

Відгук
офіційного опонента,
доктора технічних наук, старшого наукового співробітника
Антонова Анатолія Васильовича
на дисертаційну роботу **Штангрета Назара Олеговича** за темою
«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІКВІДУВАННЯ ПОЖЕЖ У
ПІДВАЛЬНИХ ПРИМІЩЕННЯХ КОМБІНОВАНИМ ЗАСТОСУВАННЯМ
ДИМОВСМОКТУВАЧІВ ТА СТРУМЕНІВ ТОНКОРОЗПИЛЕНОЇ ВОДИ»,
поданої на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Для опонування було надано автореферат на 27 сторінках та дисертацію повним обсягом 230 сторінок, яка складається з анотації, вступу, п'яти розділів, 5 додатків, 101 рисунка, 43 таблиць і 113 посилань на використані джерела, а також ксерокопії наукових праць здобувача за темою. Дисертацію виконано у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності. Дисертацію та автореферат викладено державною мовою. Графічний матеріал виконано якісно, він повною мірою ілюструє наведені в дисертаційній роботі наукові положення та висновки.

Актуальність роботи та її зв'язок з науковими планами і темами

Згідно із статистичними даними про пожежі, щороку в Україні виникає в середньому 70 тис. пожеж. З 2009 по 2017 рік у нашій державі майже 73 % усіх пожеж виникали у спорудах житлового сектора. Внаслідок пожеж гине 2-3 тис. осіб на рік, з яких 90 % – у житловому секторі. Особливо небезпечними є пожежі в підвалах житлових будинків. Це обумовлюється конструктивним виконанням підвалів. Практика показує, що при пожежах у підвалах при неповному згорянні пожежної навантаги дим має густину понад $1,5 \text{ г/м}^3$, а середньооб'ємна температура на 20-30 хв розвитку пожежі може досягати значень в межах від 250 до 350 °С.

Саме у таких умовах доводиться працювати пожежникам в ланках газодимозахисної служби ДСНС України. Щоб уникнути впливу цих небезпечних чинників пожежі в підвальних приміщеннях під час гасіння, доцільно було б зменшити оптичну густину диму в зоні задимлення до видимості $3 \pm 0,5$ метрів, та знизити середньооб'ємну температуру до значень $60 \pm 5^\circ\text{C}$, що створило б передумови для підвищення ефективності ліквідування пожеж пожежно-рятувальними підрозділами.

Одним із способів підвищення ефективності процесу ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях є осадження та вилучення диму із зниженням середньооб'ємної температури шляхом комбінованого застосування димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води.

З урахуванням викладеного, проведення досліджень з обґрунтування параметрів та технічних рішень як підґрунтя для створення установок димовсмоктувачів, ефективніших за існуючі, є **актуальним**. Воно спрямоване на зменшення негативного впливу небезпечних чинників пожеж у приміщеннях

житлових будівель на пожежників шляхом комбінованого подавання в їх об'єм чистого повітря та струменів тонкорозпиленої води із визначеними параметрами для зниження середньооб'ємної температури та димоосадження.

Дисертаційне дослідження проводилось в рамках розвитку «Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 рр.», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2012 р. №598 під час виконання за договором про співробітництво між ЛДУБЖД та ДЗ «ДЕА» науково-дослідної роботи «Створити наукові основи розроблення екологічно прийнятних вогнегасних речовин та технологій їх застосування», державний реєстраційний номер 0116U7171, в якій здобувач був виконавцем.

Аналіз змісту дисертації

Анотацію до дисертації, як і надалі її текст викладено згідно з вимогами Наказу Міносвіти України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» 12.01.2017 № 40, в ній стисло представлені основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичне значення роботи.

У вступі наведено актуальність, мету, ідею дисертаційної роботи, задачі, об'єкт та предмет досліджень, відображено наукову новизну отриманих результатів, дані щодо апробації, а також публікації її результатів.

У першому розділі на підставі аналізу літературних джерел окреслено етапи розв'язання наукової задачі підвищення ефективності процесу охолодження та зменшення оптичної густини диму в закритих приміщеннях при ліквідуванні пожежі шляхом впровадження нової конструкції комбінованого пристрою для осадження продуктів згоряння та зниження температури в задимлених приміщеннях для одночасного нагнітання свіжого повітря та подачі струменя тонкорозпиленої води. Подана специфіка використання та аналіз конструкцій пожежних димовсмоктувачів для вилучення продуктів згоряння та ручних водяних стволів для захисту від теплового випромінювання. Проведено аналіз методів дослідження параметрів та динаміки газообміну на пожежі в приміщеннях. Обґрунтовано задачі дисертації.

Запропонована технологія подачі повітряно-водяного струменя розроблена не вперше, але теоретичні та експериментальні дослідження впливу взаємодії потоку повітря та тонкорозпиленої води в процесі їх сумісного польоту на зниження середньооб'ємної температури та ефективність димоосадження під час пожежі в приміщенні не проводились. Тому було розроблено математичну модель цього процесу та проведено теоретичні дослідження. З огляду на те, що теоретичні дослідження не завжди точно описують реальні динамічні процеси, особлива увага приділялася дослідженню моделей на адекватність, як наслідок зіставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі проведено математичне моделювання параметрів взаємодії фракції крапель тонкорозпиленої води з повітряним потоком у високотемпературному об'ємі за допомогою програмного продукту COSMOSFloWorks. Для знаходження розв'язку задачі (після задання початкових та граничних умов) безперервна нестационарна математична модель дискретизується як за простором, так і за часом. Для цього вся розрахункова область покривається сіткою, грані чарунок якої паралельні до координатних

площин декартової системи координат. Сітка генерується автоматично з можливістю впливу на розміри чарунок для покращення точності розрахунку. Розрахунки здійснюються методом скінченних об'ємів.

Було спроектовано в SolidWorks модель кімнати із внутрішніми розмірами 6000x4500x2500 мм із стінами товщиною 250 мм. Посередині кімнати розміщувалось джерело тепла розмірами 630x630 мм на висоті 250 мм. Вхідний отвір розмістили внизу кімнати під кутом 30°, а вихідний отвір зверху в правому куті. Площа вихідного отвору є вдвічі більшою від площі вхідного.

Для узагальнення даних, отриманих із математичного моделювання, побудовано узагальнені графіки температури середовища, швидкості та вологості середовища.

В третьому розділі представлені результати експериментальних досліджень з визначення дисперсності частинок водних вогнегасних речовин в різних точках струменя розпилення з форсунок типу «повний конус» залежно від тиску та діаметра вихідного отвору в лабораторних умовах.

На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень за допомогою програмного забезпечення отримано числові дані щодо зміни дисперсності краплин ТРВ залежно від тиску та діаметра вихідного отвору форсунки типу «повний конус». За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що за надлишкового тиску в межах від 0,3 до 0,5 МПа у разі застосування запропонованих форсунок типу повний конус з діаметрами вихідних отворів 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм генеруються струмені тонкорозпиленої води з діаметром краплин від 110 до 430 мкм. Визначено, що зміна надлишкового тиску в діапазоні від 0,3 до 0,5 МПа практично не впливає на дисперсність краплин тонкорозпиленої води у разі застосування форсунок такого типу однакового діаметру, а суттєвий вплив має діаметр їх вихідного отвору. Встановлено, що за надлишкового тиску 0,4±0,1 МПа, характерного для роботи насосів пожежних автомобілів під час подавання вогнегасних речовин в процесі ліквідування пожеж, у разі застосування запропонованих форсунок типу «повний конус» діаметрами 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм генеруються струмені тонкорозпиленої води з усередненими діаметрами краплин.

У четвертий розділ проведено експериментальну перевірку основних теоретичних результатів досліджень, щодо комбінованого впливу дисперсності краплин ТРВ та потоку чистого повітря на осадження продуктів горіння та зниження температури в лабораторних умовах. Експериментальні дослідження проводились згідно з розробленою методикою із визначення параметрів небезпечних чинників пожежі (температури, оптичної густини диму) класів А і В в об'ємах приміщень.

Метою експериментальних досліджень було досягнення середньооб'ємної температури в межах 60±5⁰С та видимості: візуальної - в межах 3±0,5 м і оптичної - в межах 0,78 Нп/м (200±7 мВ) шляхом нагнітання повітряно-водяного струменя в приміщення, де розміщено модельне вогнище пожежі, за допомогою насадки-розпилювача (форсунка – «повний конус») при постійному тиску 0,4 МПа одночасно з осьовим електричним димовсмоктувачем (вентилятором) продуктивністю 5000 м³/год.

Для дослідження процесу з визначення ефективності засобів осадження диму застосовувався прилад з визначення оптичної густини диму.

На основі математичної моделі виконано перерахунок відносної ефективності струменя для конкретних параметрів, що використовувалися в експерименті (рис. 17 (червона крива)). Аналогічним чином визначено відносну ефективність осадження диму шляхом вимірювання часу, протягом якого досягається необхідна видимість (синя крива), але у цьому значенні ефективності вже враховано ефективність параметрів потоку. Тому для оцінки ефективності взаємодії крапель ТРВ із димом необхідно її вилучити. В результаті зелена лінія відображає ефективність взаємодії крапель ТРВ різних розмірів з частинками диму.

Як показує аналіз, вплив оптимального потоку повітряно-водяного струменя на ефективність осадження диму є приблизно в півтора раза менший ніж вплив розміру краплі ТРВ.

У п'ятому розділі подано методичні рекомендації із застосування пристрою для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях житлових і промислових будівель у разі ліквідування пожеж.

Наведені методичні рекомендації із застосування пристрою для комбінованого подавання ТРВ разом з димовсмоктувачем для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях та показана схема оперативного розгортання відділення на автоцистерні під час гасіння пожеж у підвалах. Також розроблені додаткові обов'язки номерів оперативного розрахунку на АЦ-40(130)63Б.

Проведено полігонні випробування з визначення ефективності використання пристрою для подачі ТРВ на базі димовсмоктувача ДП-7М.

Проведено експериментальні дослідження, щодо визначення швидкості руху пересування ланок ГДЗС в умовах різної видимості предметів в залежності від густини диму у підвальному приміщенні. Встановлено, що проведення розвідки з пошуком осередку пожежі або потерпілого у підвалі в умовах видимості менше 1 м швидкість руху ланки ГДЗС в середньому буде становити до 9 м/хв. А в разі застосування пристрою для комбінованої подачі тонкорозпиленої води на базі димовсмоктувача ДП-7 для пониження середньо об'ємної температури до 60 ± 5 °С та збільшення видимості: візуальної в межах $3 \pm 0,5$ м і оптичної в межах 0,78 Нп/м (200 ± 7 мВ) швидкість руху ланки ГДЗС в середньому буде становити до 12 м/хв., що в 1,3 рази швидше.

Найбільш суттєві наукові результати, отримані особисто здобувачем і їх новизна. Дисертантом

– *уперше*: науково обґрунтовано параметри, запропоновано схемні рішення і розроблено переносний пристрій комбінованого подавання струменів тонкорозпиленої води, застосування якого, на відміну від відомих, реалізує комбінований, одночасний вплив повітряно-водяного середовища на нагріті і заповнені продуктами згоряння об'єми приміщень, зменшуючи їх середньооб'ємну температуру, а також задимленість, що призводить до підвищення ефективності ліквідування пожеж, зокрема у підвальних приміщеннях;

– *удосконалено* дослідницько-випробувальну базу з виявлення ефективності димоосадження шляхом застосування розробленого переносного приладу з визначеними параметрами, суть роботи якого полягає у виявленні послаблення інтенсивності лазерного променя внаслідок його проходження крізь задимлене середовище;

набуло подальшого розвитку застосування методів математичного моделювання процесів взаємодії струменів тонкорозпиленої води та повітря з нагрітими та заповненими внаслідок пожеж об'ємами приміщень

Ступінь обґрунтованості наукових результатів та висновків забезпечено ґрунтовним аналізом інформаційних джерел та нормативної бази, застосуванням апробованих методів досліджень та поширеною їх апробацією на наукових та науково-практичних національних та міжнародних конференцій.

Практичне значення результатів роботи та ступінь їх впровадження.

полягає в тому, що:

– розроблено конструкцію та виготовлено прилад для визначення оптичної густини диму в умовах високих температур у закритих приміщеннях, захищений патентом України на корисну модель;

– розроблений дослідний зразок **пристрою для подавання тонкорозпиленого струменя води** було поставлено в оперативний розрахунок в пожежно-рятувальному підрозділі ДСНС України у Львівській області, що засвідчено відповідним актом впровадження;

– розроблено методичні рекомендації щодо застосування пристрою для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях під час ліквідування пожеж, які використовуються під час викладання дисциплін: «Підготовка газодимозахисника» та «Пожежна тактика» в ЛДУ БЖД ДСНС України, що засвідчено відповідним актом впровадження.

Особистий внесок здобувача полягає в участі у формуванні ідеї роботи, визначенні мети і завдань досліджень, об'єкта та предмета досліджень, самостійному аналізі вітчизняних та закордонних джерел інформації, удосконаленні та розробленні методик досліджень та обладнання, проведенні експериментальних досліджень та обробленні їх результатів, формулюванні та узагальненні висновків. Участь автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведено в списку опублікованих праць за темою дисертації.

Дискусійні положення та зауваження до автореферату та дисертації.

- на с 5 автореферату допущено помилку в ініціалах Копилова С. М.;
- не зовсім коректно викладено підписи під графічним матеріалом, зокрема: рис. 3 (автореферат, с. 9); рис. 8 (автореферат с. 13), таблиця 2 (автореферат с. 13); рис. 12 (автореферат с. 15), таблиця 3 (автореферат с. 16);
- назву таблиці 4 (автореферат с. 17) доречно було б деталізувати в частині прив'язки до конкретних умов проведення досліджень, крім того, коректніше вжити термін «тривалість досягнення активної видимості»,

або «проміжок часу до досягнення оптичної видимості» замість «час досягнення...»;

- назву таблиці 5 (автореферат) також доречно було б деталізувати; Аналогічні зауваження відносяться і до тексту дисертації.

Зауваження не відносяться до принципів і не впливають на цілком позитивне сприймання роботи.

Дисертацію та автореферат викладено у логічній послідовності сучасною українською науково-технічною мовою із застосуванням загальноприйнятою термінології.

Повнота викладених основних результатів наукових досліджень дисертації в опублікованих працях та особистий внесок у роботх за співавторства.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 11 наукових працях, з яких 5 статей у фахових виданнях (з них 1 у закордонному виданні), 6 тез доповідей на міжнародних та національних науково-практичних конференціях. За результатами роботи отримано два патенти України на корисну модель.

Особистий внесок у статтях, матеріалах та тезах, опублікованих за співавторства відображено в авторефераті, а також в дисертації.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота за темою «Підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води» є кваліфікованою науковою працею, виконаною особисто здобувачем у вигляді рукопису, вона відповідає формулі і напрямам досліджень, регламентованих паспортом спеціальності, за якою її представлено до захисту, вона містить висунуті здобувачем нові науково обґрунтовані результати досліджень, які у комплексі вирішують актуальну наукову задачу підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води з визначеними параметрами.

Зміст автореферату і дисертації відповідають вимогам пп. 9, 11-14 положення про «Порядок присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р., № 567 зі змінами, а її автор, Штангрет Назар Олегович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

**Професор кафедри екологічного аудиту
та експертизи Державної екологічної академії
післядипломної освіти та управління, доктор
технічних наук, старший науковий співробітник**

А. В. Антонов