

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Гарасим'юка Олександра Івановича «Розвиток наукових аспектів комбінованого застосування вогнегасних аерозолів, газів та порошків» представлену до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 21.06.02 – “пожежна безпека”

Актуальність теми. Ефективність боротьби з пожежами значною мірою залежить від ефективності вогнегасних речовин, найбільшого поширення з яких для локального об'ємного пожежогасіння набули як у світовій практиці, так і в Україні, порошкові, газові та аерозольні засоби пожежогасіння.

Значний обсяг теоретичних та експериментальних досліджень з розробки таких засобів та технологій їх застосування висвітлено в роботах Копилова М., Цариченка С., Меркулова В., Агафонова В., Вайсмана М., Горшкова В., Безродного І., Навроцького О., Пашковського П., Булгакова Ю., Костенка В., Ковалишина В., Антонова А., Жартовського В., Дунюшкіна В., Сізікова О., Цапка Ю., Тропінова О., Апановича В., Орла В., Білошицького М., Баланюка В., Копистинського Ю., Журбинського Д., та ін. Як відомо, одним із шляхів підвищення ефективності припинення горіння є комбіноване застосування різних за механізмами припинення горіння вогнегасних речовин. Як правило, це стосується їх бінарних сумішей. Незважаючи на наявну теоретичну базу і досягнуті практичні результати з цих питань, науковий інтерес і практичне значення мають процеси припинення горіння у разі комбінованого впливу тернарних сумішей вогнегасних речовин, зокрема вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолу та газових вогнегасних речовин - розріджувачів. Актуальною є задача розкриття особливостей взаємного впливу таких вогнегасних речовин на їх вогнегасну ефективність як теоретичне та практичне підґрунтя підвищення ефективності їх застосування в практиці пожежогасіння та протипожежного захисту замкнених та напівзамкнених об'ємів об'єктів різного призначення.

Зв'язок роботи з науковими темами. Робота виконувалась відповідно до «Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2011—2015 роки», затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2010 р. № 2348-р та «Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2012 р. № 590, у рамках виконання науково-дослідної роботи «Провести дослідження з розкриття особливостей процесів припинення горіння горючих речовин під час застосування сучасних вогнегасних речовин та технологій їх подавання (№ держреєстрації ДР 0111U006565), в якій здобувач був виконавцем.

Структура роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 130 сторінках друкованого тексту, що містить 20 рисунків, 18 таблиць, 2 додатки та 140 посилань на використані літературні джерела.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та задачі дослідження, показано наукову новизну роботи та висвітлено практичне значення отриманих результатів. Вказані відомості щодо апробації та опублікування основних результатів наукового дослідження.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану застосування різних видів вогнегасних речовин, висвітлено чинники впливу на процеси припинення горіння в разі їх застосування. Визначено характерні особливості застосування вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин, у тому числі такі, що негативно впливають як на ефективність пожежогасіння, так і на збереження захищеного об'єкта, здоров'я людей та стан навколишнього природного середовища.

Результати аналізу сучасних вогнегасних речовин, що використовуються для гасіння об'ємним способом, показав, що найбільш ефективними є вогнегасні аерозолі, вогнегасні порошки та газові вогнегасні речовини. При окремому застосуванні їм притаманна достатньо висока вогнегасна ефективність, але є і певні недоліки. Проведений аналіз літературних джерел свідчить про те, що більшість розробок у сфері аерозольного та порошкового пожежогасіння полягає не в створенні нових, а в удосконаленні вже відомих і апробованих рецептур шляхом додавання до базової основи добавок різного роду. Таким чином на підставі аналізу наукових публікацій багатьох вітчизняних та закордонних вчених висунуто ідею, що одним із шляхів підвищення ефективності припинення горіння у замкнених та напівзамкнених об'ємах є одночасне застосування вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолу, та газової вогнегасної речовини-розріджувача з обґрунтованим співвідношенням компонентів та параметрами подавання. Для досягнення позитивних результатів на шляху реалізації цієї ідеї сформульовано мету і задачі досліджень.

У другому розділі наведено результати аналізу наукових публікацій щодо трактування механізмів припинення горіння під час застосування різних видів вогнегасних речовин, а також внеску окремих чинників, таких, як охолодження, розбавлення, ізолювання, інгібування, флегматизування.

Встановлено, що на думку переважної кількості дослідників, домінуючими внесками у процеси припинення горіння у разі застосування різних видів вогнегасних речовин, є:

- інгібування та ізолювання – для вогнегасних порошків на фосфорно-амонійній основі;

- розбавлення та флегматизування – для газових вогнегасних речовин (розріджувачів);
- інгібування, флегматизування та розбавлення – для вогнегасних аерозолів із вмістом солей – інгібіторів горіння.

Усім вогнегасним речовинам притаманні як переваги, так і недоліки. Зокрема, вогнегасні порошки мають високу вогнегасну ефективність, але незначну охолоджувальну здатність, а також не забезпечують довготривалого флегматизування замкнених і напівзамкнених об'ємів внаслідок осадження розпиленого порошку протягом лише десятків секунд. Для вогнегасних аерозолів характерна довготривала здатність флегматизування газових горючих середовищ завдяки дуже малим розмірам частинок диспергованих солей – інгібіторів горіння, але ефективність гасіння пожеж твердих горючих речовин, здатних до тління, є незначною. Газові вогнегасні речовини, зокрема розріджувачі, за відповідної об'ємної концентрації забезпечують гасіння та флегматизування газових горючих середовищ, але як і у випадку застосування вогнегасних аерозолів, не достатньо ефективні для гасіння твердих горючих речовин.

Також у цьому розділі теоретично обґрунтоване застосування комбінацій газових, порошкових та аерозольних вогнегасних засобів для гасіння пожеж, а також методики проведення експериментальних досліджень з виявлення впливу співвідношень концентрацій вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин-розріджувачів на ефективність припинення горіння та флегматизування горючих середовищ. Наведені схеми та описи експериментальних установок для досліджень з визначення вогнегасної та флегматизувальної ефективності тернарних сумішей вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин-розріджувачів.

За результатами проведених аналітичних досліджень обґрунтовано, що вогнегасна та флегматизувальна ефективність сумішей вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газової вогнегасної речовини-розріджувача може бути вищою ніж вогнегасна та флегматизувальна здатність окремих компонентів суміші. Поєднання цих компонентів у складі тернарної суміші, забезпечує одночасний прояв декількох чинників припинення горіння (охолодження, розрідження, інгібування), при цьому можливе отримання ефекту синергізму;

У третьому розділі представлено математичне планування експерименту (повний факторний експеримент, тип 2^4), за результатами якого визначено перспективні варіанти тернарних сумішей з передбачуваними збільшеними показниками вогнегасної та флегматизувальної ефективності (AUC + ВП + CO₂) або (AUC + ВП + N₂).

Далі в розділі представлено хід та результати експериментальних досліджень вогнегасної ефективності аерозольно-порошкової суміші одержаної із AUC, на основі ідітолу та KNO₃, та фосфорно-амонійного вогнегасного порошку.

Результати проведених дослідів показали, що на вогнегасну ефективність при гасінні суттєво впливає співвідношення компонентів та вид компонентів в складі суміші. Для визначення вогнегасної ефективності суміші вогнегасного аерозолі, вогнегасного порошку та газових вогнегасних речовин-розріджувачів було проведено серію дослідів методом камери. При цьому аерозоль отримували з того ж АУС на основі ідітолу – 20 % та нітрату калію – 80 %. В якості вогнегасного порошку використали порошок на основі фосфатів. Використовували також хімічно чисті гази CO_2 та N_2 . Результати експериментальних досліджень показали, що навіть незначна кількість добавок газових вогнегасних речовин-розріджувачів до аерозолі та порошку суттєво зменшує їх вогнегасну концентрацію. Автором виявлено «область оптимальних концентрацій» компонентів у складі тернарних сумішей. При застосуванні тернарних сумішей, компоненти яких створюють концентрації з цієї області, забезпечується нівелювання недоліків кожного з компонентів та багатократне підвищення їх вогнегасної ефективності.

Наступним етапом було експериментальне дослідження флегматизувальної ефективності тернарних сумішей. В результаті експериментів виявлено синергетичний ефект під час флегматизування парів n-гептану тернарними сумішами, аналогічних наведеним вище компонентним складам ($\text{АУС} + \text{ВП} + \text{CO}_2$) і ($\text{АУС} + \text{ВП} + \text{N}_2$), але з іншими значеннями концентрацій компонентів.

Із застосуванням високошвидкісної камери Nikon 1 J4 (швидкість 1200 кадрів за секунду) було проведено серію експериментів з визначення можливості зниження швидкості горіння (вибуху) стехіометричної гептано-повітряної суміші (СГПС) за рахунок введення у вибухонебезпечний об'єм тернарної суміші вогнегасних речовин. В результаті встановлено компонентний склад тернарної суміші, який забезпечив зниження тривалості горіння (вибуху) СГПС майже в 6 раз (з 100 мс до 582 мс).

Таким чином, в результаті проведених досліджень визначено перспективні склади тернарних сумішей, застосування яких в якості заряду технічних засобів пожежогасіння дозволить підвищити ефективність протипожежного захисту об'єктів різного призначення за рахунок зниження значень вогнегасної та флегматизувальної концентрації вогнегасних речовин.

Четвертий розділ присвячений практичному впровадженню результатів роботи. Розроблено технічні рішення щодо використання тернарної суміші ($\text{АУС} + \text{ВП} + \text{CO}_2$) в складі вогнегасного пристрою, який може бути застосований в якості базового елемента автоматичної системи комбінованого пожежогасіння. Виготовлено дослідні зразки цього пристрою та проведені їх успішні полігонні випробування, під час яких здійснювалось гасіння модельних вогнищ пожежі класів А та В у приміщенні об'ємом 65 м^3 . Розроблено проект технічного регламенту на виготовлення цих пристроїв та пропозиції (рекомендації) щодо об'єктів, для захисту яких доцільно їх застосування.

Таким чином, в результаті виконаних досліджень, автором підтверджено правильність сформульованої ідеї щодо можливості підвищення ефективності припинення горіння у замкнених і напівзамкнених об'ємах різних об'єктів за рахунок застосування тернарних сумішей вогнегасних речовин. Безперечною є практична спрямованість виконаної роботи, за результатами якої розроблено схемне рішення та виготовлені дослідні зразки вогнегасних пристроїв, які в подальшому можуть стати основою вискоєфективних автоматичних систем пожежогасіння.

Оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає нормативним вимогам ДАК України. Автореферат відповідає основним положенням дисертаційної роботи. Основні результати досліджень опубліковано у 8 роботах, 3 з яких представлені у науково-метричних базах та закордонних виданнях, а саме 1 стаття в журналі, який цитується в науково-метричній базі Scopus, 1 стаття в журналі, який цитується в науково-метричних базах CrossRef, American Chemical Society, EBSCO, Index Copernicus, та одна стаття у фаховому іноземному виданні.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розкритті особливостей впливу виду і співвідношення компонентів у тернарній системі «вогнегасний порошок–вогнегасний аерозоль–газова вогнегасна речовина-розріджувач» на підвищення ефективності припинення горіння у замкнених та напівзамкнених об'ємах за умови одночасного її подавання з обґрунтованими параметрами. При цьому:

– *вперше виявлено*, що у разі одночасного комбінованого застосування тернарних сумішей вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків із вмістом неорганічних солей калію та газових вогнегасних речовин-розріджувачів (діоксид карбону або азот), відбувається зниження значень вогнегасної та флегматизувальної концентрації горючих середовищ у 2,2÷4,4 рази порівняно з їх вогнегасною концентрацією та більше ніж на порядок – порівняно з флегматизувальною концентрацією газової вогнегасної речовини-розріджувача; на відміну від бінарних газоаерозольних сумішей досягається припинення горіння рідких і твердих горючих речовин, а також газових горючих середовищ та забезпечується відсутність їх повторного займання.

– *набуло подальшого розвитку* уявлення щодо ефективності комбінованого застосування тернарних сумішей вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків-інгібіторів горіння і газових вогнегасних речовин-розріджувачів в системах протипожежного захисту об'єктів з наявністю горючих середовищ і можливістю виникнення пожеж класів А, В, С та електрообладнання;

– розвинено технічну базу автоматичних систем пожежогасіння, за рахунок створення вогнегасного пристрою, який забезпечує ефект припинення горіння та флегматизування горючих середовищ в замкнених і напівзамкнених об'ємах з можливістю виникнення пожеж класів А, В, С та електрообладнання протягом щонайменше 15 хвилин шляхом генерування в захищений об'єм тернарної суміші вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин-розріджувачів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій роботи підтверджується:

- достатньою глибиною аналітичних досліджень з визначення перспективних шляхів підвищення ефективності припинення горіння в різних об'єктах;
- коректним використанням методів математичного планування експериментів;
- застосуванням експериментальних установок, конструкції яких забезпечують стабільність створення необхідних випробувальних режимів та відтворюваність;
- застосуванням метрологічно атестованих засобів вимірювальної техніки;
- задовільною сходимістю результатів аналітичних та експериментальних досліджень в лабораторних та полігонних умовах.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні, виготовленні і апробуванні автоматичної системи пожежогасіння комбінованим способом з подаванням тернарної суміші вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолу, та газу-розріджувача для протипожежного захисту об'єктів з можливістю виникнення пожеж класів А, В, С та електрообладнання.

Розроблено відповідні технічні документи, виготовлено дослідно-промислові зразки автоматичних систем пожежогасіння тернарною сумішшю вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолу та газової вогнегасної речовини-розріджувача.

Результати досліджень впроваджено шляхом застосування розробленої автоматичної системи комбінованого пожежогасіння для протипожежного захисту електроцитої нафтобази ТОВ «АС ІНВЕСТВЕНТ» м. Калинівка, а також впровадження дослідницьких методик у діяльність дослідно-випробувальної лабораторії та у навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності під час викладання дисциплін «Теорія горіння та вибуху», «Теоретичні основи пожежовибухонебезпечності», а також проведенні науково-дослідних робіт з визначення вогнегасної та флегматизувальної ефективності вогнегасних речовин.

Недоліки та зауваження:

1. Не наведено обґрунтування застосування запалювальної суміші з пудри алюмінію з нітратом калію та ідітолу для запалювання модельних вогнищ пожежі класу В (гептан) та А1 (деревина) у дослідах на експериментальних установках. При цьому, тривалість вільного горіння модельних вогнищ $t_{вг}=10$ с до початку подавання вогнегасної суміші не відповідає жодним нормативним вимогам (див., наприклад, ДСТУ EN 15276-1, ДСТУ 4442, ДСТУ EN 15004-1, ДСТУ 3972).

2. Потребує додаткових пояснень вибір значень інтервалів варіювання факторів для повного факторного експерименту (таблиця 1 автореферату та таблиця 3.1 дисертації. В подальшій роботі значення факторів (концентрацій компонентів тернарної суміші) переважно знаходились за межами цих інтервалів.

3. Не зрозуміло, чому у матрицю планування експерименту одночасно долучені концентрації CO_2 та N_2 . Адже ці компоненти одночасно не застосовуються в жодному варіанті тернарних сумішей.

4. З тексту автореферату не зрозуміло чим є кінцевий (вихідний) параметр T рівняння регресії. В дисертації вказано, що це «числове значення температури полум'я гептанового пальника» (стор. 74), але не вказано, досягнення якого значення цієї температури є метою.

5. З тексту дисертації не зрозуміло, яким чином вимірялась зміна концентрації АУС та вогнегасного порошку під час експериментів, результати яких наведені на рис. 7 автореферату та рис. 3.14 дисертації.

6. У підрозділі 4.1 слід було б більш детально описати полігонні випробування. Вислів щодо «дотримання вимог Держстандарту» не є прийнятним – необхідно посилання на конкретний нормативний документ, наприклад ДСТУ EN 15004-1, або ДСТУ EN 15276, або ДСТУ 3972. При цьому, повинні бути додержані вимоги щодо конструкції та розміщення модельних вогнищ пожежі – з наведеного опису це не ясно.

7. Рекомендації (підрозділ 4.2) щодо галузі застосування розробленого пристрою потребують більшого обґрунтування.

8. Наведені розрахунки щодо економічної ефективності застосування запропонованого пристрою комбінованого пожежогасіння (підрозділ 4.4) не є достатньо обґрунтованими.

9. Не зрозуміло навіщо змінено порядок у переліку науковців (5 стор. автореферату), які зробили внесок у дослідження та розроблення засобів пожежогасіння, відносно наведеного на стор. 1 автореферату та на стор. 7 дисертації. Зокрема, чому фамілія Дунюшкіна опинилась попереду фамілій Царіченка, Корольченка, Тарадайка, Жартовського, Антонова. Вважаю це не досить коректним.

Оцінка дисертаційної роботи.

Дисертація Гарасим'юка О.І. є закінченою науково-дослідною роботою. Робота пройшла достатню апробацію результатів дисертаційних досліджень.

Зазначені вище недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку представленої на опонування дисертаційної роботи О.І.Гарасим'юка. В цілому дисертаційна робота Гарасим'юка О.І. «Розвиток наукових аспектів комбінованого застосування вогнегасних аерозолів, газів та порошків», відповідає вимогам ДАК України щодо кандидатських дисертацій, за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,

начальник відділу автоматизованих систем пожежогасіння

науково-виробничої фірми «Фактор»

« » грудня 2016 р.

В. О. Дунюшкін

Підпис Дунюшкіна В.О. засвідчую

Згідно з

Нагальши



Лобуркова.