

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента доктора технічних наук, доцента  
Кіреєва Олександра Олександровича, на дисертаційну роботу  
Баланюка Володимира Мірчовича на тему «Наукові основи зменшення  
впливу на довкілля пожеж на їх початковій стадії дією ударних хвиль», яку  
подано на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за  
спеціальностями 21.06.01 – екологічна безпека  
та 21.06.02 – пожежна безпека**

### **Актуальність теми дисертаційного дослідження**

Беручи до уваги значні зміни клімату на планеті, та в світлі Монреальського протоколу основним положенням котрого є умова зменшення викидів в атмосферу парникових газів – зокрема  $\text{CO}_2$ , який широко використовується як вогнегасний агент, актуальність роботи є беззаперечна. Основна мета дисертаційної роботи спрямована на розкриття наукових основ зменшення впливу на довкілля пожеж на їх початковій стадії дією ударних хвиль.

За останні п'ять років в Україні щороку трапляється понад 70000 пожеж, на яких загинуло понад 10000 осіб. Як відомо, внаслідок пожеж та застосування для їх ліквідування вогнегасних речовин, деякі з яких є екологічно небезпечними, завдається значна шкода довкіллю, зокрема продуктами повного та неповного згоряння та продуктами реакцій вогнегасних речовин з газовим горючим середовищем та нагрітими поверхнями у зоні пожежі. При цьому забруднюється атмосферне повітря, у тому числі парниковими газами та озоноруйнівними речовинами, знищується або пошкоджується біота, забруднюються ґрунти, водойми, поверхневі та ґрунтові води. На теперішній час в Україні для гасіння пожеж та в системах протипожежного захисту об'єктів різного призначення застосовуються майже всі види сучасних вогнегасних речовин, які більшою або меншою мірою забезпечують реалізацію таких чинників припинення горіння як охолодження, інгібування, флегматизування, ізолювання або їх комбінацій.

Пошукам шляхів забезпечення ефективності систем пожежогасіння займалось багато вчених перелік котрих в повному обсязі наведено в авторефераті. В їх роботах основна увага приділялась хімічним засобам пожежогасіння (вода, піна, вогнегасні порошки, газові вогнегасні речовини, вогнегасні аерозолі), у той час, як фізичні чинники впливу що забезпечують екологічну безпеку процесу гасіння, на процеси припинення горіння досліджувались значно меншою мірою, або взагалі не розглядались.

Таким чином, створення наукових основ зменшення негативного впливу пожеж на довкілля, які враховують особливості та закономірності дії чинників на ефективність припинення процесів горіння на початковій стадії їх виникнення ударними хвилями, у тому числі за комбінованого їх застосування з екологічно прийнятними газовими та аерозольними вогнегасними речовинами, є актуальною проблемою, вирішення якої є передумовою науково-технічного прогресу у сферах екологічної та пожежної безпеки.

Дисертаційну роботу виконано у рамках реалізації багатьох програм – а саме «Програми припинення виробництва та використання озоноруйнівних речовин на 2004 – 2030 роки», затвердженою постановою Кабінету міністрів України від 4 березня 2004 року № 256; «Програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2010 року, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 01.07.2002 року № 870», та Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012 – 2015 роки під час виконання науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності ДСНС України за темою: «Підвищення ефективності вогнегасного аерозолію на основі неорганічних солей калію імпульсною акустичною ударною хвилею» (№ ДР 0111 U 008548), науково-дослідної роботи УкрНДЦЗ спільно з ЛДУБЖД «Провести дослідження з розкриття особливостей процесів припинення горіння горючих речовин під час застосування сучасних вогнегасних речовин та технологій їх подавання» (№ ДР 0111 U 006565), а також науково-дослідної роботи за темою «Створити наукові основи розроблення екологічно прийнятних вогнегасних речовин та технологій їх застосування» (державний реєстраційний номер 0116U007171), яка за угодою про співробітництво виконується Державною екологічною академією післядипломної освіти та управління Мінприроди України та Львівським державним університетом безпеки життєдіяльності, у яких здобувач був відповідальним виконавцем.

**Аналіз змісту дисертації** Основну частину дисертації викладено на 356 сторінках друкованого тексту, робота містить 55 таблиць та 92 рисунки. Список використаних джерел складається з 372 найменувань.

У вступі автор обґрунтував актуальність теми дисертаційної роботи; показав її зв'язок з науковими програмами, планами, темами; сформулював мету роботи та задачі досліджень; відобразив наукову новизну одержаних результатів і їх практичне значення.

У розділі I «Аналіз статистики пожеж, їх негативного впливу на довкілля та сучасних засобів пожежогасіння» автором показано, що у наукових роботах вітчизняних та зарубіжних вчених, присвячених удосконаленню систем протипожежного захисту, як складової забезпечення техногенної та екологічної безпеки, основну увагу приділялось хімічним засобам пожежогасіння (вода, піна, вогнегасні порошки, газові вогнегасні речовини, вогнегасні аерозолі), які

реалізують прояв таких чинників припинення горіння як охолодження, ізолювання, інгібування, розбавлення, у той час, як фізичні чинники впливу на процеси припинення горіння досліджувались значно меншою мірою, або взагалі не розглядались.

За результатами аналізу світової та національної статистики пожеж, сучасних засобів пожежогасіння висунуто ідею, що зменшення негативного впливу на довкілля пожеж може бути досягнуто шляхом застосування на початковій стадії їх розвитку ударних хвиль або їх комбінації з газовими та аерозолевими вогнегасними речовинами. Сформульовано об'єкт, предмет, мету і задачі досліджень.

**У розділі II розділі «Методологія і методи проведення досліджень» автором** описано розроблені методики та установки для визначення вогнегасної ефективності та швидкості гасіння дифузійного полум'я із застосуванням одинарних та серій ударних хвиль, а також комбінованих систем ударна хвиля + газова вогнегасна речовина та ударна хвиля + аерозолева вогнегасна речовина.

Також автором обрані методи проведення досліджень, за якими, із застосуванням розроблених установок та методик які полягали у використанні спеціалізованого експериментального обладнання та результатів лабораторних і полігонних досліджень. Також автором розроблено методологію яка структурує та узагальнює аналітичні та експериментальні результати. Блок схему методології наведено в кінці другого розділу.

Окремо хотілось б зазначити що експериментальне дослідження процесу вибухового горіння, гасіння проводили з застосуванням швидкісної камери Nikon 1j4 з можливістю зйомки 1200 кадрів на секунду, а визначення надлишкового тиску проводили з допомогою датчика тиску та температури BOSCH «BMP – 180» з часом реакції 7,5 мс що являється досить високим показником чутливості. Автором було самостійно розроблено пристрій Багр ПП-100 що може моделювати імпульси електричного струму для підпалювання піротехнічних запалів з частотою від 1 до 100 Гц.

**У розділі III «Теоретичне обґрунтування застосування ударних хвиль та їх комбінацій з газовими та аерозолевими вогнегасними речовинами для припинення горіння» розділі** наведено обґрунтування застосування ударних хвиль та їх комбінацій з газовими та аерозолевими вогнегасними речовинами для припинення горіння. Теоретично обґрунтовано підвищення ефективності об'ємного гасіння ударною хвилею, та описано процес проходження УХ через аерозольне середовище. Сформульовано гіпотезу, що при проходженні ударної хвилі через газоаерозольне середовище відбувається реалізація ряду чинників, які призводять до значного підвищення ефективності гасіння. Обґрунтовано, що застосування зазначеного способу гасіння призведе до значного зменшення

викидів в атмосферу вогнегасного газу – діоксиду вуглецю а також зменшення часу гасіння що забезпечить суттєве зменшення викидів продуктів повного та неповного згоряння пожежі.

**У розділі IV «Експериментальні дослідження з визначення ефективності припинення горіння ударними хвилями у комбінації з газовими вогнегасними речовинами-розріджувачами та вогнегасними аерозолями» автором** наведено результати проведення експериментальних досліджень з виявлення впливу чинників на ефективність вогнегасної дії бінарних сумішей вогнегасного аерозолю та газів розріджувачів. Досліджено рецептури аерозолеутворюючих сумішей (АУС) для гасіння та флегматизування комбінованим способом. Встановлено вогнегасну концентрацію ( $C_B$ ) запропонованої АУС. Автором проведено ряд експериментів щодо виявлення та встановлення особливостей та закономірностей гасіння бінарними вогнегасними сумішами аерозолю та газів дифузійного та кінетичного полум'я n-гептану.

Експериментально визначено цілий ряд параметрів що дозволять сформулювати наукові положення щодо можливості гасіння дифузійного полум'я бінарними сумішами, ударними хвилями та їх комбінаціями з вогнегасними речовинами об'ємної дії.

**У розділі V «Обґрунтування схемних рішень та розробка технічних засобів, які реалізують технологію пожежогасіння із застосуванням ударних хвиль»**

автором на основі отриманих експериментальних залежностей та особливостей гасіння комбінованими системами на основі генераторів ударних хвиль розроблені пристрої комбінованого гасіння, які забезпечують реалізацію використання комбінованого способу гасіння. При цьому генератори ударних хвиль можуть бути в складі пристрою так і встановлюватись окремо та використовуватись разом з окремо стоячими генераторами ударних хвиль. Також автором запропоновано технічні рішення конструкцій генератора вогнегасного аерозолю, та пристроїв комбінованого гасіння, які забезпечують одночасну подачу в об'єм що захищається вогнегасного аерозолю, газових вогнегасних речовин та ударних хвиль. На зазначені способи та пристрої гасіння автором отримано 2 патенти України винахід та 2 патенти на корисну модель. На генератори вогнегасного аерозолю та автономну систему гасіння було розроблено технічні умови, проведено сертифікаційні випробування та отримано сертифікати відповідності. Також автором проведені полігонні випробування зазначених пристроїв, які підтвердили їх високу вогнегасну ефективність. На зазначені способи та пристрої отримано протоколи випробувань в яких зазначено, що вогнегасна ефективність розроблених способів та пристроїв відповідає заявленим показникам.



У розділі VI «Впровадження результатів досліджень» автором розроблено проект технічних умов на дослідну партію на виготовлення розроблених пристроїв які відповідають сучасним експлуатаційним вимогам. Також автором з врахуванням результатів полігонних випробувань визначено умови застосування розроблених пристроїв гасіння пожежі на основі об'ємних вогнегасних речовин та ударних хвиль. Наведено техніко-економічне обґрунтування виробництва генераторів. Встановлено, що вартість захисту одиниці об'єму є конкурентною у порівнянні з існуючими пристроями, системами та засобами пожежогасіння.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.** Автор добре розуміє специфіку проблеми, що розглядається у дисертації, та коректно формулює її постановку. Наукові положення та рекомендації що сформульовані в висновках за розділами та основних висновках дисертації є науково – обґрунтовані та записані в логічному порядку відповідно результатів аналізу, висновків та проведених теоретичних та експериментальних досліджень. Також ступінь обґрунтованості наукових положень підтверджується змістовним аналізом вітчизняних та закордонних літературних джерел, відповідністю методів поставленими в роботі меті і задачі досліджень, застосуванням статистичних методів і доказів адекватності, достатнім об'ємом експериментального матеріалу, отриманого з використанням стандартних методик, метрологічно-атестованого обладнання і повірених засобів вимірювальної техніки, задовільною збіжністю результатів, а також їх поширеною апробацією з практичним впровадженням.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає у** створенні наукових основ зменшення негативного впливу пожеж на довкілля, які враховують особливості та закономірності дії чинників на ефективність припинення горіння горючих середовищ на початковій стадії розвитку пожеж ударними хвилями, у тому числі за комбінованого їх застосування з екологічно прийнятними газовими та аерозольними вогнегасними речовинами. При цьому

*уперше:*

- встановлено, що дія на дифузійне полум'я серій ударних хвиль у діапазоні частот від 8 до 12 Гц, критичний тиск гасіння яких порівняно з одинарною ударною хвилею менший до 30 % призводить до припинення горіння, при цьому у всіх випадках відбувається фрагментація полум'я;
- виявлено синергетичний ефект інтенсифікації процесу припинення горіння газового горючого середовища внаслідок одночасної дії на нього вогнегасних речовин та ударних хвиль, який проявляється у зменшенні проміжку часу припинення горіння та зменшення їх вогнегасної концентрації порівняно з їх індивідуальними значеннями. При цьому вогнегасна концентрація аерозолі, зменшується до 5 разів, вогнегасна концентрація газових вогнегасних речовин

зменшується до 6 разів, а вогнегасна концентрація компонентів бінарних газоаерозольних систем зменшується до 10 разів за одночасної дії на дифузійне гомогенне полум'я ударних хвиль з тиском у фронті від 360 Па до 5 кПа та частотою в діапазоні від 8 до 12 Гц;

- обґрунтовано комбінований спосіб припинення горіння шляхом одночасної комбінованої дії на полум'я фізичних (ударні хвилі з визначеними параметрами) та хімічних чинників (вогнегасні газові речовини, вогнегасні аерозолі та їх бінарні суміші) які забезпечують виключення або зменшення обсягів утворення шкідливих для довкілля речовин під час гасіння пожежі;

- науково обґрунтовано параметри та створено технічні засоби, які реалізують технологію припинення горіння на початковій стадії розвитку пожежі застосуванням ударних хвиль або їх комбінацій із екологічно прийнятними вогнегасними речовинами об'ємної дії, що забезпечує запобігання поширенню горіння та зменшення забруднення довкілля. При цьому, тривалість емісії та обсяги шкідливих для довкілля речовин внаслідок пожеж значно зменшуються, що призводить до підвищення ефективності забезпечення екологічної безпеки населення і територій України;

*набуло подальшого розвитку:*

– уявлення щодо ефективності застосування автоматичних систем пожежогасіння на початковій стадії розвитку пожеж задля зменшення їх негативного впливу на довкілля;

– способи припинення горіння технічними засобами пожежогасіння які, реалізують комбінований спосіб припинення горіння шляхом одночасної дії на полум'я екологічно прийнятних фізичних та хімічних чинників;

*удосконалено:*

– номенклатуру технічних засобів пожежогасіння, методи досліджень та випробувань, а також довідкові дані щодо їх застосування;

- системи протипожежного захисту об'єктів з можливістю виникнення пожеж шляхом застосування технічних засобів пожежогасіння які реалізують комбінований спосіб припинення горіння з використанням ударних хвиль та вогнегасних засобів об'ємної дії;

- інформаційно-довідкову та навчально-методичну бази щодо застосування екологічно прийнятної технології пожежогасіння із застосуванням ударних хвиль.

**Практичне значення роботи** одержаних результатів полягає в виготовленні дослідних партій технічних засобів комбінованого гасіння, отриманні на окремі зразки розроблених модельних рядів сертифікатів відповідності органів сертифікації України відповідно розроблених технічних документів, впровадженні результатів досліджень в науково - навчальних

процесах вишів ДСНС та встановленні експериментальних зразків на об'єктах в м. Київ.

**Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.** Основні результати дисертаційних досліджень опубліковані в 42 наукових роботах, з яких 1 монографія, 3 статті у виданнях що входять в науково-метричну базу Scopus, 8 статей у виданнях які входять в іноземні фахові видання та науково-метричні бази IndexCopernicus, CrossRef, ПІНЦ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, BASE, ResearchBib, Directory Indexing of International Research та інші., 21 стаття у виданнях, які входять до переліку фахових видань, 6 праць у інших виданнях, 2 патенти України та 2 патенти України на корисну модель, 17 тез доповідей на міжнародних та національних науково-практичних конференціях.

**По дисертаційній роботі є наступні зауваження:**

**до автореферату:**

- В авторефераті трапляються помилки та вади форматування таблиць.
- В авторефераті не зазначено який реальний обсяг викидів можна попередити використовуючи зазначений спосіб гасіння.
- В авторефераті не зрозуміло яким чином було визначено кут поширення ударної хвилі в просторі. Якщо до уваги брали число Маха то яке було його значення?

**до дисертації:**

- В розділі 1 в дисертації не показано не показано час гасіння іншими вогнегасними засобами – беручи до уваги те що автор наголошує що його спосіб володіє найменшим часом гасіння.
- В розділі 1 в дисертації не вказано аналізу застосування ударних хвиль для гасіння пожеж – зокрема лісових.
- В розділі 2 дисертації не зрозуміло яким чином визначали температури дифузійного та кінетичного полум'я.
- В розділі 2 дисертації в методиках не вказано яким чином автором автор створював відповідні частоти подачі ударних хвиль.
- З 4 розділу дисертації роботи не зрозуміло, яка ефективність ударних хвиль на різній відстані до вогнища. Не вказано як буде розподілятися тиск ударних на при проходженні відстані до вогнища горіння.
- З 6 розділу дисертації не наведено детальних методик розрахунку кількості пкг та генераторів в комбінації з генераторами ударних хвиль для гасіння пожеж. .

Проте, зазначені вище недоліки не є принциповими і в цілому не принижують наукової та практичної цінності дисертаційного дослідження.

### Загальний висновок по дисертаційній роботі.

За актуальністю теми, науковою новизною результатів, їх практичною цінністю і повнотою публікування дисертаційна робота відповідає формулі та паспортам спеціальностей 21.06.01 – екологічна безпека та 21.06.02. – пожежна безпека а також п. 9, 10, 12 - 14 положення про «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її автор Баланюк Володимир Мірчович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальностями 21.06.01 – екологічна безпека та 21.06.02. - пожежна безпека.

Професор кафедри спеціальної хімії  
та хімічної технології  
Національного університету  
цивільного захисту України,  
д.т.н. (спеціальність 21.06.02), доцент



О.О. Кіреєв

Особистий підпис засвідчую:  
інспектор  
капітан с.р. 03

25.09.19

А.В. Булай