ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

ГАРАСИМ’ЮК ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ

УДК 614.844:614.845

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ АСПЕКТІВ КОМБІНОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

**ВОГНЕГАСНИХ АЕРОЗОЛІВ, ГАЗІВ ТА ПОРОШКІВ**

Спеціальність 21.06.02 – пожежна безпека

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Львів-2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій

|  |  |
| --- | --- |
| **Науковий керівник** | кандидат технічних наук, доцент  **Баланюк Володимир Мірчович**,  докторант відділу докторантури та аспірантури (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності) |
| **Офіційні опоненти:** | доктор технічних наук, професор  **Костенко Віктор Климентович**,  завідувач кафедри природоохоронної діяльності ([Донецький](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%BE-%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%96%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D1%83%D1%82_%D1%96%D0%BC._%D0%93.%D0%92.%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B0_(%D0%A4%D0%9C%D0%86)_%D0%9D%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D0%90%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%BC%D1%96%D1%97_%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8) національний технічний університет МОН України)  кандидат технічних наук, старший науковий співробітник **Дунюшкін Володимир Олександрович**,  начальник відділу автоматизованих систем пожежогасіння («Науково-виробниче об’єднання «Фактор») |

Захист відбудеться 22 грудня 2016 р. о 1100 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35. 874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності ДСНС України (79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35).

Автореферат розіслано «22» листопада 2016 р.

Т.в.о. вченого секретаря

спеціалізованої вченої ради

к.т.н., доцент В.І. Лущ

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**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 аерозолю та газових вогнегасних речовин (розріджувачів). Актуальною є задача розкриття особливостей взаємного впливу таких вогнегасних речовин на їх вогнегасну ефективністьяк 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.

**Ідея роботи** полягає у підвищенні ефективності припинення горіння у замкнених та напівзамкнених технологічних об’ємах та приміщень шляхом одночасного подавання вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю та газової вогнегасної речовини – розріджувача з обґрунтованими співвідношеннями компонентів та параметрами їх подавання.

**Метою роботи було** розкриття особливостей впливу виду і співвідношення компонентів у тернарній системі «вогнегасний порошок–вогнегасний аерозоль–газова вогнегасна речовина (розріджувач)» на ефективність припинення горіння в замкненому і напівзамкненому об’ємах як наукове підґрунтя розвитку наукових аспектів застосування комбінованого пожежогасіння.

Для досягнення зазначеної мети поставлено до вирішення такі задачі досліджень:

* провести аналіз сучасного стану розробки та застосування систем пожежогасіння комбінованим способом і виявити шляхи підвищення їх ефективності, а також флегматизування горючих середовищ в замкнених та напівзамкнених об’ємах;
* розробити методики проведення теоретичних та експериментальних досліджень з виявлення впливу співвідношень концентрацій вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин-розріджувачів на ефективність припинення горіння та флегматизування горючих середовищ;
* провести експериментальні дослідження з виявлення залежності флегматизувальної та вогнегасної ефективності від співвідношення концентрацій вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин- розріджувачів у їх тернарних сумішах;
* розробити технічні вимоги та технічні документи щодо схемного рішення автоматичної системи пожежогасіння з подаванням тернарної суміші вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газової вогнегасної речовини-розріджувача;
* провести експериментальні дослідження з визначення вогнегасної та флегматизувальної ефективності застосування розробленої автоматичної системи з подаванням тернарної суміші вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газової вогнегасної речовини-розріджувача;
* розробити проект рекомендацій щодо застосування розробленої автоматичної системи пожежогасіння для припинення горіння і флегматизування горючих середовищ в системах протипожежного захисту об’єктів.

**Об’єктом дослідження**  були процеси припинення горіння в замкнених та напівзамкнених технологічних об’ємах та приміщеннях у разі одночасного подавання тернарної суміші вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю та газової вогнегасної речовини-розріджувача.

**Предмет дослідження** – вплив виду і співвідношення компонентів тернарної суміші вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю та газової вогнегасної речовини на ефективність процесу припинення горіння в замкнених та напівзамкнених об’ємах.

**Методи дослідження.** У роботі використано комплексний метод досліджень, що включав аналіз і узагальнення науково-технічних досягнень з питань розроблення і застосування газових, аерозолевих та порошкових вогнегасних речовин. Вогнегасну ефективність сумішей вогнегасних речовин визначали за запропонованою у роботі методикою на атестованому обладнанні з використанням метрологічно повірених засобів вимірювання. Ефективність припинення горіння у разі застосування тернарних сумішей вогнегасних речовин перевіряли у полігонних умовах під час гасіння модельних вогнищ пожеж класу А та В за ГОСТ 27331. Результати досліджень обробляли методами обчислювальної математики.

**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 раза 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 середових і можливістю виникнення пожеж класів А, В, С та електрообладнання;
* *удосконалено* автоматичну систему пожежогасіння, яка 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 захищуваний об’єм тернарної суміші вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин-розріджувачів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробленні, виготовленні і апробуванні автоматичної системи пожежогасіння комбінованим способом з подаванням тернарної суміші вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю, 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 аерозолю та газової вогнегасної речовини-розріджувача.

Результати досліджень впроваджено шляхом застосування розробленої автоматичної системи комбінованого пожежогасіння для протипожежного захисту електрощитової 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.

**Особистий внесок здобувача** полягає у ґрунтовному, розширеному аналізі вітчизняних та закордонних літературних джерел, виконанні експериментальної частини та обробці даних експерименту, формулюванні основних висновків роботи, розробленні автоматичної системи пожежогасіння та перевірці її працездатності. У роботах, опублікованих за співавторства, особистий внесок такий:

[1]  – визначено вогнегасну ефективність аерозольно-азотних сумішей;

[2] – визначено, що суміш вогнегасного аерозолю, порошку та газів - розріджувачів забезпечує ефективний захист від запалювальних сумшей;

[3] – визначено умови підвищення ефективності аерозольно-порошкового гасіння ;

[4] – визначено вогнегасну ефективність деяких аерозольутворюювальних сполук;

[5] – описано особливості гасіння горючих речовин в різних агрегатних станах;

[6] – розглянуто механізм дії деяких аерозольних флегматизаторів, визначено їх вогнегасну ефективність;

[7] – визначення вогнегасної ефективності гасіння горючих речовин вогнегасним аерозолем на основі солей калію;

[8] – встановлено, що добавка СO2 до аерозолю неорганічних солей калію значно підвищує вогнегасну ефективність суміші.

**Апробація результатів роботи.** Основні результати досліджень було апробовано та схвалено на таких національних та міжнародних конференціях:

* Всеукраїнська конференція рятувальників, 23-24 вересня 2014 року, Київ;
* ХХХХІ Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми у сфері науки», 30-31 травня 2016 року, Чернівці;
* Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні наукові проблеми. розгляд, рішення, практика», 27–28 травня 2016 р., Одеса;
* Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури», 26-28 травня 2016 року, Київ.

**Публікації.** Основні результати досліджень були опубліковано в 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.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел і додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладено на 130 сторінках друкованого тексту, що містить 20 рисунків, 18 таблиць, 2 додатки та 140 посилання на використану літературу.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**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.Зроблено аналіз сучасного стану протипожежного захисту об’єктів з підвищеною небезпекою та обсяг застосування новітніх засобів пожежогасіння. Також визначено основні небезпечні чинники, що призводять до загорянь на цих об’єктах і висвітлено перспективу створення сучасних засобів пожежогасіння, які б ефективно ліквідовували горіння речовин в різних агрегатних станах та температурних режимах.

**У першому розділі** проведено аналіз сучасного стану застосування різних видів вогнегасних речовин, висвітлено основні невирішені питання їх виробництва та невисоку ефективність сучасних автоматичних засобів об'ємного пожежогасіння, сформульовано задачі досліджень.

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 Баратова А. М., Копилова М. П., Агафонова В. В., Костенка В. К., Булгакова Ю. Ф., Тропінова О. Г., Апановича В. М., Радченка С. О., Сізікова О. О., Дунюшкіна В. О., Тарадайка В. П, Баланюка В. М., Андреєва В. А., Цариченка С. Г., Коростильова В. Г., Мишака Ю. А., Антонова А. В., Корольченка Д. О., Тарахно О. В., Жартовського В. М., Баланюка В. М., Копистинського Ю. О, Журбинського Д. А. та інших, висунуто ідею, що одним із шляхів підвищення ефективності припинення горіння у замкнених та напівзамкнених об’ємах є одночасне застосування вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю, та газової вогнегасної речовини-розріджувача з обґрунтованим співвідношенням компонентів та параметрами подавання.

**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 тощо.

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 теоретичних та експериментальних досліджень з виявлення впливу співвідношень концентрацій вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових вогнегасних речовин-розріджувачів на ефективність припинення горіння та флегматизування горючих середовищ.

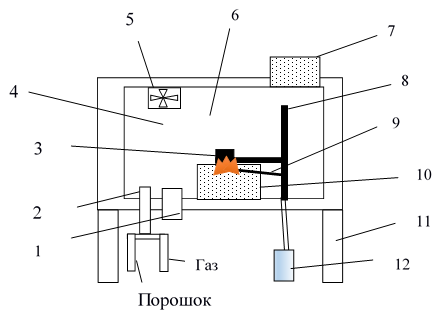
Для визначення ефективності гасіння та флегматизування сумішшю аерозолю, порошку та газів-розчинників було використано металеву камеру (рис.1) об’ємом 175 л з термостійким оглядовим склом та термостійкою металевою основою.

Рисунок 1 – Експериментальна установка для визначення вогнегасної ефективності тернарної суміші вогнегасних речовин: 1 – джерело запалювання АУС; 2 – патрубок для подавання вогнегасного порошку та газової вогнегасної речовини; 3 – запалювальна суміш з електрозапальником; 4 – корпус камери; 5 – вентилятор; 6 – оглядове скло; 7 – витяжний отвір; 8 – штатив для кріплення запалювальної суміші та термопари; 9 – термопара хромель-алюмелева; 10 – місце розташування горючого; 11 – стійки; 12 – регулятор-вимірювач

Всередині камери було розташовано тигель з n-гептаном діаметром 65 мм або модельне вогнище класу А1 з деревини розмірами: висотою 100 мм, шириною 50 мм та довжиною 50 мм. Над модельним вогнищем розташовано термопару для фіксування ознак тління та горіння. Запалювальна суміш, в кількості 10 г, що складалась з суміші пудри алюмінію з нітратом калію та ідітолу, в якій розташовувався елетрозапальник, фіксувалась в алюмінієвій фользі на штативі на кріпленні безпосередньо над дзеркалом горючої рідини та на поверхні модельного вогнища класу А1. Повний проміжок часу горіння запалювальної суміші становив 35–39 с. Температура горіння запалювальної суміші становила приблизно 2000 °С. Експеримент проводили та такою методикою: запалювальну суміш запалювали на поверхні деревини або над поверхнею n-гептану. Проміжок часу горіння становив 10 с, після чого камеру заповнювали аерозолем, який отримували підпалюючи АУС та одночасно подаючи газ з порошком. Після заповнення сумішшю об’єму камери протягом 180 с фіксували ознаки горіння.

**У третьому розділі** представлено математичне планування експерименту, зокрема запропоновано модель визначення оптимального співвідношення кількісних значень параметрів суміші вогнегасних речовин.

Метою проведення цього математичного планування експерименту було визначення взаємного впливу компонентів суміші в процесі флегматизування газового горючого середовища та вплив співвідношення компонентів на їх вогнегасну ефективність при гасінні дифузійного полум'я n-гептану газоаерозольно-порошковою сумішшю. Інтервали зміни факторів в експерименті представлені в таблиці 1.

**Таблиця 1.** Інтервали варіювання факторів в експерименті

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рівень факторів | | CАУС, г/м3 | | ССО2,%об. | | СN2, %об. | | Спор, %об. | |
| Назва | Кодоване значення | Х1 | lnX1 | Х2 | 1nХ2 | Х3 | 1nХ2 | Х4 | 1nХ4 |
| Верхній | +1 | 40 | 3,69 | 25 | 3,21 | 33 | 3,5 | 100 | 4,6 |
| Нульовий | 0 | 25 | - | 18 | - | 25,5 | - | 75 |  |
| Нижній | -1 | 10 | 2,3 | 11 | 2,4 | 18 | 2,9 | 50 | 3,9 |

План експерименту зручно задавати таблицею, званою матрицею планування експерименту, що включає в себе значення факторів та ефектів їх взаємодій, а також значення досліджуваної функції, званої параметром оптимізації. Матриця планування повнофакторного експерименту типу N=2nта результати дослідів представлені в таблиці 2. У таблиці надалі застосовуємо скорочене позначення рівнів факторів: замість +1 і -1 позначаємо + і -.

**Таблиця 2.** Повний факторний експеримент для чотирьох факторів з фіктивною змінною

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № досліду | Фактори в натуральному масштабі | | | | Фактори в безрозмірні системі координат | | | | | Вихідний  параметр |
| Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | X0 | X1 | X2 | X3 | X4 | t |
| 1 | 10 | 11 | 10 | 50 | + | - | - | - | - | 1100 |
| 2 | 45 | 11 | 10 | 50 | + | + | - | - | - | 980 |
| 3 | 10 | 25 | 10 | 50 | + | - | + | - | - | 1000 |
| 4 | 45 | 25 | 10 | 50 | + | + | + | - | - | 850 |
| 5 | 10 | 11 | 33 | 50 | + | - | - | + | - | 980 |
| 6 | 45 | 11 | 33 | 50 | + | + | - | + | - | 945 |
| 7 | 10 | 25 | 33 | 50 | + | - | + | + | - | 900 |
| 8 | 45 | 25 | 33 | 50 | + | + | + | + | - | 710 |
| 9 | 10 | 11 | 10 | 100 | + | - | - | - | + | 600 |
| 10 | 45 | 11 | 10 | 100 | + | + | - | - | + | 540 |
| 11 | 10 | 25 | 10 | 100 | + | - | + | - | + | 700 |
| 12 | 45 | 25 | 10 | 100 | + | + | + | - | + | 570 |
| 13 | 10 | 11 | 33 | 100 | + | - | - | + | + | 400 |
| 14 | 45 | 11 | 33 | 100 | + | + | - | + | + | 565 |
| 15 | 10 | 25 | 33 | 100 | + | - | + | + | + | 360 |
| 16 | 45 | 25 | 33 | 100 | + | + | + | + | + | 150 |

Рівняння регресії для даного повного факторного експерименту виглядає таким чином:

T = exp(11522 – 976,7lnCАУС – 42,2lnССО2– 4503,4lnСN2–

– 4976 lnСпор+ 481lnCАУСlnССО2lnСпор – 511,5ln ССО2·ln СN2– 366,5ln ССО2·ln Спор +

+ 96,7lnCАУСlnССО2 + 78,1lnCАУСlnСN2 –1068,7 lnCАУСlnСN2 – 761,2ln СN2·ln Спор –

– 170,7lnCАУСln ССО2 ln СN2 + 251,25 lnCАУС ln СN2 ln Спор)

Наочно побачити вплив факторів на кінцевий параметр T можна на діаграмі (рис.2), взявши за показники коефіцієнти додатних членів моделі. Отож, маючи позитивний результат щодо створеної моделі регресії та оцінюючи значущість коефіцієнтів, які ми отримали в розрахунках, можемо говорити про таке: найбільший вплив на результат має фактор сумісної дії аерозолю, СО2 та порошку; значний вплив – фактор співвідношення концентрацій аерозолю, азоту та порошку, спільна дія АУС-СО2 та АУС-N2 також відображається в моделі як значущий фактор. Фактично результат повного факторного аналізу підтверджує теоретичну гіпотезу, що ставилася в основу всього дослідження.

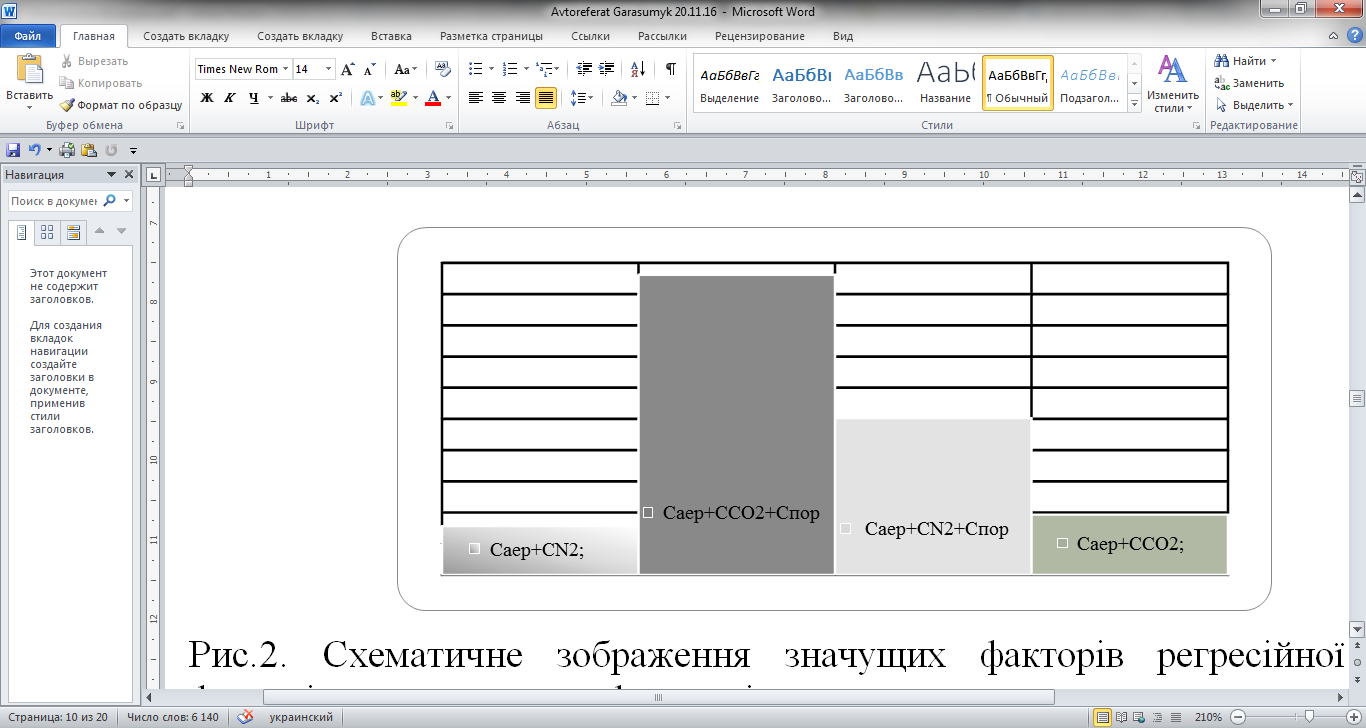


Рисунок 2 – Схематичне зображення значущих факторів регресійної моделі їх впливу на вогнегасну ефективність

Наступним етапом після отриманого теоретичного підґрунтя була її експериментальна перевірка шляхом практичних дослідів.

Далі досліджували вогнегасну ефективність аерозольно-порошкової суміші одержаної із АУС, на основі ідітолу та KNO3, та компонентів вогнегасного порошку у вигляді фосфатів. Дослідження проводились за існуючими методами визначення мінімальної вогнегасної концентрації аерозолю, а саме за методом «камери» (рис.1).

Результати цих дослідів показали, що на вогнегасну ефективність при гасінні суттєво впливає співвідношення компонентів та вид компонентів в складі суміші. Для визначення вогнегасної ефективності суміші вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газів-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 СО2 та N2. Результати експериментальних досліджень показали, що навіть незначна кількість добавок газових вогнегасних речовин-розріджувачів до аерозолю та порошку суттєво зменшує їх вогнегасну концентрацію, що видно з графіків на рис.3

Загалом отримані результати щодо зміни концентрацій вогнегасних компонентів в тернарній суміші вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку залежно від концентрації добавок СО2 та N2 та межі значень їх оптимальних концентрацій наведено на графіках (рис. 3).

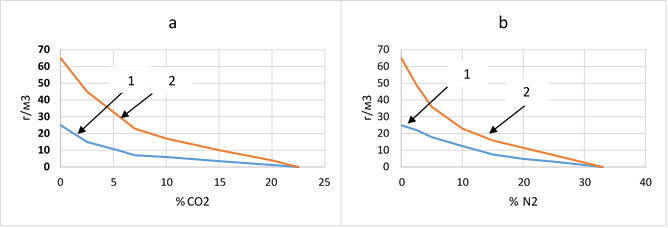


Рисунок 3 – Графік змінення вогнегасних концентрацій за різного співвідношення компонентів вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю та газів розріджувачів: 1– концентрація аерозолю; 2 – концентрація порошку; а) добавка СО2; b) добавка N2. Область оптимальних концентрацій позначена штрихпунктирними лініями

Наступним етапом було визначення флегматизувальної ефективності тернарної суміші. Методика полягала в тому, що камеру заповнювали газоаерозольно-порошковою сумішшю. Після 10 с запалювали електрозапальником запалювальну суміш на поверхні деревини, або над поверхнею n-гептану та протягом 180 с фіксували ознаки горіння. Результати експерименту показані в табл. 3.

**Таблиця 3.** Результати експериментальних досліджень з виявлення особливостей гасіння і флегматизування n-гептану

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Склад суміші ВР | Спосіб подавання ВР | Результат |
| Аерозоль – 15 г/м3; CO2 – 6,5 %; ВП – 25 г/м3 | Перед запалюванням ЗС | Гасіння досягнуто Локальні спалахи парів n-гептану без подальшого горіння |
| Аерозоль – 15 г/м3; CO2 – 6,5 %; ВП – 25 г/м3 | Перед запалюванням ЗС | Гасіння досягнуто Локальні спалахи парів n-гептану без подальшого горіння |
| Аерозоль – 20 г/м3; CO2 – 10,5%; ВП – 25 г/м3 | Перед запалюванням ЗС | Відбулось флегматизування. Відсутність горіння та спалахів парів  n-гептану |
| Аерозоль – 15 г/м3; CO2 – 14 %; ВП – 25 г/м3 | Перед запалюванням ЗС | Гасіння досягнуто. Відсутність повторного займання. Середовище зафлегматизовано |
| Аерозоль – 20 г/м3; N2 –15 %; ВП – 25 г/м3 | Перед запалюванням ЗС | Відбулося флегматизування Відсутність горіння та спалахів парів  n-гептану |
| Аерозоль – 10 г/м3; N2 –15 %; ВП – 25 г/м3 | Перед запалюванням ЗС | Гасіння досягнуто. Відсутність повторного займання |

Як видно з результатів дослідів, тернарна суміш добре гасить та флегматизує n-гептан, який перебуває під дією джерела запалювання. Лише в одному випадку, коли концентрація газу була недостатньо високою і при підпалюванні n-гептану в результаті займання його парів сталося два хлопки. В решті випадків як при підпалюванні n-гептану в середовищі вогнегасної тернарної суміші, так і при заповненню сумішшю, коли n-гептан горів в присутності запалювальної суміші, горіння припинялось у всіх випадках.

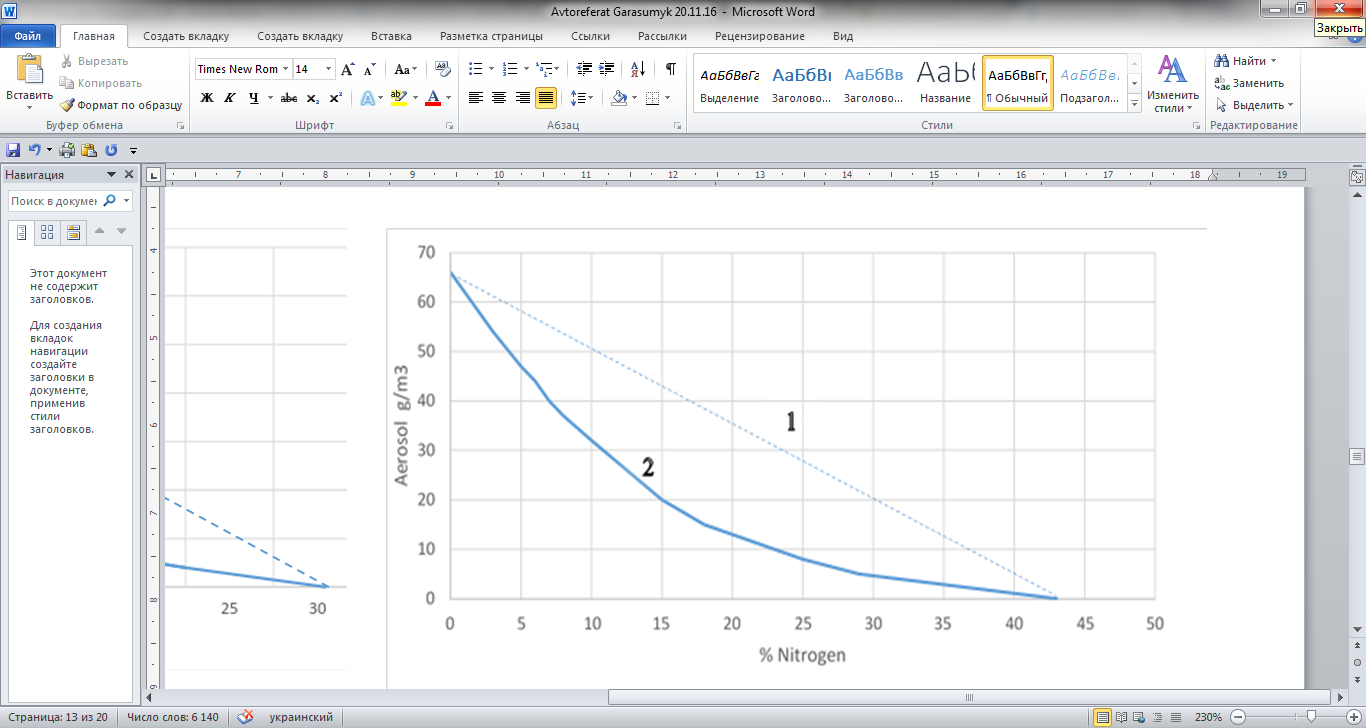
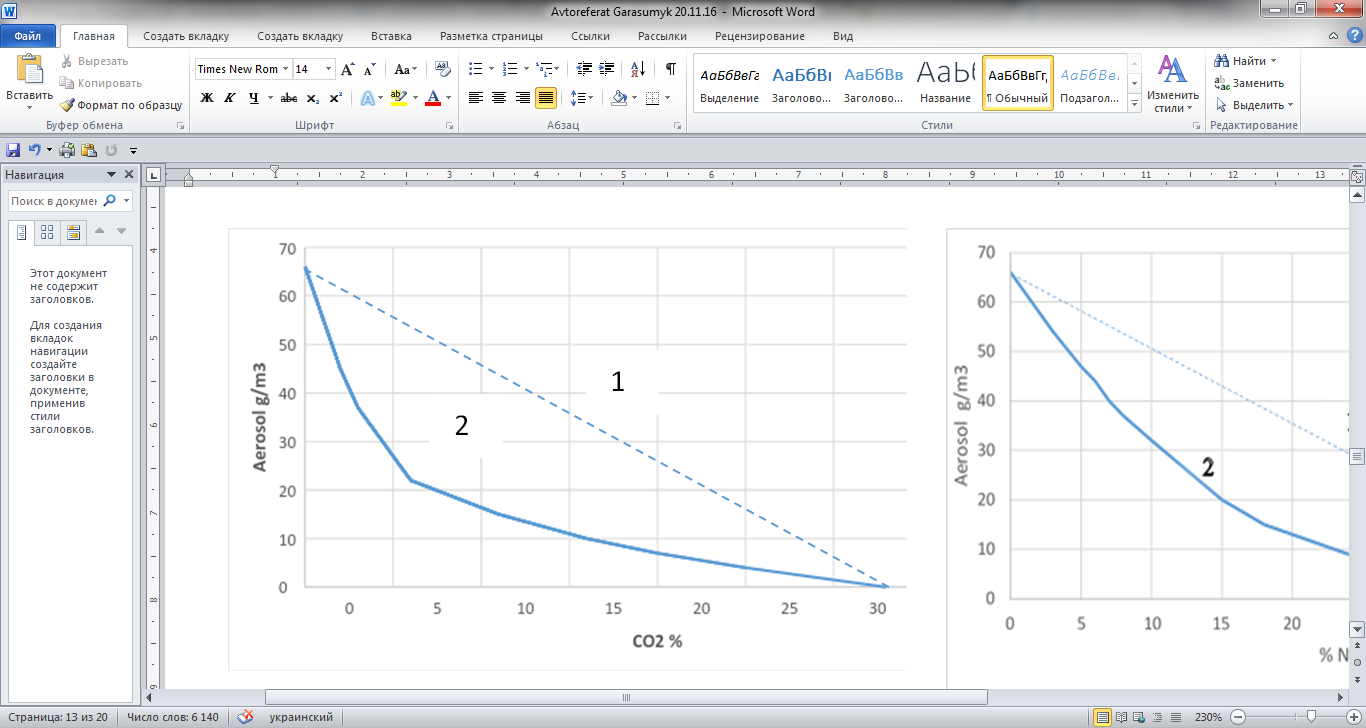
Щодо здатності тернарної суміші гасити та запобігати горінню деревини, то результати дослідів показали, що дія джерела запалювання на поверхню модельного вогнища в середовищі тернарної вогнегасної суміші не приводить до його дифузійного горіння. Дія на поверхню модельного вогнища джерела запалювання лише приводила до гетерогенного горіння, яке тривало 45÷142 с, після чого припинялось.

Прагнучи вияснити, як можуть впливати добавки газів-розріджувачів до вогнегасного аерозолю, отриманого з АУС наведеної рецептури, вогнегасного порошку на флегматизувальну ефективність такої суміші, та з метою порівняння швидкості згоряння та встановлення первинної картини процесу вибухового згоряння гомогенної горючої стехіометричної гептаноповітряної суміші, було проведено відеофіксацію вибуху стехіометричної гептаноповітряної суміші в установці «циліндр», з швидкістю 1200 кадрів на секунду фотокамерою Nikon 1 J4. Результати показали, що повний час вибуху стехіометричної гептаноповітряної суміші становив близько 100 мс**.** Про горіння стехіометричної суміші свідчив блакитний насичений колір фронту полум’я. В кінцевому результаті полум’я поширювалось на весь об’єм циліндра, що призвело до повного вигоряння горючої суміші в його об’ємі. Добавка до горючої суміші 10% N2 значно знижувала швидкість поширення полум’я, при цьому час вибухового горіння зростав до 210 мс. При добавлянні тернарної суміші в об’єм циліндра горіння сповільнювалось до 582 мс, а фронт полум’я при цьому не поширювався на весь об’єм циліндра. На розкадровці (рис.4) показано процес вибухового горіння стехіометричної гептаноповітряної суміші (СГПС) з додаванням до неї тернарної вогнегасної суміші.



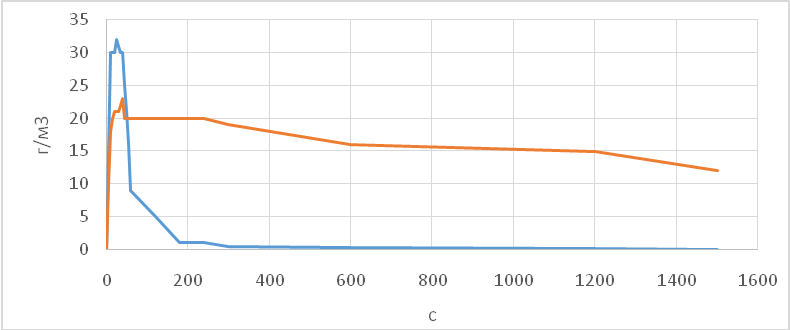
Рисунок 4 –Розкадровка вибуху СГПС при концентрації аерозолю – 10 г/м3, порошку – 25 г/м3 та 3 % N2. Тривалість вибуху ≈ 582 мс

Як видно з розкадровки, полум’я не поширюється на весь об’єм та не має чітких меж вогняної сфери. Після набуття максимальних показників полум’я затухає так і не поширившись на весь об’єм горючої суміші. Загалом співвідношення компонентів та їх залежність від добавок газів-розріджувачів – СО2 та N2 показана на графіках на рисунках 5, та 6. Як видно з графіків, експериментальні значення компонентів суміші, розташовані нижче значень у разі адитивності, відповідно зафіксовано зниження концентрації компонентів суміші. При добавлянні до суміші що містить СО2 – 5%, вогнегасного аерозолю – 20 г/м3 та суміші на основі азоту N2– 10 %, вогнегасного аерозолю – 33 г/м3, 30 г/м3 вогнегасного порошку, було отримано зниження концентрації аерозолю до 67 % щодо порівняно із значеннями окремо взятих концентрацій, вогнегасного аерозолю – 66 г/м3, СО2 – 33%. При цьому тернарна суміш з добавкою СО2, отримала такі співвідношення: вогнегасного порошку – 30 г/м3;вогнегасного аерозолю – 12 г/м3 та газу розріджувача СО2 – 5 %, тернарна суміш з добавкою N2 отримала такі співвідношення: вогнегасного порошку – 30 г/м3, вогнегасного аерозолю – 21 г/м3 та N2 – 10 %.



|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 5 –Залежність флегматизу-вальної ефективності вогнегасної суміші з вмістом СО2: 1 – адитивна пряма; 2 – експериментальні дані | Рисунок 6– Залежність флегматизу-вальної ефективності вогнегасної суміші з вмістом N2: 1 – адитивна пряма; 2 – експериментальні дані |

Для встановлення вогнеподавляючої ефективності багатокомпонентних газоаерозольно-порошкових сумішей було визначено час, протягом якого суміш забезпечувала вогнегасну здатність при одночасному подаванні газу, аерозолю та порошку. Залежність змінення концентрацій аеродисперсних систем вогнегасних речовин у випробовувальній камері об’ємом 175л наведено на рис 7.



1

2

Рисунок 7 – Залежність змінення концентрацій аеродисперсних систем вогнегасних речовин у випробовувальній камері об’ємом 175л: 1 – концентрація вогнегасного аерозолю; 2 – концентрація вогнегасного порошку

Як видно з рисунка 7, вже з перших секунд досягається концентрація порошку близько 30 г/м3 і зберігається протягом 30-50 с від моменту подавання, після чого концентрація порошку швидко падає, та на 120 с досягається значення в межах 5-15 г/м3. Це дає підставу стверджувати про забезпечення вогнегасної концентрації тернарної суміші після подавання вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газової вогнегасної речовини-розріджувача близько хвилини, чого достатньо для гасіння дифузійного горіння. Концентрація аерозолю при цьому тримається на рівні 15-20 г/м3 включно до 20 хв, що в суміші з газом (СО2) забезпечить гасіння та часткове флегматизування об’єму на випадок виникнення повторного займання.

**Четвертий розділ присвячений практичному впровадженню результатів роботи.** Розроблено технічні рішення щодо використання тернарної суміші та проект виготовлення автоматичної системи пожежогасіння з подаванням тернарної суміші вогнегасних речовин (рис. 8).

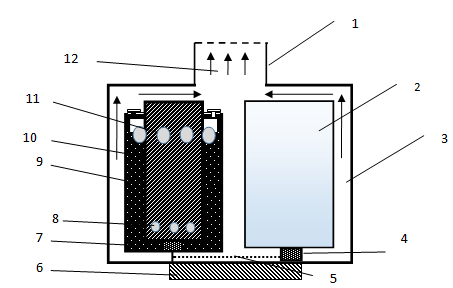
****

Рисунок 8 – Схематичне зображення автоматичної системи комбінованого пожежогасіння з подаванням тернарної суміші вогнегасних речовин: 1 – корпус пристрою; 2 – ємність з газом; 3 – міжстінний проміжок; 4 – запалювальний пусковий пристрій; 5 – термошнур; 6 – термічний пусковий пристрій;   
7 – піропатрон; 8 – отвори виходу аерозолю; 9 – порошковий заряд; 10 – корпус генератора аерозолю; 11 – отвори виходу аерозольно-порошкової суміші; 12 – сопло виходу газоаерозольно-порошкової суміші

Полігонні випробовування проводились з дотриманням вимог Держстандарту та показали, що газоаерозольно-порошкова суміш забезпечує захист об’єму 65 м3 з розташованим всередині модельним вогнищем класу А (дерев’яні бруски) та В (деко 21В з бензиново-дизельною сумішшю на водяній подушці) від дії високотемпературного джерела запалювання у вигляді суміші алюмінієвої пудри, нітрату калію та ідітолу. Вимірювання температури термопарою в вогнищі пожеж класу А та В показали, що горіння припиняється при гасінні тернарною сумішшю в момент її подавання. При цьому повторного займання модельних вогнищ не відбувалось протягом 15 хв після припинення горіння, також упродовж цього часу було відсутнє займання при внесенні високотемпературного джерела запалювання, тобто забезпечувалось флегматизування у об’ємі випробувальної камери. Результати полігонних випробувань наведені в таблиці 4.

**Таблиця 4.** Результати полігонних випробувань (клас пожеж А (деревина ) та В дизельне пальне та бензин)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид вогнегасної речовини | Результат гасіння | Час |
| Тернарна суміш | Гасіння. Флегматизування | Менше 5с. Постійно |
| Тернарна суміш | Гасіння. Флегматизування | Менше 5с. Постійно |
| Вогнегасний аерозоль  (22 г/m3) | Гасіння. Тління.  Повторне займання | 12 с. Постійно.  30хв. |
| Вогнегасний аерозоль  (35 г/m3) | Гасіння, Тління.  Повторне займання | Менше 5с. Постійно.  32хв. |
| Газ розріджувач  (25% СО2) | Гасіння. Тління | Менше 5с. Постійно. |
| Газ-розріджувач (35% N2) | Гасіння. Тління | Менше 5с. Постійно. |

**ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі, яка є завершеним науковим дослідженням, розв’язано актуальну наукову задачу: розкриття особливостей впливу виду та співвідношення компонентів в тернарній суміші вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газової вогнегасної речовини-розріджувача на ефективність припинення горіння як наукового підґрунтя підвищення ефективності гасіння, а також запобігання виникненню горіння в замкнених та напівзамкнених об’ємах, що сприяє розвитку наукових аспектів комбінованого застосування вогнегасних речовин. При цьому отримані такі основні наукові та практичні результати:

1. Проведено аналіз ефективності використання аерозольних і порошкових вогнегасних речовин та теоретично обґрунтовано, що шлях підвищення їх вогнегасної ефективності полягає, насамперед, у комбінованому застосуванні вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газу-розріджувача.
2. Розроблено методику і лабораторно-дослідну установку. Теоретично обґрунтована доцільність поєднання вогнегасних аерозолів, вогнегасних порошків та газових речовин-розріджувачів шляхом поєднання вогнегасних переваг кожного з цих компонентів, що забезпечить відповідну швидкість подачі тернарної вогнегасної суміші, високу вогнегасну ефективність, невисоку вартість гасіння та флегматизування гомогенного та гетерогенного горючих середовищ в замкнутих та напівзамкнутих об’ємах, а також забезпечить відповідну тривалість дії флегматизувальної та вогнегасної концентрації. Поєднання цих компонентів, забезпечує гармонізацію переваг трьох засобів пожежогасіння, взаємну компенсацію їх недоліків та отримання ефекту зниження їх вогнегасних та флегматизувальних концентрацій при пожежогасінні за умови одночасного їх подавання з обґрунтованими співвідношеннями.
3. Виконано математичне планування повного факторного експерименту. Визначено модель регресії у факторному просторі, яка відображає залежність між критеріями і факторами експерименту. Рівняння регресії для повного факторного експерименту має вигляд T = exp(11522 – 976,7lnCАУС – 42,2lnССО2– 4503,4lnСN2–

– 4976 lnСпор+ 481lnCАУСlnССО2lnСпор – 511,5ln ССО2·ln СN2– 366,5ln ССО2·ln Спор +

+ 96,7lnCАУСlnССО2 + 78,1lnCАУСlnСN2 –1068,7 lnCАУСlnСN2 – 761,2ln СN2·ln Спор –

– 170,7lnCАУСln ССО2 ln СN2 + 251,25 lnCАУС ln СN2 ln Спор)

Проведено експериментальне дослідження впливу виду і співвідношень компонентів вогнегасного газу, порошку, та аерозолю на вогнегасну ефективність газоаерозольно-порошкової вогнегасної речовини, компонентний склад якої теоретично обґрунтовано.

1. Експериментально виявлено ефект зниження вогнегасних концентрацій компонентів суміші у разі одночасної комбінованої подачі вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю та газу-розріджувача у замкнений чи напівзамкнений горючий об’єм при застосуванні тернарної суміші за співвідношення вогнегасного порошку – 33 г/м3,вогнегасного аерозолю – 10 г/м3, газу СО2  – 5 % або вогнегасного порошку – 38 г/м3,вогнегасного аерозолю – 18 г/м3, газу N2  – 5 %, порівняно із значеннями вогнегасної концентрації для окремо взятих компонентів вогнегасного порошку – 65 г/м3, вогнегасного аерозолю – 22 г/м3, СО2 – 21%.

Експериментально встановлено, що тернарна суміш вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газів-розріджувачів (CO2, N2) має флегматизувальну концентрацію для горючих середовищ при таких співвідношеннях компонентів: вогнегасного порошку – 30 г/м3;вогнегасного аерозолю 12 г/м3;вогнегасного газу- розріджувача СО2 – 5 %, а суміш з добавкою N2 має такі співвідношення: вогнегасного порошку – 30 г/м3; вогнегасного аерозолю – 21 г/м3 та N2 – 10 %.

1. Обґрунтовано схемне рішення та вихідні дані пристрою одночасної подачі вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку, та газу-розріджувача. Проведено його апробацію в натурних умовах. Отримано результати полігонних випробувань, які показали що тернарні суміші на відміну від бінарних газоаерозольних сумішей забезпечують припинення горіння рідких і твердих горючих речовин, а також газових горючих середовищ та забезпечують відсутність їх повторного займання. Розроблено технічні документи, виготовлено дослідну партію, а також методику застосування пристрою на замкнених об’єктах з можливістю запобігання вибухам та гасіння пожеж.
2. Результати досліджень впроваджено шляхом застосування розробленого пристрою комбінованого одночасного подавання вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю, та газу-розріджувача для протипожежного захисту електрощитової нафтобази ТОВ «АС ІНВЕСТВЕНТ» м. Калинівка, а також впровадження дослідних методик у діяльність дослідно-випробувальної лабораторії та у навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності під час вивчення дисциплін «Теорія горіння та вибуху» та «Теоретичні основи пожежо-вибухонебезпечності», а також проведення науково-дослідних робіт з визначення вогнегасної та флегматизувальної ефективності вогнегасних речовин.

**Список опублікованих здобувачем праць за темою дисертації:**

1. V. M. Balanyuk, Study of fire–extinguishing efficiency of environmentally friendly binary aerosol-nitrogen mixtures" Eastern-european journal of enterprise / V. M. Balanyuk, N. M. Kozyar, O. I. Garasymuyk.– 2016. – №3/10 (71). – C. 4-12.
2. Баланюк В. М. Застосування газо-аерозольно-порошкових вогнегасних сумішей для захисту від запалювальних сумішей / В. М. Баланюк, Н.М. Козяр, О.І. Гарасим’юк // ScientificJournal «ScienceRise». –2016. – №5/2(22). – С. 10-14.
3. Некоторые аспекты повышения эффективности аэрозольно-порошкового пожаротушения / О.И. Гарасымюк, В.М. Баланюк,  П.В. Пастухов // Вестник Кокшетауского технического института: № 2 (22), 2016 – С. 39-49.
4. Баланюк В.М. Визначення вогнегасної ефективності деяких аерозольутворюювальних сполук / В.М. Баланюк, О.І. Гарасим’юк, П.В. Пастухов// Пожежна Безпека : зб. наук. пр. –Л., 2013. – №23. – С. 14-19.
5. О.І. Лавренюк О.І. Герасим’юк, О.Я. Голонько. Особливості гасіння твердих та рідких горючих речовин вогнегасним аерозолем на основі солей калію. Пожежна безпека. – Львів: ЛДУБЖД, 2008. –№12. – С. - 60-65.
6. Баланюк В.М. Комбіноване аерозольно-порошкове пожежогасіння / В.М. Баланюк, О.І. Гарасим’юк// Пожежна безпека: зб. наук. пр. –2015, № 26. – С. 7-12.
7. Баланюк В. М. Визначення вогнегасної ефективності аерозоль-утворювальних сумішей з добавкою амоній гідроген фосфату / В. М. Баланюк, А. Т. Лозинський, О. І. Гарасим’юк // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – 2015. – №27 . – С. 6-11.
8. Вплив добавок СО2 на вогнегасну ефективність бінарної аерозольно-газової суміші / В.М. Баланюк, Н.М. Козяр, О.І. Гарасим’юк, А. Т. Лозинський //Пожежна безпека : зб. наук. пр. – 2016. –№28. – C. 6-12.
9. Баланюк В. М. Вплив на флегматизувальну ефективність аерозолю добавок СО2/ В. М. Баланюк, О.І. Гарасим’юк, А.С. Лин // 16 Всеукр. конф. рятувальників (23-24 вересня). – 2014. – С. 27-29.
10. Гарасим’юк О. І. Обґрунтування сфери застосування аерозольно- порошкових вогнегасних систем/ О.І. Гарасим’юк, В.М. Баланюк// Актуальні проблеми у сфері науки : матеріали ХХХХІ Міжнар.наук.-практ. конф. (30-31 травня 2016 р.). –Чернівці, 2016. – Т. 1.– С 6-9.
11. Баланюк В.М. Застосування газоаерозольних сумішей для захисту електроустановок від пожеж / В.М. Баланюк, О. І. Гарасим’юк // Актуальні наукові проблеми. Розгляд, рішення, практика :матеріали міжнар.наук.-практ.конф.(27–28 травня 2016 р.). – Одеса, 2016. –С. 205-207.
12. Баланюк В.М. Обгрунтування вибору компонентів тернарних вогнегасних сумішей, для протипожежного захисту об’єктів з наявністю високотемпературних джерел запалювання / В.М. Баланюк, Н.М. Козяр, О. І. Гарасим’юк //Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури: міжнар.наук.-практ.конф.(26-28 травня 2016 р.). – Київ, 2016. – С. 536-541.

**АНОТАЦІЯ**

**Гарасимюк О.І. Розвиток наукових аспектів комбінованого застосування вогнегасних аерозолів, газів та порошків.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню науково-технічної задачі підвищення ефективності припинення горіння у замкнених та напівзамкнених об’ємах приміщень шляхом одночасного подавання вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю, та газу-розріджувача з обґрунтованими співвідношеннями компонентів. В роботі теоретично обґрунтована доцільність поєднання газів- розріджувачів, вогнегасних порошків та вогнегасних аерозолів завдяки поєднанню вогнегасних переваг кожного з них, що забезпечить відповідну швидкість подачі тернарної вогнегасної суміші, високу вогнегасну ефективність, невисоку вартість гасіння та флегматизування гомогенного та гетерогенного горючих середовищ в замкнутих та напівзамкнутих просторах, а також забезпечить відповідну тривалість дії флегматизувальної та вогнегасної концентрації. Поєднання цих компонентів, забезпечує гармонізацію переваг трьох засобів пожежогасіння, взаємну компенсацію їх недоліків та отримання ефекту зниження вогнегасних та флегматизувальних концентрацій при пожежогасінні за умови одночасного їх подавання з обґрунтованими співвідношеннями. Розроблено лабораторно-дослідні установки і методики, проведено експериментальне дослідження впливу виду і співвідношень компонентів вогнегасного газу, порошку, та аерозолю на вогнегасну ефективність газоаерозольно-порошкової вогнегасної речовини, компонентний склад якої теоретично обґрунтовано. Виконано математичне планування повного факторного експерименту. Експериментально виявлено ефект зниження вогнегасних концентрацій компонентів суміші у разі одночасної комбінованої подачі вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю та газу-розріджувача у замкненому чи напівзамкненому горючому середовищі при застосуванні тернарної суміші за співвідношення: вогнегасного порошку – 33 г/м3;вогнегасного аерозолю – 10 г/м3; газу СО2  – 5 % або вогнегасного порошку – 38 г/м3;вогнегасного аерозолю – 18 г/м3; газу N2  – 5 %, порівняно із значеннями вогнегасної концентрації для окремо взятих компонентів: вогнегасного порошку – 65 г/м3, вогнегасного аерозолю – 22 г/м3, СО2 – 21%. Також експериментально встановлено, що тернарна суміш вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку та газів розріджувачів (CO2, N2) має флегматизувальну концентрацію для горючих середовищ за таких співвідношень компонентів: вогнегасного порошку – 30 г/м3;вогнегасного аерозолю – 12 г/м3;вогнегасного газу-розріджувача СО2 – 5 %, а суміш з добавкою N2 має такі співвідношення: вогнегасного порошку – 30 г/м3; вогнегасного аерозолю – 21 г/м3 та N2 – 10 %. Обґрунтовано схемне рішення та вихідні дані пристрою одночасної подачі вогнегасного аерозолю, вогнегасного порошку, та газу-розріджувача. Проведено його апробацію в натурних умовах. Розроблено технічні документи, виготовлено дослідну партію, а також методику застосування пристрою у замкнених об’ємах з можливістю запобігання вибухам та гасіння пожеж.

Результати досліджень впроваджено шляхом застосування розробленого пристрою комбінованого одночасного подавання вогнегасного порошку, вогнегасного аерозолю, та газу-розріджувача для протипожежного захисту реального об’єкта та у діяльність дослідно-випробувальної лабораторії та навчальний процес ДЛУ БЖД.

**АННОТАЦИЯ**

**Гарасимюк А. И. Развитие научных аспектов комбинированного применения огнетушащих аэрозолей, газов и порошков.**  - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – пожарная безопасность.

Диссертационная работа посвящена решению научно-технической задачи повышения эффективности прекращения горения в замкнутых и полузамкнутых объемах помещений путем одновременной подачи огнетушащего порошка, огнетушащего аэрозоля и газа-разбавителя с обоснованными соотношениями компонентов. В работе теоретически обоснована целесообразность сочетания газов- разбавителей, огнетушащих порошков и огнетушащих аэрозолей, за счет сочетания огнетушащих преимуществ каждого из них, что обеспечит соответствующую скорость подачи тернарної огнетушащей смеси, высокую огнетушащую эффективность, невысокую стоимость тушения и флегматизирования гомогенной и гетерогенной горючих сред в замкнутых и полузамкнутых объёмах, а также обеспечит соответствующую продолжительность действия флегматизирующей и огнетушащей концентрации. Сочетание этих компонентов, обеспечивает гармонизацию преимуществ трех средств пожаротушения, взаимную компенсацию их недостатков и получение эффекта снижения огнетушащих и флегматизирующих концентраций во время пожаротушения при одновременной их подаче в обоснованных соотношениях. Разработано лабораторно-исследовательные установки и методики, проведено экспериментальное исследование влияния вида и соотношения компонентов огнетушащего газа, порошка и аэрозоля на огнетушащую эффективность газо-аэрозольно-порошковой огнетушащей смеси, компонентный состав которой теоретически обоснован. Выполнено математическое планирование полного факторного эксперимента. Экспериментально подтвержден эффект снижения огнетушащих концентраций компонентов смеси в случае одновременной комбинированной подачи огнетушащего порошка, огнетушащего аэрозоля и газа- разбавителя, в замкнутом или полузамкнутом горящем пространстве при применении тернарной смеси в соотношении: огнетушащего порошка – 33 г/м3; огнетушащего аэрозоля – 10 г/м3; газа СО2 – 5 % или огнетушащего порошка – 38 г/м3; огнетушащего аэрозоля – 18 г/м3; газа N2 – 5 %, по сравнению со значениями огнетушащей концентрации для отдельно взятых компонентов: огнетушащего порошка – 65 г/м3; огнетушащего аэрозоля – 22 г/м3; СО2 – 21%. Также экспериментально установлено, что тернарная смесь огнетушащего аэрозоля, огнетушащего порошка и газов-разбавителей (CO2, N2) обладает флегматизирующей концентрацией для горючих сред при следующих соотношениях компонентов: огнетушащего порошка – 30 г/м3; огнетушащего аэрозоля – 12 г/м3; огнетушащего газа-разбавителя СО2 – 5 %, а смесь с добавкой N2 имеет следующие соотношения: огнетушащего порошка – 30 г/м3; огнетушащего аэрозоля – 21 г/м3 и N2 – 10 %. Обоснованно схемное решение и выходные данные устройства одновременной подачи огнетушащего аэрозоля, огнетушащего порошка и газа-разбавителя. Проведена его апробация в натурных условиях. Разработаны технические документы, изготовлено опытную партию, а также методику применения устройства на замкнутых объектах с возможностью предотвращения взрывов и тушения пожаров. Результаты исследований внедрены путем применения разработанного устройства комбинированной одновременной подачи огнетушащего порошка, огнетушащего аэрозоля, и газа-разбавителя для противопожарной защиты существующего объекта и в деятельности опытно-испытательной лаборатории и учебном процессе ЛГУБЖД.

**ABSTRACT**

**Garasimyuk О.I. The development of the scientific aspects of combined application of fire extinguishing aerosols, gases and powders. -** The manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.02 - fire safety.

This dissertation work is devoted to solving scientific and technical problem of increasing the efficiency of flame out in enclosed and semi-closed facilities by simultaneous filing of fire extinguishing powder, extinguishing aerosol and diluent gas with reasonable ratios of components. The paper theoretically proved the feasibility of the combination of diluent gases, fire extinguishing powders and extinguishing aerosols, through a combination of extinguishing advantages of each of them, which will ensure the proper feeding rate ternary extinguishing mixture, high fire-extinguishing efficiency, low cost of extinguishing and phlegmatization of homogeneous and heterogeneous combustible media in closed and semi-closed volumes, and will provide the appropriate duration of phlegmatizing and fire extinguishing concentration. The combination of these components provides harmonization of advantages of three fire extinguishing means, the mutual compensation of their deficiencies and receiving the concentration reducing effect  of fire extinguishing and phlegmatizing  concentration during fire-fighting with their simultaneous filing by reasonable relations. It was developed laboratory-investigative equipment and methods, it was held an experimental study of the influence of the type and ratio of extinguishing gas components, powder and aerosol on fire-extinguishing efficiency of gas-aerosol-powder extinguishing mixture, component composition of which is theoretically proved. It was done mathematical planning of full factorial experiment. It was experimentally observed the effect of reducing fire-extinguishing concentrations of mixture components in  case of simultaneous combined  filling of the fire extinguishing powder, extinguishing aerosol and gas diluent, in a closed and semi-closed combustible media when using ternary of the mixture in ratio of fire extinguishing powder – 33 g/m3, extinguishing aerosol – 10 g/m3, gas CO2 – 5 % or fire extinguishing powder – 38 g/m3, extinguishing aerosol 18 g/m3, gas N2 - 5% in comparison with the values of the extinguishing concentrations for the individual components of fire extinguishing powder – 65 g/m3 fire extinguishing aerosol 22 g/m3, CO2 – 21%. Also experimentally it was found that the ternary mixture of fire-extinguishing aerosol, fire-extinguishing powder and diluent gases (CO2, N2) had phlegmatizing concentration for combustible media with the following proportions of components of fire extinguishing powder - 30 g / m3, aerosol fire-extinguishing 12 g / m3 , extinguishing gas diluent CO2 - 5% and a mixture with addition of N2 had the following ratios; extinguishing powder - 30 g / m3, the fire extinguishing aerosol - 21 g / m3 and N2 - 10%. It was grounded schematic decision and output data of the device of simultaneous filling of the fire extinguishing aerosol, fire-extinguishing powder and diluent gas. It was carried out the approbation in natural conditions. There were developed technical documents, it was made a pilot batch, as well as the method of applying the device on closed objects with the ability to prevent explosions and fire-fighting.

The research results are introduced by the use of the developed device of combined simultaneous filing of extinguishing powder, fire-extinguishing aerosol, and gas diluent for fire protection of an existing object and in the activities of research and testing laboratory and educational process of the university.