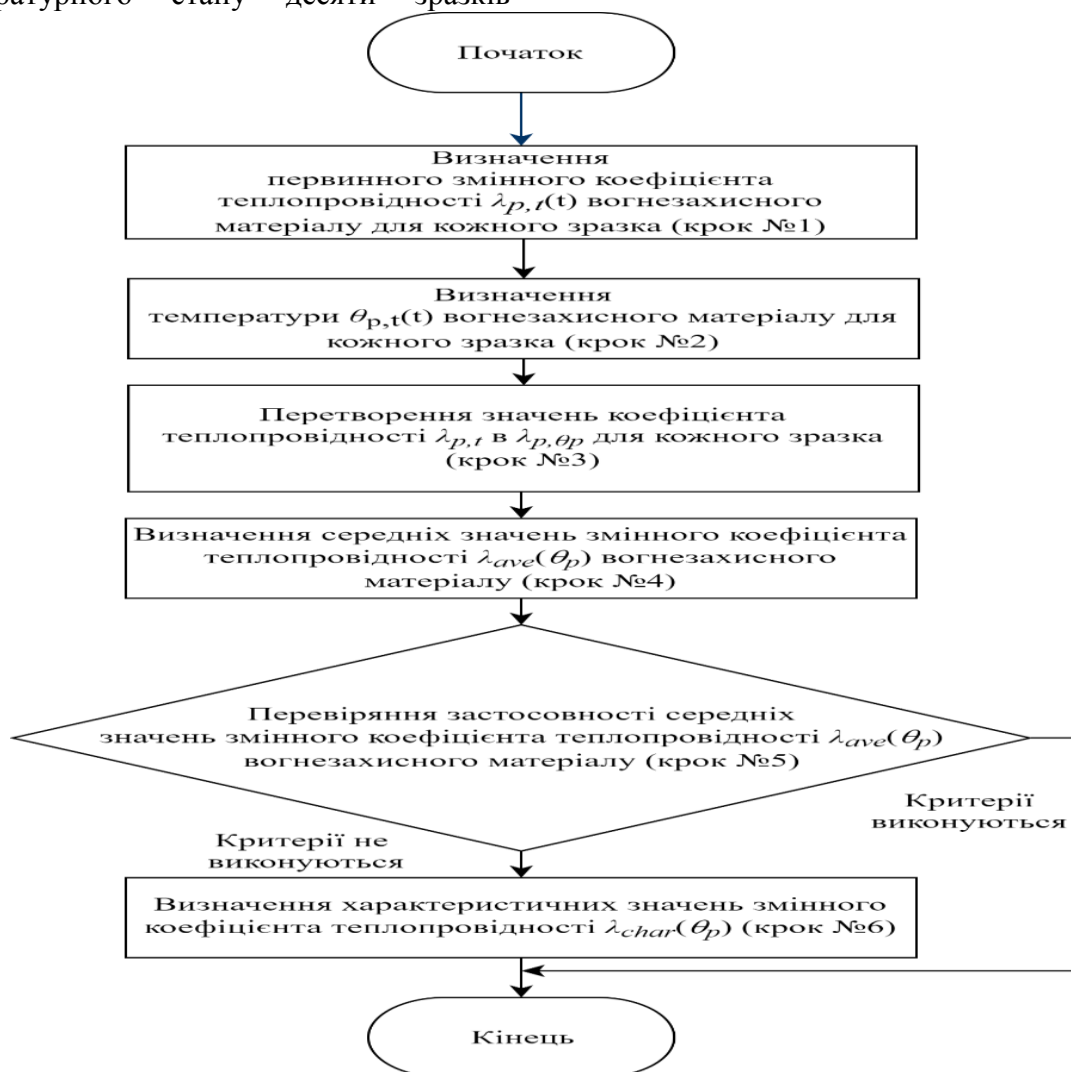


Рисунок 1 – Блок-схема визначення коефіцієнту теплопровідності вогнезахисного матеріалу за методом зі змінним λ_p

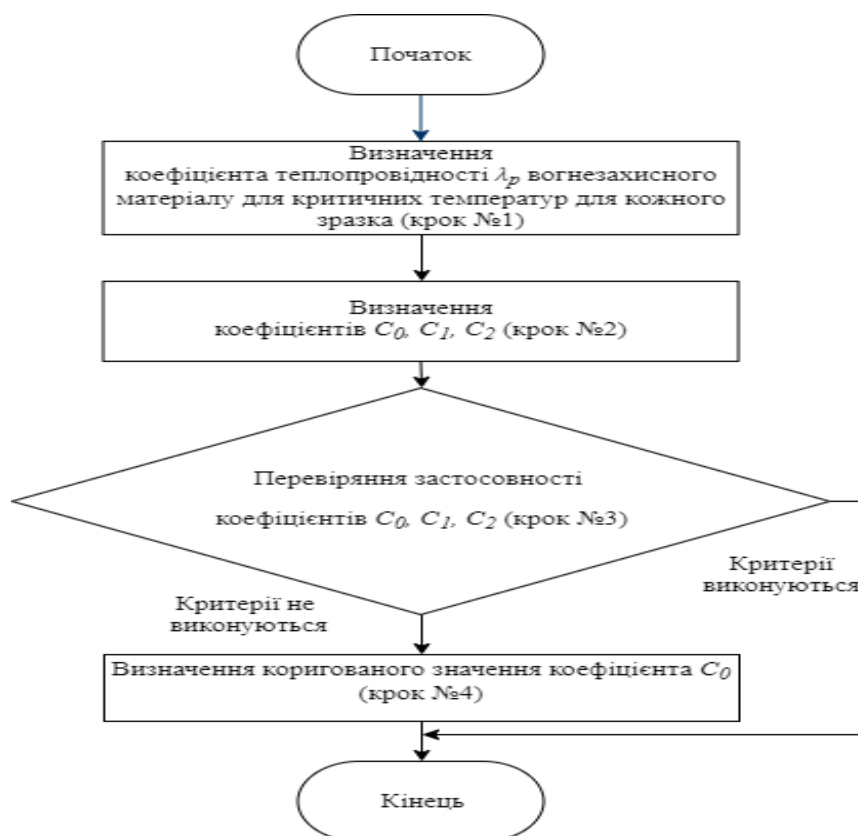


Рисунок 2 – Блок-схема визначення коефіцієнту теплопровідності вогнезахисного матеріалу за методом зі сталим λ_p

При визначенні коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного матеріалу на першому кроці і перевірці застосовності середніх значень змінного коефіцієнта теплопровідності (рис.1, крок 5) і коефіцієнтів C_0 , C_1 , C_2 (рис.2, крок 3) використовують базове рівняння теплопровідності [5, 6]. Під час перевірки застосовності зазначених коефіцієнтів шляхом розв'язання цього рівняння для всіх зразків визначають розрахункові t_{recal} проміжки часу досягнення критичних температур сталі t_{recal} і використовують такі три критерії прийнятності [5, 6]:

- для кожної зразка жодне значення t_{recal} не повинно перевищувати відповідного значення t_{exp} більше ніж на 30 %;

- для кожної зразка середнє значення усіх відсоткових відмінностей t_{recal} від t_{exp} має бути меншим за нуль;

- більшим за нуль мають бути не більше ніж 20 % окремих значень усіх відсоткових відмінностей t_{recal} від t_{exp} .

На третьому етапі валідації проводили визначення розрахункових значень мінімальної товщини $d_{p,cal}$ вогнезахисного матеріалу для різних величин коефіцієнту поперечного перерізу сталеві конструкції, критичної температури сталі і нормованої межі вогнестійкості за процедурою, наведеною в європейських стандартах EN 13381-4:2013 [5] і EN 13381-8:2013 [6].

На наступному етапі шляхом розв'язання прямої задачі теплопровідності визначали дійсні (точні) значення мінімальної товщини $d_{p,ac}$ вогнезахисного матеріалу для тих же параметрів сталеві конструкції, які застосовували на попередньому етапі. Постановка цієї задачі теплопровідності і спосіб її розв'язання такі ж, як і на першому етапі валідації.

На п'ятому етапі за формулою (2) розраховували величини відхилення δ_d між розрахунковими $d_{p,cal}$ і дійсними $d_{p,ac}$ значеннями мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу для різних значень коефіцієнту поперечного перерізу

сталевій конструкції, критичної температури сталі і нормованої межі вогнестійкості $t_{fi,requ}$. За результатами цих розрахунків визначали відповідний діапазон відхилення δ_d , який визначає показники точності європейських розрахункових методів [5, 6].

$$\delta_d = 100(d_{p,cal} - d_{p,ac}) / d_{p,ac}. \quad (2)$$

За результатами розрахунків, проведених для значень коефіцієнту поперечного перерізу сталевій конструкції від 60 м^{-1} до 400 м^{-1} і критичної температури сталі від $350 \text{ }^\circ\text{C}$ до $700 \text{ }^\circ\text{C}$, визначено, що відхилення між розрахунковими і дійсними величинами мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу, отримані за методом зі змінним коефіцієнтом теплопровідності, знаходяться в межах від $-2,6 \%$ до $2,4 \%$, а отримані за методом зі сталим коефіцієнтом теплопровідності – в межах від $-0,3 \%$ до $3,5 \%$.

Одержані величини відхилення δ_d свідчать про прийнятність європейських методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, призначених для захисту сталевих конструкцій, для практичного застосування. Ці відхилення суттєво відрізняються від значень δ_d , отриманих для національних розрахункових методів [1], які становлять від 0 до 113% і від 0 до 111% відповідно для методів зі змінним і сталим значенням коефіцієнту теплопровідності вогнезахисного матеріалу [3]. Така значна відмінність у величинах відхилення δ_d викликана застосуванням неоднозначних

процедур визначення коефіцієнту теплопровідності вогнезахисного матеріалу, які наведено в національних розрахункових методах [1].

Висновки та напрями подальших досліджень. Проведеним дослідженням визначено показники точності європейських методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, призначених для захисту сталевих конструкцій, які ґрунтуються на розв'язанні рівняння теплопровідності (зі змінним і сталим коефіцієнтом теплопровідності) і наведено в EN 13381-4:2013 і EN 13381-8:2013. Встановлено, що діапазони відхилення між розрахунковими і дійсними величинами мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу для європейських методів зі змінним і сталим коефіцієнтом теплопровідності відповідно становлять від $-2,6 \%$ до $2,4 \%$ і від $-0,3 \%$ до $3,5 \%$, що є прийнятним для практичного застосування цих методів.

Встановлено, що має місце значна відмінність між значеннями показників точності європейських і національних (наведених в ДСТУ Б В.1.1-17:2007) методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів, призначених для захисту сталевих конструкцій. Діапазон відхилення між розрахунковими і дійсними величинами мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу для європейських розрахункових методів значно (у $22,8$ рази) менший ніж для національних методів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.1.1-17:2007. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ). Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 66 с.
2. Григорьян Н. Б., Круковский П. Г., Новак С. В. Определение границ применимости и точности стандартизированных методов оценки огнезащитной способности покрытий несущих металлических конструкций. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2014. № 1 (29). С. 50–59.
3. Новак С. В., Новак М. С., Бедратюк О. І. Особливості оцінювання методів визначення характеристик вогнестійкості будівельних конструкцій. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. 2019. № 2 (8). С. 29–40.

4. ENV 13381-4:2002. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2003 CEN. 76 p.
5. EN 13381-4:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 83 p.
6. EN 13381-8:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 80 p.
7. Круковский П. Г. Обратные задачи тепломассопереноса (общий инженерный подход) : монографія. Київ : Інститут технічної теплофізики НАН України, 1996. 218 с.

REFERENCES

1. DSTU B V.1.1-17:2007. *Vohnezhakhysni pokryttia dlia budivelnykh nesuchykh metalevykh konstruksii. Metod vyznachennia vohnezhakhysnoi zdatnosti [Fire-retardant coatings for building load-bearing metal structures. Method for determining the fire retardant ability]* (ENV 13381-4:2002, NEQ). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 66 s. [in Ukrainian].
2. Grigoryan, N. B., Krukovskiy, P. G., Novak, S. V. *Opredeleniye granits primenimosti i tochnosti standartizirovannykh metodov otsenki ognezashchitnoy sposobnosti pokrytiy nesushchikh metallicheskih [Determination of boundaries of the applicability and accuracy of the standardized assessment methods for fire protection ability of coatings to carrying metal structures]*. Naukovyi visnyk UkrNDIPB. 2014. # 1 (29). S. 50–59 [in Russian].
3. Novak, S. V., Novak, M. S., Bedryuk O. I. *Osoblyvosti otsiniuvannia metodiv vyznachennia kharakterystyk vohnestiikosti budivelnykh konstruksii [Determination of boundaries of the applicability and accuracy of the standardized assessment methods for fire protection ability of coatings to carrying metal structures]*. Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka. 2019. # 2 (8). S. 29–40 [in Ukrainian].
4. ENV 13381-4:2002. *Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied protection to steel members*. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2003 CEN. 76 p.
5. EN 13381-4:2013. *Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members*. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 83 p.
6. EN 13381-8:2013. *Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members*. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 80 p.
7. Krukovskiy, P.G. *Obratnyye zadachi teplomassoperenosa (obshchiy inzhenernyy podkhod) : monohrafiia*. Kyiv : Instytut tekhnichnoi teplofizyky NAN Ukrainy. 1996. 218 s. [in Russian].

VALIDATION OF METHODS OF CALCULATION OF MINIMUM THICKNESS OF FIRE-PROTECTIVE MATERIALS FOR STEEL STRUCTURES

S. Novak¹, M. Novak²

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection*

²*National Technical University of Ukraine, Kyiv Polytechnic Institute*

KEYWORDS	ANNOTATION
validation, fire-protective material, fire resistance, minimum material thickness, accuracy indicators, calculation method, steel structure	Given the importance of the reliability of data on fire-retardant ability of fire-protective materials in determining the design parameters of fire-retardant objects, research is relevant to further improve and develop methods for assessing the quality of these materials, including the accuracy of the results. The article presents the results of the study of the convergence of accuracy of European and national methods for calculating the minimum thickness of fire-protective materials designed to protect steel structures based on solving the equation of thermal conductivity (with variable and constant thermal conductivity of fire-protective material). During this study, a validation procedure based on the application of the computational experiment method was used to determine the accuracy of European calculation methods. This procedure determines the accuracy of European calculation methods, which are based on the solution of the thermal equation and is given in EN 13381-4:2013 and EN 13381-8:2013. Block diagrams and software using the Python 3.7 programming language with the JetBrains PyCharm integrated development environment were developed for the software implementation of the validation procedure. According to the results of the validation it is established that the deviation ranges between the calculated and actual values of the minimum thickness of the fire-protective material for European methods with variable and constant thermal conductivity are from -2.6 % to 2.4 % and from -0.3 % to 3.5 %, which is acceptable for the practical application of these methods. It is established that there is a significant difference between the values of the accuracy of European and national calculation methods, which are given in DSTU B V.1.1-17:2007. The range of deviation between the calculated and actual values of the minimum thickness of the fire-protective material for European calculation methods is significantly (22.8 times) smaller than for national methods.

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА МИНИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ОГНЕЗАЩИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С. Новак¹, М. Новак²

¹*Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите,*

²*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА	АННОТАЦИЯ
валидация, огнезащитный материал, огнестойкость, минимальная толщина, показатели точности, расчетный метод, стальная конструкция	Актуальными являются исследования, направленные на развитие методов оценки показателей качества этих материалов, в том числе в части показателей точности получаемых результатов. Приведены результаты исследования сходимости показателей точности европейских и национальных методов расчета минимальной толщины огнезащитных материалов, предназначенных для защиты стальных конструкций, основанных на решении уравнения теплопроводности (с переменным и постоянным коэффициентом теплопроводности огнезащитного материала). Во время этого исследования для определения показателей точности европейских расчетных методов использовали процедуру валидации, основанную на применении метода вычислительного эксперимента. По этой процедуре определены показатели точности европейских методов, которые приведены в EN 13381-4: 2013 и EN 13381-8: 2013. Определено, что диапазоны отклонения между расчетными и действительными величинами минимальной толщины огнезащитного материала для европейских методов с переменным и постоянным коэффициентом теплопроводности соответственно составляют от -2,6 % до 2,4 % и от -0,3 % до 3,5 %. Определено, что имеет место значительная разница между значениями показателей точности европейских и национальных расчетных методов, которые приведены в ДСТУ Б В.1.1-17: 2007. Диапазон отклонения между расчетными и действительными величинами минимальной толщины огнезащитного материала для европейских расчетных методов значительно (в 22,8 раза) меньше, чем для национальных методов.

УДК 614.843

АНАЛІЗ СТАНУ З ПОЖЕЖАМИ У ВИСОТНИХ БУДИНКАХ В УКРАЇНІ

Одинець А.В.^{*}, Балло Я.В., Голікова С.Ю., Несенюк Л.П.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 13.11.2020

Пройшла рецензування: 28.11.2020

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

стан із пожежами, прямі та побічні збитки, причина пожежі, загибель внаслідок пожеж, травмовані на пожежах, об'єкти пожеж, місце виникнення пожежі, виріб-ініціатор, протипожежний захист, системи протипожежного захисту, умови, що сприяли поширенню пожежі.

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано статистичні дані про пожежі у висотних будинках в Україні за період 2010-2019 роки та виявлено залежності їх тенденцій. Проаналізовано розподіл пожеж за об'єктами, причинами, місцями, виробами-ініціаторами виникнення, а також застосування автоматичних систем протипожежного захисту, стан із загибеллю людей внаслідок пожеж і травмуванням людей на пожежах. Визначено основні проблемні питання у забезпеченні пожежної безпеки висотних будинків та запропоновано шляхи їх вирішення.

Постановка проблеми. Розвиток інфраструктури міст на сьогоднішній день важко уявити без інтенсивного будівництва висотних будинків, що, насамперед, обумовлено необхідністю раціонального використання виділеної під будівництво землі у зв'язку з її суттєвою вартістю. Зведення висотних будинків стало символом розвитку, візитівкою винятковості та індивідуальності сучасних міст.

Згідно проведеного аналізу, Україна входить у першу десятку країн за кількістю висотних будівель і споруд. За результатами останніх спостережень на сьогодні в Україні експлуатується 1 106 висотних будівель (у тому числі 1 069 житлових будинків), з яких 41 будівля (у тому числі 39 житлових будинків) з умовною висотою від 73,5 м до 100 м і 6 будівель (у тому числі 5 житлових будинків) з умовною висотою більше 100 м. Найбільша кількість висотних будівель побудовано у столиці. Сьогодні за кількістю висотних будівель і споруд Київ посідає 5 місце із 520 після таких міст, як Нью-Йорк, Торонто, Дубаї та Чикаго [1].

Сучасні висотні будинки у технічному відношенні – це складні архітектурні та інженерні багатофункціональні комплекси, для яких встановлено особливі вимоги щодо безпечної експлуатації та можливості евакуації людей у разі виникнення небезпечних подій природного та техногенного характеру, зокрема пожеж.

Щоб спроєктувати та побудувати сучасний висотний будинок необхідно забезпечити наявність цілої низки умов, зокрема, висококваліфікований інженерний ресурс і технології сучасного проєктування та будівництва.

Донедавна в Україні діяли будівельні норми та стандарти, що регламентували будівництво будинків з умовною висотою до 100 м, а будинки висотою понад 100 м мали статус експериментальних та проходили за окремою процедурою розроблення проєкту.

Відповідно до [2] основними вимогами до споруд в частині пожежної безпеки є: збереження несучої здатності конструкцій впродовж визначеного часу; обмеження поширення вогню та диму в споруді, а також на сусідні споруди і прилеглі

^{*}ndv4niipb@ukr.net

<https://doi.org/10.33269/nvcs.2020.91-101>

2518-1777/©2020 ІДУНДЦ ЦЗ

території; забезпечення евакуації людей із споруди або їх рятування в інший спосіб, а також забезпечення безпеки рятувальних команд.

Протипожежний захист висотних будинків базується на цілому комплексі заходів системи протипожежного захисту (далі – СПЗ), що регламентується нормативними документами у галузі будівництва, зокрема [3–8] та національними стандартами [9, 10] та ін.

Ключовим моментом стало набрання з 01 січня 2020 року чинності ДБН В.2.2-41:2019 [6], що застосовують для проектування та будівництва висотних житлових будинків і громадських будівель з умовною висотою понад 73,5 м відповідно до [2], в тому числі для житлових будинків з умовною висотою до 100 м включно та громадських будівель з умовною висотою до 150 м включно.

Разом з тим, на сьогоднішній день, державні будівельні норми ДБН В.2.2-41:2019 [6] не містять вимог до громадських будівель з умовною висотою від 100 м до 150 м в частині пожежної безпеки, а чинні національні стандарти не в повній мірі визначають вимоги до вогнестійкості несучих конструкцій, забезпечення обмеження утворення і поширення вогню та диму, обмеження поширення вогню на суміжні споруди, забезпечення безпечної евакуації людей, передбачення сучасних систем протипожежного захисту та організації проведення рятувальних робіт.

Аналіз статистичних даних про пожежі, їх причини та наслідки, що виникли у висотних будівлях упродовж останніх десяти років, дозволить виявити недоліки у протипожежному захисті висотних будівель та обґрунтувати вимоги пожежної безпеки до висотних громадських будинків з умовною висотою від 100 м до 150 м.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження у сфері удосконалення пожежної безпеки висотних будівель проводились такими вченими, як О.О. Сізіков [3–5], В.В. Ніжник [3–6], Р.В. Уханський [3–6], А.А. Таранцев [11], В.В. Холщевніков [12], А.Я. Корольченко [13], Дінь Конг Хинг [14] та інші.

Мета роботи полягає у підвищенні рівня пожежної безпеки висотних будівель шляхом обґрунтування вимог пожежної безпеки для висотних будинків за результатами проведення аналізу даних про пожежі у висотних будинках в Україні за довгостроковий період.

Виклад основного матеріалу. В Україні, відповідно до державних будівельних норм [3], будівлі за умовною висотою поділяють на: малоповерхові – заввишки $H \leq$ до 9 м; багатоповерхові – заввишки $9 \text{ м} < H \leq 26,5 \text{ м}$ (як правило, до 9-ти поверхів включно); підвищеної поверховості – висотою $26,5 \text{ м} < H \leq 47 \text{ м}$; висотні – висотою $H > 47 \text{ м}$.

За останні десять років у висотних будівлях (17 поверхів і вище) зареєстровано 707 пожеж, внаслідок яких загинуло 4 людини та 40 людей отримали травми. Матеріальні втрати від пожеж склали 58 610,4 тис. грн (з них прямі збитки склали 13 438,4 тис. грн, а побічні – 45 172,0 тис. грн). Тобто щороку, в середньому, у висотних будинках виникала 71 пожежа, матеріальні втрати від яких склали 5 млн 928 тис. грн, отримували травми 4 людини. Частота загибелі людей внаслідок пожеж у висотних будівлях становить 0,4 на рік або 1 людина у 2,5 роки. Основні статистичні показники стану з пожежами у висотних будинках за їх функціональним призначенням у період 2010–2019 років наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні статистичні показники стану з пожежами у висотних будинках за функціональним призначенням за 2010–2019 роки*

Назва показника	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Всього у висотних будівлях										
Кількість пожеж, од.	47	43	65	56	66	71	77	83	90	109
Кількість загиблих, людей	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
Кількість травмованих, людей	0	2	5	1	5	6	7	2	8	4
Прямі збитки, тис. грн	139,6	1279,2	202,0	656,0	3104,0	1715,2	683,0	1132,2	3242,1	1285,0
Побічні збитки, тис. грн	1560,7	2130,9	1679,9	2545,1	6284,5	3995,3	2670,1	4784,1	9861,3	9660,0
із них, у житлових будинках										
Кількість пожеж, од.	44	39	62	54	57	67	68	78	80	97
Кількість загиблих, людей	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
Кількість травмованих, людей	0	2	5	1	5	6	7	2	8	4
Прямі збитки, тис. грн	5,0	37,9	202,0	610,0	1542,0	1565,2	152,5	1032,0	2742,1	580,0
Побічні збитки, тис. грн	1347,7	713,8	1613,5	2350,8	3247,2	3568,2	1695,1	4390,2	8061,9	7588,4
із них, у громадських будівлях:										
адміністративних (окремих і вбудованих)										
Кількість пожеж, од.	3	0	1	1	4	3	4	3	7	3
Кількість загиблих, людей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кількість травмованих, людей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Прямі збитки, тис. грн	134,6	0,0	0,0	46,0	0,0	150,0	200,0	0,0	0,0	5,0
Побічні збитки, тис. грн	213,1	0,0	16,6	149,5	107,7	355,7	303,0	220,2	730,3	100,4
у будівлях, що будуються										
Кількість пожеж, од.	0	2	1	0	3	1	3	3	3	7
Кількість загиблих, людей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кількість травмованих, людей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Прямі збитки, тис. грн	0,0	1241,3	0,0	0,0	2,0	0,0	30,5	100,2	0,0	0,0
Побічні збитки, тис. грн	0,0	1389,3	33,2	0,0	224,6	71,4	127,8	173,6	219,1	638,2
у будівлях торгівлі і харчування (вбудованих)										
Кількість пожеж, од.	0	2	1	1	2	0	2	0	0	2
Кількість загиблих, людей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кількість травмованих, людей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Прямі збитки, тис. грн	0,0	0,0	0,0	0,0	900,0	0,0	300,0	0,0	0,0	700,0
Побічні збитки, тис. грн	0,0	27,8	16,6	45	1695,0	0,0	544,3	0,0	0,0	1333,1

*Примітка: показники наведено без урахування пожеж, що виникли у 2014–2019 роках на тимчасово окупованих територіях Донецької та Луганської областей і територіях Автономної Республіки Крим та міста Севастополь.

Таблиця 2 – Результати розрахунків середньої кількості пожеж для кожного року за видами висотних будинків методом ковзних середніх

Назва показника	Адміністративні будівлі		Новобудови		Будівлі торгівлі й харчування	
	Кількість пожеж, X_i	Середнє за 3 роки, \bar{X}_i	Кількість пожеж, X_i	Середнє за 3 роки, \bar{X}_i	Кількість пожеж, X_i	Середнє за 3 роки, \bar{X}_i
2010	3	—	0	—	0	—
2011	0	—	2	—	2	—
2012	1	1,3	1	1,0	1	1
2013	1	0,7	0	1,0	1	1,3
2014	4	2	3	1,3	2	1,3
2015	3	2,7	1	1,3	0	1,0
2016	4	3,7	3	2,3	2	1,3
2017	3	3,3	3	2,3	0	0,7
2018	7	4,7	3	3,0	0	0,7
2019	3	4,3	7	4,3	2	0,7

За результатами досліджень за довгостроковий період 2010–2019 років спостерігається тенденція до збільшення кількості пожеж у висотних будівлях, зокрема, у житлових будинках. Якщо порівнювати з періодом за 2010 рік, то кількість пожеж у висотних будівлях збільшилась у 2,3 рази і становить 109 пожеж у 2019 році проти 47 – у 2010 році; у житлових будинках – у 2,2 рази і становить 97 пожеж у 2019 році проти 44 – у 2010 році.

Розподіл кількості пожеж за роками у будівлях не є рівномірним, тож було проведено згладжування ряду даних методом ковзних середніх [15] та обчислено середні значення кількості пожеж за формулою:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \times \sum_{j=0}^{j=n-1} X_{i-j} \quad (1)$$

де X – кількість пожеж;

i – рівень ряду або рік, для якого розраховується середнє значення кількості пожеж;

n – інтервал згладжування, роки.

Сутність методу ковзних середніх полягає у тому, що середні обчислюються за збільшеними інтервалами (інтервал згладжування) при послідовному переміщенні вниз на один рівень. У даному випадку за мінімальний проміжок часу (інтервал згладжування) прийнято 3 роки, оскільки на коротшому проміжку часу навряд чи можливо визначити який характер носять коливання – закономірний або випадковий. Результати розрахунків середньої кількості пожеж для кожного року за видами громадських будинків за 2010–2019 роки наведено у табл. 2.

За результатом аналізу даних, приведених у табл. 1, 2, за останні десять років виявлено тенденцію щодо збільшення кількості пожеж у висотних будинках різного функціонального призначення, за винятком вбудованих будівель торгівлі та будівель громадського харчування.

Найбільшу кількість пожеж, а саме 91,2 % від кількості пожеж у висотних

будинках, зареєстровано у житлових будинках, інші 8,8 % – виникли у будинках громадського призначення (окремих і вбудованих). Всього у висотних житлових будинках зареєстровано 645 пожеж, внаслідок яких загинуло 4 людини та 40 людей отримали травми. Матеріальні втрати від пожеж склали 43 045,5 тис. грн (з них прямі збитки склали 8 468,7 тис. грн, а побічні збитки – 34 576,8 тис. грн).

Усереднена питома вага пожеж у висотних будинках за їх функціональним призначенням в період 2010–2019 роки наведено на рис. 1.

Кількість пожеж у житлових будинках зросла у 2,2 рази (від 47 пожеж у 2010 році до 109 у 2019 році) і має чітку тенденцію до збільшення, що обумовлено, в тому числі, сталою динамікою нового будівництва висотних будинків.

У адміністративних будинках (окремих і вбудованих) зареєстровано 29 пожеж без наслідків для здоров'я і життя людей. Матеріальні втрати від пожеж склали 2 732,1 тис. грн (з них прямі збитки склали 535,6 тис. грн, а побічні – 2 196,5 тис. грн).

У будинках, що будуються, виникло 23 пожежі, загиблих внаслідок пожеж і травмованих на пожежах не зареєстровано. Матеріальні втрати склали 4 251,2 (з них прямі збитки склали 1 374,0 тис. грн, а побічні – 2 877,2 тис. грн).

У будинках торгівлі і харчування зареєстровано 10 пожеж без наслідків для здоров'я і життя людей. Матеріальні втрати склали 5 561,8 (з них прямі збитки склали 1 900,0 тис. грн, а побічні – 3 661,8 тис. грн).

Слід зазначити, що всі випадки загибелі внаслідок пожеж і травмування на пожежах людей у висотних будинках зареєстровані у житлових будинках. Внаслідок пожеж, що сталися від необережного поводження з вогнем та короткого замикання електромережі, загинули (по 2 людей) пенсіонери та безробітні люди у віці від 43 до 89 років, а їх загибелі, насамперед, сприяло отруєння токсичними продуктами горіння.

Отримали травми на пожежах 40 людей, з яких 23 травмувалися на пожежах внаслідок короткого замикання електромережі або порушення правил пожежної безпеки при експлуатації електропобутових приладів, ще 17 людей – внаслідок необережного поводження з вогнем. Близько 95,0 % людей загинули і отримали травми на пожежах, осередок яких розташовувався у житлових кімнатах та балконах.

Серед основних причин виникнення пожеж у висотних будинках є необережне поводження з вогнем та порушення правил пожежної безпеки (далі – ППД) при влаштуванні та експлуатації електроустановок. Упродовж 2010–2019 років спостерігається тенденція щодо збільшення кількості пожеж, що виникли внаслідок необережного поводження з вогнем та порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок.

Розподіл кількості пожеж за причинами їх виникнення у висотних будівлях за 2010–2019 роки наведено на рис. 2.

За результатом зведення даних, упродовж 2010–2019 років внаслідок необережного поводження з вогнем у висотних будинках виникло 424 пожежі або 59,9 % від кількості пожеж у висотних будинках; внаслідок порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та

експлуатації електроустановок (аварійні режими роботи) – 216 пожеж або 30,6 %; внаслідок підпалу – 44 або 6,2 %; з інших причин – 23 або 3,3 %.

Розподіл кількості пожеж за місцем їх виникнення у висотних будинках за 2010–2019 роки наведено у таблиці 3.

Аналіз приведеного розподілу кількості пожеж у висотних будівлях за місцем їх виникнення впродовж останніх десяти років вказує на тенденцію щодо збільшення кількості пожеж на сходових клітинах і в коридорах загального користування, житлових і ванних кімнатах. Оскільки стосовно інших місць виникнення пожеж, наведених у таблиці 3, чітких тенденцій не простежується, було проведено згладжування рядів даних методом ковзних середніх [15].

За результатами розрахунків середньої кількості пожеж за місцями та причинами їх виникнення, які наведено у таблиці 4, виявлено тенденцію щодо збільшення кількості пожеж у технічних приміщеннях і приміщеннях з тимчасовим перебуванням людей (технічні поверхи, паркінги, машинні відділення ліфтів тощо), у підвалах, на балконах і лоджіях. Кількість пожеж на кухнях має тенденцію до збільшення упродовж другої половини періоду, що аналізується, а саме 2015–2019 роки.

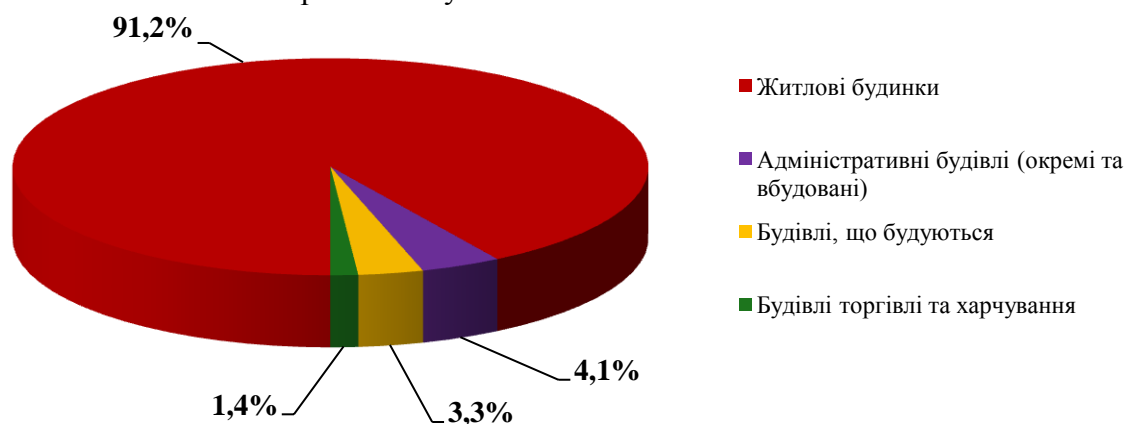


Рисунок 1 – Усереднена питома вага пожеж у висотних будинках за їх функціональним призначенням за 2010–2019 роки



Рисунок 2 – Розподіл кількості пожеж за причинами їх виникнення у висотних будинках за 2010–2019 роки

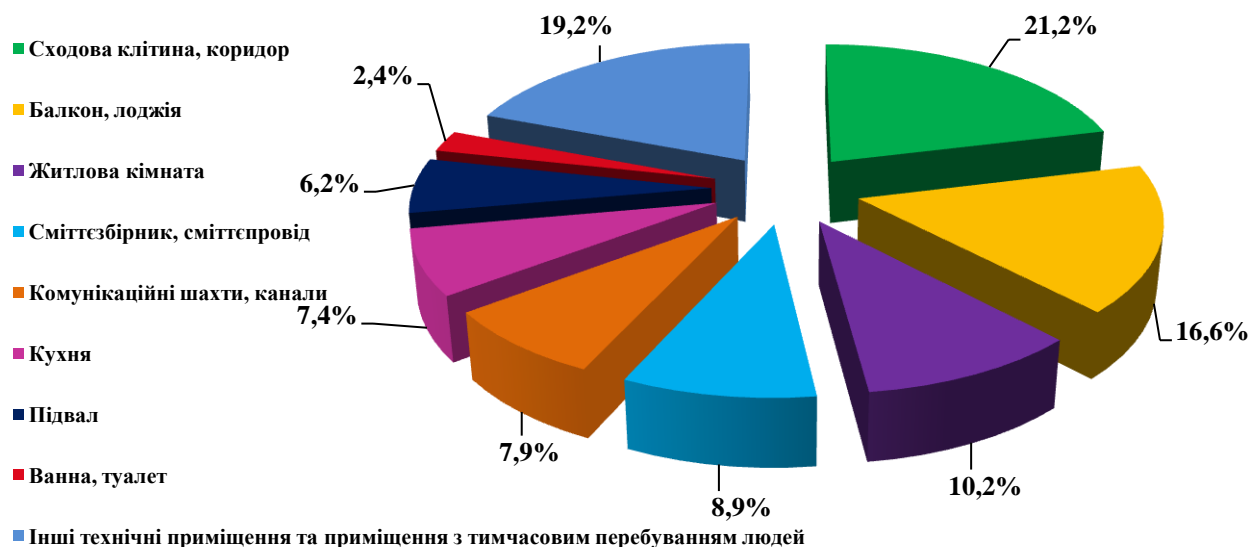
Таблиця 3 – Розподіл кількості пожеж за місцем їх виникнення у висотних будинках за 2010–2019 роки

Місце виникнення пожежі	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Всього
Сходова клітина, коридор	9	8	6	14	16	10	17	16	23	31	150
Балкон, лоджія	5	4	19	6	8	14	10	21	8	22	117
Житлова кімната	2	1	10	2	8	7	5	10	13	14	72
Сміттєзбірник, сміттєпровід	7	8	8	5	7	6	8	3	6	5	63
Комунікаційні шахти, канали	6	2	5	6	4	10	7	7	4	5	56
Кухня	11	6	3	3	2	3	2	5	8	9	52
Підвал	3	4	5	3	3	3	7	5	6	5	44
Ванна, туалет	1	1	1	1	1	2	2	1	3	4	17
Інші технічні приміщення та приміщення з тимчасовим перебуванням людей	3	9	8	16	17	16	19	15	19	14	136

Таблиця 4 – Результати розрахунків середньої кількості пожеж для кожного року за місцем їх виникнення методом ковзних середніх

Назва показника	Балкон, лоджія		Сміттєзбірник, сміттєпровід		Комунікаційні шахти, канали		Кухня		Підвал		Інші технічні приміщення, приміщення з тимчасовим перебуванням людей	
	X_i^*	\bar{X}_i^*	X_i	\bar{X}_i	X_i	\bar{X}_i	X_i	\bar{X}_i	X_i	\bar{X}_i	X_i	\bar{X}_i
2010	5	-	7	-	6	-	11	-	3	-	3	-
2011	4	-	8	-	2	-	6	-	4	-	9	-
2012	19	9,3	8	7,7	5	4,3	3	6,7	5	4,0	8	6,7
2013	6	9,7	5	7,0	6	4,3	3	4,0	3	4,0	16	11,0
2014	8	11	7	6,7	4	5,0	2	2,7	3	3,7	17	13,7
2015	14	9,3	6	6,0	10	6,7	3	3	3	3,0	16	16,3
2016	10	10,7	8	7,0	7	7,0	2	2,3	7	3,2	19	17,3
2017	21	15,0	3	5,7	7	8,0	5	3,3	5	5,0	15	16,7
2018	8	13,0	6	5,7	4	6,0	8	5,0	6	5,7	19	17,7
2019	22	17,0	5	4,7	5	5,3	9	7,3	5	5,7	14	16,0

*Примітка: X_i кількість пожеж у році, \bar{X}_i середнє за 3 роки.



Рисунки 3 – Усереднена питома вага пожеж у висотних будинках за місцем їх виникнення за 2010–2019 роки

Таблиця 5 – Розподіл кількості пожеж у висотних будинках за виробами-ініціаторами їх виникнення за 2010–2019 роки

Виріб, пристрій	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Електрокабелі та проводи	2	4	3	8	13	6	5	7	8	9
Електричні побутові прилади та інструменти	8	5	7	3	4	3	8	7	15	16
Електророзподільні пристрої	4	5	5	5	5	7	14	10	12	17
Сірник, недопалок	29	29	49	36	37	50	46	51	50	61
Інші вироби та матеріали	4	0	1	4	7	5	4	8	5	6

Таблиця 6 – Результати розрахунків середньої кількості пожеж за виробами-ініціаторами їх виникнення для кожного року методом ковзних середніх

Назва показника	Електрокабелі та проводи		Електричні побутові прилади та інструменти		Інші вироби та матеріали	
	X_i^*	\bar{X}_i^*	X_i	\bar{X}_i	X_i	\bar{X}_i
Рівень ряду, i						
2010	2	-	8	-	4	-
2011	4	-	5	-	0	-
2012	3	3,0	7	6,7	1	1,7
2013	8	5,0	3	5,3	4	1,7
2014	13	8,0	4	4,7	7	4,0
2015	6	9,0	3	3,3	5	5,3
2016	5	8,0	8	5,0	4	5,3
2017	7	6,0	7	6,0	8	5,7
2018	8	6,3	15	10,0	5	5,7
2019	9	8,0	16	12,7	6	6,3

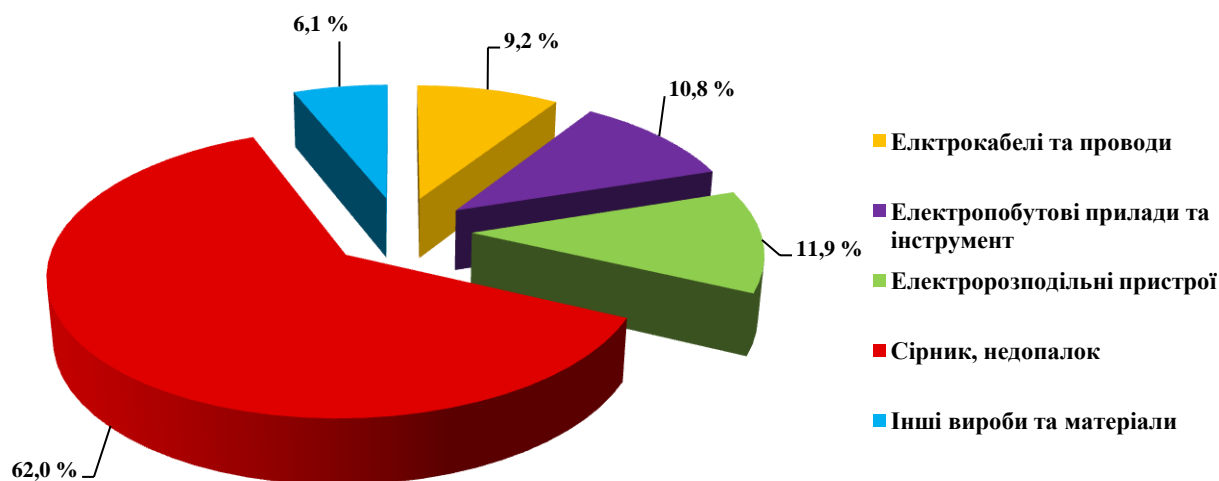


Рисунок 4 – Усереднена питома вага пожеж у висотних будинках за виробами-ініціаторами їх виникнення за 2010–2019 роки

Спостерігається позитивна тенденція до зменшення кількості пожеж у комунікаційних шахтах, каналах, сміттєпроводах та сміттєзбірних камерах.

Загалом, упродовж 2010–2019 років серед місць виникнення пожеж найпоширенішими були сходові клітки і коридори – 150 пожеж, технічні приміщення і приміщення з тимчасовим перебуванням людей – 136 пожеж та балкони і лоджії – 117 пожеж.

Усереднена питома вага пожеж у висотних будинках за місцем їх виникнення за 2010–2019 роки наведена на рис. 3.

Розподіл кількості пожеж у висотних будинках за виробами-ініціаторами їх виникнення за 2010–2019 роки наведено у табл. 5.

Дані щодо розподілу кількості пожеж у висотних будинках за виробами-ініціаторами їх виникнення впродовж останніх десяти років вказує на тенденцію щодо збільшення кількості пожеж від малокалорійних джерел запалювання (сірників, недопалків) та електророзподільних пристроїв. З метою визначення тенденцій для решти виробів-ініціаторів виникнення пожеж, наведених у таблиці 5, було проведено згладжування рядів даних методом ковзних середніх.

За результатами розрахунків середньої кількості пожеж за виробами-ініціаторами їх виникнення, наведених у таблиці 6, спостерігається тенденція щодо збільшення кількості пожеж від інших виробів та матеріалів (хімічні волокна, легкозаймисті, горючі рідини, нафтопродукти тощо). Кількість пожеж від побутових приладів та інструментів має тенденцію до збільшення упродовж другої половини періоду, що аналізується (2015–2019 роки). Разом із тим, кількість пожеж від кабельної продукції та електропроводів залишається майже незмінною з 2014 року, з різницею в 1–2 пожежі.

Згідно узагальнених даних, серед виробів-ініціаторів виникнення пожеж у висотних будинках найпоширенішими були сірники та недопалки, від яких упродовж 2010–2019 років сталося 438 пожеж та електророзподільні прилади – 84 пожежі, зокрема, електроштити, питома вага пожеж від яких становить 63,0 % від кількості пожеж від електророзподільних приладів.

Усереднена питома вага пожеж у висотних будівлях за виробами-ініціаторами їх виникнення за 2010–2019 роки наведена на рис. 4.

Таблиця 7 – Дані щодо спрацювання систем протипожежного захисту під час пожеж у висотних будівлях за 2010–2019 роки

Рік		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Всього	
АСПГ	пожежа ліквідована	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	8
	пожежа локалізована	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	завдання не виконала	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	не спрацювала	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	5	
СПС	завдання виконала	2	1	1	3	4	2	5	3	5	2	28	46
	не спрацювала	0	0	1	0	1	1	3	1	4	7	18	
СПДЗ	спрацювала	2	0	0	1	0	1	0	1	3	2	10	20
	не спрацювала	2	0	0	0	0	1	3	1	1	2	10	
СЦПС	сигнал передала	1	0	1	1	2	1	2	1	1	0	10	19
	сигнал не передала	0	1	1	2	2	0	0	0	0	3	9	

У табл. 7 наведено дані про результати спрацювання систем протипожежного захисту під час пожеж у висотних будівлях за 2010–2019 роки.

Як вже зазначалося, у сучасному будівництві передбачається багаторівнева система захисту будівель від пожеж [7], невід’ємною складовою якої є системи протипожежного захисту. Відповідно до вимог ДБН В.2.2-56 [8], ДБН В.2.2-41 [6] всі висотні будинки підлягають обладнанню системами пожежної сигналізації, протидимного захисту, а також, залежно від висоти, автоматичними системами пожежогасіння, що дозволяють виявити пожежу на ранній стадії розвитку, сповістити людей про небезпеку, локалізувати та ліквідувати пожежу.

Окремо слід зазначити, що за результатами аналізу 707 пожеж, які сталися упродовж останніх десяти років у висотних будівлях, тільки у 51 випадку (7,2 % від кількості пожеж) будинки були обладнані системами протипожежного захисту (всього 93 системи), з яких 8 – автоматичні системи пожежогасіння (далі – АСПГ); 46 – системи пожежної сигналізації (далі – СПС); 20 – системи протидимного захисту (далі – СПДЗ) та 19 – системи централізованого пожежного спостереження (далі – СЦПС) Упродовж 2010–2019 років завдяки спрацюванню систем протипожежного захисту (54,8 %

від їх загальної кількості) вдалося запобігти поширенню пожеж на значну площу, забезпечити евакуацію людей та врятувати матеріальних цінностей на суму понад 68,2 млн гривень. Разом із тим, 42 системи у житлових будинках не спрацювали. Слід відзначити, що жодна з новобудов, на якій сталася пожежа, не була обладнана системами протипожежного захисту.

Висновки та напрями подальшого дослідження. За результатом проведених досліджень та аналізу статистичних даних по Україні виявлено, що кількість пожеж за 2010–2019 роки для висотних будинків з умовною висотою вище 47 м збільшилася в 2,3 рази, із них 91 % пожеж відбулось у висотних житлових будинках.

За результатом аналізу розподілу пожеж за досліджуваний період встановлено, що 60,5 % випадків пожеж відбувається внаслідок необережного поводження з вогнем, 30,4 % - внаслідок порушення вимог правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок та 9,1 % з інших причин.

Дослідження причин та місць виникнення пожеж вказує, що найпоширенішими початковими осередками пожежі є коридори та внутрішні сходові клітки, в об’ємі яких знаходяться комунікаційні шахти та системи вентиляції, при цьому

спостерігається тенденція щодо щорічного зниження кількості пожеж для даних типів приміщень. Разом із тим, має місце збільшення кількості виникнення пожеж для приміщень кухонь, сміттєзбірних камер, технічних приміщень (в тому числі підвальних) та ванних кімнат, де розміщена значна кількість побутових електричних приладів (пральні, сушильні машини тощо).

За результатом аналізу пожеж за 2010–2019 роки виявлено ряд недоліків щодо дотримання вимог пожежної безпеки для забезпечення належного утримання систем протипожежного захисту, якими

обладнуються висотні будинки. Встановлено, що низька ефективність впровадження системи управління пожежною безпекою об'єктів захисту та їхніми протипожежними системами призводить до відсутності систематичного обслуговування і належного утримання даних систем, що в свою чергу призводить до відмови спрацювання систем, відсутності можливості вчасного виявлення та гасіння пожеж на початковій стадії їх виникнення та, як наслідок, призводить до загибелі і травмування людей, а також значних матеріальних збитків.

Список використаних джерел

1. Standard Maps. URL: <http://skyscraperpage.com/cities/maps>. (дата звернення: 30.10.2020).
2. Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд: постанова Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 р. № 1746. Дата оновлення: 12.07.2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1764-2006-%D0%BF#Text> (дата звернення: 30.10.2020).
3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 35 с.
4. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-06-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2019. 43 с.
5. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 181 с.
6. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2019. 53 с.
7. ДБН В.1.2-7:2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 31 с.
8. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 127 с.
9. ДСТУ EN 12101-6:2016 Системи протидимного захисту. Частина 6. Технічні вимоги до систем зі створення різниці тисків, Наказ УкрНДНЦ від 30.03.2016 № 93 / ТК 25, 2016, - 149 с.
10. ДСТУ EN 12845:2016 Стаціонарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування (EN 12845:2015, IDT), Наказ УкрНДНЦ від 11.08.2016 № 236, 2016 – 98 с.
11. Таранцев А.А., Новоселов Р.Н., Родичев А.Ю. Высотные здания и их пожарная опасность. *Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России*. 2010. № 02. С. 38-49.
12. Холщевников В.В. Терминология или идеология – препятствия безопасной эвакуации людей из высотных зданий при пожаре: общие вопросы комплексной безопасности. *Пожаровзрывобезопасность*. 2018. №1. С. 5-18.
13. Корольченко А.Я., Динь Конг Хынг, Ляпин А.В. Пожарная защита высотных зданий: пожарная безопасность зданий, сооружений, объектов. *Пожаровзрывобезопасность*. 2012. №3. С. 57-61.
14. Динь Конг Хынг, Ворогушин О.О., Корольченко А.Я. Динамика развития пожаров в высотных зданиях: пожарная безопасность зданий, сооружений, объектов. *Пожаровзрывобезопасность*. 2012. №12. С. 60-66.
15. Ковтун Н.В. Теорія статистики: підручник. Київ: Знання, 2012. 399 с.

REFERENCES

1. Standard Maps. URL: <http://skyscraperpage.com/cities/maps>.
2. On approval of the Technical regulations of construction products, buildings and structures: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 20.12.2006 № 1746. Date of renovation: 12.07.2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1764-2006-%D0%BF#Text> (access date: 30.10.2020).
3. DBN B.1.1-7: 2016. Fire safety of construction sites. General requirements. [Effective from 2017-06-01]. View. offic. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine, 2017. 35 p.
4. DBN B.2.2-9: 2018. Public buildings and structures. Substantive provisions. [Valid from 2019-06-01]. View. offic. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2019. 43 p.
5. DBN B.2.2-15: 2019. Residential buildings. Substantive provisions. [Valid from 2019-12-01]. View. ofits. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine, 2019. 181 p.
6. DBN B.2.2-41: 2019. High-rise buildings. Substantive provisions. [Valid from 2020-01-01]. View. offic. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2019. 53 p.
7. DBN B.1.2-7: 2008. Reliability and safety system for construction projects. Basic requirements for buildings and structures. Fire safety. [Effective from 2008-10-01]. View. ofits. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2008. 31 p.
8. DBN B.2.5-56: 2014. Fire protection systems. [Effective from 2015-07-01]. View. ofits. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2015. 127 p.
9. DSTU EN 12101-6: 2016 Smoke protection systems. Part 6. Technical requirements for systems for creating a pressure difference, Order UkrNDNC from 30.03.2016 № 93 / TC 25, 2016, - 149 p.
10. DSTU EN 12845: 2016 Stationary fire extinguishing systems. Automatic sprinkler systems. Design, installation and maintenance (EN 12845: 2015, IDT), Order of UkrNDNC from 11.08.2016 № 236, 2016 - 98 p.
11. Tarantsev AA, Novoselov RN, Rodichev A.Yu. High-rise buildings and their fire hazard. Bulletin of the St. Petersburg University GPS of the Ministry of Emergencies of Russia. 2010. № 02. S. 38-49.
12. Kholshchevnikov VV Terminology or ideology - obstacles to the safe evacuation of people from high-rise buildings in the event of a fire: general issues of integrated security. Fire and explosion safety. 2018. №1. Pp. 5-18.
13. Korolchenko A.Ya., Dinh Kong Hing, Lyapin AV Fire protection of high-rise buildings: fire safety of buildings, constructions, objects. Fire and explosion safety. 2012. №3. Pp. 57-61.
14. Ding Kong Hing, Vorogushin OO, Korolchenko A.Ya. Dynamics of fire development in high-rise buildings: fire safety of buildings, structures, objects. Fire and explosion safety. 2012. №12. Pp. 60-66.
15. Kovtun NV Theory of statistics: a textbook. Kyiv: Znannia, 2012. 399 p.

ANALYSIS OF THE CONDITION WITH FIRE IN HIGH RISE BUILDINGS IN UKRAINE

A. Odynets, Y. Ballo, Cand. Of Sc. (Eng.), S. Golikova, L. Nesenjuk

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection

KEYWORDS

condition with fires, direct and indirect damages, cause of fire, deaths due to fires, injured in fires, fire protection systems, primary fire extinguishing means, objects of fires, fire protection, place of fire, product-initiator, conditions that contributed to the spread of fire.

ANNOTATION

The main indicators of fire statistics and their consequences in Ukraine (number of fires, deaths, injured, material losses) for the long-term period are analyzed. The trends of their dynamics both as a whole in the state and by the territorial principle are determined. These indicators have made it possible to comprehensively characterize the state with fires in the state. The influence of natural (climatic zones, average air temperature for the year, the average amount of precipitation for the year), socio-demographic (population size, age groups, economically active population, employment, social situation of population), economic (fiscal stimulation, inflationary processes, economic development of regions) factors and the impact of changes in legislative and regulatory acts on the main indicators of fire statistics and their consequences in Ukraine and in the regions are established. The points assessment of the state with fires and their consequences according to the territorial principle was carried out in absolute indicators (number of fires, number of deaths in fire, injured in fires, number of fires in enterprises, organizations, institutions, number of fires on production facilities, trade objects, in public facilities, on agricultural sites, in open territories and outdoor facilities, on vehicles, on other sites) and relative indicators (the probability of encountering a fire, the probability of death in fire, the probability of dying in fire, the probability of injury in fire) taking into account the provisions laid down in the methodology for assessing the activity of territorial authorities of the State Emergency Service of Ukraine. According to the aggregate of absolute and relative indicators, the regions of Ukraine with the best and worst fire-fighting status are defined. Absolute and relative values are summarized by statistical ungrouping and grouping of indicators, summarized in tabular and graphic forms and executed in the form of statistical compilations of analytical materials. The developed analytical materials allow informing interested specialists about the state of fires in Ukraine for making them grounded management decisions aimed at raising the level of fire safety in the state.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ С ПОЖАРАМИ В ВЫСОТНЫХ ДОМАХ В УКРАИНЕ

А. Одинец, Я. Баллю, С. Голикова, Л. Несенюк

Институт государственного управления и научных исследований по гражданской защите

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

состояние с пожарами, прямые и побочные убытки, причина пожара, гибели в результате пожаров, травмированы на пожарах, объекты пожаров, место возникновения пожара, изделие-инициатор, противопожарная защита, системы противопожарной защиты, условия, способствовавшие распространению пожара.

АННОТАЦИЯ

Проанализированы статистические данные о пожарах в высотных домах в Украине за период 2010-2019 годы и выявлены зависимости их тенденций. Проанализировано распределение пожаров по объектам, причинами, местами, изделиями-инициаторами возникновения, а также применение автоматических систем противопожарной защиты, состояние с гибелью людей в результате пожаров и травмированием людей на пожарах. Определены основные проблемные вопросы в обеспечении пожарной безопасности высотных зданий и предложены пути их решения.