

Ніжник В.В.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Присяжнюк В.В.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Савченко О.В.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ

У цій публікації наведено статистичні дані про пожежі в Україні та актуальність застосування засобів димо- та тепловидалення під час гасіння пожеж у житловому секторі. Наведено порівняльний аналіз технічних характеристик засобів димо- та тепловидалення, що експлуатуються у провідних країнах світу та Україні. Встановлено, що нагнітання свіжого повітря у приміщення є найефективнішим порівняно з відсмоктуванням загазованого повітря. Зазначено, що застосування комбінованого способу управління газовими потоками за допомогою засобів димо- та тепловидалення дає змогу знизити температурний вплив на людину на основних шляхах евакуації. З'ясовано фактори, що підвищують ефективність гасіння пожеж із застосуванням пожежних димососів. Наведено основні ознаки, за якими класифікують пожежні димососи. Розглянуто нормативно-технічні документи та патенти на засоби димо- та тепловидалення, способи та прийоми їх застосування. Визначено основні технічні характеристики, які впливають на ефективність роботи засобів димо- та тепловидалення. Акцентовано увагу на математичних моделях, які описують процес видалення небезпечних чинників пожеж із приміщень та будівель. Зазначено потреба виконання подальших досліджень з метою встановлення закономірності залежності продуктивності засобів димо- та тепловидалення від їх технічних характеристик, як наукового підґрунтя удосконалення таких засобів. Визначено основні задачі досліджень, які необхідно в подальшому вирішити.

Ключові слова: засоби димо- та тепловидалення, управління газовими потоками, пожежі у житловому секторі.

Постановка проблеми: Аналіз світових інформаційно-аналітичних матеріалів за останні п'ять років вказує, що кожного року близько 40 % пожеж виникають у будівлях житлового сектору. На рис. 1 наведено статистику пожеж. Статистичні дані про пожежі свідчать, що під час гасіння пожеж у житлових будівлях в 50 % випадків застосовуються ланки газодимозахисної служби (далі – ГДЗС). Як такі пожежі супроводжуються небезпечними чинниками пожежі, що значно ускладнює проведення рятувальних робіт та пожежогасіння. В Україні під час гасіння пожеж із застосуванням ланок ГДЗС щорічно близько 30 пожежників отримують травми різного характеру.

Вагомим тактичним способом зниження такого впливу на особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів є керування теплосиловидами потоками пожежі за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення (пожежних димосмоктувачів), які функціонально призначені для локального підвищення повітряного тиску шля-

хом нагнітання повітря до зони роботи особового складу або видалення продуктів горіння з приміщень в умовах пожежі для нормалізації температурного і повітряного середовища.

Найбільш поширеним і застосовуваним на практиці засобом димо- та тепловидалення є переносний засіб з функцією нагнітання чистого повітря у зону горіння. Основним технічним параметром яких є продуктивність нагнітання повітря і вона становить від 11 000 до 24 000 м³/год. Тому питання підвищення продуктивності засобу димо- та тепловидалення для більш ефективної роботи щодо гасіння пожеж пожежними підрозділами шляхом удосконалення окремих його елементів є актуальним науковим завданням.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Питаннями удосконалення технічних рішень спрямованих на покращення роботи засобів димо- та тепловидалення займалися такі вчені Paul H Wiedorn, Jurgen Bader, William L. Jackman, Konz Lufttechnik та інші. Їхні роботи були направлені

на модифікацію конструктивних елементів та покращення експлуатаційних характеристик цих засобів. У зазначених роботах більшість технічних рішень стосуються спрямуванню потоку повітря створюваного лопатями вентилятора.

Наукові дослідження, спрямовані на осадження продуктів горіння, зниження температури та збільшення видимості в задимлених приміщеннях наведено в роботах Ковалишина В.В., Луца В.І., Штангерета Н.О., Tuomisaari M. та інших.

Проте слід відзначити, що в наведених роботах не досліджувались питання встановлення закономірності залежності продуктивності засобів димо- та тепловидалення від зміни їх технічних параметрів, зокрема площі та кута лопатей вентилятора.

Постановка завдання. Метою даної роботи є провести дослідження сучасного стану технічного розвитку засобів димо- та тепловидалення. Для досягнення поставленої мети поставлені та вирішені такі завдання:

- проведено аналіз статистичних даних виникнення пожеж в Україні;
- проведено аналіз нормативних та патентних досліджень засобів димо- та тепловидалення, а також їх конструктивних параметрів, які впливають на покращення основних характеристик;
- досліджені існуючі тактичні прийоми застосування засобів димо-та тепловидалення;
- математичні моделі, що описують процес димо- та тепловидалення з приміщень будинків та споруд із використанням засобів димо- та тепло-видалення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до [1] гасіння пожежі – дії, спрямовані на припинення горіння в осередку пожежі, обмеження впливу її небезпечних факторів та усунення умов для самовільного відновлення пожежі після гасіння. Для гасіння пожеж застосовуються спеціальне захисне спорядження та засоби захисту.

Значна кількість випадків гасіння пожеж пов'язана із небезпечним впливом на особовий склад небезпечних чинників пожежі. Статистичні дані про їх кількість виникнення та ліквідацію у період з 2018 по 2022 рік наведено на рис. 1. Так статистика пожеж свідчить про те, що щорічно у будівлях житлового сектору виникає 40 % пожеж від загальної їх щорічної кількості.

Під час гасіння пожеж для захисту особового складу і роботи у непридатному для дихання середовищі відповідно до [2] обов'язково застосовуються апарати на стисненому повітрі та відповідно формуються ланки ГДЗС, які виконують вищезазначені функції [3-5]. Так статистичні дані свідчать про те, що щорічно під час гасіння пожеж використання ланок ГДЗС становить 20–25 % від загальної щорічної кількості пожеж. Статистичні дані про кількість застосування ланок ГДЗС у період з 2018 по 2022 роки наведено на рис. 2.



Рис. 1. Статистичні дані про кількість пожеж у період з 2018 по 2022 роки

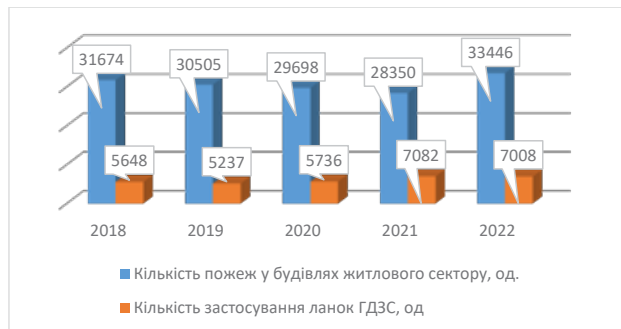


Рис. 2. Статистичні дані про кількість застосування ланок ГДЗС у період з 2018 по 2022 роки

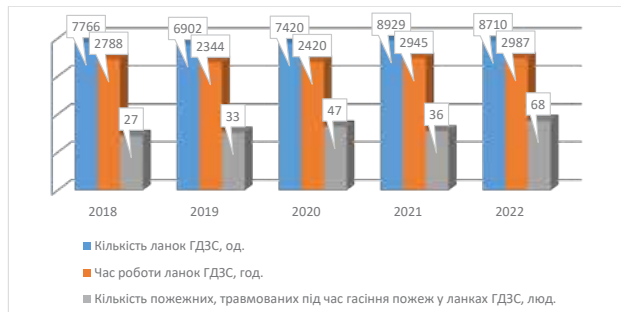


Рис. 3. Статистичні дані про кількість травмованих пожежних під час гасіння пожеж у ланках ГДЗС за період з 2018 по 2022 роки

За результатами аналізу стану виробничого травматизму у підрозділах ДСНС України встановлено, що основними причинами травмування рятувальників на пожежах є гасіння пожеж у ланках ГДЗС. За період з 2018 по 2022 роки відповідно до статистичних даних в Україні під час гасіння пожеж за допомогою ланок ГДЗС отримали травми 194 рятувальника [6]. Статистичні дані про кількість травмованих пожежних під час гасіння пожеж у ланках ГДЗС за період з 2018 по 2022 роки наведено на рисунку 3.

Пожежна статистика свідчить, що за період з 2018 по 2022 роки для забезпечення безпечної роботи

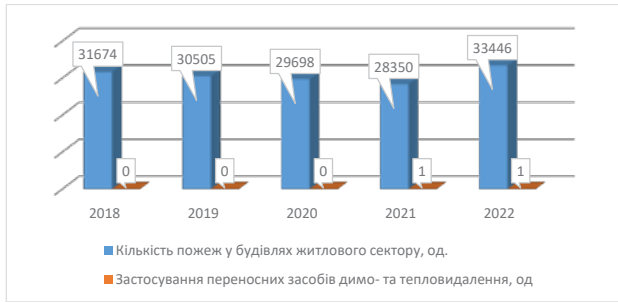


Рис. 4. Статистичні дані про кількість застосування переносних засобів димо- та тепловидалення у період з 2018 по 2022 роки



Рис. 5. Робочий момент випробувань переносного засобу димо- та тепловидалення

з гасіння пожеж засоби димовидалення використано лише на 12 пожежах, що складає в середньому близько 0,003 % від загальної кількості пожеж. Статистичні дані про кількість застосування переносних засобів димо- та тепловидалення у період з 2018 по 2022 роки наведено на рисунку 4.

Це підтверджує той факт, що один із способів покращення безпечних умов роботи пожежних підрозділів під час пожежі використовується на практиці не ефективно. Однією із причин такого стану є технічні характеристики існуючих засобів димовидалення, які не задовільняють потреби пожежних підрозділів.

Аналіз оперативно-рятувальної роботи рятувальних служб провідних країн світу вказує на високу тактичну значимість використання переносних пожежних димовсмоктувачів, які набули інноваційних змін у порівнянні із вітчизняними подібними засобами. Сучасні пожежні димовсмоктувачі, які на сьогоднішній день застосовуються, наприклад, підрозділами США та європейських країн значно відрізняються від вітчизняних аналогів [8]. Вони є більш маневреними за рахунок їхнього встановлення на колеса, по-друге, габарити димовсмоктувачів є більш компактнішими та є можливість їхнього складання. По-третє продуктивність димовсмоктувача по нагнітання свіжого повітря складає до 60000 м³/год. Разом з тим європейські зразки засобів димо- та тепловидалення теж можливо удосконалювати, зокрема це лопаті вентилятора (зміна їх площі та кута нахилу) чим у рази збільшити основний параметр засобу димо- та тепловидалення – продуктивність.

За результатами аналітичних досліджень нормативних документів встановлено, що наприклад в Австрії існує [9], яким врегульовано проведення випробувань засобів димо- та тепловидалення. На рисунку 5 наведено робочий момент випробувань переносного засобу димо- та тепловидалення.

За результатами аналізу нормативних документів визначено основні показники якості за якими перевіряють переносні пожежні димовсмоктувачі: аеродинамічні випробування, які полягають, зокрема, у визначенні об'ємної подачі димовсмоктувача за повітрям; перевірка об'ємної подачі димовсмоктувача за піною, кратності піни та витрати розчину піноутворювача; перевірка номінального діаметра робочого проточного перетину димовсмоктувача; перевірка маси димовсмоктувача; перевірка відповідності вимогам всмоктуючого та напірного рукавів; перевірка стійкості до кліматичних впливів; перевірка стійкості до меха-

Таблиця 1

Порівняння основних технічних характеристик пожежних димовсмоктувачів відчизняних із зарубіжними

Показники	Переносні пожежні димовсмоктувачі				
	ДПЭ-7	ДПМ-7	Leader Fan ES230 NEO-230V PPV (Франція)	Ziegler Tempest DD 16-H 5,5 (Німеччина)	Ramfan GF 164SE (США)
Продуктивність за повітрям, м ³ /год: – із всмоктуючими та напірними рукавами; – без рукавів.	7000 8500	9000 11000	27140	10000	17099
Потужність приводу, кВт	1,1	2,5	2,2	1,9	3,7
Маса в комплекті, кг	40,5	40,0	39,3	38,0	27

нічних впливів (вібростійкість); перевірка зусилля, яке прикладається до рукояток управління.

Основні тенденції розвитку переносних засобів димо- та тепловидалення (пожежних димовсмоктувачів) відбуваються у напрямку застосування виробниками різних модифікацій їх конструктивних елементів, які направлені на покращення експлуатаційних характеристик цих засобів. Переважна кількість знайдених і опрацьованих патентів стосується модифікації пристроїв для спрямування потоку повітря, створюваного лопатями вентилятора, механізмів для регулювання висоти встановлення та куту нахилу вентилятору відносно опорної поверхні тощо. Під час виконання удосконалення засобу димо- та тепловидалення планується провести експериментальні дослідження та отримати залежності продуктивності засобів димо- та тепловидалення від їх технічних характеристик.

Оптимізація керування конвекційними потоками на пожежі може досягатися шляхом застосування декількох нагнітачів повітря [10-11].

Паралельно вертикальне розташування засобів димо- та тепловидалення, як наведено на рисунку 6 використовується у випадку, якщо отвір для нагнітання повітря має висоту більше ніж 3 м. В залежності від висоти припливного отвору застосовують 2 і більше засоби димо- та тепловидалення. На практиці такі отвори можуть мати великі розміри не тільки за висотою, але і за шириною, тому використовують комбінацію паралельно вертикального і паралельно горизонтального розташування переносних засобів димо- та тепловидалення.



Рис. 6. Приклад паралельно вертикального розташування переносних засобів димо- та тепловидалення

Паралельно горизонтальне розташування засобів димо- та тепловидалення, як наведено на рисунку 7 використовується в тому випадку коли

отвір нагнітання повітря ширше ніж 3 метри та відсутні можливості його зменшити. При паралельно горизонтальному розташуванні переносних засобів димо- та тепловидалення, вони встановлюються поруч один з одним на одній лінії, при цьому межі повітряного потоку повинні перекривати отвір нагнітання повітря повністю. Найбільш ефективним буде розташування у формі конуса. В такому випадку відбувається найменша втрата повітря та зростає ефективність.

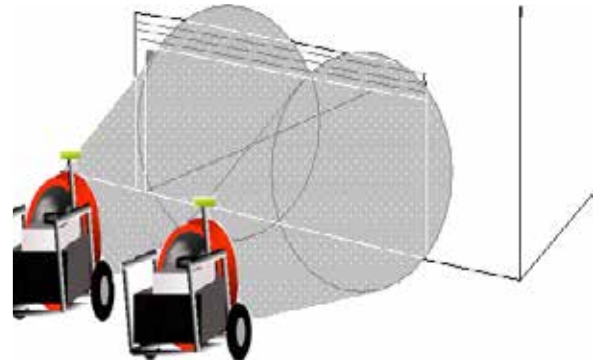


Рис. 7. Приклад паралельно горизонтального розташування переносних засобів димо- та тепловидалення

Під час аналізування існуючих математичних моделей [12-15] визначено, що математична модель пожежі описує в найзагальнішому вигляді зміну параметрів стану середовища в приміщенні з плином часу, а також параметрів стану огорожувальних конструкцій цього приміщення і різних елементів.

Основні рівняння, з яких складається математична модель пожежі, впливають з фундаментальних законів природи: першого закону термодинаміки і закону збереження маси. Ці рівняння відображають і пов'язують всю сукупність взаємопов'язаних і взаємообумовлених процесів, властивих пожежі, таких як тепловиділення в результаті горіння, димовидалення в полум'яній зоні, зміна оптичних властивостей газового середовища, виділення і розповсюдження токсичних газів, газообмін приміщення з навколишнім середовищем і з суміжними приміщеннями, теплообмін і нагрівання огорожувальних конструкцій, зниження концентрації кисню в приміщенні.

Математичні моделі пожежі в приміщенні умовно діляться на три види: інтегральні, зонні і польові (диференціальні).

Щоб зробити науково обґрунтований прогноз, необхідно звернутися до тієї чи іншої моделі пожежі. Вибір моделі визначається метою (завданнями) прогнозу (дослідження) для зада-

них умов однозначності (характеристики приміщення, горючого матеріалу і т.д.) шляхом рішення системи диференціальних рівнянь, які складають основу обраної математичної моделі.

Інтегральний (однозонний) метод є найбільш простим методом моделювання пожеж. Суть інтегрального методу полягає в тому, що стан газового середовища оцінюється через усереднені по всьому об'єму приміщення термодинамічні параметри. Відповідно температура огорожувальних конструкцій та інші подібні параметри оцінюються як усереднені по поверхні.

Розвиток пожежі можна описати досить детально за допомогою зонних (зональних) моделей, заснованих на припущенні про формування в приміщенні двох шарів: верхнього шару продуктів горіння (затримана зона) і нижнього шару невогнегасного повітря (вільна зона). Таким чином, стан газового середовища в зональних моделях оцінюється через усереднені термодинамічні параметри не однієї, а кількох зон, причому міжзонного кордону зазвичай вважаються рухомими.

Польові моделі, що позначаються в зарубіжній літературі аббревіатурою CFD (computational fluid dynamics), є більш потужним і універсальним інструментом, ніж зональні; вони ґрунтуються на зовсім іншому принципі. Замість однієї або декількох великих зон в польових моделях виділяється велика кількість (зазвичай тисячі або десятки тисяч) маленьких контрольних об'єктів, ніяк не пов'язаних з передбачуваною структурою потоку.

Висновки.

За результатами аналітичних досліджень встановлено, що:

– щороку у середньому близько 40 % від загальної кількості пожеж в Україні припадає на будівлі житлового сектору, як правило, такі пожежі супроводжуються високою температурою та задимленням, що в свою чергу сприяє засто-

суванню пожежно-рятувальними підрозділами роботу великої кількості ланок ГДЗС;

– існуючі засоби димо- та тепловидалення, які експлуатуються в пожежно-рятувальних підрозділах України не відповідають необхідним тактико-технічним характеристикам;

– показана актуальність наукової роботи за вибраним напрямом дослідження.

За результати аналітичних досліджень сформувано мету, предмет, об'єкт та задачі подальших досліджень.

Мета роботи – встановлення закономірності залежності продуктивності засобів димо- та тепловидалення від їх технічних характеристик, як наукового підґрунтя удосконалення таких засобів.

Об'єкт досліджень – процес видалення небезпечних чинників пожежі із приміщень та будівель.

Предмет досліджень – залежність продуктивності засобів димо- та тепловидалення від їх технічних характеристик.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1) проаналізувати сучасний стан технічного розвитку засобів димо- та тепловидалення;

2) встановити технічні характеристики, які впливають на ефективність видалення небезпечних чинників пожежі із приміщень та будівель із використанням засобів димо- та тепловидалення;

3) побудувати математичну модель засобу димо- та тепловидалення;

4) встановити залежність ефективності видалення небезпечних чинників пожежі від технічних характеристик засобів димо- та тепловидалення;

5) розробити програму та методику проведення натурних експериментальних досліджень, провести експериментальні дослідження та встановити адекватність розробленої математичної моделі;

6) обґрунтувати технічні характеристики модернізованого засобу димо- та тепловидалення.

Список літератури:

1. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж, затверджений наказом МВС України від 16 квітня 2018 року № 340.
2. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України, затверджена наказом МНС України №1342 від 16.12.2011 року.
3. Перепечаев В. Д., Береза В. Ю. Газодымозащитная служба пожарной охраны. Чернигов : РИК «Деснянська правда», 2000. 468 с.
4. Грачев В. А., Поповский Д. В. Газодымозащитная служба : учебник / под общ. Ред. Д.т.н., профессора Е.А. Мешалкина. М.: Пожкнига, 2004. 384 с.
5. Ковалишин В. В., Луц В. І., Пархоменко Р. В. Основи підготовки газодимозахисника : навч. Посіб. Львів : ЛДУ БЖД, 2015. 379 с.
6. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України : Наказ МНС України № 312 від 07.05.2007 року.

7. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ: ТОВ «Літера-Друк», 2016. 320 с.
8. Димовсмоктувачі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.leader-group.eu/products/fire-fighting-equipment/ventilators-blower-fans-207.html>.
9. Standard: AMCA 240 Laboratory methods of testing positive pressure ventilators for aerodynamic performance rating (лабораторні методи випробування нагнітальних вентиляторів для оцінки аеродинамічних характеристик).
10. Щодо тенденцій технічного розвитку переносних засобів димо- та тепловидалення / Мілютін О.В. Присяжнюк В.В., Семичаєвський С.В., Куртов О.В., Осадчук М.В. // Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: Матеріали 20 Всеукраїнської наук.-практ. конф., (м. Київ).
11. Переносні засоби димо-та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України В.В.Присяжнюк, С.В. Семичаєвський, М.В. Осадчук, О.В. Куртов, О.В. Мілютін, Б.І. Кривошей// Львів: НЛТУ України, 2018. С. 113-116.
12. Рыжов А.М. Дифференциальный (полевой, CFD) метод моделирования пожаров //Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2000. С. 25-88.
13. Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. Моделирование пожара в помещениях зданий различного назначения // Пожаровзрывобезопасность, 1992, № 1. С. 22-28.
14. Jonathan Barnett, Vince Dowling FDS modelling of hot smoke testing, cinema and airport concourse, s 110.
15. Tuomisaari M. Smoke ventilation in operational fire fighting/ M. Tuomisaari. VTT Building Technology. Technical Research Center of Finland. ESPOO 1997.

Nizhnyk V.V., Prisyazhnyuk V.V., Savchenko O.V. ANALYSIS OF THE CURRENT STATUS OF USE OF SMOKE AND HEAT EXTRACTION MEANS BY FIRE AND RESCUE DEPARTMENTS

This publication provides statistical data on fires in Ukraine and the relevance of the use of smoke and heat removal tools when extinguishing fires in residential areas. A comparative analysis of the technical characteristics of smoke and heat removal devices operated in the leading countries of the world and Ukraine is given. It has been established that the injection of fresh air into the room is the most effective compared to the suction of gassed air. It is noted that the use of a combined method of managing gas flows with the help of smoke and heat removal means makes it possible to reduce the temperature impact on a person on the main evacuation routes. Factors that increase the efficiency of extinguishing fires with the use of fire extinguishers have been identified. The main features by which fire extinguishers are classified are given.

Regulatory and technical documents and patents for smoke and heat removal devices, methods and methods of their application are considered. The main technical characteristics that affect the effectiveness of smoke and heat removal devices have been determined. Attention is focused on mathematical models that describe the process of removing dangerous fire factors from premises and buildings. The need to carry out further research in order to establish the regularity of the dependence of the productivity of smoke and heat removal means on their technical characteristics, as a scientific basis for the improvement of such means, is indicated. The main tasks of research, which must be solved in the future, are defined.

Key words: *means of smoke and heat removal, gas flow management, fires in the residential sector.*